

Е. Н. Розенберг, В. С. Кузьмин, А. В. Озеров

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ НЕОГРАНИЧЕННЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ С ЛОКОМОТИВНЫМ ПРИЕМНИКОМ

Аннотация. Определение пространственных координат локомотивов, специального самоходного подвижного состава, а также головных вагонов моторвагонного подвижного состава является одной из базовых задач для систем регулирования движения поездов. Для ее решения широкое распространение получили напольные датчики, средства одометрии, а также приемники глобальных навигационных спутниковых систем.

В работе на основе математического аппарата теории четырехполюсников предложены расчетные выражения, позволяющие определить ток под приемными катушками движущегося подвижного состава при его произвольном положении вдоль рельсовой линии. Эти же выражения могут быть рассмотрены как трансцендентные уравнения для определения пространственных координат единицы тягового подвижного состава по известной величине сигнального тока под приемными катушками при заданной регулировке на питающем конце.

Полученные результаты могут быть применены в качестве математического обеспечения решения задачи позиционирования тягового подвижного состава в условиях нестабильной работы глобальных навигационных спутниковых систем.

Ключевые слова: пространственные координаты, позиционирование, основные устройства безопасности, рельсовая цепь, локомотивный приемник.

Для цитирования: Розенберг, Е. Н. К определению пространственных координат тягового подвижного состава с использованием сигналов неограниченных рельсовых цепей с локомотивным приемником / Е. Н. Розенберг, В. С. Кузьмин, А. В. Озеров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 199–206. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_4_199.

Введение

Системы регулирования движения поездов требуют для своего функционирования сведений о положении рассматриваемой единицы тягового подвижного состава: локомотива, единицы специального самоходного подвижного состава или головного вагона моторвагонного подвижного состава, – для определения текущей допустимой и целевой скорости движения с учетом типа и пространственных координат впереди расположенного переменного препятствия. Задача определения пространственных координат железнодорожного подвижного состава исторически решается с применением исключительно напольных датчиков, в частности электрических рельсовых цепей с путевыми приемниками. Однако они зачастую обеспечивают низкую точность, особенно в условиях применения низкочастотных рельсовых цепей с изолирующими стыками, что не позволяет существенно наращивать провозную способность железнодорожных линий.

Внедрение современных микропроцессорных основных устройств безопасности, в частности унифицированного комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ-У и безопасного локомотивного объединенного комплекса БЛОК, позволило перейти к новым, более точным методам определения пространственных координат: одометрическому и базирующемуся на сведениях от глобальных навигационных спутниковых систем [1, 2]. Применение различных решений, в частности электронной карты в составе основных устройств безопасности, сделало возможным уточнение пространственных координат железнодорожного подвижного состава с использованием регистрации границ (т.н. виртуальных бализ) или уникальных идентификаторов рельсовых цепей, что позволяет существенно сократить величину погрешности, связанной с применением указанных методов [3].

Тем не менее такие решения не позволяют уточнять пространственные координаты в границах эксплуатационной длины отдельной рельсовой цепи. Кроме того, работа навигационной аппаратуры потребителей глобальных навигационных спутниковых систем подвержена влиянию со стороны систем радиоэлектронной борьбы [4]. С учетом этого целесообразен поиск новых методов, которые можно было бы комплексировать с известными с целью, как повышения точности определения пространственных координат в границах эксплуатационной длины отдельной рельсовой цепи, так и повышения уровня функциональной безопасности систем регулирования движения поездов [5–7].

Одним из новых направлений в данной области, использующим возможности микропроцессорных локомотивных устройств безопасности, является определение пространственных координат единиц тягового подвижного состава в границах эксплуатационной длины рельсовой цепи по уровню принимаемого из рельсовой линии сигнала автоматической локомотивной сигнализации. В рамках данного направления в первую очередь рассматриваются неограниченные рельсовые цепи, характерные для современных систем автоблокировки, например, АБТЦ-МШ. С учетом этого в качестве цели работы выбрано описание математического обеспечения для определения пространственных координат подвижного состава вдоль рельсовой линии неограниченных рельсовых цепей с использованием локомотивного приемника.

