

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МАГНІТОДИНАМІЧНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІ РЕЙОК

© Нічога В. О., Сторож В. Г., Матієшин Ю. М., 2019

Наведено результати розроблення та дослідження макета інформаційно-діагностичної системи для магнітодинамічної дефектоскопії залізничних рейок на основі сенсорів Холла. Застосування восьмиканального давача, окрім виявлення факту наявності дефекту, або структурного елемента колії дає змогу локалізувати його в поперечному перерізі головки рейки відносно її робочої або неробочої сторін, що підвищує інформативність всієї системи.

Ключові слова: дефект; магнітодинамічна дефектоскопія; залізнична рейка; вагон-дефектоскоп.

V. O. Nichoha, V. G. Storozh, Y. M. Matiieshyn
Lviv Polytechnic National University

RESULTS OF THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INFORMATION-DIAGNOSTIC SYSTEM FOR THE MAGNETIC FLUX LEAKAGE DEFECTOSCOPY OF RAILS

© Nichoha V., Storozh V., Matiieshyn Y., 2019

The results of the development and field tests of the information-diagnostic system model based on Hall sensors for the magnetic flux leakage defectoscopy of railway rails are presented. Unlike existing systems of the magnetic flux leakage defectoscopy using single-channel induction sensors, a specially designed eight-channel search sensor on Hall sensors is used. Defectoscopic information from an eight-channel search sensor is transmitted for processing and storing on a personal computer by network cable using Ethernet technology. The experimental tests were carried out both in the conditions of the laboratory on the simulator of the rail and in the course of inspection of the railway track on the carriage-defectoscope. In research on the carriage-defectoscope, the search ski with the eight-channel sensor was installed in place of the regular induction sensor of the carriage-defectoscope near the rear, in the course of the carriage's movement, the pole of the electromagnetic magnetizing system. The adequacy of defectoscopic information recording is carried out on the example of the analysis of signals from regular track elements – bolt rail joints, signals from which are commonly known. As result of the received signals processing is set, that using of an eight-channel sensor compatible with the information-diagnostic system in addition to detecting the fact of a defect or structural elements of a track, allows their to be localized in the cross-section of the rail head with respect to its working or non-working sides. It is shown the possibility to distinguish signals from structural elements of a track, which are heterogeneous in the transverse, relative to the axis of the rail, direction. The obtained using an eight-channel search sensor defectoscopic information makes it possible to visualize the investigated section of the rail by forming images, the brightness of which is proportional to the magnitude of the magnetic field of scattering of this section, which increases the information content of the system as a whole and may be useful in determining the degree of risk of a defect detected.

Key words: Defect; Magnetic Flux Leakage Defectoscopy; Rail of the Railway; Carriage-Defectoscope.

Вступ

Високі потреби в ефективних засобах швидкісної дефектоскопії залізничних рейок, які є важливою складовою безпеки на залізничному транспорті, обґрунтовані неухильно зростаючою кількістю перевезень та їх швидкості. Сьогодні шукають дефекти у залізничних рейках за допомогою спеціальних вагонів-дефектоскопів із використанням ультразвукових і магнітодинамічних методів, які доповнюють один одного.

Перевагою магнітодинамічного методу є те, що за ним добре діагностуються поверхневі дефекти залізничної рейки, які можуть перерости у тріщини, і добре відображаються структурні елементи рейкового шляху, за якими легко локалізувати положення виявлених дефектів незалежно від погодних умов та ступеня забруднення рейки. Цей метод відмінно працює за наявності поворотів залізничної колії, що особливо характерно для західного регіону України і насамперед гірських районів.

Огляд та аналіз публікацій

Принцип дії магнітодинамічного методу полягає в тому, що рейка намагнічується П-подібним електромагнітом [1, 2], який встановлено на індукторному візку вагона-дефектоскопа. За наявності дефекту у вигляді тріщини або будь-якої іншої неоднорідності рейкового шляху рівномірний розподіл магнітного поля розсіювання збурюється, що й реєструє дефектоскопічна система у вигляді певного сигналу. Для цього використовують одноканальні індукційні пошукові давачі, по одному на кожен рейку. Сигнал від дефектів залізничної рейки відрізняється від сигналів інших структурних елементів рейкового шляху за формою та тривалістю, що й дозволяє їх виявляти [3].

Постановка задачі та її зв'язок із важливими науковими завданнями

Один зі шляхів вдосконалення магнітодинамічних систем діагностики залізничних рейок, на наш погляд, полягає у створенні інформаційно-діагностичної системи із застосуванням багатоканальних пошукових давачів. Додаткові канали можна використати для реєстрації сигналів за ортогональними складовими магнітного поля розсіювання, а також для реєстрації магнітного поля розсіювання в поперечному напрямку до осі головки рейки [2, 4]. Це, з одного боку, покращить розрізнення структурних елементів рейкового шляху, а з іншого, – дасть змогу локалізувати виявлений дефект відносно головки рейки і краще прогнозувати ступінь його небезпеки.

Отримані у результаті таких заходів додаткові ознаки сигналів як від структурних елементів, так і від дефектів залізничних рейок дадуть змогу удосконалювати алгоритми програм для автоматичного виявлення дефектів у режимі реального часу, що полегшить роботу операторів-дефектоскопістів і підвищить її ефективність.

