

інфраструктури для набуття нею можливості переробки наростаючих контейнеропотоків.

У результаті проведеного дослідження сучасного стану контейнерних перевезень було виявлено суттєве відставання рівня розвитку контейнерних перевезень України порівняно з провідними країнами (Китай, США), тому при проведенні модернізації інфраструктури потрібно частково переймати досвід у таких держав звертаючи при цьому увагу на місцеві умови. Програму модернізації доцільно розділити на кілька етапів: оптимізація мережі контейнерних терміналів, концентрація роботи з контейнерами на окремих станціях; переключення вантажів, що придатні до перевезення у контейнерах, зі звичайних вантажних вагонів у контейнери; проведення маркетингової роботи з клієнтами; підготовка спеціалістів у сфері контейнерних перевезень; державна підтримка внутрішніх контейнерних перевезень.

Стосовно досвіду провідних країн було розглянуто та виявлено, що не всі поліпшуючі технології Україна спроможна перейняти. В Японії започаткували перевезення швидкопсувних вантажів контейнерами у швидкісних поїздах, яких в Україні замало. В США та Канаді розповсюджений спосіб перевезення контейнерів у два яруси, що неможливе на залізницях України через наявність контактної мережі над коліями.

В рамках оптимізації мережі контейнерних терміналів доцільно виділити опорні контейнерні термінали та закрити нерентабельні з перерозподілом працівників та навантажувально-розвантажувальних машин. Завдяки цим діям буде можливо зменшити експлуатаційні витрати. Під опорним контейнерним терміналом розуміємо комплекс, який включає в себе необхідні інженерно-технічні споруди для обслуговування (навантаження, вивантаження та сортування) контейнерів та адміністративну частину, яка займається документацією контейнерів та обслуговуванням клієнтів. Місце для терміналу слід обирати за такими критеріями: наявність під'їзних залізничних колій та автомобільних доріг, географічне розташування важливих вантажовідправників та вантажоодержувачів, рентабельність та можливі контейнеропотоки на цьому пункті.

Для будівництва нових контейнерних терміналів необхідно спрогнозувати контейнеропотоки, які будуть перероблятися на цих терміналах. Це можна зробити за допомогою коефіцієнта α , який враховує можливість приваблення контейнеропридатних вантажів на обраному напрямку, визначається згідно аналізу таких вантажів, які прямують обраним напрямком, а також імовірності появи нових клієнтів [2].

Враховуючи, що більшість транзитних вантажів України потребують перевалки, тобто перевантаження

з одного виду транспорту на інший, варто звернути увагу на контрейлерні перевезення. Цей спосіб передбачає перевезення контейнерів автомобілями, що дозволяє не проводити перевалку при зміні виду транспорту з автомобільного на інший і суттєво зменшує час на вантажно-розвантажувальні операції в пунктах перевалки. В Україні вже існує перевізник контрейлерів – філія «ЦТС «Ліски» АТ «Укрзалізниця» [3]. Окрім цього необхідно оновити транспортні шляхи, які переважно знаходяться в незадовільному стані. Для внутрішніх перевезень потрібно розповсюджувати схему «від дверей до дверей», а для міжнародних доцільно залучити іноземні інвестиції, які збільшуватимуть рівень економіки України.

Список використаних джерел

1. Через Україну запустят контейнерный поезд в Беларусь и Румынию. URL: https://cfts.org.ua/news/2019/02/20/vesnoy_zapustyat_konteynernyy_poezd_iz_bearusi_v_rumyniyu_kotoryy_budet_sledovat_cherez_ukrainu_51815
2. Москвичев О. В. Повышение эффективности контейнерных перевозок на транспорте: автореф. дис. канд. техн. наук. URL: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-konteynerykh-perevozk-na-transporte>
3. Контрейлерні перевезення. URL: <http://www.liski.ua/ua/services/22.html>

Havryliuk V. I., doct. of phys.-math. sci., professor (DNURT)

THE ACCURACY OF TRACTION CURRENT HARMONICS PARAMETERS DETERMINATION BY WINDOWED FFT

The problem of electromagnetic compatibility (EMC) between railway subsystems has attracted the attention of scientists in recent years due to the wide spread of high-speed railways. New types of rolling stock must be tested on EMC with railway signaling before they are accepted for operation. The maximum permissible values of electromagnetic interference from electrical equipment of rolling stock are given in standards and regulations.

The values of the traction current harmonics, which can cause fails in the operation of railway signaling systems, can be determined by spectral analysis of the signal using the Fourier transform. Since traction current is non-stationary, the Short-Time Fourier transform (STFT) is used for its spectral analysis.

