

- Розробити стандарти безпеки, зберігання, транспортування та застосування.

[1] Сертифікація, експлуатація та обслуговування рухомого складу високошвидкісних магістралей / Скрєбков Олексій Валентинович, Олександр Вікторович Устенко, Treuil Jean Louis // [Текст], 2018. - №1 – л. 170

УДК 629.423.2:681.518.54

КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІСНО-РЕДУКТОРНОГО БЛОКУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА МЕТОДОМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

CLASSIFICATION OF THE TECHNICAL CONDITION FOR THE TRACTION GEARBOXES OF ELECTRIC TRAIN USING A MACHINE LEARNING TECHNIQUE

*д. т. н. В. Г. Пузир, к. т. н. С. В. Михалків, аспірант О. Ю. Саутін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Puzyr, D.Sc. (Tech.), S. Mykhalkiv, PhD (Tech.), O. Sautin, graduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Відповідно до правил ТО й ПР електропоїздів і електросекцій ЦТ-0046 упродовж потокового ремонту ПР-1 необхідно за попередньо складеним графіком здійснити прослуховування фонендоскопом від 4 до 6 колісно-редукторних блоків (КРБ) в електропоїзді, зокрема прослухати тяговий редуктор, моторно-якірні й буксові підшипники. У разі виявлення сторонніх шумів та наявного осьового розбігу валу шестерні більше 1,2 мм здійснити ревізію тягового редуктора КРБ. Для цього провести демонтаж ТЕД та транспортувати КРБ до колісно-редукторного відділення для подальшого розбирання.

Однак неодноразово траплялись випадки, коли візуальний огляд або прослуховування КРБ на оглядовому стійлі визнавало тяговий редуктор непридатним до експлуатації та ухвалювалося рішення відправки в ремонт, проте після розбирання жодної несправності виявлено не було, що призводило до втрати багато часу (викочування КРБ з-під вагону з подальшим транспортуванням та розбиранням КРБ триває біля 4 годин при відведеній нормі часу на весь ПР-1 — 12 год). Тому впровадження вібродіагностування дозволить визначати технічний стан КРБ з високою достовірністю та позбавляти потреби здійснювати зайві трудомісткі операції [1].

Традиційні спектральні методи вібродіагностування, які полягають в побудові широкосмугових спектрів вібрації і спектрів обвідної вібрації зазнають невдачі у виділенні ознак несправностей елементів підшипників кочення, що пов'язано зі специфікою випробувань КРБ на стенді, коли згідно з технічними картами КРБ слід встановлювати на стенд зі злитим з тягового редуктора мастилом. Подальше розкручування шестерні справного КРБ на

випробувальному стенді відбувалось до частоти обертання 742 хв^{-1} та провадилась реєстрація віброприскорень віброакселерометром. Розрахований ширококутовий спектр вібрації містив сильно виражені дві гармоніки зубозачеплення $f_z = 267 \text{ Гц}$ і $2 \cdot f_z = 534 \text{ Гц}$ та сильний резонансний сплеск у діапазоні частот $6 — 9 \text{ кГц}$ (рис. 1 а). На спектрі обвідної вібрації, отриманому в діапазоні $6 — 9 \text{ кГц}$ наявні два сильно виражених імпульси на частотах 100 Гц і 200 Гц , які не належать жодній розрахованій частоті обертання елементу підшипника кочення або зубчастого зачеплення в оточенні яких розташовані бічні смуги з шириною 12 Гц , що відповідає частоті обертання шестерні f_{061} (рис. 1 б).

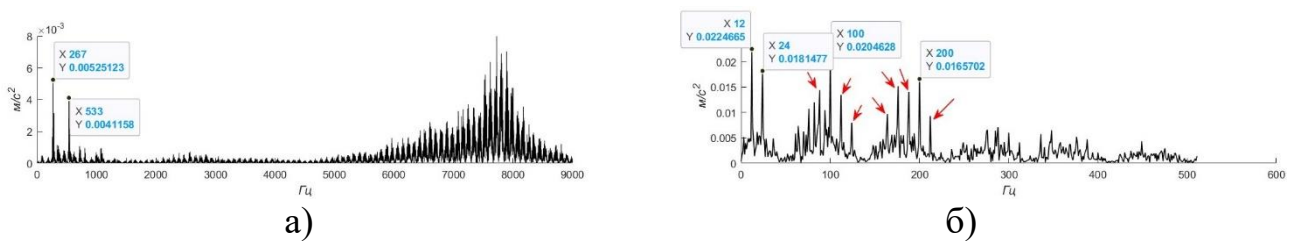


Рис. 1. Ширококутовий спектр та спектр обвідної вібрації ТЗП

Аналогічні дослідження провадились для КРБ з пошкодженою шестернею (відкол зуба) та підшипника кочення (руйнування внутрішнього кільця). Ширококутовий спектр вібрації містив одну сильновиражену гармоніку f_z , а спектр обвідної вібрації на відміну від аналогічного для справного КРБ носив повністю випадковий характер із вираженою гармонікою f_{061} .