Опис макета інформаційно-діагностичної системи

Макет інформаційно-діагностичної системи (ІДС) для магнітодинамічної дефектоскопії залізничних рейок розроблено в межах виконання держбюджетної тематики Національного університету "Львівська політехніка". Він складається зі схеми збирання та передавання дефектоскопічних даних на персональний комп'ютер та виносного восьмиканального пошукового давача на основі сенсорів Холла. Остаточна обробка дефектоскопічних даних здійснюється на комп'ютері.

Схема складається з восьмиканального попереднього підсилювача, восьмиканального аналогово-цифрового перетворювача та процесора і реалізована на друкованій платі розміром 110×110 мм. Конструктивно плату розміщено в металевому корпусі розміром 210×120×30 мм із можливістю встановлення його на індукторному візку магнітодинамічного вагона-дефектоскопа. Плату схеми збирання та передавання дефектоскопічних даних, встановлену в корпус, зображено на рис. 1, де використано такі позначення: 1 – восьмиканальний попередній підсилювач, який складається з чотирьох двоканальних операційних підсилювачів МСР6022 з електронними резисторами МСР42010 для дистанційного регулювання коефіцієнта підсилення в межах від одиниці до 128 разів; 2 – восьмиканальний аналогово-цифровий перетворювач із розрядністю 12 бітів на мікросхемах МСР3201, що забезпечує достатній динамічний діапазон при записі дефектоскопічних

сигналів; 3 – процесор PIC18F67J60, який забезпечує передавання дефектоскопічних даних на головний комп’ютер для їх подальшого оброблення та синхронізацію роботи усіх складових макета; 4 – гніздо для підключення мережевого кабелю; 5 – гніздо РП15-23ГВФВ для підключення восьмиканального пошукового давача на основі сенсорів Холла; 6 – плата внутрішніх стабілізаторів на основі двох мікросхем КРЕН5 із високочастотним фільтром. Основне призначення стабілізаторів з фільтром – усунути вплив цифрової частини макета на восьмиканальний пошуковий давач на основі сенсорів Холла і аналогову частину схеми; 7 – гніздо для подачі живлення; 8 – запобіжник.

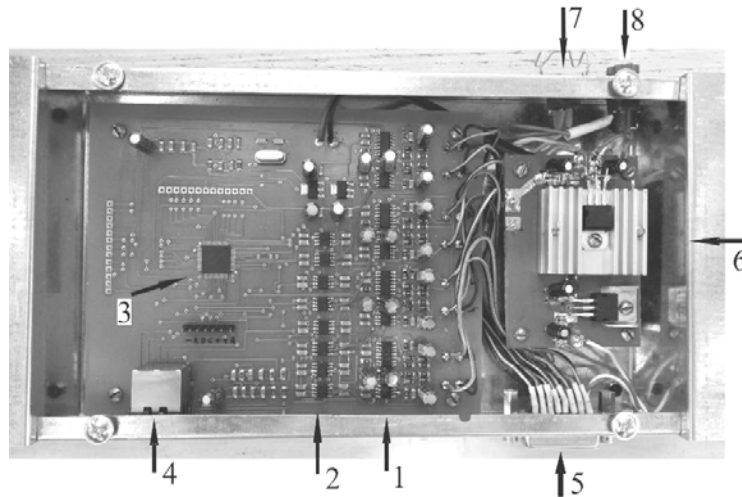


Рис. 1. Плата збирання та передавання дефектоскопічних даних

Восьмиканальний пошуковий давач на основі сенсорів Холла, який показано на рис. 2, виконано на макетній платі з розмірами 90×37 мм і закріплено на текстолітовій основі. В пошуковому давачі використано сенсори Холла SS49E, які добре зарекомендували себе в попередніх дослідженнях [2]. Кожний сенсор утворює незалежний вимірювальний канал. Нумерацію каналів показано на рис. 2.

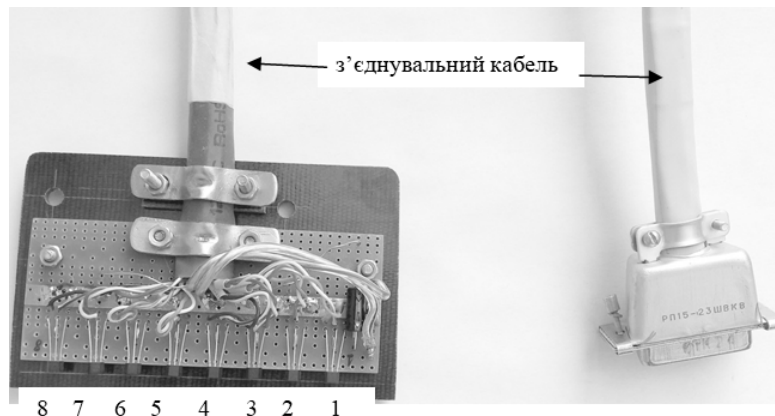


Рис. 2. Восьмиканальний пошуковий давач на основі сенсорів Холла

Для під'єднання до дефектоскопічної системи виготовлено спеціальний з'єднувальний кабель, який закінчується штекером РП15-23ШКВ. З'єднувальний кабель складається з мережевого кабелю, який містить вісім витих пар для передавання інформаційних сигналів від восьми сенсорів Холла та два окремі провідники для подання постійної напруги живлення. Довжина з'єднувального кабелю 1,5 м зумовлена необхідністю забезпечення вільного переміщення давача з пошуковою лижею в процесі руху вагона-дефектоскопа.

