

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

# **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**81 Всеукраїнської науково-технічної конференції  
молодих учених, магістрантів та студентів**

**«НАУКА І СТАЛИЙ РОЗВИТОК  
ТРАНСПОРТУ»**

**28 жовтня 2021 року**

# **AUTOMATED CONTROL SYSTEMS ON TRANSPORT**

**CONFERENCE PROCEEDINGS**

**81th all Ukrainian Scientific and Technical Conference  
of young scientists, masters and students**

**“SCIENCE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF TRANSPORT”**

**October 28, 2021**

Автоматизовані системи управління на транспорті [електронний ресурс]: збірник тез доповідей секції 81 Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів «Наука і сталий розвиток транспорту» 28 жовтня 2021 р. – Дніпро: Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2021. – 22 с. – URL: [http://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8/2021/81\\_All-UA-ST\\_Conference\\_of\\_YSMS\\_SS\\_D\\_of\\_Transport/Transport\\_ACS\\_2021.pdf](http://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8/2021/81_All-UA-ST_Conference_of_YSMS_SS_D_of_Transport/Transport_ACS_2021.pdf)

У збірнику тез доповідей подано результати досліджень здобувачів вищої освіти і молодих учених, які присвячено питанням безпеки руху та інноваційним розробкам в галузі науки та техніки, що застосовуються або можуть бути застосованими в автоматизованих системах управління на транспорті. Тези доповідей подано в рамках 81 Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів «Наука і сталий розвиток транспорту», яку проведено 28 жовтня 2021 року у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Збірник тез доповідей призначено для здобувачів вищої освіти і молодих учених.

Текст тез доповідей учасників конференції подано в авторській редакції.

Офіційна наукова конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених:

– Лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 19.01.2021 р. № 22.1/10-83 «Про Перелік міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених».

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IMPROVING THE SAFETY OF VEHICLES AT LEVEL CROSSINGS BY<br>MONITORING THE POSITION AND SPEED OF THE TRAIN AT THE<br>SECTION APPROACHING THE LEVEL CROSSING ..... | 4  |
| THE ACCURACY OF TRACTION CURRENT HARMONICS PARAMETERS<br>DETERMINATION BY WINDOWED FFT .....                                                                    | 6  |
| ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF MODERN TYPES OF THE<br>ROLLING STOCK WITH SIGNALIZATION SYSTEMS .....                                                          | 7  |
| ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ ТИПІВ РУХОМОГО СКЛАДУ НА<br>ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ З СИСТЕМАМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ І<br>ЗВ'ЯЗКУ .....                                           | 8  |
| УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ І<br>ПОЛОЖЕННЯ ПОЇЗДА НА ДІЛЯНЦІ НАБЛИЖЕННЯ ДО<br>ЗАЛІЗНИЧНОГО ПЕРЕЇЗДУ .....                                          | 9  |
| DETECTION OF SIGNAL DISTURBANCES IN RAILS USING WAVELET<br>TRANSFORM.....                                                                                       | 10 |
| АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ<br>АВТОМАТИКИ .....                                                                                       | 11 |
| УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ ЗА<br>РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ<br>СИГНАЛІВ .....                                               | 12 |
| СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ НА<br>ПЕРЕГОНІ.....                                                                                               | 13 |
| П'ЄЗОЕФЕКТ ТА ЙОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....                                                                                                                             | 14 |
| ПЕРСПЕКТИВИ 3D-ДРУКУ.....                                                                                                                                       | 15 |
| КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИВОДІВ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПРИ<br>СУЧАСНІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДІВ.....                                                                         | 16 |
| ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРАТ ЧАСУ НА КОНТРОЛЬ СТАНУ СТАНЦІЙНИХ<br>РЕЙКОВИХ КІЛ.....                                                                                         | 17 |
| РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ<br>МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ<br>ОПТИМАЛЬНОЇ ВИДИМОСТІ СТАНЦІЙНИХ СВІТЛОФОРІВ .....           | 18 |
| ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ .....                                                                                                               | 19 |
| ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ<br>ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОШУКУ ВІДМОВ .....                                                        | 20 |

## **IMPROVING THE SAFETY OF VEHICLES AT LEVEL CROSSINGS BY MONITORING THE POSITION AND SPEED OF THE TRAIN AT THE SECTION APPROACHING THE LEVEL CROSSING**

Author: Regis Nibaruta, postgraduate student

Supervisor: doctor of phys.-math. sci., professor, head of department Automatics and  
Telecommunications Havryliuk V. I.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

Level crossings (LCs) are the places where railway and motorway meet in the same level and so they are one of the most dangerous areas for the rail and vehicle traffic. Ensuring traffic safety at level crossings is based on the preferential right of train movement due to its large size, weight and braking distance compared to vehicles. The so-called fixed distance system (FDS), which is most widely used at level crossings, is based on the mandatory turning on light and sound signals at LC when a train enters the level crossing approach section of fixed length. To detect an approaching train various types of sensors are used, of which track circuits are most commonly used, especially in Eastern European countries. The fixed distance systems have a constant warning time (CWT), the value of which is determined by the length of the approach section and the maximum speed of the fastest train. The disadvantage of such systems is that for slow-moving trains, the warning time is excessive, which leads to long queues at the level crossing and may provoke some drivers to cross the LC after the warning light and sound signal are turned on. To match the warning time with train speed, it is necessary to control the location and speed of train at level crossing approach section (so-called, arrival time estimation systems. The aim of the work is to improve the safety of vehicles at level crossings by monitoring the position and speed of the train at the section approaching the level crossing. To attain this purpose the previously considered method based on measuring the electrical impedance of a rail loop in the section between a generator (located at a level crossing) and a train wheel axle are taken as the base for investigation in the present work. The problem is that the input impedance of the rail loop is also influenced by a number of factors, such as the transverse resistance of the ballast layer between the two rails, the longitudinal impedance of the running rails, the axle resistance and the wheel-to-rail contact resistance. The values of most factors given above are changed insignificantly, while the value of the ballast resistance between two rails can vary over a wide range from 1 to 50 Ohm/km and more with changing environmental conditions. Therefore, for accurate positioning of the train on the track circuit, it is necessary to take into account variations in the track circuit parameters and, above all, the resistance of the track ballast. Track circuits are a key component of automatic train control systems and used to detect whether the rail section is free or occupied and also to transmit trackside aspect into train cab. Respectively, track circuits at level crossings are designed to detect the entry of a train into the controlled section in front of the LC. In Ukrainian LC signaling systems the jointless audio-frequency track circuits (AFTC) with a signal current carrier frequency of 420, 480, 580, 720 or 780 Hz and a modulated frequency of 8 or 12 Hz are used more often.

The results of measurements and modeling of audio-frequency track circuits (TC) show a monotonic dependence of the input impedance of the TC on the distance to the train, as well as the resistance of the ballast. Therefore, the TC input impedance can be used to locate the train on the monitored section, provided that the ballast resistance value has been previously determined.

Two methods that allow you to take into account the resistance of the ballast when measuring the TC input impedance are considered in the work. The first one is based on the simultaneous measurement of two values of TC input impedance for two different frequencies of signal current for the same values of train coordinate and ballast resistance. The solution of the equations, described TC input impedance for two different frequencies of signal current makes it pos-

sible to determine two unknown parameters, namely the train coordinate and the ballast resistance. The second method is based on determining the ballast resistance by measuring the input impedance of the unoccupied track circuit before the train enters this section (i.e., for track circuit in normal operating mode). From this value it is possible to obtain an unknown value of ballast resistance. Then, when the train enters the controlled section, its location can be determined using the predetermined value of the ballast resistance. In proposed method, it is assumed that the changes in ballast resistance during the train movement along section are insignificant, which is consistent with the data in. Combined use of these two methods allows us to get more accuracy in determining the train location.