Материалы и методы

В рамках рассматриваемого направления для решения задачи определения пространственных координат единицы тягового подвижного состава возможно использовать современные микропроцессорные основные устройства безопасности. При движении локомотивного приемника вдоль рельсовой линии сигнальный ток системы автоматической локомотивной сигнализации или ток контроля рельсовой линии под приемными катушками локомотива возрастает по мере приближения к питающему концу рельсовой цепи. С учетом этого изменения при известной регулировке аппаратуры питающего конца рельсовой цепи, параметрах рельсовой линии и протекающих по ней сигналов представляется возможным определить местоположение локомотива или иной единицы тягового подвижного состава. Уточнение полученных таким способом пространственных координат может быть выполнено путем комплексирования с данными о пройденном расстоянии от одометрических датчиков угла поворота.

В рамках работы рассмотрены две поездные ситуации. Первая предполагает нахождение единицы тягового подвижного состава между точками подключения аппаратуры питающего и приемного концов (рис. 1, а), т.е. в границах т.н. конструктивной длины. Вторая предполагает нахождение единицы тягового подвижного состава в границах эксплуатационной длины рельсовой цепи в зоне дополнительного шунтирования (рис. 1, б).

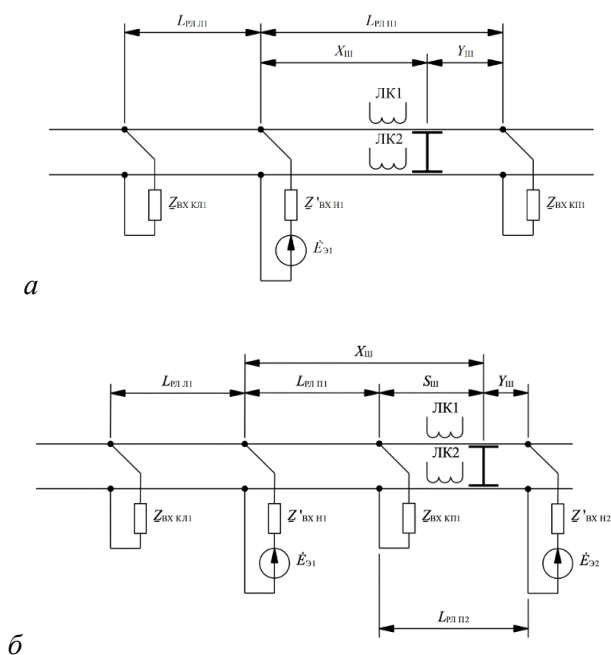


Рис. 1. Рассматриваемые ситуации:

- а – единица тягового подвижного состава между питающим и приемным концом рельсовой цепи;
б – единица тягового подвижного состава находится в зоне дополнительного шунтирования

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

$L_{рл \Pi 1}$ – протяженность рельсовой линии между точками подключения аппаратуры питающего и приемного концов первой рельсовой цепи слева;

$L_{рл \Pi 1}$ – протяженность рельсовой линии между точками подключения аппаратуры питающего и приемного концов первой рельсовой цепи справа;

$L_{рл \Pi 2}$ – протяженность рельсовой линии между точками подключения аппаратуры питающего и приемного концов второй рельсовой цепи справа;

$X_{ш}$ – ордината единицы тягового подвижного состава (поездного шунта) относительно точки подключения аппаратуры питающего конца первой рельсовой цепи;

S – ордината единицы тягового подвижного состава (поездного шунта) относительно точки подключения аппаратуры ближайшего приемного конца рельсовой цепи;

$Y_{ш}$ – ордината единицы тягового подвижного состава (поездного шунта) относительно точки подключения аппаратуры находящегося позади нее приемного или питающего конца рельсовой цепи;

ЛК1, ЛК2 – приемные катушки рассматриваемой единицы тягового подвижного состава;

$Z'_{вх Н1}$ – обратное (со стороны рельсовой линии) входное сопротивление аппаратуры питающего конца первой рельсовой цепи;

$Z'_{вх Н2}$ – обратное (со стороны рельсовой линии) входное сопротивление аппаратуры питающего конца второй рельсовой цепи;

$Z_{вх КЛ1}$ – входное сопротивление аппаратуры приемного конца первой рельсовой цепи слева;

$Z_{вх КП1}$ – входное сопротивление аппаратуры приемного конца первой рельсовой цепи справа;

$\dot{E}_{Э1}$ – комплексное значение напряжения, эквивалентное питающему элементу первой рельсовой цепи;

$\dot{E}_{Э2}$ – комплексное значение напряжения, эквивалентное питающему элементу второй рельсовой цепи.

