УДК 656.259.12

Применение искусственных нейронных сетей для определения местоположение подвижной единицы на участке железнодорожного пути

Соколов М. М.

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»

г. Омск, Российская Федерация

Определение местоположения и границ единицы подвижного состава на участке рельсового пути является одной из основных задач при обеспечении безопасного движения поездов. Основным средством определения положения поезда на железнодорожном транспорте в Российской Федерации являются рельсовые цепи. Данные технические средства позволяют определить занятость или свободность определенного участка пути. В целях сокращения количества оборудования в настоящее время на перегонах в основном используются рельсовые цепи длиной от 500 до 2500 м. При этом фиксируется только факт занятия самого путевого участка без определения фактического местоположения подвижной единицы и тем более её границ, что существенно снижает фактическую пропускную способность железной дороги.

В условиях повышения скоростей движения, а также увеличения количества длинносоставных поездов, требуется разработка и применение технических средств позволяющих точнее определять местоположение и границы подвижного состава.

Одним из возможных вариантов решения этой задачи является использование электрических параметров рельсовой линии. Известно, что по мере движения поезда по изолированному участку изменяется входное сопротивление рельсовой линии [1].

Для оценки диапазонов изменения входного сопротивления рельсовой линии средствами среды программирования Spyder на языке

программирования Python была разработана модель [2] участка железнодорожной линии представленной на рисунке 1.

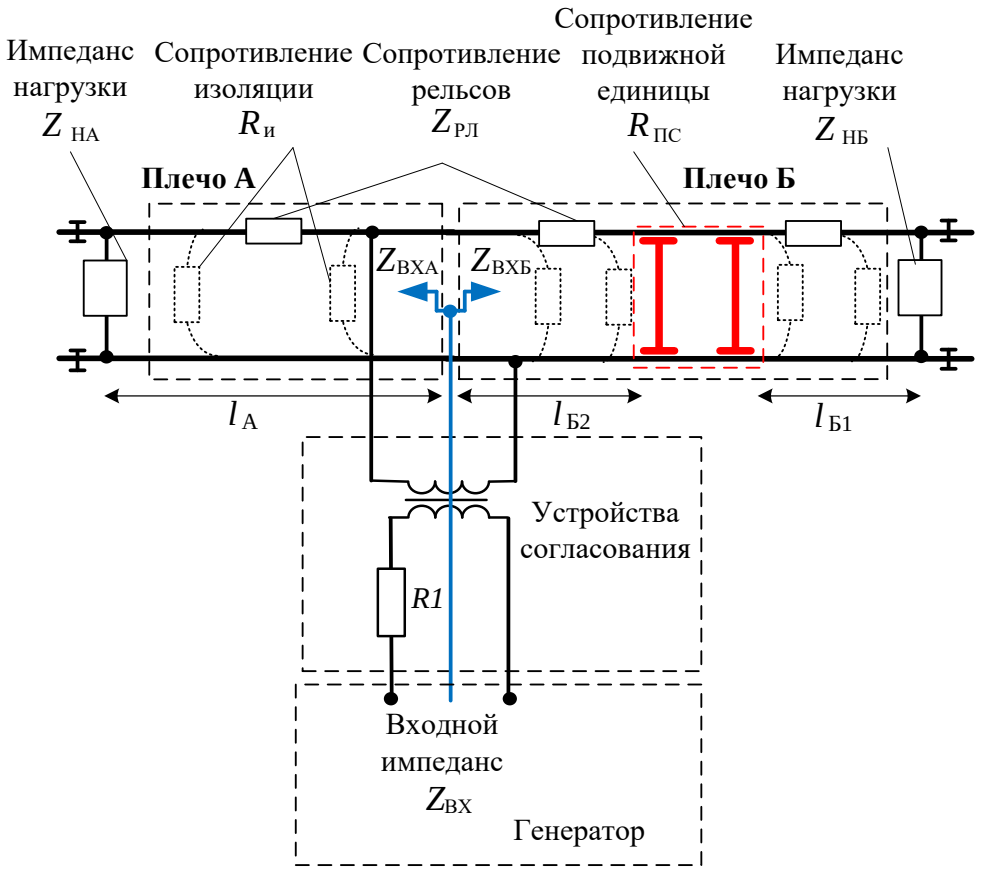


Рис. 1. Схема моделируемого участка

Моделирование, проведённое в разработанной программе [2], показало возможность определения составляющих комплексного входного сопротивления участка рельсовой линии в качестве критерия определения местоположения подвижной единицы на участке железнодорожного пути. С целью возможной унификации алгоритмических и технических средств определения местоположения подвижной единицы по составляющим комплексного сопротивления предлагается воспользоваться технологиями искусственного интеллекта (машинным обучением). В разработанной программе была сформирована выборка, Содержащая значение составляющих входного сопротивления участка рельсовой линии в зависимости от местоположения подвижной единицы при различных исходных условиях: сопротивление рельсов и сопротивление изоляции

рельсовой линии. В среде программирования Spyder с применением типовых библиотек была разработана, реализована и обучена искусственная нейронная сеть по структуре многослойного перцептрона. Входной слой реализован на основании двух нейронов по числу составляющих комплексного входного сопротивления (активная и реактивная составляющие). Параметры и количество скрытых слоёв были определены эмпирически: первый скрытый слой содержит 32 нейрона, а второй скрытый слой содержит 16 нейронов. Выходной слой содержит один нейрон, который позволяет в непрерывном формате выдавать местоположение ближайший границы железнодорожного состава (головы или хвоста).