For ensuring traffic safety at a level crossing train positioning must be carried out correctly and timely when the train moves along the controlled section of the approach to the LC. It is possible to speed up the determination of the train location at the section of the approach to the level crossing if for this section the dependence of the train position on the TC input impedance for different values of the ballast resistance is preliminary determined using regression analysis.

The random nature of the variations in the TC primary parameters, as well as nonlinear responses of the TC input impedance to these variations, leads to the fact that the use of multiple nonlinear regression models for this problem becomes impractical from a computational point of view. Another limitation is the strong model assumptions made by the multiple nonlinear regression models.

An alternative method to accelerate the determination of the train position at the approach to the crossing is based on the use of an artificial neural network (ANN), which, in the process of training on a finite sample of the measurement results, allows to obtain a model of the regression dependences in the form of a weighted sum of a group of basic functions. In practice, there are two main types of ANNs most commonly used, namely Feed-forward Neural Network (FFNN) and Recurrent Neural Network (RNN). In FFNN, data can only flow from the input to the hidden layer, whereas in RNN, data can flow in any direction. In the present study, a feed-forward neural network with an error back-propagation training algorithm and the Levenberg-Marquardt optimization technique to improve the performance of the training algorithm was implemented in Matlab. ANN was built from three layers with one input and one output nodes.

To determine train coordinate, the combined method, considered above, was used, which includes measuring two values of the TC input impedance in shunt operating mode for two different signal current frequencies and TC input impedance in normal operating mode. Thus, the vector of track circuit's input impedances in normal and shunt operating modes for two signal current frequencies (420 and 580 Hz) was used as input data, and the distance from the level crossing to train was used as the target for ANN. A three-layer neural network of direct propagation with the number of neurons in the hidden layer equal to 6 is selected from the condition of the minimum root-mean-square error of the ANN. The maximum values of the absolute error of the results obtained using the ANN model were observed at a distance of 700-800 m from the level crossing and amounted to 8-10 m. As the distance to the point of standard shunt application decreased, the absolute error also decreased.

Brief conclusions on the work are as follows. Unpredictable changes in the TC primary parameters, as well as nonlinear responses of the TC input impedance to these changes, lead to the fact that the use of direct calculation of train location using considered nonlinear in the work models becomes inappropriate from a computational point of view. To determine a train location at the approach to the railway crossing using input impedance of track circuits, the ANN model has been used. The absolute error of the proposed ANN model reached 10 m at a distance of 700-800 m from the level crossing and decreased with distance decreasing.

## **THE ACCURACY OF TRACTION CURRENT HARMONICS PARAMETERS DETERMINATION BY WINDOWED FFT**

Author: Muhammad Jaseel, postgraduate student

Supervisor: doctor of phys.-math. sci., professor, head of department Automatics and  
Telecommunications Havryliuk V. I.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

The values of the traction current harmonics, which can cause fails in the operation of railway signaling systems, can be determined by passing of a measured signal proportional to the traction current through special banks of selective filters with frequencies corresponding to the frequencies of the signaling currents, as well as 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 background 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 briefly overviewed and investigations of the influence of FFT parameters on the accuracy of the determination of harmonics parameters (such as effective current, frequency, duration) have been carried out. To assess the accuracy of determining the RMS current and frequency of the harmonics, a computer study was performed using a synthesized current with known harmonics parameters, the values of which were chosen in accordance with the permissible values of the parameters determined by regulatory documents and standards. Dynamic range of the traction current harmonics is defined as ratio of the main harmonic level (for AC TC it is 50 Hz harmonic) to the level of the weakest harmonic. As a result, the dynamic range for AC TC with RMS current 200 A is 60 dB for frequency bands 4462-4538, 4962-5038, 5462-5538 Hz. The requirement that the duration of the harmonics defined by the standard cannot 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 type of windows used has a slight effect on the accuracy of determining the frequency of harmonics. The relative error of the effective value of the harmonic current was higher for a rectangular window, and relative error decreased in the row from the rectangular window to the Blackman window.

The values of the relative error of the RMS current for several frequencies of the harmonics did not meet the requirements necessary for the practical use of the method, and this is due to spectrum leakage and scalloping. For windows with a length of 1 s, the frequency resolution of the traction current was higher, than for windows with a length of 0.3 s, and the relative error of

the RMS current and frequencies of the harmonics were much lower, but even in this case, the relative error was high for individual frequencies.

## **ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF MODERN TYPES OF THE ROLLING STOCK WITH SIGNALIZATION SYSTEMS**

Authors: Regis Nibaruta, Muhammad Jaseel, postgraduate students

Supervisor: doctor of phys.-math. sci., professor, head of department Automatics and Telecommunications Havryliuk V. I.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

The electrified railways are the spatially distributed sources of power electromagnetic noise. Problem of their electromagnetic compatibility with railway signalization systems attracted much attention last years following the development of new types of the rolling stock with an asynchronous traction motors and pulse width modulation, that jeopardizes normal functioning of rail circuits and can cause failures of railway signalization systems operation.

To eliminate these failures the new samples of rolling stock are usually subject to the electromagnetic emission tests including measurements of the disturbance current in rail lines in the vicinity of the testing sample. Tests execute according to country specific rules and have to be repeated in various countries due to the great diversity of rolling stock, power supply and return current systems, and train detection systems installed in Europe.

The Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 2004/108/EC applies to a vast range of equipment encompassing electrical and electronic appliances, systems and installations. The main objective of the Directive is to guarantee the free movement of apparatus and to create an acceptable electromagnetic environment in the Community. Trains must fulfill the requirements in the railway EMC standard EN 50121, divided into six parts: –EN50121-1 "General"; EN50121-2 "Emission of the whole railway system to the outside world"; EN50121-3-1 "Rolling stock - train and complete vehicle"; EN50121-3-2 "Rolling stock - Apparatus onboard the vehicle"; EN50121-4 "Emission and immunity of the signaling and telecommunications apparatus"; EN50121-5 "Emission and immunity of fixed power supply installation and apparatus". Also, trains should comply with EN 50238 "Railway applications - Compatibility between rolling stock and train detection systems" and additional customer specification.

But measuring the interference and influence in the rails generated electrical rolling stock is often not sufficient for proper EMC test results. For correct proof the EMC of the rolling stock with environment and the signalization systems it is need accurate analysis and modeling of test cases. The simulation allows to analyze the behavior of the system in the worst conditions.

The aim of this work is to carry out theoretical and an experimental investigation of electromagnetic influence of modern type of the rolling stock on railway signalization systems. To achieve the aim the following tasks were solved:

- the model of the traction current harmonics distribution in rails from several trains in feeder zone based on representation of feeding system as a multiconductor transmission line and its computer realization in MatLab were developed;
- statistical analyses of traction current harmonics parameters were carried out for experimental data obtained during electromagnetic tests of modern types of rolling stock with pulse-width modulation.

To illustrate the application of the considered model, the distribution of the traction current harmonics in rails was computed for 25 kV AC direct feeding system. The values of the 25 Hz traction current harmonics in the rails significantly depends on distance from ESS1, the rail-to-earth conductance, and number of trains in feeder zone.

For one train the interference of 25 Hz in rails doesn't exceed a limit value of 1 A even when the rail-to-earth conductivity is 0.02 S/km, but if the number of trains in feeder zone increases, the interference current also increases and, under certain worst-case conditions, may exceed the limit values of interference specified by standards and national regulations.

## **ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ ТИПІВ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ З СИСТЕМАМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ І ЗВ'ЯЗКУ**

Автори: Дуленко Н. В., студент групи АТ1811

Науковий керівник: доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри

Автоматика та телекомунікації Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту

імені академіка В. Лазаряна

Безпека руху визначається як стан захищеності руху залізничного рухомого складу, який характеризується відсутністю граничного ризику виникнення транспортних подій і їх наслідків, які можуть заподіяти шкоду життю та здоров'ю громадян, навколишньому середовищу, майну фізичних або юридичних осіб. Технічні засоби, зокрема локомотиви і системи управління рухом поїздів, що безпосередньо визначають рівень безпеки руху, мають відповідати певним вимогам на всіх етапах життєвого циклу, починаючи від проектування, виготовлення, приймальних випробувань. В останні десятиріччя в Україні вводяться в експлуатацію нові типи електрорухомого складу (ЕРС) з асинхронним тяговим приводом (АТП) та імпульсним регулюванням. Електрообладнання ЕРС з АТП генерує значні електромагнітні завади в широкому діапазоні частот, що впливають на роботу систем сигналізації та зв'язку і можуть привести до небезпечних збоїв в їх роботі. Загальною програмою приймальних випробувань нових типів ЕРС передбачено випробування їх на електромагнітну сумісність з системами сигналізації та зв'язку. Вимоги з ЕМС рухомого складу сформульовано у міжнародних і національних нормативних документах. Велика різноманітність систем тягового електропостачання, сигналізації та зв'язку в країнах Європи потребує проведення сертифікаційних випробувань в кожній країні окремо, що перешкоджає інтегруваності і збільшує вартість ЕРС. Навіть в одній країні після проведення повного циклу випробувань нових типів ЕРС на ЕМС з пристроями сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) можуть виявлятися збої в їх роботі систем залізничної автоматики на окремих ділянках. Розслідування і визначення причин збоїв потребує додаткових досліджень з урахуванням конкретної схеми тягової мережі, рейкових кіл і т.д. Суттєвою допомогою при цьому може бути проведення аналізу ЕМС на комп'ютерній моделі з визначенням вірогідності появи небезпечної ситуації з урахуванням статистичних даних про параметри електромагнітних завад від ЕРС, що були виміряні під час випробувань.

Метою роботи є проведення аналізу вимог до електромагнітної сумісності ЕРС з системами сигналізації та зв'язку, дослідження статистичних закономірностей завад тягового струму у зворотній тяговій мережі, розробка імітаційної моделі для наукового супроводження випробувань рухомого складу на ЕМС з пристроями сигналізації та зв'язку.

Для розробки математичної моделі в якості базового узятو двоколіїну ділянку залізниці. Відстань між тяговими підстанціями, кількість і миттєві координати ЕРС по кожній колії, рід тягового струму, частоту і рівень завад, що генеруються ЕРС, первинні параметри тягової мережі обрані як варіативні параметри моделі. Тяговий струм з урахуванням великої кількості випадкових факторів, які впливають на нього, розглянуто як суму квазі-детермінованої і випадкової складової.

На основі проведених досліджень зроблено такі висновки. На підставі аналізу вимог до ЕРС з електромагнітної сумісності з системами сигналізації та зв'язку, проведених тео-

ретичних та експериментальних досліджень статистичних закономірностей завад тягового струму у зворотній тяговій мережі, розроблено імітаційну модель для наукового супроводження випробувань рухомого складу на електромагнітну сумісність з пристроями сигналізації та зв'язку.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ І ПОЛОЖЕННЯ ПОЇЗДА НА ДІЛЯНЦІ НАБЛИЖЕННЯ ДО ЗАЛІЗНИЧНОГО ПЕРЕЇЗДУ**

Автори: Сиваченко М. В., студент групи АТ1811

Науковий керівник: доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри  
Автоматика та телекомунікації Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах є однією з найбільш гострих завдань загальної проблеми безпеки на залізничному транспорті. Аналіз дорожньо-транспортних пригод на залізничних переїздах показує, що значна їх кількість викликана порушенням правил проїзду переїздів водіями, і однією з причин цього є необґрунтовано завищений час очікування проїзду поїзда після подачі сповіщального сигналу на переїзді, яке може становити в деяких випадках 15 хвилин і більше.

На перегонах з автоблокуванням, в залежності від розрахункових довжин ділянок наближення і від розташування переїзду щодо світлофорів, в ділянку наближення включають рейкові кола одного або двох блок-діляниць. При цьому фактична довжина ділянки наближення, як правило, перевищує розрахункову довжину, і повідомлення про наближення поїзда до переїзду буде подаватися передчасно. Для компенсації цього в електричних схемах переїзної сигналізації передбачена схемна затримка включення сигналізації після вступу поїзда на ділянку наближення.

Для компенсації часу очікування на переїзді були запропоновані різні пристрої з контролем координати і швидкості поїзда. Контроль координати пропонується здійснювати шляхом розміщення різних типів датчиків, додатково до рейкових кіл або шляхом обробки інформації про безперервно змінюються параметрах рейкового кола, на ділянці наближення до переїзду. Контроль швидкості запропоновано здійснювати також шляхом вимірювання часу проходження між датчиками на вимірювальній ділянці.

Недоліками запропонованих систем є зниження рівня безпеки системи, викликане застосуванням додаткових колійних пристроїв (точкових датчиків, електронних пристроїв обробки даних про наближення потягу і прийняття висновку про час затримки включення автоматичної переїзної сигналізації), а також ускладнення і удорожчання системи сигналізації.

Спосіб контролю координати і швидкості поїзда шляхом вимірювання вхідного струму, напруги або імпедансу на живильному кінці рейкового кола (РК) описаний в літературі. Недоліком запропонованого способу є похибка вимірювання імпедансу, обумовлена зміною опору ізоляції баласту, що знижує точність контролю параметрів руху поїзда і негативно впливає на безпеку руху транспортних засобів на переїзді.

Метою цієї роботи є вдосконалення способу контролю швидкості і положення поїзда на ділянці наближення до залізничного переїзду.

Для досягнення поставленої мети в роботі проведено аналіз існуючих технічних рішень проблеми і запропонована математична модель контролю параметрів руху поїзда на ділянках наближення, обладнаних тональними рейковими колами.

На основі моделювання системи при варіації первинних параметрів рейкової лінії отримана оцінка похибки визначення координати і швидкості поїзда і вибрані умови, що

дозволяють з найбільшою вірогідністю розраховувати контрольовані параметри. Розглянуто задачу прийняття рішення про закриття переїзду в умовах неповної інформації щодо первинних параметрів системи.