Усі складові реалізованого макета ІДС зображено на рис. 3 і позначено відповідними цифрами: 1 – плата макета ІДС у корпусі; 2 – восьмиканальний пошуковий давач на основі сенсорів Холла; 3 –

захисна кришка корпусу давача; 4 – з'єднувальний кабель; 5 – мережевий кабель; 6 – пошукова лижа вагона-дефектоскопа; 7 – блок живлення; 8 – персональний комп'ютер; 9 – пробний магніт.

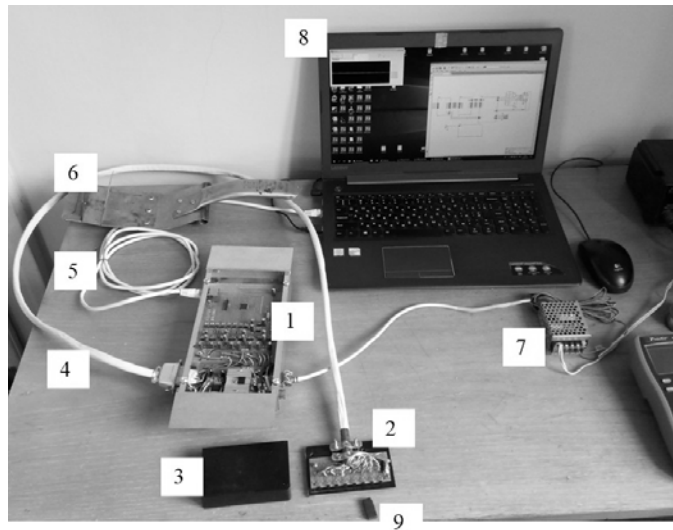


Рис. 3. Основні складові макета інформаційно-діагностичної системи

Гнізда і штекери з'єднувальних кабелів та корпусу лабораторного макета передбачають тільки один варіант підключення. Пробний магніт використовували для перевірки працездатності системи на першому етапі налагодження.

Частота дискретизації в лабораторному макеті 20345 Гц, що приблизно у десять разів перевищує верхню частоту спектра сигналу дефекту. Дефектоскопічна інформація, отримана за допомогою лабораторного макета, передається для оброблення та збереження на персональний комп'ютер мережевим кабелем за допомогою технології Ethernet.

Налагодження макета інформаційно-діагностичної системи

Для складання та налагодження макету інформаційно-діагностичної системи розроблено методику, яка передбачала використання так званого імітатора рейки з штучними дефектами [2]. Це дозволило здійснити контроль форми отриманих сигналів від відомих штучних дефектів, що забезпечило достовірність результатів у майбутньому.

Імітатор рейки (ІР), у якому виконано штучні дефекти, має форму паралелепіпеда довжиною 44 см із поперечним перерізом 5×5 см. Його фрагмент зі штучними дефектами представлено на рис. 4, де пунктирними лініями показано траєкторії переміщення окремих сенсорів Холла восьмиканального давача. Імітатор був дещо вужчий за реальну рейку, тому траєкторії першого та восьмого сенсорів Холла проходили за його межами.

Перший дефект (див. рис. 4) – це отвір діаметром 3 мм і глибиною 30 мм, просвердлений у боковій стінці зразка на глибині приблизно 1 мм від досліджуваної поверхні. У кінці отвору дефект має вихід на поверхню імітатора рейки.

Другий дефект – щілина, виконана дисковою фрезою товщиною 1 мм. Глибина дефекту приблизно 1 см, а кут нахилу – 30°.

Третій дефект – вертикальний отвір діаметром 3 мм і глибиною 8 мм. Окрім вхідного отвору першого дефекту, на боковій стінці імітатора рейки знаходиться четвертий дефект.

Четвертий дефект – це також штучний дефект у вигляді вертикальної щілини, виконаний дисковою фрезою аналогічно до другого дефекту і орієнтований під кутом 45° до траєкторії переміщення сенсорів.

Отже, восьмиканальний давач на основі сенсорів Холла дає змогу отримати в процесі дослідження не тільки сигнал про факт наявності дефекту, але й інформацію про просторове розташування можливих дефектів.