С целью оценки корректности работы искусственной нейронной сети в задаче определения местоположение подвижной единицы по значениям составляющих комплексного входного сопротивления было проведено моделировании в различных ситуациях. В качестве примера, на рисунке 2 представлены результаты работы искусственной нейронной сети при изменении сопротивления изоляции на 50% (увеличение в полтора раза).

Пунктиром показаны данные, применяемые для обучения при сопротивлении изоляции ($R_и$) равном 1 Ом·км. Сплошной линий показана ордината подвижной единицы определённая искусственной нейронной сетью по составляющим комплексного входного сопротивления соответствующих сопротивлению изоляции равному 1,5 Ом·км. Штрихпунктирной линией показа абсолютная погрешность определения координаты.

При заданных условиях максимальная погрешность определения местоположение подвижной единицы на участке железнодорожного пути длиной 1000 метров (два плеча по 500 метров) составила около 36 метров, то есть абсолютная погрешность определение местоположения составила 7,2%.

Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации сопротивление изоляции не может значительно измениться за короткий промежуток времени.

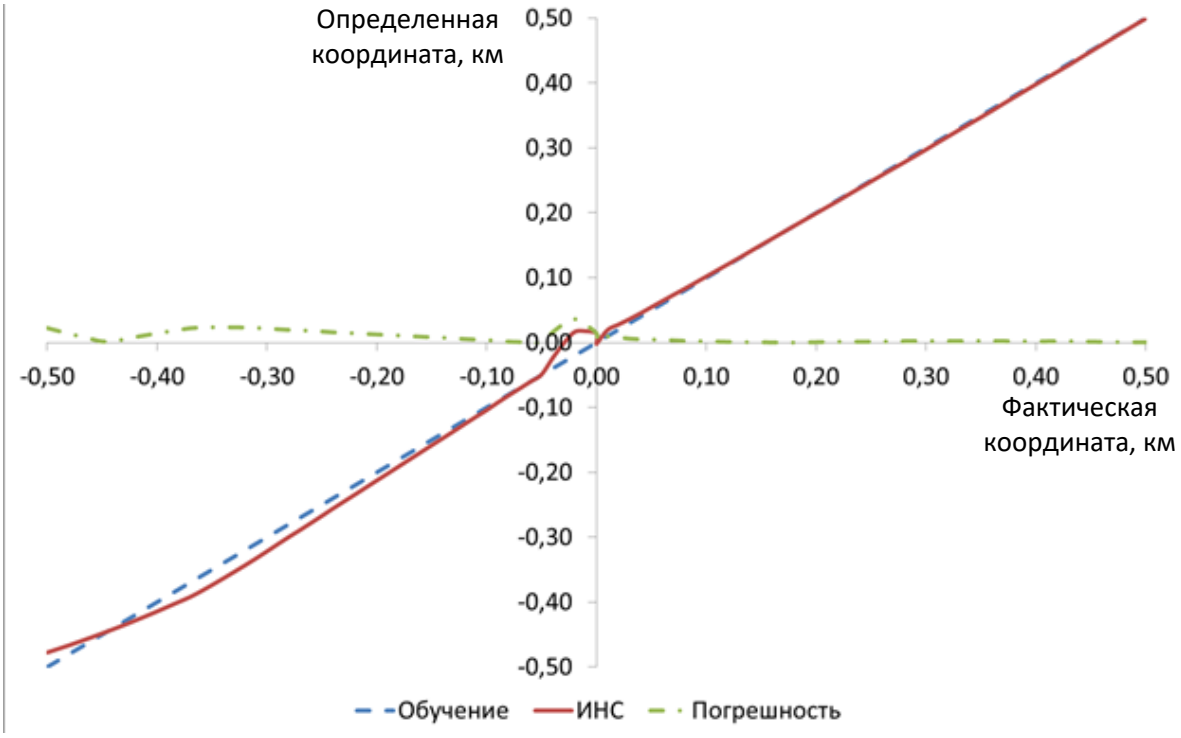


Рис. 2. Результаты работы ИНС при изменении значения сопротивления изоляции на 50% (1,5 Ом·км)

Проведённое моделирование показало, что применение искусственного нейронной сети в целом позволяет определить местоположение подвижной единицы по составляющим комплексного входного сопротивления с допустимым уровнем погрешности. При этом, эта погрешность может быть снижена путём введения дополнительных входных условий, в частности текущего значения сопротивления изоляции.

Список использованной литературы

1. M. Sokolov and A. Khodkevich, "*On Modeling a Section of Railway Track for the Purpose of Analyzing Changes in the Value of Input Impedance*," 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 450–454.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025667760 Российская Федерация. *Имитационная модель рельсовой цепи* : заявл. 15.04.2025 : опубл. 09.07.2025 / М. М. Соколов, А. Г. Ходкевич, Д. А. Елизаров, А. И. Давыдов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения».