

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.424.3-047.38

Б. Є. БОДНАР¹, О. Б. ОЧКАСОВ^{1*}, Д. В. ЧЕРНЯЄВ¹, Я. І. ШЕВЧЕНКО¹

^{1*}Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. + 38 (067) 745 20 71, +38 (056) 373 15 34, ел. пошта oalexander@mail.ru

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА НЕРІВНОМІРНІСТЮ ОБЕРТАННЯ ЯКОРЯ

Мета. Запропонувати комплексний діагностичний параметр (або систему параметрів), який би дозволяв визначати несправності тягового електродвигуна як електромагнітного, так і механічного характеру. **Методика.** Останні роки в світовій практиці найбільш швидко розвиваються технології переходу на обслуговування і ремонт обладнання відповідно до його фактичного технічного стану. Основу таких технологій складає контроль обладнання і прогнозування його технічного стану з використанням методів неруйнівного контролю та безрозбірного діагностування. В умовах експлуатації необхідний рівень надійності електричних машин, у тому числі й тягових електродвигунів (ТЕД) підтримувати дуже складно. Аналізуючи несправності рухомого складу, що виникають у процесі експлуатації, можна переконатися, що ТЕД є найменш надійними вузлами. У роботі запропоновано діагностування ТЕД за нерівномірністю обертання якоря. Розроблено пристрій для вимірювання нерівномірності обертання якоря. **Результати.** Проведено експериментальне дослідження з метою визначення нерівномірності обертання вала якоря та зв'язку нерівномірності обертання якоря з пошкодженнями вузлів ТЕД. Отримані експериментальні залежності форми сигналу нерівномірності обертання якоря для двигунів з різним технічним станом. **Наукова новизна.** Вперше запропоновано метод діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання вала якоря. Запропонований метод після подальшого удосконалення може бути використаний при проведенні стендових випробувань двигунів при їх роботі без навантаження, а також для оцінки якості проведеного ремонту. **Практична значимість.** Пристрій для виявлення дефектів вузлів тягового електродвигуна як електромагнітного, так і механічного характеру без розбирання двигуна, може використовуватись при проведенні контролю складання двигуна після ремонту та при випробуваннях ТЕД без навантаження.

Ключові слова: тяговий електродвигун; способи діагностування тягових електродвигунів; нерівномірність частоти обертання якоря

Вступ

Тягові електродвигуни (ТЕД) належать до найбільш навантаженого устаткування локомотивів з погляду комплексного впливу на них теплових, електричних, механічних і кліматичних факторів. Тому, незважаючи на постійне проведення заходів конструктивно-технологічного характеру під час виготовлення й ремонту

локомотивів, рівень пошкоджуваності ТЕД в експлуатації хоча й знижується, але залишається досить високим [1, 2].

Останнім часом в світовій практиці найбільш швидко розвиваються технології переходу на обслуговування і ремонт обладнання відповідно до його фактичного технічного стану. Основу таких технологій складає контроль обладнання і прогнозування його технічного ста-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ну з використанням методів неруйнівного контролю та безрозбірного діагностування. Головним напрямком безрозбірного діагностування силового обладнання є функціональне діагностування в номінальних режимах роботи. Міжнародними стандартами ISO за напрямком «Моніторинг стану і діагностування машин» функціональне діагностування працюючого обладнання рекомендується виконувати за робочими та непрямими параметрами, а саме: вібрації, температурі, струму електродвигуна, аналізу складу змазки [4]. В локомотивному господарстві Укрзалізниці останнім часом в процесі ремонту електричних машин активно впроваджуються засоби діагностування. Завдання засобів діагностування – виявляти дефекти на ранній стадії розвитку, спостерігати та прогнозувати розвиток дефектів, планувати обсяги ремонту та міжремонтні інтервали. А якщо ставиться завдання переходу на обслуговування та ремонт тягових двигунів за фактичним станом, то завдання діагностування стає ще більш складним – необхідно виявляти всі дефекти на ранній стадії розвитку.

Внаслідок зношення локомотивного парку локомотивні депо експлуатують тягові електродвигуни, що вичерпали свій ресурс та пройшли декілька капітальних ремонтів.