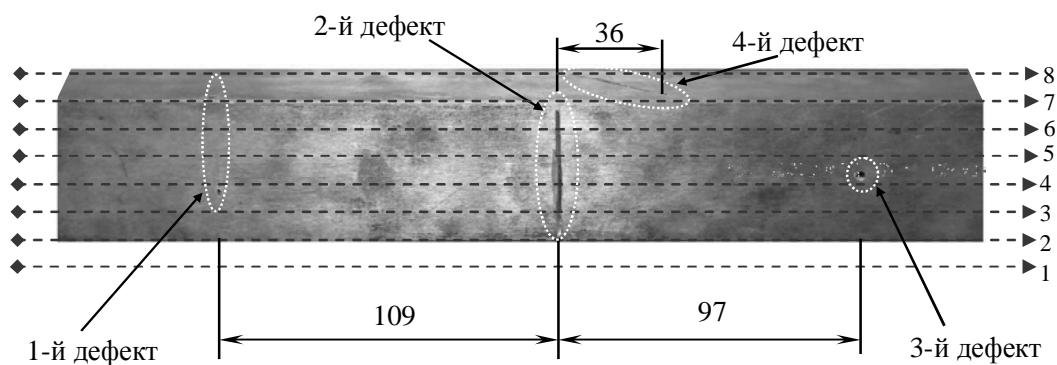


Рис. 4. Фрагмент імітатора рейки зі штучними дефектами

Стенд з імітатором рейки, на якому відбувалося налагодження лабораторного макета ІДС, показано на рис. 5, де використано такі позначення: 1 – імітатор рейки з дефектами; 2 – постійні магніти для намагнічування імітатора рейки; 3 – восьмиканальний давач на основі сенсорів Холла; 4 – пошукова лижа з елементами кріплення до вагона-дефектоскопа; 5 – лабораторний макет ІДС; 6 – персональний комп'ютер.

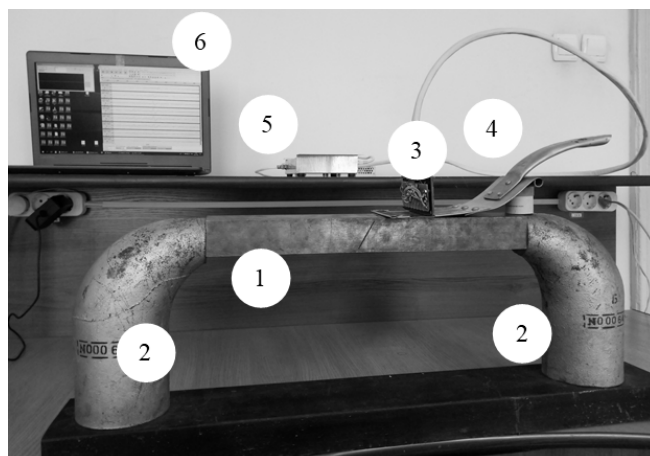


Рис. 5. Стенд для налагодження макета ІДС

З використанням багатоканального запису сигналів візуалізовано поверхню досліджуваного зразка з дефектами. Можна визначати орієнтовні розміри цих дефектів та їх орієнтацію, а у випадку дослідження рейкового шляху встановити ступінь їх небезпеки.

Для прикладу, на рис. 6 над досліджуваним зразком зі штучними дефектами (див. рис. 4) зображено його поверхню у відтінках сірого кольору. Розподіл яскравості на цьому рисунку визначається розподілом магнітного поля розсіювання над зразком і визначає положення дефекту. В цьому випадку фізичні межі досліджуваного зразка обмежено траєкторіями переміщення 2-го та 7-го сенсорів і виділено на рисунку світлими горизонтальними лініями.

На рис. 6 чітко простежуються перший та другий дефекти у вигляді світлих плям. Можна зробити однозначний висновок, що другий дефект є більший за інші, а перший зміщений до лівого, по ходу сенсорів, краю досліджуваного зразка, що відповідає відомим розмірам і положенням штучних дефектів. Водночас третій дефект, який має незначні поперечні розміри, майже не проявляється. Інтенсивність його сигналу співвимірна з сигналами штучних дефектів, які знаходяться на бічних гранях зразка.

Отже, макет інформаційно-діагностичної системи для магнітодинамічної дефектоскопії залізничних рейок за одне сканування дає змогу встановити не тільки орієнтовні розміри дефекту, але й визначити, з якого боку досліджуваного зразка він знаходиться. При дефектоскопії заліз-

ничних рейок за цією додатковою інформацією можна визначати, з якого боку головки рейки розташований дефект – з робочого чи неробочого. Сукупно з інформацією про його орієнтовні розміри це забезпечить встановлення ступеня небезпеки виявленого дефекту.

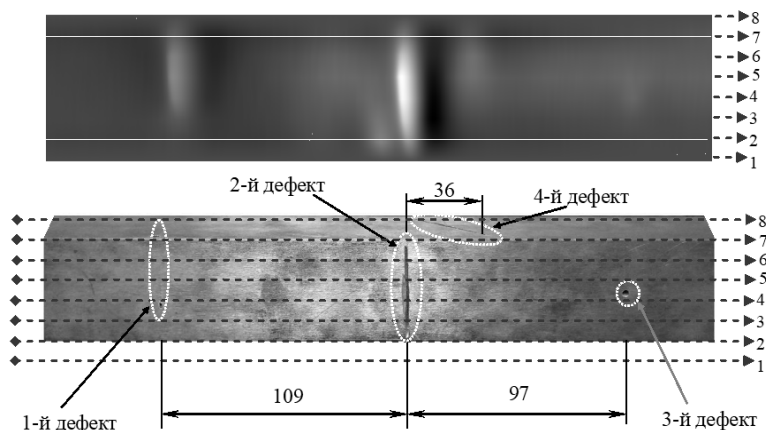


Рис. 6. Зображення поверхні досліджуваного зразка у відтінках сірого кольору з яскравістю, пропорційною до магнітного поля розсіяння

Натурні випробування макета інформаційно-діагностичної системи

Натурні випробування лабораторного макета інформаційно-діагностичної системи для магнітодинамічної дефектоскопії залізничних рейок проведено 10 листопада 2018 року на ділянці залізничної колії Львів–Підбірці за допомогою магнітного магнітодинамічного вагона-дефектоскопа №442 Львівської залізниці з урахуванням виробничих можливостей СП “Львівський центр діагностики”.

Корпус із платою збирання та передавання дефектоскопічних даних закріпили на рамі індукторного візка вагона-дефектоскопа, як показано на рис. 7. Персональний комп’ютер, на який записували дефектоскопічну інформацію, встановили на робочому місці оператора вагона-дефектоскопа і з’єднали з лабораторним макетом за допомогою мережевого кабелю довжиною приблизно 10 метрів.

Пошукову лижу з восьмиканальним давачем встановили на місце штатного індукційного давача вагона-дефектоскопа біля заднього, по ходу руху вагона, полюса електромагнітної намагнічувальної системи, як на рис. 8. При цьому 1-й сенсор восьмиканального давача розмістили з зовнішнього боку рейки, а 8-й – із внутрішнього. У результаті пробного заїзду було отримано серію записів, аналіз яких підтвердив працездатність розробленої інформаційно-діагностичної системи.



Рис. 7. Розміщення складових макета інформаційно-діагностичної системи на вагоні-дефектоскопі

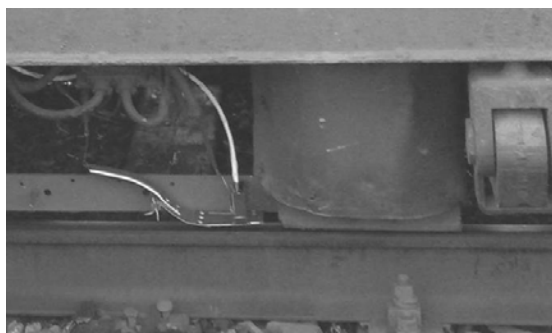


Рис. 8. Пошукова лижа з восьмиканальним давачем при проведенні натурних випробувань

У восьмиканальному давачі макета інформаційно-діагностичної системи використано сенсори Холла, які при переміщенні вздовж рейки вимірюють магнітне поле розсіювання неоднорідностей рейкового шляху. Отримані сигнали відрізняються від традиційних сигналів магнітодинамічного вагона-дефектоскопа, де використовують індукційні давачі, звичні для операторів-дефектоскопістів. Тому першим завданням дослідження було встановити адекватність запису дефектоскопічної інформації макетом інформаційно-діагностичної системи, що було здійснено на прикладі аналізу сигналів від регулярних елементів колії – болтових рейкових стиків, сигнали від яких є відомі.

На рис. 9 зображено сигнал від болтового рейкового стику, отриманий двома способами. У верхній частині рисунка зображено сигнал SH , записаний за допомогою сенсора Холла. Оскільки штатний індукційний давач вагона-дефектоскопа реєструє не магнітне поле розсіювання досліджуваного об'єкта, а його зміну, то для отримання сигналу SI , еквівалентного сигналу індукційного давача, було здійснено чисельне диференціювання сигналу SH :

$$SI_p = -\frac{SH_p - SH_{p-a}}{X_p - X_{p-a}}, \quad (1)$$

де p – номер елемента масиву; a – крок чисельного диференціювання.

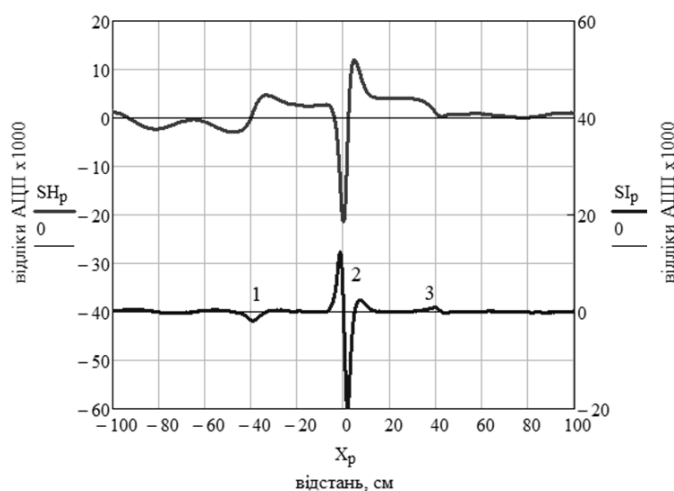


Рис. 9. Сигнали від болтового рейкового стику, отримані за допомогою інформаційно-діагностичної системи

Параметр a визначає крок чисельного диференціювання (1). Зазвичай реалізація похідної дискретного сигналу, отриманого експериментальним шляхом, супроводжується похибками, тому параметр a доцільно обирати більшим за одиницю. За малих значень цього параметра в отриманому таким чином сигналі присутній значний рівень високочастотних шумів, а значне його збільшення призводить до спотворення сигналу. У результаті числового експерименту встановлено, що оптимальне значення параметра a 50.