Для получения расчетных выражений будет в данной работе использован метод четырехполюсников. Схемы замещения, соответствующие рассматриваемым ситуациям, показаны на рис. 2.

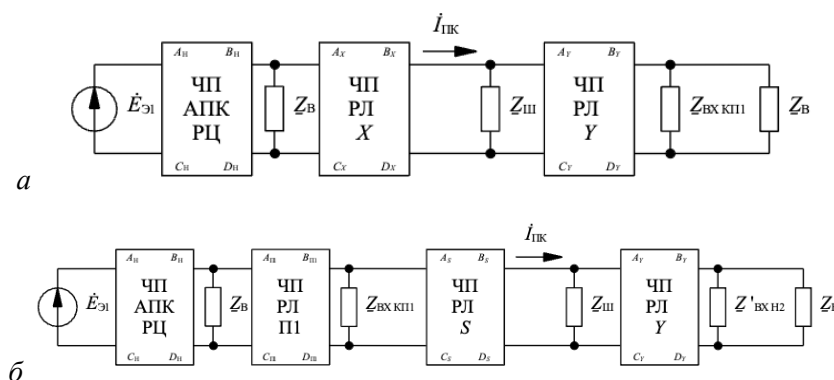


Рис. 2. Схемы замещения для рассматриваемых ситуаций:

а – единица тягового подвижного состава между питающим и приемным концом рельсовой цепи;

б – единица тягового подвижного состава находится в зоне дополнительного шунтирования

На рис. 2 дополнительно приняты следующие обозначения:

$Z_В$ – волновое сопротивление рельсовой линии, смежной с рассматриваемой;

ЧП РЛ X – четырехполюсник рельсовой линии между точками подключения аппаратуры питающего конца рассматриваемой рельсовой цепи и наложения поездного шунта рассматриваемой единицы тягового подвижного состава с параметрами A_X, B_X, C_X, D_X ;

ЧП РЛ Y – четырехполюсник рельсовой линии между точками подключения аппаратуры приемного (схема «а») или питающего (схема «б») конца рельсовой цепи и наложения поездного шунта рассматриваемой единицы тягового подвижного состава с параметрами A_Y, B_Y, C_Y, D_Y ;

$Z_Ш$ – сопротивление поездного шунта рассматриваемой единицы тягового подвижного состава;

$i_{ПК}$ – комплексный сигнальный ток, протекающий под приемными катушками рассматриваемой единицы тягового подвижного состава;

ЧП АПК РЦ – четырехполюсник аппаратуры питающего конца рельсовой цепи с параметрами $A_{П}, B_{П}, C_{П}, D_{П}$;

ЧП РЛ П1 – четырехполюсник рельсовой линии между точками подключения аппаратуры питающего и приемного концов рассматриваемой рельсовой цепи с параметрами $A_{П1}, B_{П1}, C_{П1}, D_{П1}$;

ЧП РЛ S – четырехполюсник рельсовой линии между точками подключения аппаратуры приемного конца рассматриваемой рельсовой цепи и наложения поездного шунта с параметрами A_S, B_S, C_S, D_S .

Результаты и обсуждения

Для решения задачи требуется определить величину тока $i_{ПК}$. Полученные на основе разработанных схем замещения расчетные выражения для первой и второй схем замещения (рис. 2, *а* и *б*) имеют вид (1) и (2) соответственно:

$$i_{\text{ПК}}(X_{\text{Ш}}) = \left[\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 1}} \cdot \frac{\underline{C}_{\text{РЛ АЛС 1}} \underline{Z}_{\text{Ш}} + \underline{D}_{\text{РЛ АЛС 1}}}{\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 1}} \underline{Z}_{\text{Ш}} + \underline{B}_{\text{РЛ АЛС 1}}} - \underline{C}_{\text{РЛ АЛС 1}} \right] \dot{U}_1, \quad (1)$$

где $\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 1}} = \underline{K}_1 \underline{K}_3 + \underline{B}_{\text{Н}} \underline{K}_4,$
 $\underline{B}_{\text{РЛ АЛС 1}} = \underline{K}_1 \underline{K}_5 + \underline{B}_{\text{Н}} \underline{K}_6,$
 $\underline{C}_{\text{РЛ АЛС 1}} = \underline{K}_2 \underline{K}_3 + \underline{D}_{\text{Н}} \underline{K}_4,$
 $\underline{D}_{\text{РЛ АЛС 1}} = \underline{K}_2 \underline{K}_5 + \underline{D}_{\text{Н}} \underline{K}_6,$
 $\underline{K}_1 = \underline{A}_{\text{Н}} + \frac{\underline{B}_{\text{Н}}}{\underline{Z}_{\text{Б}}},$
 $\underline{K}_2 = \underline{C}_{\text{Н}} + \frac{\underline{D}_{\text{Н}}}{\underline{Z}_{\text{Б}}},$
 $\underline{K}_3 = \underline{K}_6 = \text{ch} \underline{\gamma} X_{\text{Ш}},$
 $\underline{K}_4 = \frac{1}{\underline{Z}_{\text{Б}}} \text{sh} \underline{\gamma} X_{\text{Ш}},$
 $\underline{K}_5 = \underline{Z}_{\text{Б}} \text{sh} \underline{\gamma} X_{\text{Ш}};$

$$i_{\text{ПК}}(X_{\text{Ш}}) = \left[\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 2}} \cdot \frac{\underline{C}_{\text{РЛ АЛС 2}} \underline{Z}_{\text{Ш}} + \underline{D}_{\text{РЛ АЛС 2}}}{\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 2}} \underline{Z}_{\text{Ш}} + \underline{B}_{\text{РЛ АЛС 2}}} - \underline{C}_{\text{РЛ АЛС 2}} \right] \dot{U}_1, \quad (2)$$

где $\underline{A}_{\text{РЛ АЛС 2}} = \underline{H}_1 \underline{H}_3 + \underline{B}_{\text{Н}} \underline{H}_4,$
 $\underline{B}_{\text{РЛ АЛС 2}} = \underline{H}_1 \underline{H}_5 + \underline{B}_{\text{Н}} \underline{H}_6,$
 $\underline{C}_{\text{РЛ АЛС 2}} = \underline{H}_2 \underline{H}_3 + \underline{D}_{\text{Н}} \underline{H}_4,$
 $\underline{D}_{\text{РЛ АЛС 2}} = \underline{H}_2 \underline{H}_5 + \underline{D}_{\text{Н}} \underline{H}_6,$
 $\underline{H}_1 = \underline{A}_{\text{Н}} + \frac{\underline{B}_{\text{Н}}}{\underline{Z}_{\text{Б}}},$
 $\underline{H}_2 = \underline{C}_{\text{Н}} + \frac{\underline{D}_{\text{Н}}}{\underline{Z}_{\text{Б}}},$
 $\underline{H}_3 = \text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \frac{\underline{Z}_{\text{Б}}}{2 \underline{Z}_{\text{ВХ КП1}}} [\text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} - S_{\text{Ш}})],$
 $\underline{H}_4 = \frac{1}{\underline{Z}_{\text{Б}}} \text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \frac{1}{2 \underline{Z}_{\text{ВХ КП1}}} [\text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} - S_{\text{Ш}})],$
 $\underline{H}_5 = \underline{Z}_{\text{Б}} \left[\text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \frac{\underline{Z}_{\text{Б}}}{2 \underline{Z}_{\text{ВХ КП1}}} [\text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) - \text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} - S_{\text{Ш}})] \right],$
 $\underline{H}_6 = \text{ch} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) + \frac{\underline{Z}_{\text{Б}}}{2 \underline{Z}_{\text{ВХ КП1}}} [\text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} + S_{\text{Ш}}) - \text{sh} \underline{\gamma} (L_{\text{РЛ П1}} - S_{\text{Ш}})].$

Определение величины ЭДС, наведенной сигнальным током $\dot{I}_{\text{ПК}}$, выполняется с использованием известных выражений, например, приведенных в [8].