## **DETECTION OF SIGNAL DISTURBANCES IN RAILS USING WAVELET TRANSFORM**

Authors: Honcharov I I., Kozhushko V. V., students of group CK19120

Supervisor: doctor of phys.-math. sci., professor, head of department Automatics and Telecommunications Havryliuk V. I.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

One of the main sources of electromagnetic interference at electrified railways is the rolling stock and the traction system as a whole. Rolling stock is a non-linear power load that generates electrical disturbances in the traction network, covering a wide frequency range with significant variations in amplitude, and these disturbances penetrate into railway signal lines through conductive or inductive paths and can lead to maloperation of signaling systems. Information on the state of the tracks, signal lights, railway switches, etc. is transmitted to the control room, and control commands are sent in the opposite direction to the tracks and signaling systems. The safety of train traffic is directly dependent on the accuracy of the transmission of information and control signals. Data in railway electrical signaling systems are transmitted by coded current with amplitude shift keying (ASK) or frequent keying (FSK). The ASK signals are more often used because of their simpler generation by the contact transmitter, but such signals have low noise immunity. Ensuring of the timely detection of possible signal distortions in transmission lines is possible by organizing the monitoring of electromagnetic interference in them. The aim of the work is to investigate the effectiveness of the using of the wavelet decomposition method to identify distortion in continuous ASK railway signals with amplitude greater certain level. STFT is widely used for spectral analysis of traction current, but this method has some limitations, and one of them is associated with trade-off between the FFT window length and the frequency band caused by the use of a fixed-length window. This restriction becomes important when the signal has transient components localized in time. Therefore, the STFT is more useful for analyzing quasi-stationary signals. In recent decades, wavelet theory has become a powerful signal processing tool, widely used for non-stationary signal analysis in many practical applications. Wavelet transform (WT) allows simultaneous analysis of signal features in both the time and frequency domains, but in contrary to STFT, wavelet analysis uses a varied time window, the length of which depends on the frequency being analyzed. This property of WT makes it very effective for revealing the features of continuous non-stationary signals. Simulation signals are generated using MatLab in a form of a pure ASK (on-off keying) signal with a carrier frequency of 50 Hz and a 6-bit frame, as well as five variants of a distortion in original signal in the form of pulses with an exponential form envelop, additive noise, dips, swellings and with low-frequency transients. The number, locations in time, amplitude values and durations of disturbances in signal were randomly varying by a computer program. The average value of disturbances was equal to signal amplitude and average duration of disturbances was amount-ed to 0.25 from code pulse or pause length. The signal segments of four period of keying were decomposed using a four-level wavelet packet transform (WPT) with db4 wavelet. For signals with sags, swells and low-frequency transients, some features appear in the time dependence of the WPT coefficients in node (4.0), and, in general case, all investigated distortions of the signal cause appearance of localized features in the time dependences of the coefficients for higher order nodes. The strong influence of distortions of ASK signals on the distribution of WPT coefficients in nodes allow to use WPT to revealing and localization of signal distortions in time.

However, the monitoring of long-duration signals by using WP decomposition meet some obstacles, connected with need to perform pattern recognition for WPT coefficients in the time domain, which requires considerable time and computer resources.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

Автор: Гринь Т. П., студентка групи СК2021

Науковий керівник: доц., к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації  
Профатилів В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Електромагнітні реле залізничної автоматики використовуються в системах автоматики, що забезпечують безпеку руху поїздів на перегонах та станціях. Для забезпечення безпечної роботи систем залізничної автоматики вони повинні відповідати вимогам до реле першого класу надійності. Для цього, реле залізничної автоматики проходять періодичну перевірку та регулювання параметрів. При контролі параметрів реле залізничної автоматики, найбільш складним є вимірювання механічних параметрів, таких як контактний тиск, висота антимагнітного штифта та сумісний хід контактів, які виконуються за допомогою графометра часового типу Г-10-60 та набору точних щупів. Статистика таких вимірювань показує, що недоліком даного способу контролю механічних параметрів реле є достатньо висока погрішність (до 40 %), яка обумовлена ручним способом вимірювань та суб'єктивністю при визначенні моменту відліку показань, а також погрішністю графометра Г-10-60. Резерви підвищення точності перевірки механічних параметрів реле, а також скорочення часу на перевірку реле при використанні існуючої технології практично вичерпані, тому завдання автоматизації процесу вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики є актуальним.

Метод автоматизованого вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики типу НМШ та РЕЛ ґрунтується на особливостях їх конструкції. В цих реле відпадання якоря здійснюється під дією власної ваги якоря, а не під дією зворотної пружини, як в інших типах реле. За допомогою спеціального пристрою, який включає в себе блок вводу аналогового сигналу в цифрову систему та логічний аналізатор з контролем 16 цифрових сигналів, забезпечується одночасна реєстрацію часових діаграм стану усіх контактів, а також положення якоря реле від часу при вмиканні реле. Розроблений пристрій підключається до комп'ютера через USB-порт, а для обробки отриманих даних використовуються програмно реалізовані алгоритми цифрової обробки сигналів та числові методи.

Алгоритм програмної обробки даних складається з наступних етапів:

- визначення ходу якоря при вмиканні реле  $x(t)$  по оцифрованому аналоговому сигналу;
- визначення спільного ходу контактів шляхом співставлення залежності  $x(t)$  і часової діаграми розмикання тилових та замикання фронтних контактів, отриманих за допомогою логічного аналізатора;
- визначення електромагнітної сили притягнення якоря шляхом диференціювання залежності  $x(t)$ ;
- визначення скритих ходів для тилових і фронтних контактів;
- визначення контактного тиску.

Даний метод автоматизованого вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики дозволяє розв'язати задачу автоматизації вимірювання механічних параметрів відповідно до експлуатаційно-технічних вимог до реле першого класу надійності. Похибка обчислення параметрів не перевищує 10 % для фронтних контактів і 5 % для тилових

контактів, що дозволяє використовувати розроблений метод на залізничному транспорті замість існуючої технології перевірки параметрів реле.

## УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Автор: Леонов М. В., студент групи АТ2021

Науковий керівник: доц., к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації  
Профатилів В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

На залізничному транспорті в Україні досить широко використовуються тональні рейкові кола (ТРК). Існуючий приймач ТРК здійснює аналогову обробку сигналів, що потребує використання цілого ряду фільтрів на індуктивностях та ємностях, які мають високу вартість і не дуже стабільні параметри в процесі експлуатації. Набагато кращі результати можна отримати, як що перетворити вхідний аналоговий сигнал у цифровий код, а потім обробити його за допомогою методів цифрової обробки сигналів. Такий метод побудови цифрового приймача ТРК дозволить збільшити надійність пристрою, зменшити габаритні розміри апаратури та її вартість.

Для апаратної реалізації приймача ТРК пропонується використовувати мікроконтролер dsPIC30F1010 з вбудованим цифровим сигнальним процесором, який має високу швидкість роботи (до 30 MIPS) і потужну систему команд з підтримкою цифрової обробки сигналів. Та як усі цифрові системи працюють із сигналами, що мають дискретне значення, тому вони не здатні напряду працювати з аналоговими сигналами. Для обробки аналогових сигналів за допомогою цифрового пристрою, необхідно попередньо оцифрувати сигнал, тобто піддати його дискретизації, квантуванню та кодуванню. Мікроконтролер dsPIC30F1010 має вбудований аналогово-цифровий пристрій (АЦП). Але аналоговий сигнал не можливо подати відразу на вхід АЦП, тому на вході перед АЦП встановлюються додаткові елементи, що виконують допоміжні функції узгодження рівнів сигналу, захисту від перенапруг та фільтрації сигналу. На рис. 1 приведена структурна схема введення аналогового сигналу в мікроконтролер dsPIC30F1010.

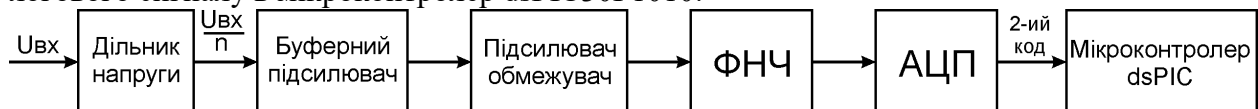


Рис. 1. Структурна схема введення аналогового сигналу в мікроконтролер dsPIC30F1010

Дільник напруги зменшує рівень вхідного сигналу до необхідного рівня, що поступає на вхід наступного каскаду. Буферний підсилювач забезпечує вхідний опір схеми не менше 1 МОм. Підсилювач-обмежувач забезпечує підсилення вхідного сигналу до необхідного рівня та захист АЦП від перевантаження по напрузі. Безпосередньо на вході АЦП встановлюється фільтр нижніх частот (ФНЧ) для усунення ефекту накладання спектрів, який виникає при перетворенні аналогового сигналу в цифровий код. Для реалізації ФНЧ використовується активний фільтр другого порядку, реалізований по модифікованій схемі Саллена-Кея.

Безпечна та надійна робота цифрового приймача ТРК забезпечується використанням трьохканальної структури та можливістю автоматичного переходу приймача у захисний стан у випадку несправності апаратури, що відповідає приладам першого класу надійності.

Використання цифровий приймач ТРК замість аналогового має ряд переваг:

- універсальність цифрового приймача ТРК, що дозволить використовувати всього лише один тип приймача для різних частот (модуючих і несучих);
- значне зниження потужності споживання цифрового приймача ТРК;
- зменшення ваго-габаритних параметрів цифрового приймача ТРК;
- широкий температурний діапазон роботи приймача (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ );
- стабільність роботи у широкому діапазоні напруги живлення (від 110 до 260 В);
- легкість включення цифрового приймача ТРК у систему диспетчерського контролю для перевірки працездатності приймача.

## **СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ НА ПЕРЕГОНІ**

Автори: Серченко М.С., студент групи СК2021;

Сверчков Є.В., студент групи СК2021

Науковий керівник: доц., к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації

Профатилів В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Рейкове коло (РК) є одним з важливих елементів систем залізничної автоматики в Україні, так як вони безпосередньо забезпечують безпеку руху поїздів на перегонах та станціях. У той же час РК відрізняються складністю в експлуатації та вимагають значних експлуатаційних витрат. При ремонті РК не менш 60-80% часу йде на пошук і визначення несправності, тому розробка автоматизованих методів і технічних засобів діагностики РК є актуальною науковою і технічною задачею.

Розроблена система дистанційної діагностики призначена для контролю параметрів рейкових кіл на перегоні в процесі їх експлуатації, виявлення причин та місця несправностей, прогнозування часу та типу виникнення відмови. Для якісної діагностики РК, її математична модель повинна як можна точніше відображати фізичні процеси, що впливають на роботу РК при їх експлуатації та відповідати самим різним вимогам: відображати з заданою точністю залежність вихідних електричних параметрів РК від їх внутрішніх і зовнішніх параметрів в широкому діапазоні їх зміни, мати однозначну відповідність фізичним процесам в РК, включати необхідні апроксимації та спрощення, які дозволяють реалізувати модель програмно.

При розрахунках параметрів РК змінного струму, рейкову лінію розглядають у вигляді двохдротової електричної лінії з розподіленими параметрами. Для аналізу роботи елементів РК, доцільно представити їх чотирьохполюсними схемами заміщення. Так як частотний діапазон роботи РК обмежений областю низьких частот, то схема РК заміщається пасивним симетричним чотириполюсником з розподіленими параметрами, що описуються матрицям передачі. Для розрахунку режимів роботи РК, аналізу та перевірки критеріїв надійності цих режимів вимірюється значення струму й напруги на релейному та живлячому кінці РК за допомогою апаратних засобів цифрової системи діагностування роботи РК. Потім данні передаються на станцію (де встановлений АРМ електромеханіка) для розрахунку струмів та напруг на початку та в кінці РК і визначення коефіцієнтів чотириполюсника рейкової лінії та вторинних параметрів рейкової лінії.

Експериментальна перевірка розробленого методу за допомогою математичного пакету Mathcad показала, що процентне відхилення розрахункових та експериментальних даних не перевищує 10-15%, що цілком допустимо для системи діагностики і дозволяє використовувати її для експлуатації на залізничному транспорті в Україні.

Впровадження системи дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні дає наступні переваги:

- можливість дистанційної діагностики РК, що дозволить оперативно виявляти відмови, зменшити час пошуку та усунення несправності;
- контроль параметрів РК в автоматичному режимі при мінімальній участі експлуатаційного персоналу;
- зниження часу знаходження людей на перегоні, що підвищить безпеку праці та поліпшить умови роботи електромеханіка;
- перехід з планово-запобіжного методу обслуговування РК до методу обслуговування «по стану», що дозволить значно знизити експлуатаційні витрати;
- завчасно прогнозувати відмови РК, зменшити кількість несподіваних відмов та можливість видавати рекомендації з регулювання та обслуговування РК.

### **П'ЄЗОЕФЕКТ ТА ЙОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Автор: Костенко К. Л., студентка групи СК2011

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доцент кафедри Фізика Гулівець О. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

П'єзоефект – це ефект виникнення електричних зарядів на гранях деяких кристалів при їхній деформації. Розрізняють прямий та зворотні п'єзоелектричний ефекти, які спостерігаються в одних і тих же кристалах – п'єзоелектриках. П'єзоефект спостерігається в деяких кристалах, без центра симетрії, до таких належать кристали кварцу, сегнетової солі, метатитанату барію.

П'єзоелектричний ефект вперше був відкритий Жаком та П'єром Кюрі в 1880 році. На кристалі кварцу вони помітили, що під час деформації на його гранях виникає електричний струм. В 1881 році Липпман відкрив, що під дією електричного поля виникає деформація кристалів. Саме цими вченими і було передбачено і виведено прямий та зворотні п'єзоелектричні ефекти.

П'єзоефект і зараз використовують у деяких приладах, виробництві тощо. Перше технічне застосування п'єзоефекту було здійснено П. Ланжевенном у 1920 р. – він створив ультразвуковий перетворювач для передавання і приймання інформації у воді, який став прабразом сучасних ультразвукових випромінювачів, що використовуються для навігації у підводних човнах, а також для виявлення косяків риб і в інших цілях.

Деякі вироби, такі як годинники, фотоапарати, мобільні телефони, телевізори стали звичними у повсякденному побуті. Кожен з електронних пристроїв неможливий без використання п'єзоелементів – це випромінювачі та антени в гідроакустиці, стабілізатори частоти у комп'ютерах, радіотехнічних пристроях та еталонах часу, електричні фільтри та лінії затримки в радіо і телефонному зв'язку, датчики для вимірювання прискорень, рівня вібрації, акустичної емісії для неруйнівного контролю, п'єзотрансформатори і п'єзодвигуни, медична ультразвукова томографія.

Функціональні призначення п'єзоелементів, розміщених у годинниках, п'єзозапальничках, телевізорах і мобільних телефонах, різноманітні, проте в основу таких пристроїв покладено одне й те саме фізичне явище – п'єзоелектрика, тобто здатність деяких кристалів, кераміки та текстур зі зміною розмірів або форми продукувати електрику, і навпаки, змінювати розміри або форму під дією електричної напруги. Медичні інструменти різного призначення тощо.

П'єзоелектрики використовують у сучасній енергетиці, як п'єзодвигуни високої потужності. Для економії енергії на реактивних літаках встановлюються п'єзоперетворювачі, в яких в електроенергію безпосередньо перетворюються коливання і вібрації фюзеляжу і

крил. Розроблено світлофори, батареї яких заряджаються від шуму автомобілів на перехресті. Експериментально працює п'єзоелектрична система на перонах залізничних станцій для перетворення енергії коливань, створюваних пасажирами.

Широко використовують п'єзоефект у сучасній мікроелектроніці у мініатюрних п'єзовипромінювачах, що ефективні на високих частотах та мають невеликі габарити. Для подавання чорнила в широкоформатних принтерах, що друкують на сольвентному чорнилі й чорнилі з ультрафіолетовим затвердінням також присутній п'єзоефект.

Отже, кожен новий винахід приносить користь для людини, кожне нове дослідження, розробка, я думаю, може полегшити життя. Ще безліч наукових досліджень можна зробити використовуючи п'єзоефект. Наприклад, продовжити винаходити п'єзоодяг, що використовуватиме енергію людини в корисних цілях. Майбутнє призначення п'єзоефекта залежить лише від людей.

### **ПЕРСПЕКТИВИ 3D-ДРУКУ**

Автор: Радченко М. Д., студент групи АТ2011

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доцент кафедри Фізика Гулівець О. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

3D-друк – форма технологій адаптивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюють накладанням слоїв матеріалу за даними цифрової моделі. Зараз перспективи 3D-друку дуже багатообіцяючі. Вчені активно розвивають існуючі методи 3D-друку, а також розробляють новітні технології і типи матеріалів, знаходять сфери застосування у яких раніше не було навіть думки про такі технології. Багато хто називає 3D-друк технологією майбутнього, і це дійсно так. Методика здатна повністю перевернути життя, змінивши спосіб виробництва багатьох речей. Насправді, 3D принтер – це справжня фабрика майбутнього, компактна та багатофункціональна. За рахунок цього перспективу 3D-друку з упевненістю можна назвати багатообіцяючою.

3D-принтери здатні знизити витрати на виробництво, за рахунок цього знизиться і собівартість виробів. В цілому, перспективи 3D друку визначені для багатьох сфер. 3D-друк можна уявити в таких сферах як будівництво, фармацевтика, харчова промисловість, електроніка, транспортна промисловість та багато інших.

Ви тільки уявіть наскільки ця технологія може спростити будівництво. Великий принтер буде друкувати будинок по контуру або уявіть, що мости теж будуть друкувати, наскільки це спростить будівництво таких складних споруд, це просто неймовірно.

Суть 3D перспективної технології в фармацевтиці полягає в поступовому вивільненні активних речовин, завдяки чому замість безлічі різних таблеток можна буде випити тільки одну.

Одна з найбільш сирих технологій друку це харчова промисловість, але потенціал закладений і в ній. Харчові 3D-принтери цікаві можливістю приготування їжі для космонавтів, а також свободою прояви кулінарного таланту. Підтвердженням цьому є приголомшливі десерти надруковані за допомогою цієї методики.

Що до електроніки то цьому пункту слід приділити особливу увагу. Вчені вважають 3D-друк електроніки майбутнім для виготовлення цифрових приладів, і це має сенс. В наш час активно проводяться дослідження властивостей графену і його застосування в адитивному виробництві. Величезний прорив в цій області – створення на 3D-принтері графенового акумулятора з необмеженим терміном експлуатації.

Що до транспортної промисловості то майбутнє 3D друку ґрунтується на здатності відтворювати будь-які елементи будь-якої складності. У зв'язку з цим, вже зараз друк широ-

ко застосовується при розробці літаків, машин і супутників. На МКС навіть є власний принтер, не кажучи вже про низку вдалих результатів друку автомобілів.

За 3D технологією майбутнє, вона здатна повністю змінити наше життя, змінивши не тільки виробництво багатьох речей, але і уклад життя людини. 3D принтер - це не тільки справжня фабрика майбутнього, а вірогідно еволюційний крок людства до нового укладу існування. За рахунок цього перспективи 3D-друку з великою упевненістю можна назвати революційно багатообіцяючою.

### **КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИВОДІВ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПРИ СУЧАСНІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Автори: Дайліденко І. С., Некур А. О., студенти групи АТ1811

Науковий керівник: доцент, к.т.н., доцент кафедри Автоматика та телекомунікації Лагута В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Класифікація електричних приводів стрілочного переводу необхідна при вирішенні завдання їх подальшого удосконалення для забезпечення безпеки руху поїздів.

Згідно з вимогами Правил технічної експлуатації залізниць стрілочні переводи повинні забезпечувати: щільне прилягання притиснутого гостряка до рамної рейки при крайніх положеннях стрілки; незамкнення стрілки при зазорі 4 мм і більше між притиснутим гостряком і рамною рейкою; відведення гостряка від рамної рейки на відстань 125 мм; механічне замикання гостряків стрілки для запобігання їх відходу при проході поїзду; захист від перевантажень двигуна і віджиму рамної рейки при попаданні стороннього предмету між гостряком і рамною рейкою; можливість переведення стрілки вручну.

Стрілочні приводи на залізницях, в залежності від області застосування, умовно поділяються на такі групи: для звичайних стрілочних переводів з марками хрестовин 1/11 і крутіше, широко поширених на станціях без високошвидкісного руху; для стрілочних переводів з пологими гостряками і рухомою серцевиною хрестовини високошвидкісних ділянок залізниць; для крутих стрілок сортувальних гірок.

По виду споживаної енергії приводи бувають електромеханічні, електромагнітні, електропневматичні, електрогідравлічні. Дія електропневматичних і електрогідравлічних стрілочних переводів засноване на застосуванні пневматичних і гідравлічних двигунів. По виду замикання розрізняють стрілочні приводи з зовнішнім і внутрішнім замиканням стрілочних гостряків.

За способом сприйняття розрізу стрілки, тобто її примусового переведення ребордами коліс рухомого складу при пошерстному русі, приводи діляться на врізні та неврізні.

За часом перекладу стрілочні приводи можна розділити на швидкодіючі (час переведення стрілки до 1 с), з нормальним часом переводу (до 5 с), і повільнодіючі (більше 5 с).

Здійснювати автоматичний контроль справності і діагностику ушкоджень електродвигуна дозволяє використання комп'ютерних технологій для виявлення несправностей в стрілочних електроприводах постійного струму. Для цієї мети використовується спеціальний інтерфейс, що дозволяє короткочасно перевести в період переведення стрілки електродвигун в режим генератора і зняти за допомогою аналого-цифрового перетворювача генераторну характеристику. Така характеристика дозволяє визначати несправності двигуна з використанням розпізнавання образів.

Сучасні стрілочні електроприводи повинні гарантовано забезпечувати показники безпеки руху поїздів і бути високонадійними. Необхідно знижувати експлуатаційні витрати на їх утримання шляхом створення технологій що не обслуговуються, використання перетворювальних технологій виготовлення і сучасних матеріалів. Тенденції досягнення високих шви-

джостей руху висувають більш жорсткі вимоги до надійності технічних засобів, що забезпечують безпеку руху поїздів по стрілочному переводу.

Висновки. При сучасній організації руху поїздів необхідний новий підхід до розробки стрілочного переводу і електроприводу. Реалізація даного завдання має на увазі створення єдиного технічного комплексу стрілочного переводу з можливістю діагностики його стану і оцінкою показників безпеки руху поїздів по стрілці. Його виробництво не можливо без застосування принципово нових технічних рішень побудови стрілочних переводів, електроприводів, гарнітури і систем контролю.