Сигнал SI , який відповідає сигналу індукційного давача і отриманий за допомогою виразу (1) з сигналу SH , представлено в нижній частині рис. 9. Сигнали представлено без амплітудних обмежень, що забезпечує великий динамічний діапазон вимірювальних каналів інформаційно-діагностичної системи. Амплітуди сигналів подано у відліках АЦП окремо для сигналу SH та SI .

Інтерпретація зміни рівнів дефектоскопічних сигналів, отриманих за допомогою сенсорів Холла (див. сигнал SH на рис. 9), така. Відхилення сигналу в додатну область означає зменшення магнітного потоку розсіювання в області проходження давача Холла. Це має місце в області рейкових накладок, упорок, стрілок або за рахунок будь-яких додаткових феромагнітних об'єктів, які щільно прилягають до рейки. Відхилення сигналу у від'ємну область свідчить про розрив рейкового шляху. Це має місце в області зазору між рейками в рейковому стикі, а також може бути ознакою наявності дефекту.

Сигнал SI , отриманий за допомогою виразу (1), має типову форму сигналу від індукційного давача, який штатно застосовується на магнітодинамічному вагоні-дефектоскопі. Перший від'ємний імпульс 1 (див. рис. 9) збігається з початком рейкової накладки. Потім короткий двополярний імпульс 2 – за рахунок зазору між рейками. Останній імпульс 3 додатної полярності і меншої амплітуди збігається з закінченням рейкової накладки. Просторове рознесення між першим і останнім імпульсами сигналу від болтового рейкового стику становить приблизно 80 см, що відповідає довжині рейкової накладки.

Відомо, що в практиці аналізу дефектограм оператори орієнтуються на сигнал від шпальних накладок. Тому на рис. 10 зображено сигнал, отриманий з попереднього сигналу SI внаслідок зменшення ціни поділки графіка по осі амплітуд, що еквівалентно його підсиленню, та збільшення ціни поділки по осі відстаней, що еквівалентно його просторовому стисненню.

На рисунку чітко простежується періодичний сигнал від шпальних накладок. Просторовий період повторення становить приблизно 0,5 м, що відповідає відстані між шпалами. Така форма сигналу від болтового рейкового стику спільно з періодичним сигналом від шпальних накладок є звичною для операторів-дефектоскопістів, які експлуатують магнітодинамічні вагони-дефектоскопи з індукційними давачами [3].

Отже, можна зробити висновок, що інформаційно-діагностична система достовірно записує та відображає діагностичну інформацію, а два способи представлення сигналів розширяють її можливість та полегшать проведення експертних оцінок при ідентифікації сигналів.

Особливістю розробленої інформаційно-діагностичної системи є застосування восьмиканального пошукового давача на основі сенсорів Холла, на відміну від одноканальних індукційних, які зараз експлуатуються. Для прикладу на рис. 11 представлено фрагмент дефектограми, утворений внаслідок накладання восьми сигналів від окремих сенсорів Холла восьмиканального давача, які отримано в процесі інспекції залізничної колії вагоном-дефектоскопом. Сигнали надійшли від структурних елементів колії.

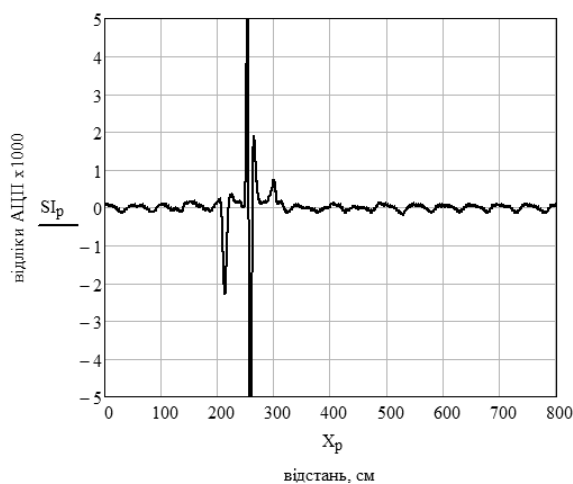


Рис. 10. Сигнали від болтового рейкового стику і шпальних накладок, отримані чисельним диференціюванням сигналу сенсора Холла

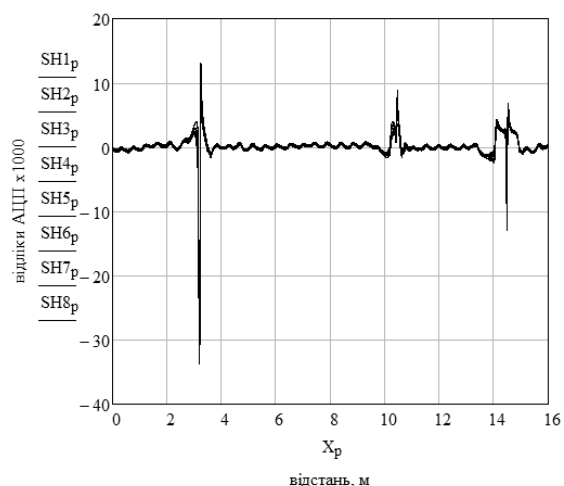


Рис. 11. Багатоканальний сигнал, утворений накладанням окремих сигналів сенсорів Холла восьмиканального пошукового давача

На рис. 11 перший сигнал належить ізольованому рейковому стику, другий – неоднорідному структурному елементу колії, третій – болтовому рейковому стику. На перший погляд, сигнали усіх восьми давачів збігаються. Проте детальний аналіз показав, що сигнали від другого структурного елемента у кожному каналі восьмиканального давача відрізняються (рис. 12).

Тобто, за допомогою восьмиканального давача виявлено, що цей структурний елемент колії є неоднорідний у поперечному напрямку до осі рейки. Полярність сигналу, його просторова тривалість та відсутність різкої зміни форми в сусідніх каналах вказують на те, що це феромагнітний об'єкт, віддалений від поверхні головки рейки, а отже, не сигналізує про дефект.

Для визначення ступеня подібності сигналів в окремих каналах розробленого восьмиканального давача на основі сенсорів Холла розраховано коефіцієнти кореляції між цими сигналами, подібно до того, як це реалізовано в [5] для окремих сигналів від зварних рейкових стиків. Оскільки сигнали, отримані за допомогою розробленого восьмиканального давача, є суміщені в часі, то процедура обчислення спрощується:

$$C_n = \frac{\sum_p (SH_{1,p} - \overline{SH_{1,p}})(SH_{n,p} - \overline{SH_{n,p}})}{\sqrt{\sum_p (SH_{1,p} - \overline{SH_{1,p}})^2 \cdot \sum_p (SH_{n,p} - \overline{SH_{n,p}})^2}}, \quad (2)$$

де $n=1..8$ – порядковий номер сигналу восьмиканального давача на основі сенсорів Холла; p – порядковий номер відліку сигналу.

Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції C_1 між сигналом першого каналу восьмиканального давача і сигналами решти каналів для болтового рейкового стику на рис. 13 позначено кружками. Аналогічний розрахунок коефіцієнтів кореляції C_2 для неоднорідного структурного елемента колії позначено квадратами.

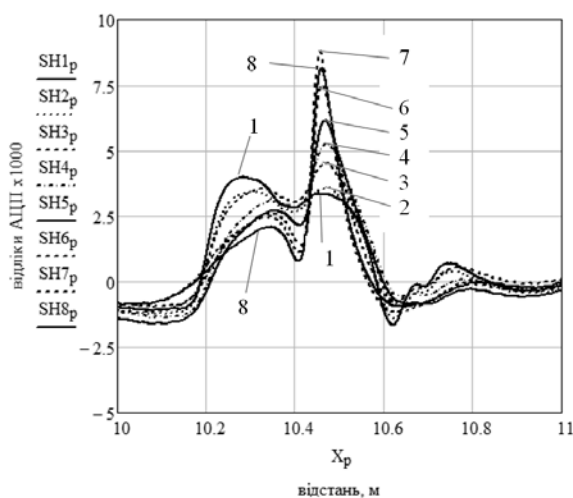


Рис. 12. Багатоканальний сигнал від неоднорідного структурного елемента колії, утворений накладанням окремих сигналів сенсорів Холла

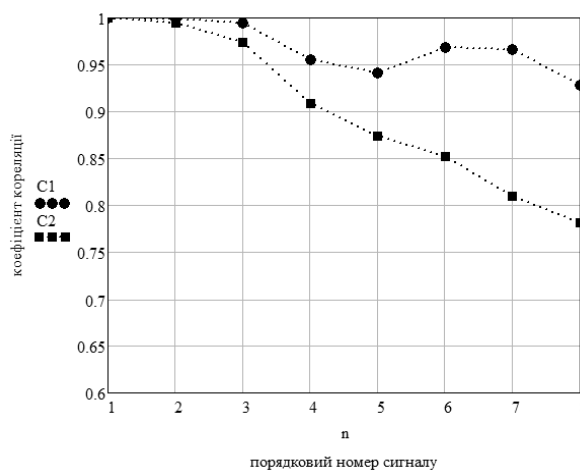


Рис. 13. Результат розрахунку коефіцієнтів кореляції між сигналом першого каналу восьмиканального давача і сигналами решти каналів

Значення коефіцієнтів кореляції між сигналами окремих сенсорів Холла лише у двох випадках опускаються нижче за 0,95. Отже, можна вважати, що вимірювальні канали інформаційно-діагностичної системи працюють ідентично. Деяка нерівномірність представлені залежності може бути наслідком поперечної нерівномірності геометричних параметрів в області болтового рейкового стику внаслідок технологічних відхилень або механічного спрацювання.

Під час розрахунку коефіцієнтів кореляції для сигналів восьмиканального давача від неоднорідного структурного елемента виявлено її монотонне спадання у міру віддалення від першого давача, сигнал якого взято за основу. Проведене дослідження підтвердило, що цей структурний елемент колії є неоднорідний у поперечному напрямку до осі рейки.