Представленные формулы (1) и (2) могут быть использованы в двух задачах. Первая заключается в определении тока под приемными катушками движущегося подвижного состава при его произвольном положении вдоль рельсовой линии. Вторая задача предполагает при известной величине силы тока под приемными катушками выполнить расчет пространственной координаты локомотивного приемника вдоль рельсовой линии. Решение второй задачи требует решения трансцендентных уравнений.

Решение обеих задач выполняется при следующих ограничениях:

– участки рельсовой линии между точками подключения аппаратуры и наложения поездного шунта представляют собой однородную линию с известными и неизменными в процессе выполнения движения вдоль нее вторичными параметрами;

– параметры работы питающего элемента рельсовой цепи (генератора или вторичной обмотки трансформатора) известны и неизменны в процессе выполнения движения вдоль рельсовой линии рассматриваемой рельсовой цепи;

– устройство безопасности снабжено электронной картой и ординаты всех точек подключения аппаратуры известны;

– геометрическое положение приемных катушек рассматриваемой единицы тягового подвижного состава относительно соответствующих ходовых рельсов и их электрические параметры не меняются в процессе движения;

– принимаемое при расчетах значение сопротивления поездного шунта не превышает нормативной величины для рассматриваемого типа рельсовой цепи.

С использованием формулы (1) были построены серии зависимостей действующей величины $\dot{I}_{\text{ПК}}$ силы сигнального тока под приемными катушками от положения рассматриваемой единицы тягового подвижного состава $X_{\text{ш}}$ вдоль неограниченной рельсовой цепи с частотой несущей сигнала автоматической локомотивной сигнализации 25 Гц (рис. 3, 4). Согласно полученным зависимостям, различие между действующими величинами $\dot{I}_{\text{ПК}}$ силы сигнального тока под приемными катушками для широкого диапазона значений сопротивления изоляции $r_{\text{из}}$ рельсовой линии при малых ординатах меньше, чем на большом удалении от точки подключения аппаратуры питающего конца рельсовой цепи.

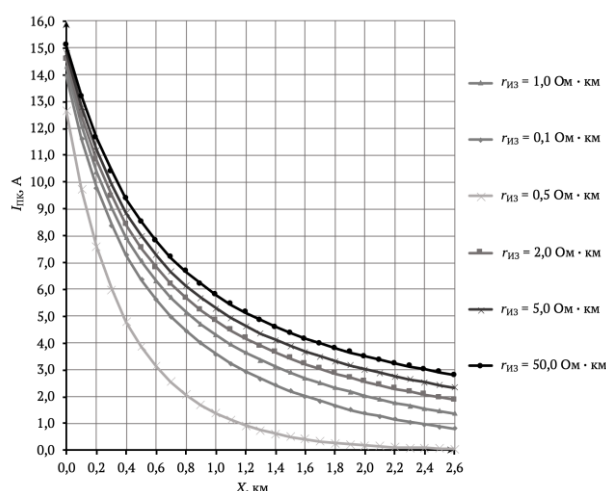


Рис. 3. Зависимости действующей величины $\dot{I}_{\text{ПК}}$ силы сигнального тока под приемными катушками от положения рассматриваемой единицы тягового подвижного состава $X_{\text{ш}}$ при различных сопротивлениях изоляции $r_{\text{и}}$ в диапазоне от 0,1 до 50,0 Ом × км

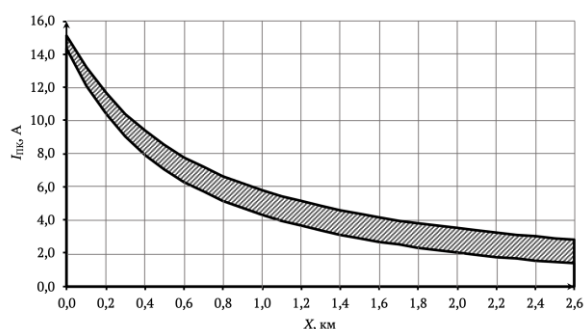


Рис. 4. Диапазон действующей величины $\dot{I}_{\text{ПК}}$ силы сигнального тока под приемными катушками от положения рассматриваемой единицы тягового подвижного состава $X_{\text{ш}}$ для диапазона сопротивлений изоляции $r_{\text{и}}$ от 1,0 до 50,0 Ом × км