But the STFT spectral analyzing techniques have some constraints. One limitation is due to the uncertainty principle, which postulates that the product of time and frequency resolutions cannot be less than a certain limit.

Another constraint of STFT is related to the side-lobe levels of the window in the frequency domain, which leads to a decrease in the measured values of the RMS current of the harmonics and in some cases can even to hide the weak harmonics against the back-ground of strong harmonics. To improve the accuracy of the spectral analysis of the traction current, it is necessary to correctly choose the parameters of the windowed FFT.

In the work the correct choosing of the windowed FFT parameters to achieve the necessary time and frequency resolution of the traction current spectral analysis in accordance with the requirements of regulatory documents has been investigated.

Dynamic range of the traction current harmonics for AC TC is 46 dB for frequency band 21-29 Hz, 55 dB for frequency bands of TRC-3, and 60 dB for frequency bands TRC-4 (for TC 200 A).

The requirement that the duration of the harmonics defined by the standard can not exceed 0.3 s, together with the restriction on the values of the frequency and time resolutions, should also be taken into account when selecting the window type, especially in the frequency range from 19 Hz to 58 Hz, which contains very closely spaced harmonics, which are specified by the standard.

For the spectral analysis of traction current, four types of windows were selected: rectangular, Hann, Hamming and Blackman windows with duration of 0.3 and 1 s. For a sampling frequency of 27500 Hz and a window length of 0.3 s, the frequency resolution is 0.27 Hz for a rectangular window, 0.54 Hz for Hann and Hamming windows and 0.81 Hz for Blackman's window, which is consistent with the requirements of the specifications.

The results of spectral analysis of traction current showed that the frequency resolution of harmonics, and accordingly the relative error in determination the frequency and the RMS value of harmonics is lower for high frequencies in spectrum.

*Havryliuk V. I., doct. of phys.-math. sci., professor
(DNURT)*

WAVELET BASED DETECTION OF SIGNAL DISTURBANCES IN CAB SIGNALLING SYSTEM

The problem considered in the work is concerned to the methods to reveal and identify the signal disturbances occurred in the railway cab signalling system caused by electromagnetic interference from traction current. The continuous automatic locomotive signalling system (ALSN) is a type of cab signalling systems that provides track status information to the train cab and uses the rails as a continuous communication channel between track and train. To ensure the reliability of the transmission of ALSN commands to the train cab, the basic parameters of the

coded current are periodically checked for compliance with certain requirements during planned test trips of a specially equipped railway car-laboratory. The ALSN signal is received by the coils of the car-laboratory and recorded by computer. Then an operator visually analyzes the recorded signal to detect problem segments with interference exceeding the limit level what requires a lot of time and does not provide the necessary accuracy.

The purpose of this work is to investigate the effectiveness of the proposed algorithm for the automatic revealing and identifying of electromagnetic interference in the ALSN signal, based on discrete wavelet packet transform, wavelet packet energy Shannon entropy and an artificial neural network for EMI classification.

To automate the detection and identification of the ALSN signal disturbances, the following algorithm has been proposed. At the first stage, the wavelet packet energy Shannon entropy is used to reveal problem segments of ALSN signal. At the second stage, a detailed analysis of the ALSN signal using DWPT is performed to determine the type and parameters of interference at the revealed problem segments.

By using three-level DWPT decompositions of ALSN signals the features of main signal disturbances have been extracted. The wrong number of pulses in the ALSN signal is proposed to detect by a relative number of pulses (RNP). Long-term electromagnetic interference with amplitude exceeding the permissible level can be revealed by the relative energy (REN) of the DWPT coefficients in the wavelet decomposition nodes. To detect sharp pulses in the ALSN signal, it is proposed to use the kurtosis of the DWPT decompositions coefficients of signal.

To classify the ALSN signal disturbances the three-layer feed-forward artificial neural network with three input nodes, a hidden layer, four output nodes and sigmoid function neurons was used. The overall mean square error of the trained neural network is 0.031043 and the testing and the validation curves have similar characteristics which is an indication of efficient training.

The performed investigations have confirmed the effectiveness of the proposed algorithm of computer processing of ALSN signals for revealing and identifying of the ALSN signal disturbances.

*Havryliuk V. I., doct. of phys.-math. sci., professor
(DNURT)*

FAULT DIAGNOSTICS OF THE NEUTRAL SIGNALLING RELAY ARMATURE

Signalling relays are used for safety critical and safety related applications in railway signalling systems, so they should be properly maintained and periodically tested to ensure their safe and reliable performance. During relay test sets the operating voltage, contact and coil