### **ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРАТ ЧАСУ НА КОНТРОЛЬ СТАНУ СТАНЦІЙНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ**

Автор: Серченко М. С., студент групи СК2021

Науковий керівник: доцент, к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації Маловічко В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Для успішного виконання завдань по перевезенню вантажів та пасажирів на залізничному транспорті необхідна надійна та безвідмовна робота систем автоматики як на станціях так і на перегонах. При цьому на станційні системи електричної централізації доводиться близько 50 відсотків всіх пристроїв автоматики які використовуються на залізничному транспорті. Стабільна робота цих систем і визначає в основному пропускну здатність залізниці, а їх відмови викликають значні затримки в русі поїздів.

По статистичних даних більшість відмов систем електричної централізації доводиться на напільні пристрої, а саме на рейкові кола відмови яких складають більше 20 відсотків від загальної кількості. При аналізі відмов рейкових кіл можна зробити висновок, що в переважній більшості це перехід рейкового кола в захисний стан через недостатній рівень сигналу на релейному кінці, тобто не виконання нормального режиму роботи рейкового кола. Причинами таких відмов є в першу чергу не достатньо якісне технічне обслуговування рейкової лінії та баластного слою з боку працівників служби колії. Баласт на станціях забруднюється сипучими матеріалами з вагонів, а також втрачає свої властивості з часом, а чистка та заміна баласту виконується не регулярно. Крім того опір рейкової лінії зростає з часом по причині відпадання приварних з'єднувачів на стиках рейок, що спричиняє також асиметрію при розповсюдженні тягового струму. Відновлення стану з'єднувачів шляхом приварювання виконується також не дуже оперативно. Особливістю наведеного типу відмов рейкових кіл є їх поступовий розвиток, а не раптова поява. Пропонується створити систему контролю стану рейкових кіл, яка з заданою періодичністю буде вимірювати рівень сигналу на колійних реле і автоматично прогнозувати можливу появу відмови.

Розроблена система працює наступним чином. На посту електричної централізації автоматично з заданою періодичністю вимірюється напруга на обмотках колійних реле та подається на входи мультимплексорів, з яких по черзі сигнали надходять на аналогово-цифровий перетворювач і далі оцифровані данні через буферні регістри поступають до обчислювальної машини, яка виконує запис результатів вимірювання та аналіз працездатності рейкових кіл. Система автоматично по черзі перевіряє всі рейкові кола станції і коли контрольована ділянка вільна виконує виміри напруги на колійних реле. Якщо рівень напруги вищий або нижчий нормалі для даного відгалуження рейкового кола, система відразу сповіщає про це обслуговуючий персонал. Якщо рівень в нормі, система виконує аналіз зміни величини напруги під час останніх вимірювань і виконує прогнозування виходу рівня за границі нормалі. Таким чином система автоматично виконує прогноз виникнення

відмов пов'язаних з поступовим зменшенням ізоляції баласту. Також слід відзначити, що система може працювати і з тональними, і з фазочутливими, і з кодовими рейковими колами, загальна структура системи контролю буде практично незмінною. Використання такої системи значно скоротить витрати часу на перевірку напруги на колійних реле з боку обслуговуючого персоналу і покращить точність вимірювань так як з процесу виключиться людський фактор. Прогнозування поступових відмов рейкових кіл дозволить також ліквідувати причини які можуть призвести до виходу з ладу рейкового кола заздалегідь, тим самим виключивши затримки в русі поїздів на час пошуку та усунення відмови.

### **РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ОПТИМАЛЬНОЇ ВИДИМОСТІ СТАНЦІЙНИХ СВІТЛОФОРІВ**

Автор: Некур А. О, студент групи АТ1811

Науковий керівник: доцент, к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації Маловічко В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Електрична централізація (ЕЦ) стрілок та сигналів, що використовується на станціях на даний час, будується на релейній елементній базі, яка має значні габарити та потребує великих приміщень для її розміщення, при її створенні відбуваються значні затрати коштовних матеріалів, рівень споживання електроенергії у такої техніки значно вищий ніж у напівпровідникової. Крім цього її обслуговування потребує значних експлуатаційних витрат і доволі вагомому фонду запасних елементів для заміни на період перевірки. Сучасні мікропроцесорні системи централізації стрілок та сигналів, які приходять на заміну релейним позбавлені таких недоліків, але впровадження таких систем на залізницях України відбувається повільними темпами.

Однією з систем мікропроцесорної централізації (МПЦ) є система МПЦ-У, яку все частіше встановлюють на залізничних станціях. Особливістю даної системи є те, що в ній використовується надійне електроживлення на сучасній елементній базі з розробкою живильної панелі власного виробництва, а також система автоматичного проектування станції (САПР), що дає змогу оперативно змінювати структуру системи та її програмне забезпечення без залучення спеціалістів з боку розробників. САПР автоматично генерує програми функціонування, мнемосхеми, бази даних, завантажувальні модулі і програмно видозмінює автоматизоване робоче місце електромеханіка та чергового по станції. В даній системі також доволі якісно реалізовані функції контролю стану як самої системи на посту централізації так і напільних пристроїв. З урахуванням вище переліченого було прийнято рішення використати саме цю систему для розширення її функціональних можливостей і як наслідок підвищення її надійності.

Після проведеного аналізу було визначено, що відображення елементів колійного розвитку на мнемосхемах станції робочого місця чергового по станції (ДСП) наводиться спрощене і для отримання інформації про стан об'єкта черговому потрібно розгортати інформацію відкриваючи відповідне додаткове меню. Наприклад вогні вхідного світлофора на моніторі ДСП відображаються тільки двома показаннями червоний та зелений, хоча реально на даному світлофорі 5 вогнів. При прийомі на бокову колію на світлофорі спалахують два жовтих вогні, а на моніторі ДСП відображається один зелений. Таке відображення не дозволяє ДСП відразу орієнтуватися по стану станційних об'єктів і для отримання повної інформації потребує додаткових затрат часу. Пропонується для малих станцій відображення напільних об'єктів на моніторі ДСП відразу приводити в максимально розгорнутому вигляді що покращить ефективність роботи ДСП. Також автором розроблено і пропонується адаптивний алгоритм подачі живлення від модулів світових сигналів

МСС до станційних світлофорів. На даний момент в системі МПЦ-У дані модулі видають на світлофори напругу в режимі «день» від 197 В до 248 В, в режимі «ніч» від 161 В до 201 В, в режимі ДСН (напруга знижена в два рази) від 97В до 123В. Також в модулі реалізована функція плавного включення ламп світлофора, при якій напруга на лампу подається не стрибком, а плавно підвищується для запобігання перегорання лампи. Автором пропонується в залежності від реальних погодних умов плавно змінювати напругу на лампах в наведених межах для організації оптимальної видимості сигналів в будь який момент часу та економії електроенергії при видимості яка задовольняє вимогам. Також слід відзначити що така модернізація стосується в основному програмного забезпечення а конструкція самих модулів не зміниться.

## ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

Автор: Пироженко І. С., студент групи АТ19120

Науковий керівник: доцент, к.т.н., доцент кафедри Автоматики та телекомунікації Буряк С. Ю.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

При центральному живленні електроприводів зручно вести збір діагностичної інформації, оскільки при такій організації подачі електричної енергії найбільш просто виконувати збір та аналіз даних, що надходять з одного джерела.

Подача електричної енергії для переведення стрілок здійснюється з розподільної або стрілочної панелі. Контроль струму переведення стрілок в робочому колі виконується включенням шунта або трансформатора струму, а паралельно йому – амперметра. Даний амперметр виводиться на пульт чергового по станції.