Из графика, приведенного на рис. 5, видно, что диапазон действующих значений силы тока $\dot{I}_{\text{ПК}}$ под приемными катушками в случае неограниченных рельсовых цепей с локомотивным приемником в широком диапазоне сопротивлений изоляции $r_{\text{и}}$ от 1,0 до 50,0 Ом × км изменяется незначительно: от 1,4 до 2,8 А при наложении поездного шунта нормативной величины в ординате $X = 2,6$ км и от той же цепи. При этом наиболее существенный рост величины тока на наибольшем удалении от питающего конца рельсовой цепи наблюдается при увеличении сопротивления изоляции от 1 до 9 Ом × км (1,40 до 2,53). Последующее увеличение сопротивления изоляции с шагом 1 Ом × км дает приращение действующего значения тока, не превышающее 1 %.

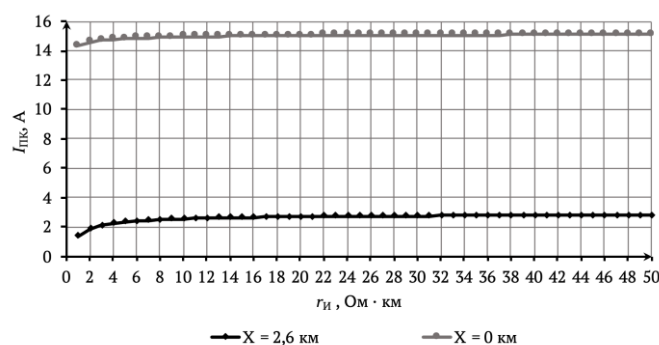


Рис. 5. Зависимости изменения действующего значения силы тока $\dot{I}_{ПК}$ под приемными катушками в ординатах $X = 0$ и $X = 2,6$ км от величины сопротивления изоляции рельсовой линии $r_{из}$

Существенное изменение действующего значения силы тока под приемными катушками возникает и при изменении величины активного сопротивления поездного шунта $R_{ш}$ (рис. 6). Однако в отличие от сопротивления изоляции, изменение сопротивления поездного шунта приводит к изменению действующего значения силы тока под приемными катушками на участке рельсовой цепи вблизи точки подключения аппаратуры питающего конца.

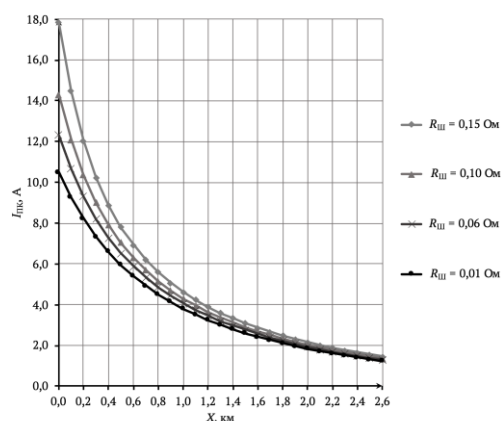


Рис. 6. Зависимости действующей величины $\dot{I}_{ПК}$ силы сигнального тока под приемными катушками от положения рассматриваемой единицы тягового подвижного состава $X_{ш}$ при различных сопротивлениях поездного шунта $R_{ш}$

Заключение

В работе приводится математическое обеспечение решения задачи определения пространственных координат подвижного состава вдоль рельсовой линии неограниченных тональных рельсовых цепей с использованием локомотивного приемника. Получены следующие основные результаты:

1 Разработаны схемы замещения, описывающие различные варианты взаимного расположения напольной аппаратуры рельсовых цепей и локомотивного приемника:

– единица тягового подвижного состава находится между питающим и приемным концом рельсовой линии;

– единица тягового подвижного состава находится в границах зоны дополнительного шунтирования.

2 Получены расчетные выражения, определяющие зависимость величины силы тока под приемными катушками рассматриваемого локомотивного приемника от положения единицы тягового подвижного состава. Также при известной величине силы тока под приемными катушками полученные выражения позволяют выполнить расчет ординаты локомотивного приемника вдоль рельсовой линии. Определены основные ограничения для применения полученных расчетных выражений.

3 Результаты моделирования показали, что с ростом величины сопротивления изоляции для случая неограниченной рельсовой цепи с локомотивным приемником наблюдается ухудшение условий

выбора кривой сигнального тока и, как следствие, решение задачи позиционирования единицы тягового подвижного состава вдоль рельсовой линии становится затруднительным. Существенное влияние на решение задачи позиционирования вблизи питающего конца рельсовой цепи может вносить изменение величины сопротивления поездного шунта.

4 Для повышения точности определения пространственных координат единицы тягового подвижного состава на значительном удалении от питающего конца рельсовой цепи целесообразно комплексовать результаты обработки сигналов, принимаемых из рельсовой линии, с данными от датчика угла поворота.

Полученные результаты будут использованы авторами в будущем для разработки соответствующей методики определения пространственных координат тягового подвижного состава.

Список литературы

- 1 Демьянов, В. В. Спутниковая навигация для интервального регулирования движения поездов / В. В. Демьянов, Д. Д. Логинов, О. Б. Имарова // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 3. – С. 28–31. – DOI 10.34649/AT.2021.3.3.004.
- 2 Иванов, В. Ф. Высоточная система позиционирования железнодорожного подвижного состава / В. Ф. Иванов, П. А. Попов // Труды АО «НИИАС»: сборник статей. Т. 2. Вып. 11. – Москва : Типография АО «Т 8 Издательские Технологии», 2021. – С. 179–189. – EDN KCAWSO.
- 3 Розенберг, Е. Н. Проектные решения РСУДП для ВСЖМ-1 / Е. Н. Розенберг, А. В. Озеров, А. Г. Баранов // Автоматика, связь, информатика. – 2024. – № 3. – С. 2–4. – DOI 10.34649/AT.2024.3.3.001.
- 4 Определение местоположения поезда в условиях работы систем РЭБ / О. Ю. Купrienko, В. В. Батраев, С. В. Маршов, С. В. Ипатов // Железнодорожный транспорт. – 2025. – № 7. – С. 36–39. – EDN OSNXUE.
- 5 О методе обеспечения функциональной безопасности системы с одноканальной обработкой информации / И. Б. Шубинский, Е. Н. Розенберг, А. С. Коровин, Н. Г. Пенькова // Надежность. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 44–52. – DOI 10.21683/1729-26462022-22-3-44-52.
- 6 Соколов, М. М. Использование входного сопротивления путевого участка для позиционирования подвижной единицы / М. М. Соколов, А. Г. Ходкевич // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 9. – С. 15–17. – DOI 10.62994/AT.2025.9.9.001.
- 7 Соколов, С. В. Решение задачи автономного высокоточного позиционирования железнодорожных подвижных единиц на основе измерения рельсовых токов / С. В. Соколов, Д. В. Швалов // Автоматика на транспорте. – 2025. – Т. 11, № 3. – С. 201–209. – DOI 10.20295/2412-9186-2025-11-03-201-209.
- 8 Кузьмин, В. С. Оценка чувствительности локомотивных приёмников при использовании испытательных шлейфов со скрещиваниями / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 3 (100). – С. 30–38. – DOI 10.30932/1992-3252-2022-20-3-4.

References

- 1 Demyanov, V. V. Satellite navigation for interval control of train traffic / V. V. Demyanov, D. D. Loginov, O. B. Imarova // Automation, communications, informatics. – 2021. – No. 3. – P. 28–31. – DOI 10.34649/AT.2021.3.3.004.
- 2 Ivanov, V. F. High-precision positioning system for railway rolling stock / V. F. Ivanov, P. A. Popov // Proceedings of JSC “NIAS”: collection of articles. Vol. 2. Iss. 11. – Moscow : Printing house of JSC T 8 Publishing Technologies, 2021. – P. 179–189. – EDN KCAWSO.
- 3 Rosenberg, E. N. Design solutions for the RSUDP for the VSZhM-1 / E. N. Rosenberg, A. V. Ozerov, A. G. Baranov // Automation, communications, informatics. – 2024. – No. 3. – P. 2–4. – DOI 10.34649/AT.2024.3.3.001.
- 4 Determining the location of a train under conditions of electronic warfare systems operation / O. Yu. Kuprienko, V. V. Batraev, S. V. Marshov, S. V. Ipatov // Railway transport. – 2025. – No. 7. – P. 36–39. – EDN OSNXUE.
- 5 On the method of ensuring functional safety of a system with single-channel information processing / I. B. Shubinsky, E. N. Rosenberg, A. S. Korovin, N. G. Penkova // Reliability. – 2022. – Vol. 22, No. 3. – P. 44–52. – DOI 10.21683/1729-26462022-22-3-44-52.
- 6 Sokolov, M. M. Using the input resistance of a track section for positioning a moving unit / M. M. Sokolov, A. G. Khodkevich // Automation, communications, informatics. – 2025. – No. 9. – P. 15–17. – DOI 10.62994/AT.2025.9.9.001.
- 7 Sokolov, S. V. Solution of the problem of autonomous high-precision positioning of railway rolling units based on measuring track currents / S. V. Sokolov, D. V. Shvalov // Automation in transport. – 2025. – Vol. 11, No. 3. – P. 201–209. – DOI 10.20295/2412-9186-2025-11-03-201-209.
- 8 Kuzmin, V. S. Evaluation of the sensitivity of locomotive receivers when using test loops with crossings / V. S. Kuzmin, A. K. Tabunshchikov // World of transport and transportation. – 2022. – Vol. 20, No. 3 (100). – P. 30–38. – DOI 10.30932/1992-3252-2022-20-3-4.

E. N. Rosenberg, V. S. Kuzmin, A. V. Ozerov

DETERMINING THE SPATIAL COORDINATES OF TRACTION ROLLING STOCK USING SIGNALS FROM UNLIMITED TRACK CIRCUITS WITH A LOCOMOTIVE RECEIVER

Abstract. Determining the spatial coordinates of locomotives, special self-propelled rolling stock, and the head cars of multiple-unit rolling stock is a fundamental task for train control systems. To solve this problem, floor-mounted sensors, odometry devices, and global navigation satellite system receivers have become widely used. Based on the mathematical apparatus of four-terminal network theory, this paper proposes calculation expressions for determining the current under the receiver coils of moving rolling stock at any position along the track. These same expressions can be considered as transcendental equations for determining the spatial coordinates of a traction rolling stock unit based on the known signal current under the receiving coils with a given adjustment at the feeder end.

The obtained results can be used as mathematical support for solving the problem of positioning traction rolling stock under conditions of unstable operation of global navigation satellite systems.

Keywords: spatial coordinates, positioning, primary safety devices, track circuit, locomotive receiver.

For citation: Rosenberg, E. N. Determining the spatial coordinates of traction rolling stock using signals from unlimited track circuits with a locomotive receiver / E. N. Rosenberg, V. S. Kuzmin, A. V. Ozerov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 4. – P. 199–206. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_4_199.

Сведения об авторах

Розенберг Ефим Наумович

АО «НИИАС»,
доктор технических наук, профессор,
первый заместитель генерального директора,
e-mail: info@vniias.ru

Кузьмин Владислав Сергеевич

АО «НИИАС»,
кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник Отдела научно-исследовательской
работы Центра интеллектуальных
и программных решений Научно-технического
комплекса интеллектуальных систем контроля
и управления,
e-mail: info@vniias.ru

Озеров Алексей Валерьевич

АО «НИИАС»,
начальник Международного управления –
начальник Центра управления
интеллектуальной собственностью
e-mail: a.ozerov@vniias.ru

Information about the authors

Rosenberg Efim Naumovich

JSC “NIIAS”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
First Deputy General Director,
e-mail: info@vniias.ru

Kuzmin Vladislav Sergeevich

JSC “NIIAS”,
Candidate of Engineering Sciences,
Leading Researcher of the Research Department
of the Center for Intelligent and Software
Solutions of the Scientific and Technical
Complex of Intelligent Monitoring and Control
Systems,
e-mail: info@vniias.ru

Ozerov Alexey Valerievich

JSC “NIIAS”,
Head of International Department,
Head of Intellectual Property Management
Centre,
e-mail: a.ozerov@vniias.ru