В умовах експлуатації необхідний рівень надійності електричних машин, у тому числі й ТЕД підтримувати дуже складно. Аналізуючи несправності рухомого складу, що виникають у процесі експлуатації, можна переконатися, що ТЕД є найменш надійними вузлами, тому на ремонтних заводах і в депо проводиться їх демонтаж і розбирання для визначення ступеня зношення й виконання ремонтно-відновлюваних робіт, а також для виявлення причин несправностей. У результаті ремонтно-відновлюваних робіт електричних машин у деяких випадках відбувається зниження їх надійності. Результатом цього є припинення руху на перегоні, порушення безпеки руху, підвищення кількості непланових ремонтів і відповідно економічних витрат. Внаслідок цього існує проблема забезпечення ефективності ремонтно-відновлюваних робіт, заключним етапом яких, як правило, є випробування й діагностування. При цьому необхідні засоби діагностування не завжди використовуються через складність їх

застосування або їх відсутність, хоча однією з важливих умов діагностування технічних об'єктів є повнота інформації стосовно їх технічного стану.

За даними досліджень пошкодження ТЕД в експлуатації складають близько 20 % внаслідок псування і 30 % з причини заходу на позаплановий ремонт за відповідними видами відмов устаткування електровозів. Усунення відмов, а також планові регламентні ремонтно-відновлювані роботи й поточне обслуговування щітково-колекторного вузла, ізоляційних конструкцій і підшипникових вузлів складають основну частку витрат з утримання тягових двигунів в експлуатації. Основними причинами відмов ТЕД є:

- пробій ізоляції й міжвиткові замикання обмотки якоря – 16...25 %;
- пробій ізоляції й міжвиткові замикання головних і додаткових полюсів і компенсаційної обмотки – 12...16 %;
- порушення комутації (коловий вогонь) – 8...16 %;
- пошкодження якірних підшипників – 14...16 %;
- порушення розпаювання з'єднань обмотки якоря в петушках колектора – 5...6 %.

Дослідження [6, 7] проведені для двигунів змінного струму дозволили отримати наступні статистичні дані:

- пошкодження елементів статора – 38 %;
- пошкодження елементів ротора – 10 %;
- пошкодження елементів підшипників – 40 %;
- інші пошкодження – 12 %.

На основі вище викладеного можемо зробити висновок про актуальність удосконалення методів та засобів діагностування електричних машин, зокрема ТЕД локомотивів.

Питанню діагностування несправності та випробування електричних машин присвячена значна кількість публікацій та наукових робіт як вітчизняних, так і закордонних фахівців. В цілому можуть бути виділені декілька напрямків розвитку засобів діагностування електричних машин. В роботах [8 – 10] розглянуті проблеми експлуатаційної діагностики тягових електродвигунів та методи прогнозування стану ізоляції електричних машин.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

У роботах [5, 11] розглянуті питання, пов'язані із забезпеченням надійної роботи колекторно-щіткового апарату та нерівномірності розподілення електромагнітної енергії в об'ємі ТЕД.

В останній час активно впроваджується методологія діагностування на початковій стадії розвитку дефектів, роторних вузлів, у тому числі і підшипників. Використання вібраційного діагностування досить повно розглянуто в роботах фахівців Асоціації ВАСТ [4].

Методики діагностування електричних машин на основі аналізу спектра споживаного струму наведена в [6, 7, 13–16]. Методика заснована на тому, що будь-які збурення в роботі електричної або механічної частини електродвигуна і пов'язаного з ним механізму призводять до зміни магнітного потоку в зазорі електричної машини і, як наслідок, до модуляції споживаного електродвигуном струму.

Окрім розглянутих, використовуються методи діагностування електричних машин за тепловим (інфрачервоним) випромінюванням, діагностування за сигналами акустичної емісії та діагностування вузлів тертя за аналізом мастила.

Мета

Проведений аналіз показав наявність великої кількості різноманітних методів діагностування електричних машин. Більшість з розглянутих методів можуть бути використані для проведення прийнятно-здавальних випробувань і контролю якості виконаного ремонту. Але більшість методів дозволяють визначити несправність або електричного, або механічного характеру. В той самий час існує значна частина несправностей, що викликана порушеннями комутації, неточністю встановлення нейтралі та іншими причинами як електромагнітного, так і механічного характеру. Тобто необхідно визначити комплексний діагностичний параметр (або систему параметрів), який би дозволяв визначати та розділяти несправності як електромагнітного, так і механічного характеру.

Методика

Для виявлення дефектів як електромагнітного, так і механічного характеру можуть застосовуватись діагностичні комплекси для віброа-

кустичного діагностування, а також багатоканальні вимірювальні комплекси з метою одночасного вимірювання струму та вібро-акустичного діагностування.

Серед діагностичних параметрів електричних машин виділяють температуру, вібрацію та опір ізоляції складових частин електричної машини. Для діагностування дефектів механічної та електромеханічної природи в якості діагностичної ознаки використовується вібрація.

Причинами виникнення вібрації є сили механічного, електромагнітного та аеродинамічного походження. Основною причиною підвищеної вібрації електричних машин є дисбаланс. Його наявність призводить до прискореного зносу підшипників, вала якоря та інших складових механізму, підвищеному рівню шуму, зменшенню ККД і т.д. Ліквідація дисбалансу є досить складним завданням, що вимагає кваліфікованого персоналу і складної вимірювальної техніки.

Для того, щоб підвищити загальну якість стендових випробувань електричних машин, необхідно впроваджувати новітні методи та технології діагностування, удосконалити засоби вимірювання. Одним з таких удосконалень може бути впровадження засобів для визначення нерівномірності обертання вала якоря, оскільки саме це є першочерговим фактором, який викликає вібрацію тягового електродвигуна. Впровадження засобів вимірювання нерівномірності обертання якоря тягового електродвигуна дозволить більш точно визначати якість ремонту механічної та електромеханічної частини тягових двигунів.

У той же час технічні засоби для діагностування за нерівномірністю обертання вала двигуна значно дешевші, а при застосуванні сучасних вимірювальних систем дозволяють отримати достатню кількість діагностичної інформації. Крім того, при діагностуванні за нерівномірністю частоти обертання на електродвигуні встановлюється лише один датчик, в той час як при діагностуванні віброакустичними методами необхідне встановлення великої кількості (до декількох десятків) датчиків, що підвищує трудомісткість процесу і зменшує надійність діагностичного комплексу.

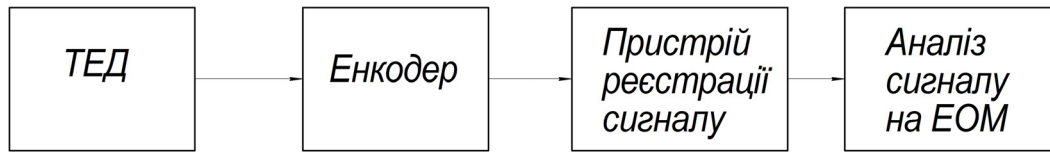


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання нерівномірності обертання вала якоря тягового електродвигуна

Структурна схема пристрою для вимірювання нерівномірності обертання вала якоря тягового електродвигуна наведена на рисунку 1.

Для діагностування за нерівномірністю частоти обертання пропонується застосовувати високоточний інкрементальний оптичний датчик кутового переміщення (енкодер). Інкрементальні енкодери призначені для визначення кута повороту об'єктів, що обертаються. При зміні кутового положення вала щодо його початкового положення, інкрементальні енкодери формують вихідний сигнал, що є послідовністю імпульсів прямокутної форми. За цими імпульсами приймаючий пристрій визначає поточний кут повороту вала шляхом підрахунку кількості імпульсів за допомогою лічильника.

Датчик встановлюється на технологічну кришку підшипникового щита зі сторони колектора. За допомогою перехідника вал енкодера жорстко з'єднується з валом якоря. Кількість імпульсів (роздільна здатність) під час вимірювань складає 625 імпульсів на один повний оберт вала.

Шляхом обробки сигналу від інкрементального датчика можна отримати інформацію про поточне значення кута повороту валу щодо опорної індексної відмітки (методом послідовних додавань), а також про його кутову швидкість.

Діагностування за нерівномірністю обертання якоря проводиться під час роботи електродвигуна на холостому ході. Така система діагностування доступна і не потребує значних капіталовкладень на її впровадження.

Нерівномірність частоти обертання тягового електродвигуна може бути викликана різними типами несправностей, але їх можна розподілити на дві групи: несправності механічного характеру (підшипників, колекторно-щіткового апарата та ін.) і несправності електричного характеру (замикання в обмотках якоря і полюсів, порушення комутації та ін.).

Нерівномірності механічного характеру виникають через постійну циклічну зміну опору обертанню якоря, викликану зміною сили тертя в підшипниках або між щітками та колектором.

Нерівномірності електромагнітного характеру можуть бути викликані пульсаціями магнітного потоку, нерівномірністю повітряного зазору між полюсами і якорем, міжвитковими замиканнями обмотки якоря та деякими іншими менш розповсюдженими причинами.

Деякі дефекти (наприклад, несправності щітково-колекторного апарата) одночасно спричиняють нерівномірності як електричного, так і механічного характеру. Так, виступаючі колекторні пластини або міканіт спричиняють появу пульсацій напруги між щітками і струму якоря при проходженні кожного щіткотримача, що призводить до нерівномірності обертання вала двигуна. При цьому значення сили тертя між щітками і колектором постійно змінюється і, відповідно, змінюється опір обертанню якоря, що посилює нерівномірність його обертання.

Несправності механічного характеру виявляють як під час сталої роботи двигуна під напругою, так і при відсутності напруги на затискачах (в режимі вибігу). Несправності ж електричного характеру проявляються лише під час роботи двигуна під напругою. Таким чином діагностування механічного характеру доцільно проводити в режимі вибігу, а для діагностування електричної частини двигуна можна керуватись результатом віднімання сигналу нерівномірності обертання якоря при протіканні струму по обмотках і обертання якоря двигуна в режимі вибігу.

Результати

Для підтвердження можливості використання запропонованого способу діагностування тягових двигунів проведені експериментальні дослідження з метою визначення нерівномірності

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

обертання вала якоря та зв'язку нерівномірності обертання якоря з пошкодженнями вузлів ТЕД. Експериментальні дослідження проведені на ТЕД типу ТЕ-006 в умовах локомотивного депо. Для випробувань відібрано чотири ТЕД, причому один з ТЕД після проведення ремонту в обсязі ПР-3, а інші двигуни до проведення ремонту.

Експериментальні дослідження проводились в наступних режимах:

- режим розгону – частота обертання вала якоря від 0 до 700 обертів за хвилину;
- режим холостого ходу – частота обертання вала якоря приблизно 700 обертів за хвилину;
- режим вибігу – зменшення частоти обертання до 0 обертів за хвилину.

Результати експериментальних досліджень зображено на рис. 2–4.

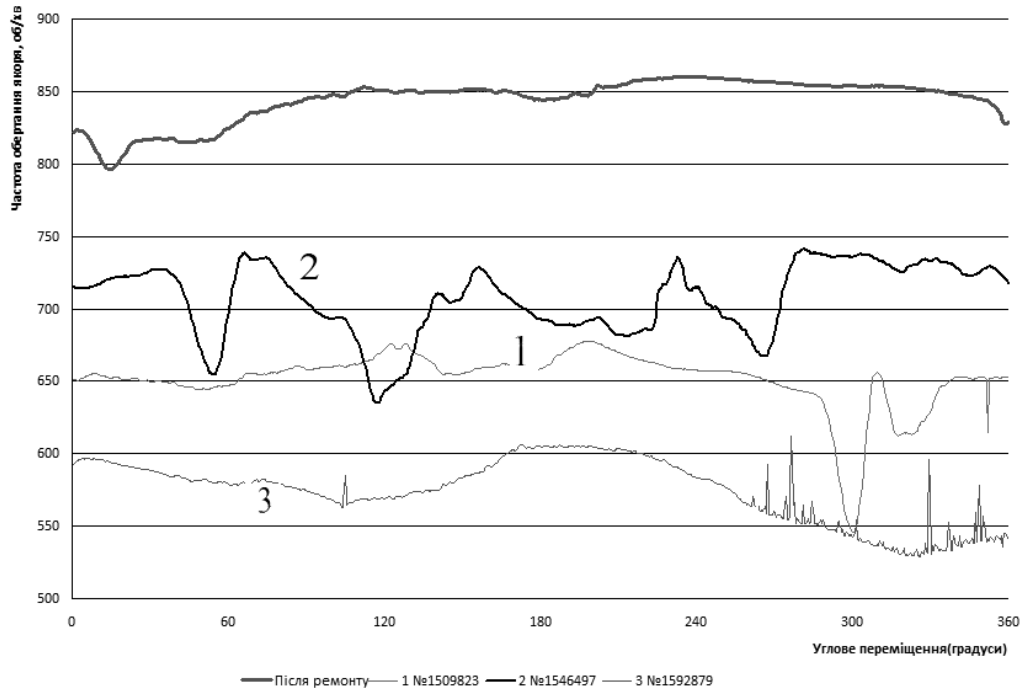


Рис. 2. Графік коливання частоти обертання вала якоря в режимі холостого ходу

В результаті експериментальних досліджень виявлено зв'язок нерівномірності обертання вала якоря ТЕД з пошкодженнями вузлів ТЕД. Після проведення вимірювання нерівномірності обертання ТЕД розбирались з метою визначення дефектів.

При розбиранні двигунів були виявлені наступні дефекти і несправності: ослаблення в посадці і, як наслідок, розшатування на валу передньої нажимної шайби, мікротріщини в зварному з'єднанні передньої нажимної шайби з валом якоря (двигун № 3), корозія поверхні тіл кочення якірних роликів підшипників, перевищення допустимого радіального зазору якірних роликів підшипників (двигун № 2), зниження опору ізоляції обмотки якоря.

Наукова новизна та практична значимість

Вперше запропоновано метод діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання вала якоря. В результаті проведених експериментальних досліджень підтверджено можливість використання сигналу нерівномірності обертання вала якоря із пошкодженнями вузлів тягового двигуна. Практична цінність впровадження полягає в розробці пристрою для виявлення дефектів вузлів тягового електродвигуна як електромагнітного, так і механічного характеру без розбирання двигуна. Пристрій може використовуватись при проведенні контролю складання двигуна після ремонту та під час випробувань ТЕД без навантаження.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

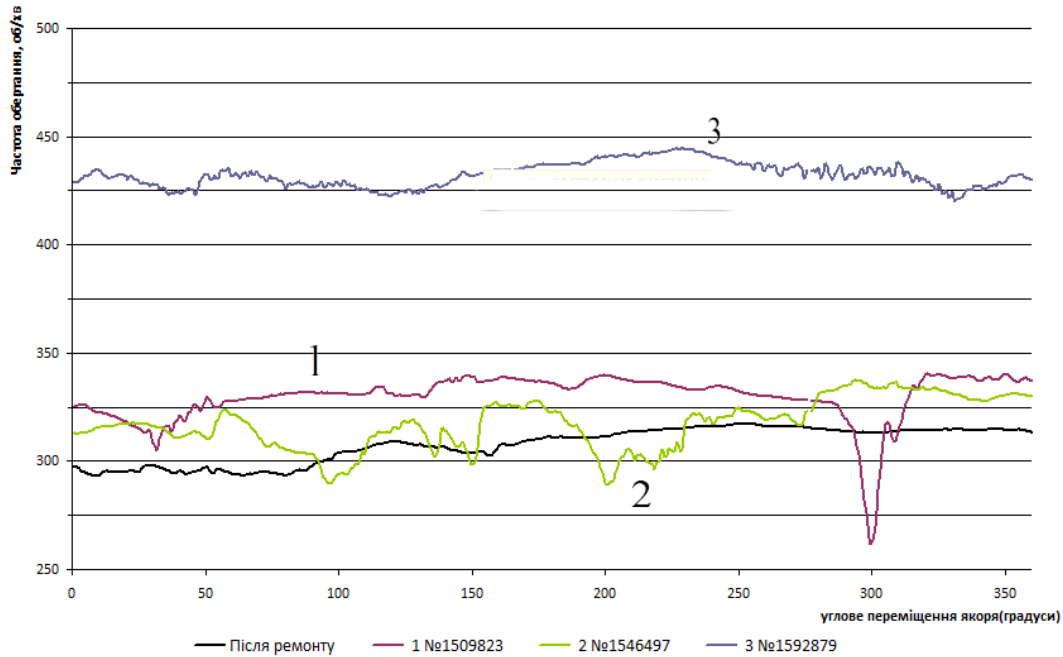


Рис. 3. Графік коливання частоти обертання вала якоря в режимі пуску

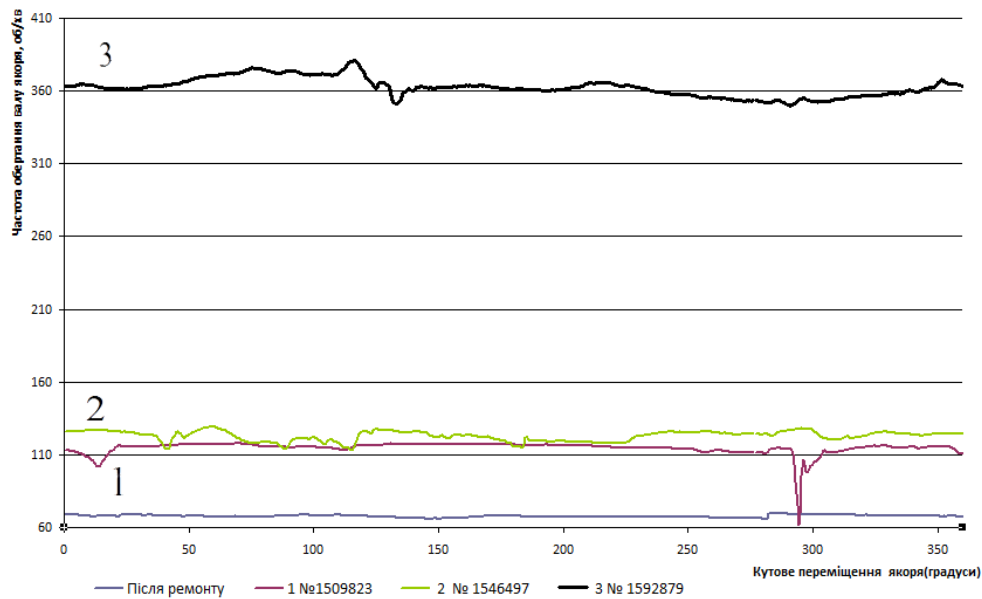


Рис. 4. Графік коливання частоти обертання вала якоря в режимі вибігу

Висновки

Найбільший вплив на нерівномірність мають несправності механічного характеру. Для більш точного діагностування пошкоджень

ТЕД необхідно проводити додаткові дослідження. Запропонований метод може бути використаний під час проведення стендових випробувань двигунів при їх роботі без навантаження, а також для оцінки якості проведеного ремонту.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Афанасов, А. М. Энергетические показатели механического способа компенсации электрических потерь в тяговых двигателях при их взаимной нагрузке / А. М. Афанасов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вып. 35. – С. 69–74.
- Барков, А. В. Современные возможности вибродиагностики машин и оборудования. [Электронный ресурс] / А. В. Барков, В. С. Никитин – Режим доступа: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book21>. – Загл. с экрана.
- Боднар, Б. Є. Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого вала дизеля / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 1 (43). – С.113–118.
- Боднар, Б. Є. Діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання якоря / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, С. М. Чернишов // Проблемы и перспективы развития ж.-д. трансп. : тез. 72 Международ. науч.-практической конф. – Д. : Дніпропетр. нац. ун-т. заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – С. 16–17.
- Зеленченко, А. П. Устройства диагностики тяговых двигателей электрического подвижного состава : учебное пособие / А. П. Зеленченко. – М. : РГОТУПС, 2002. – 39 с.
- Капіца, М. І. Розвиток наукових основ удосконалення систем утримання тягового рухомого складу : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.22.07 / Капіца Михайло Іванович. – Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – 359 с.
- Ларченко, А. В. Методы идентификации дефектов щеточно-коллекторного узла и магнитной системы электрических машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.09.01 / Ларченко Алексей Владимирович ; Московский гос. ун-т путей сообщ.– М., 2011. – 25 с.
- Петухов, В. С. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока / В. С. Петухов, В. А. Соколов // Новости Электротехники. – 2005. – № 1 (31). – С. 50–52.
- Петухов, В. С. Диагностика электродвигателей. Спектральный анализ модулей векторов парка тока и напряжения / В. С. Петухов // Новости Электротехники. – 2008. – № 1 (49) – С. 45–49.
- Правила ремонта электрических машин электроподвижного состава / Под ред. Е. М. Зубковича. – М. : Транспорт, 1992. – 295 с.
- Серебряков, А. С. Оценка состояния корпусной изоляции тяговых двигателей / А. С. Серебряков // Локомотив. – 1999. – № 12. – С. 25–27.
- Тычков, А. С. Диагностирование тяговых электродвигателей грузовых электровозов по параметрам магнитного поля : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Тычков Александр Сергеевич ; Самарский гос. ун-т путей сообщ. – Самара, 2009. – 20 с.
- Щербатов, В. В. Моделирование теплового состояния тягового электродвигателя для прогнозирования ресурса [Электронный ресурс] / В. В. Щербатов, О. Л. Рапопорт, А. Б. Цукублин // Известия ТПУ. – 2005. – № 7. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-teplovogo-sostoyaniya-tyagovogo-elektrodvigatelya-dlya-prognozirovaniya-resursa>. – Загл. с экрана.
- Szymański, Z. Diagnostic model of the wheel vehicle drive system based on FEM, BEM, and random system / Z. Szymański // Proceedings of ISEF'09 (10 September – 12 September 2009). – Arras, 2009. – P. 183–193.
- Szymański, Z. Application of the magnetic field distribution in diagnostic method of the special construction wheel traction motors / Z. Szymański // Proceedings of ISEF'07 (13 September – 15 September, 2007). – Prague : Institute of Electrical Engineering and Automation, 2007. – P. 449–456.
- Szymanski, Z. Modern Predictive Diagnostic Method of Induction Traction Motor Based on FEM, BEM / Z. Szymanski // Computer Technology and Application. – 2012. – № 3. – P. 678–684.