Оскільки на часових діаграмах можна чітко виділити такі основні моменти як: пусковий струм електродвигуна – струм який протікає в колі електродвигуна на початку руху; момент надання контролю автоперемикачем – іскріння ножів автоперемикача; залишкове обертове магнітне поле на статорі двигуна, – за якими можна проводити дослідження стану стрілочного переводу, тому при підключенні відповідного обладнання до виводів вимірювальної схеми робочого кола, які в свою чергу під'єднані до амперметра на пульті чергового по станції, можна діагностувати стан стрілочного переводу за допомогою аналізу часової залежності та спектральної характеристики струму під час переводу стрілки.

У зв'язку з підвищенням швидкостей руху поїздів у обслуговуючого персоналу всіх видів господарств на залізниці залишається значно менше часу на усунення пошкоджень. Якщо даний час розділити на проміжок часу від моменту появи несправності до моменту інформування про нього відповідального співробітника, час прибуття, пошук пошкодження і власне його усунення, то, зменшивши хоч один з складових, є можливість скоротити загальну його тривалість. Оскільки вплинути на час необхідний для прибуття співробітника на місце пошкодження дуже важко, а повна заміна обладнання потребує значних капіталовкладень, то залишається можливість скоротити час на етапі встановлення факту появи пошкодження, інформування про нього, а також час на пошук пошкодження, яке стало причиною відмови за допомогою автоматизації системи контролю та діагностування стрілочних переводів.

Автоматизована система контролю та діагностування крім того, що дозволить в режимі реального часу збирати дані про стан об'єктів, які знаходяться на віддаленні від поста електричної централізації, і у разі зміни значень відповідних показників видавати повідомлення про пошкодження або передвідмовний стан, запобігаючи тим самим затримці поїздів з вини ушкоджень стрілочного переводу, але також і зможе забезпечити усунення часового проміжку від появи несправності до надходження про неї інформації до компе-

тентних співробітників. А закладені в дану систему основні типи відмов, причини їх появи та методи усунення дадуть можливість проведення завчасної ідентифікації. При появі пошкодження така система не тільки зможе його визначити, але й видати рекомендації по способу його усунення, інструменту, деталям і вимірювальним приладам, які потрібно взяти з собою, висуваючись на об'єкт з пошкодженням, а також автоматично виконувати записи в електронному журналі про виконання робіт.

Таким чином, діагностування стрілочного переводу зводиться до визначення ознак його справного і несправного станів. Виконується збір та порівняння отриманих даних, одержаних з працюючих стрілок і показників еталонних сигналів, узятих в якості зразка і заздалегідь записаних зі справних стрілок. Порівняння значень виконується за кількома показниками струмової кривої робочого кола, обраного в якості досліджуваного зразка електродвигуна. Особливе значення мають амплітуда і тривалість переводу, за якими можна встановити наявність перешкод руху гостряків внаслідок попадання сторонніх предметів між гостряком і рамною рейкою, або з причини забруднення при русі стрілки, ускладнень в механічній передачі, а також люфтів в місцях з'єднання і неправильного регулювання вузлів в місцях кріплення.

### **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОШУКУ ВІДМОВ**

Автор: Петровський О. С., студент групи АТ2121

Науковий керівник: асистент кафедри Автоматики та телекомунікації

Маловічко Н. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

На даний час в Україні експлуатується понад 2 тисячі залізничних станцій обладнаних системами електричної централізації (ЕЦ). Практично всі системи ЕЦ побудовані на застарілій релейній елементній базі та експлуатуються 30 років і навіть більше. Робота таких систем стає все менш надійною, так як відбувається фізичне старіння системи що призводить до більшої кількості їх відмов. Сучасні релейно-процесорні та мікропроцесорні системи централізації (МПЦ) поки що в Україні не отримали широкого розповсюдження (менше 5% станцій обладнані такими системами) по причині досить високих фінансових затрат, які виникають при переоснащенні станції.

При виникненні відмови в системах МПЦ на допомогу обслуговуючому персоналу приходить програмне забезпечення автоматизованого робочого місця (АРМ) якими обладнані всі сучасні системи МПЦ. За допомогою АРМа електромеханік має змогу отримати інформацію в якій частині обладнання станції (постовій чи напільній) виникла відмова. Якщо причина в напільному пристрої (стрілка, сигнал і т.д.) то відмова буде локалізована до елемента, а якщо причина в постовій апаратурі, то система визначить навіть модуль який відмовив та його позицію в шафі. Така реалізація поглибленого контролю стану апаратури дає змогу оперативно ліквідувати більшість відмов обслуговуючим персоналом навіть без глибоких знань з принципів роботи системи та її обладнання.

При виникненні відмов в системах ЕЦ на релейній елементній базі ситуація значно гірша. Для ефективного пошуку відмови електромеханік повинен знати принципи та послідовність роботи всіх елементів системи, вміти користуватись вимірювальними приладами, принциповими та монтажними схемами. Крім цього для пришвидшення пошуку відмови необхідно дотримуватись певних процедур перевірок більшість з яких базується на особистому досвіді електромеханіка. В зв'язку з цим, часто виникає ситуація, що пошук відмови в постовій частині ЕЦ вимагає більших затрат часу, ніж її ліквідація. На базі вище сказаного, автором пропонується розробити систему автоматизованої діагностики стану пос-

тової апаратури систем ЕЦ, яка буде значно пришвидшувати пошук відмов в релейних системах.

Запропонована система складається з пристрою обробки та відображення інформації на базі комп'ютера, пристроїв узгодження та обробки інформації (гальванічні розв'язки, регістри, мультиплексори) та датчиків фіксації стану релейної техніки. В системах ЕЦ де реле на стативах розміщуються не в закритих блоках в якості датчиків пропонується використовувати будь які порогові елементи (наприклад тригер Шмідта) які можна підключати на вільні контакти реле що потребують контролю. Інформація про стан реле надходить до пристрою обробки інформації де і перевіряється відповідність положення контактів заданому алгоритму роботи системи. Якщо стан реле не відповідає заданому, система видає інформацію електромеханіку про місцезнаходження елемента який відмовив. В системі з блочним розміщенням апаратури за допомогою датчиків Холла можна фіксувати стан між блочних ліній з'єднання набірної та виконавчої групи що дає змогу локалізувати відмову до одного кола або до групи блоків. Також використання автоматизованої системи контролю дає змогу фіксувати виникнення короткочасних відмов для подальшого їх усунення.

Для нотаток

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Електронне видання

# **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**81 Всеукраїнської науково-технічної конференції  
молодих учених, магістрантів та студентів**

**«НАУКА І СТАЛИЙ РОЗВИТОК  
ТРАНСПОРТУ»**

**28 жовтня 2021 року**

# **AUTOMATED CONTROL SYSTEMS ON TRANSPORT**

**CONFERENCE PROCEEDINGS**

**81th all Ukrainian Scientific and Technical Conference  
of young scientists, masters and students**

**“SCIENCE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF TRANSPORT”**

**October 28, 2021**

Українською та англійською мовами

Текст тез доповідей учасників конференції подано в авторській редакції.

Точка зору редакції та організаторів конференції може не співпадати з точкою зору авторів тез доповідей.

Редакція та організатори конференції не несуть відповідальності за достовірність інформації, наданої авторами у тезах доповідей.

Організаційний комітет конференції:

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

49010, Україна, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2