На рис. 14 зображено фрагменти поверхні головки рейки у відтінках сірого кольору, зі структурними елементами, про які говорилося вище, аналогічно до зображень імітатора рейки (див. рис. 6). Яскравість зображення є пропорційною до амплітуди сигналу. При такому представленні рейкові дефекти та розриви рейкового шляху позначено світлим відтінком, а структурні феромагнітні елементи колії, які прилягають до рейки – темним.

На рис. 14, а зображено неоднорідний структурний елемент колії, а на рис. 14, б – болтовий рейковий стик. Зображення формувалося зліва направо, що відповідає переміщенню багатоканального пошукового давача вздовж рейки. За результатами аналізу, представленими на рис. 12

та рис. 14, а, дійшли висновку, що біля лівого у напрямку переміщення багатоканального давача, краю головки рейки знаходиться зосереджений феромагнітний об'єкт. У верхній частині рис. 14, а його зображення має клиноподібну форму темного відтінку.

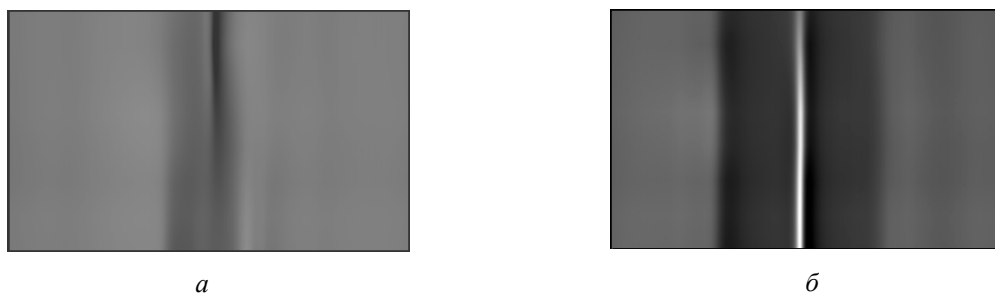


Рис. 14. Зображення фрагментів поверхні головки рейки у відтінках сірого кольору: а – неоднорідний структурний елемент колії; б – болтовий рейковий стик

Для порівняння на рисунку 14, б представлено аналогічне зображення болтового рейкового стику. Темна смуга, яка є зображенням рейкових накладок, перервана вузькою світлою смугою, яка є зображенням зазору між рейками. Як видно з рисунка, у поперечному напрямку зображення практично однорідне, оскільки рейкові накладки щільно прилягають до шийки рейки. В перспективі це дозволить локалізувати виявлені неоднорідності та визначати їхні орієнтовні розміри.

Висновки

Розроблена інформаційно-діагностична система, сумісно з восьмиканальним давачем на основі сенсорів Холла, забезпечує синхронний запис і відображення багатоканальної дефектоскопічної інформації при магнітодинамічній дефектоскопії залізничних рейок.

На відміну від існуючих систем з одноканальними індукційними давачами, окрім традиційного запису сигналів, забезпечується візуалізація досліджуваного фрагмента поверхні головки рейки завдяки формуванню зображень, яскравість яких є пропорційною до величини магнітного поля розсіювання цього фрагмента. Це дозволяє реєструвати просторову неоднорідність елементів колійного шляху, встановити розміри виявлених неоднорідностей та локалізувати їх в поперечному перерізі головки рейки відносно її робочого або неробочого боків, що може бути корисним при встановленні ступеня небезпеки виявлених дефектів.

Додаткова інформація, отримана за допомогою розробленої інформаційно-діагностичної системи з восьмиканальним давачем на основі сенсорів Холла, буде основою для вдосконалення запропонованих раніше методів та алгоритмів виявлення сигналів від дефектів залізничних рейок. Водночас це не виключає застосування традиційних експертних оцінок спірних фрагментів дефектограм залізничних рейок на основі аналізу багатоканальних сигналів та їх зображень.

1. Марков А. А. Возможности магнитодинамического метода дефектоскопии рельсов / А. А. Марков, Г. А. Антипов // Контроль. Диагностика. – 2016. – № 6. – С. 36–45.
2. Матієшин Ю. М. Дослідження сучасних методів і засобів швидкісної діагностики дефектів залізничних рейок (Огляд) / Ю. М. Матієшин, В. О. Нічoga, В. І. Шклярський, В. Г. Сторож, Л. В. Вацішин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. № 3(130). С. 8–22.
3. Антипов Г. А. Сравнительный анализ сигналов магнитных каналов мобильных средств рельсовой дефектоскопии / Г. А. Антипов, Н. А. Белоусов, А. А. Марков // Радиоэлектронные комплексы многоцелевого назначения. – Санкт-Петербург: Радиоавионика, 2006. Режим доступа: <http://www.radioavionika.ru/about/events/stati-razrabotchikov-oao-radioavionika/298/>.
4. Li Yong. Experiment and simulation study of 3D magnetic field sensing for magnetic flux leakage defect characterisation / Yong Li, John Wilson, Gui Yun Tian // NDT & E International. – Elsevier LTD. 2007. Vol. 40, Issue No. 2. – P. 179-184. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2006.08.002>.
5. Марков А. А. Корреляционный анализ сигналов контроля сварных стыков магнитодинамическим методом / А. А. Марков, Г. А. Антипов // В мире неразрушающего контроля. 2015. – 2(68). – С 74–77.