Б. Е. БОДНАРЬ¹, А. Б. ОЧКАСОВ^{1*}, Д. В. ЧЕРНЯЕВ¹, Я. И. ШЕВЧЕНКО¹

^{1*}Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (067) 745 20 71, +38 (056) 373 15 34, эл. почта oalexander@mail.ru

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЯКОРЯ

© Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, Я. І. Шевченко, 2013

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Цель. Предложить комплексный диагностический параметр (или систему параметров), позволяющих определять неисправности тягового электродвигателя как электромагнитного, так и механического характера. **Методика.** Последние годы в мировой практике наиболее быстро развиваются технологии перехода на обслуживание и ремонт оборудования в соответствии с его фактическим техническим состоянием. Основу таких технологий составляет контроль оборудования и прогнозирования его технического состояния с использованием методов неразрушающего контроля и безразборного диагностирования. В условиях эксплуатации необходимый уровень надежности электрических машин, в том числе и тяговых электродвигателей (ТЭД) поддерживать очень сложно. Анализируя неисправности подвижного состава, возникающие в процессе эксплуатации, можно убедиться, что ТЭД являются наименее надежными узлами. В работе предложено диагностирование ТЭД по неравномерности вращения якоря. Разработано устройство для измерения неравномерности вращения якоря. **Результаты.** Проведено экспериментальное исследование с целью определения неравномерности вращения вала якоря и связи неравномерности вращения якоря с повреждениями узлов ТЭД. Получены экспериментальные зависимости формы сигнала неравномерности вращения якоря для двигателей с различным техническим состоянием. **Научная новизна.** Впервые предложен метод диагностирования тяговых электродвигателей по неравномерности вращения вала якоря. Предложенный метод после дальнейшего усовершенствования может быть использован при проведении стендовых испытаний двигателей при их работе без нагрузки, а также для оценки качества проведенного ремонта. **Практическая значимость.** Устройство для обнаружения дефектов узлов тягового электродвигателя как электромагнитного, так и механического характера без разборки двигателя, может использоваться при проведении контроля сборки двигателя после ремонта, и при испытаниях ТЭД без загрузки.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель; способы диагностирования тяговых электродвигателей; неравномерность частоты вращения якоря

В. Ye. BODNAR¹, A. B. OCHKASOV^{1*}, D. V. CHERNYAYEV¹, Ya. I. SHEVCHENKO¹

^{1*}Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (067) 745 20 71, +38 (056) 373 15 34, e-mail oalexander@mail.ru

DIAGNOSIS OF TRACTION ELECTRIC MOTOR AT IRREGULARITY IN SPEED OF ANCHOR ROTATION

Purpose. To offer a complex diagnostic parameter (or system of parameters) that would allow determining the fault of electric traction motor as well as electromagnetic and mechanical nature. **Methodology.** Technology transition to maintenance and repair of equipment in accordance with its actual condition are developed rapidly in the world practice in recent years. Control of equipment and forecasting of its technical condition with the use of non-destructive testing and diagnosis in-place methods is the basis of such technologies. In operation the reliability level of electrical machines including traction electric motor is very difficult to maintain. Analyzing failures of rolling stock, which arise from the operation, we can see that traction electric motors are the least reliable nodes. Diagnostics of traction electric motor at irregularity in speed of anchor rotation is proposed. A measurement device for irregularity in speed of anchor rotation was developed. **Findings.** An experimental research in order to determine the irregularity in speed of anchor armature shaft rotation and coupling of irregularity in speed of anchor rotation with traction electric motors nodes failures was executed. The experimental dependence of the waveform uneven rotation anchor for engines with different technical conditions. **Originality.** A method for diagnosis of traction electric motors at irregularity in speed of anchor armature shaft rotation was first proposed. This method after further improvement can be used at bench test of engines in their work without load and for the quality of the repair. **Practical value.** The device for detecting defects of the traction electric motor nodes as well as electromagnetic and mechanical nature without engine disassembly may be used for control of engine assembly after repair, and at testing of traction electric motor without load.