Отже, згідно з [2] наявність на ширококутових спектрах вібрації гармонік зубозачеплення свідчить про незадовільне змащення, що відповідає згаданим технологічним вимогам стосовно випробувань КРБ на стенді, однак поява гармонік частот обертання шестерні kf_{061} на спектрі обвідної вібрації означає наявне пошкодження шестерні, що не відповідає дійсності й спотворює результати діагностування, а значущість спектральних методів перетворюється на другорядну.

Далі обчислювались статистичні індикатори в часовому просторі вібрації для справного й несправного КРБ. Середньоквадратичне значення вібрації (RMS) $RMS_{\text{справний}} = 0,039 \text{ м/с}^2$, $RMS_{\text{несправний}} = 0,068 \text{ м/с}^2$; хрест-фактор (Crest) $Crest_{\text{справний}} = 1,272$, $Crest_{\text{несправний}} = 1,327 \text{ м/с}^2$; ексцес (Skew) $Skew_{\text{справний}} = -0,094$, $Skew_{\text{несправний}} = 0,102$; ексцес (Kurt) $Kurt_{\text{справний}} = 5,49$, $Kurt_{\text{несправний}} = 43,41$. Серед перелічених індикаторів найвищу чутливість до зміни технічного стану продемонстрував ексцес, однак через потребу в розробці порогових значень технічного стану відповідних типів обладнань ефективно використовувати згадані індикатори не вдається.

Зважаючи на перелічені особливості та недоліки традиційних методів, запропоновано здійснювати бінарну класифікацію технічного стану КРБ упродовж випробувань методом машинного навчання з учителем, а саме методом опорних векторів (SVM). Для навчання попередньо формувались чотири набори даних розрахованих статистичних індикаторів: Skew і Kurt; Kurt

i Crest; RMS i Crest; Kurt i RMS. В усіх наборах точність навчання дорівнювала 100 %, що визначає прийнятність методу SVM провадити бінарну класифікацію технічного стану КРБ у згаданих несприятливих обставинах.

[1] Бульба В. І. Удосконалення технології вібродіагностування тягових редукторів електропоїздів: дис. ... канд. техн. наук. Харків, 2021. 186 с.

[2] Randall R. B. (2021). *Vibration-based condition monitoring*. NJ: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-119-47755-6

УДК 629.4.083

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ ЗБУДЖУВАЧА ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОВОЗІВ СЕРІЇ 2ТЕ116

IMPROVEMENT OF THE EXCITATION SYSTEM OF THE TRACTION GENERATOR EXCITER OF DIESEL LOCOMOTIVES OF THE 2TE116 SERIES

*д. т. н. В. Г. Пузир, к. т. н. О. М. Обозний,
аспірант А. С. Залата*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V. Puzyr, D.Sc. (Tech), O. Obozny, PhD (Tech.),
A. Zalata, graduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Витрати енергії на збудження синхронного тягового генератора складаються із витрат енергії на збудження самого синхронного генератора та синхронного збуджувача [1]. Збуджувач призначений для живлення (через напівкерований випрямляч) постійним струмом обмотки збудження тягового генератора. Він відноситься до допоміжних тягових електричних машин і є однофазним синхронним генератором підвищеної частоти, захищеного виконання, з самовентиляцією.

Основним завданням збуджувача є підтримка напруги на вході регулятора збудження тягового генератора залежно від частоти обертів колінчатого валу дизеля.

Система збудження збуджувача реалізує це за допомогою завдання струму збудження збуджувача панелями опорів і компенсації струму навантаження збуджувача за допомогою трансформатора струму.

Дана система має ряд недоліків:

1. Завдання струму за допомогою резисторів не може забезпечити підтримку напруги збуджувача у всьому діапазоні частот обертання дизеля через нелінійність характеристики намагнічення збудника, технологічного розкиду його параметрів та температурної зміни опорів як задаючих резисторів, так і обмотки збудження збуджувача.

2. Вимагає періодичної перевірки та обслуговування регульованих елементів (задаючих панелей опорів).