Keywords: traction motor; techniques of traction motors diagnosing; irregularity in rotation frequency of anchor

REFERENCES

1. Afanasov A.M. Energeticheskiye pokazateli mekhanicheskogo sposoba kompensatsii elektricheskikh poter v

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- tyagovykh dvigatelyakh pri ikh vzaimnoy nagruzke [Energy indicators of mechanical method of electric loss compensation in traction motors at their mutual load]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 35, pp. 69-74.
2. Barkov A.V., Nikitin V.S. *Sovremennyye vozmozhnosti vibrodiagnostiki mashin i oborudovaniya* (Modern possibilities of vibration monitoring of the cars and equipment). Available at: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book21> (Accessed 27 November 2012).
 3. Bodnar B.Ye., Ochkasov O.B., Cherniaiev D.V. Vyznachennia metodu filtratsii syhnalu nerivnomirnosti chastoty obertannia kolinchastoho vala dyzelia [Determination of the filtration method of the irregularity signal of the diesel crankshaft rotation]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2013, no. 1 (43), pp. 113–118.
 4. Bodnar B.Ye., Ochkasov O.B., Cherniaiev D.V., Chernyshov S. M Diahnostuvannia tiahovykh elektrodyvuhuniv za nerivnomirnistiu obertannia yakoria [Diagnosing of the traction motors for uneven rotation of anchor]. *Tezisy 72 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy i perspektivy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta»* [Theses of International Scientific and Practical Conference «Problems and prospects of railway transport development»]. Dnipropetrovsk, 2012, pp. 16-17.
 5. Zelenchenko A.P. *Ustroystva diagnostiki tyagovykh dvigateley elektricheskogo podvizhnogo sostava* [Diagnostics devices of traction engines of electric rolling stock]. Moscow, RGOTUPS Publ., 2002. 39 p.
 6. Kapitsa M.I. *Rozvytok naukovykh osnov udoskonalennia system utrymuvannia tiahovoho rukhomoho skladu*. Dokt. Diss. [Development of scientific foundations of the improvement of traction rolling stock system maintenance. Doct. Diss.]. Dnipropetrovsk, 2010. 359 p.
 7. Larchenko A.V. *Metody identifikatsii defektov shchetочно-kollektornogo uzla i magnitnoy sistemy elektricheskikh mashin*. Avtoreferat Diss. [Methods of identification of defects of brush-collector unit and the magnetic system of electric cars. Author's abstract]. Moscow, 2011. 25 p.
 8. Petukhov V.S., Sokolov V.A. Diagnostika sostoyaniya elektrodvigateley. Metod spektralnogo analiza potreblayemogo toka [Diagnosis of electric engines condition. Spectral analysis method of draw current]. *Novosti Elektrotehniki – News of Electric Engineering*, 2005, no. 1 (31), pp. 50-52.
 9. Petukhov V.S. Diagnostika elektrodvigateley. Spektralnyy analiz moduley vektorov parka toka i napryazheniya [Diagnosis of electric engines. Spectral analysis of modules of current and voltage park vectors]. *Novosti Elektrotehniki – News of Electric Engineering*, 2008, no.1 (49), pp. 45-49.
 10. Zubkovich Ye.M. *Pravila remonta elektricheskikh mashin elektropodvizhnogo sostava* [Rules of repair of electric cars of electric rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1992. 295 p.
 11. Serebryakov A.S. Otsenka sostoyaniya korpusnoy izolyatsii tyagovykh dvigateley [Assessment of the main insulation of traction motors]. *Lokomotiv – Locomotive*, 1999, no. 12, pp. 25-27.
 12. Tychkov A.S. *Diagnostirovaniye tyagovykh elektrodvigateley gruzovykh elektrovozov po parametram magnitnogo polya*. Kand. Diss. [Diagnosis of freight electric traction motors on the parameters of the magnetic field. Cand. Diss.]. Samara, 2009. 20 p.
 13. Shcherbatov V.V., Rapoport O. L., Tsukublin A. B. *Modelirovaniye teplovogo sostoyaniya tyagovogo elektrodvigatelya dlya prognozirovaniya resursa* (Modeling of the thermal state of the drive motor to predict resource). *Izvestiya TPU – Proceedings of the TPU*, 2005, no. 7. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-teplovogo-sostoyaniya-tyagovogo-elektrodvigatelya-dlya-prognozirovaniya-resursa> (Accessed 27 November 2012).
 14. Szymański Z. Diagnostic model of the wheel vehicle drive system based on FEM, BEM, and random system. Proc. of ISEF'09. Arras, 2009. pp. 183-193.
 15. Szymański Z. Application of the magnetic field distribution in diagnostic method of the special construction wheel traction motors. Proc. of ISEF'07. Prague, 2007, pp. 449-456.
 16. Szymanski Z. Modern Predictive Diagnostic Method of Induction Traction Motor Based on FEM, BEM. *Computer Technology and Application*, 2012, no. 3. pp. 678–684.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А. М. Мухомою (Україна); д.т.н., проф. О. Б. Бабаніним (Україна)

Поступила в редколлегию 28.03.2013

Принята к печати 04.06.2013