

ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Гаврилець Г.О., асист.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39614, м. Кременчук, Україна

E-mail: scenter@polytech.poltava.ua

У представленій статті аналізуються особливості експлуатації й основні несправності асинхронного електроприводу та методи технічної діагностики промислових механізмів. Показана можливість створення системи технічного контролю механічних зв'язків електричних машин.

Ключові слова: технічний контроль, вібрація, фундаментна підстава, діагностична модель.

Вступ. В умовах підвищення вимог до техніки безпеки на виробництві, безвідмовності та довговічності обладнання досить значимою є оцінка технічного стану різних пристроїв, механізмів, ізокрема, електричних машин (ЕМ). Найбільш розповсюдженими у промисловості є асинхронні електричні двигуни (АД). Щороку з ладу виходить близько 30 % парку електричних машин. Після проведення ремонтних робіт, досить значний об'єм яких проводиться внаслідок невчасного виявлення дефектів та виникаючих пошкоджень, більша частина із них повертається у експлуатацію.

Найбільш поширеними є пошкодження підшипників, які виникають внаслідок недостатнього змащування, геометричних похибок виготовлення та пошкоджень контактних поверхонь кочення, а також при підвищених радіальних та осьових навантаженнях, перекосі вала. При експлуатації ЕМ з такими дефектами підшипника починають розвиватися інші дефекти, такі, як перекоє, ексцентриситет та дисбаланс ротора [1, 2].

Механічний дисбаланс ротора виникає внаслідок багатьох факторів: неоднорідності матеріалу, нерівномірного розподілу маси обмоток, наявності посадочних натягів та зазорів деталей, ерозії металу. Негативний вплив цих явищ характеризується виникненням відцентрових сил, які викликають вимушені коливання ротора з частотою обертання.

Причинами пошкодження обмоток у ЕМ є міжвиткові і міжфазні короткі замикання, а також замикання обмотки на землю, перегрів, пошкодження ізоляції. У короткозамкнених витках не виділяється тепло, а отже ротор нагрівається нерівномірно. Це призводить до виникнення теплового дисбалансу і прогинання ротора.

До дефектів ротора можна віднести обрив стрижнів і пошкодження кільця короткого замикання. У місцях обриву стрижня відбувається нагрівання ротора, що призводить до його деформації та виникнення теплового дисбалансу.

Окремою групою пошкоджень є так звані механічні послаблення [3]. Це дефекти, які виникають у місцях з'єднань обладнання і по-

різному впливають на його роботу. Причинами виникнення механічних послаблень є дефекти виготовлення, збору та експлуатації обладнання – неправильна посадка деталей на ротор, люфти підшипників і муфт, руйнування різьбових з'єднань, тріщини та пошкодження конструкції і фундаменту. При цьому у часовому сигналі вібрації присутня нестационарна неперіодична складова, що характеризується великою кількістю піків. За рахунок визначеного напряму виникнення механічних послаблень характер і інтенсивність вібрації у різних напрямках суттєво відрізняється. Особливо чітко наявність механічних послаблень відображується у сигналі вібрації при невірноважених динамічних силах, а також у перехідних режимах. Інтенсивні ударні навантаження призводять до подальшого розвитку послаблень та швидкого зношування вузлів електропривода.

Серед типових технологічних механізмів найбільше механічним послабленням піддаються електроприводи промислових кранів, які працюють зі значними перевантаженнями по відношенню до номінального моменту, при широкому діапазоні регулювання частоти обертання, частих пусках та гальмуванні, в умовах ударів, вібрацій та впливу навколишнього середовища [4]. Навантаження електричних машин, власні коливання металевих конструкцій, удари при пересуванні кранів на стиках колій викликають значні механічні впливи на електрообладнання.

На основі багаторічної експлуатації кранових механізмів було сформульовано ряд вимог до їх експлуатації, але не вирішеною і актуальною є задача технічного контролю, яка має на меті виявлення пошкоджень та дефектів електропривода, зокрема контролю якості закріплення електричних машин на фундаментній основі.

Аналіз попередніх досліджень. Сучасні засоби технічного контролю й діагностики, які базуються на зміні параметрів вібрації при виникненні несправності, дають можливість контролювати механічну і електромагнітну системи електричної

машини [5, 6, 7]. Це дозволяє виявляти слабкі місця обладнання та причини виходу із ладу основних вузлів і механізмів, маючи на меті підвищення рівня конструкційних, технологічних та експлуатаційних характеристик обладнання. Обслуговування обладнання за його поточним станом дозволить скоротити період його простою, затрати на ремонтні роботи, тим самим підвищивши ресурс та знизивши вартість [8]. Розробка засобів вимірювання вібрації визначена відповідними нормативними документами, що містять вимоги до частотного діапазону, необхідної точності та надійності [9]. Найбільш високий рівень проведення технічного контролю й діагностики електричних машин за параметрами вібрації забезпечують автоматизовані системи вібродіагностики [10]. Такі системи можуть бути пасивними (функціонувати без впливів на режим роботи машини) і активними (при необхідності ініціювати режими діагностичних досліджень з метою уточнення діагнозу).

Труднощі, які виникають при постановці технічного діагнозу обладнання, найчастіше пов'язані з тим, що кожен окремих дефект впливає на цілий ряд діагностичних ознак залежно від режиму роботи машини та її динамічних характеристик. Теоретично можливо математично описати будь-які умови виникнення, розвитку дефектів та їх відображення у діагностичних параметрах. В автоматизованих системах вібродіагностики цей математичний апарат має бути формалізований і забезпечувати точну постановку діагнозу обладнання – вид, ступінь розвитку та локалізацію дефекту, прогноз і рекомендації щодо подальшої експлуатації.

Розробка та експлуатація систем вібродіагностики основана на знаннях детермінованих або ймовірнісних правил та алгоритмів [11]. Детерміновані правила визначають стан об'єкта на основі відомих та вивчених раніше закономірностей – діагностичних параметрів. Якщо охарактеризувати стан електричної машини множиною параметрів $\{X\}$ – розміри, зазори, перекоси, порушення геометрії та ін., а її вібраційний сигнал множиною діагностичних ознак $\{Y\}$, то функціонування системи можна записати у вигляді $\{Y\} = A\{X\}$, де A – функціональний оператор. Задачею функціональних методів діагностики є встановлення зворотної залежності: $\{X\} = A^{-1}\{Y\}$. Оператори A і A^{-1} можуть бути розраховані або визначені експериментально. У випадках, коли це неможливо, використовуються статистичні методи, які ґрунтуються на теорії розпізнавання образів та дозволяють з певною ймовірністю встановити діагноз. Для машин, які

характеризуються багатьма параметрами, іноді обраховують узагальнені параметри. Внаслідок цього інформативні, але незначні за величиною діагностичні ознаки можуть бути замінені менш інформативними, але більшими за значенням складовими, що є суттєвим недоліком цієї групи методів.

Однією із найбільш розповсюджених форм реалізації функціональних та статистичних методів є побудова діагностичної моделі, яка в аналітичній або логічній формі встановлює зв'язок між просторами станів та діагностичних ознак. За допомогою діагностичної моделі можна визначити поточний стан об'єкта як справний або несправний, отримати критерій оцінювання роботоспроможності, встановити ознаки виникаючих несправностей. Часто окрім вібраційних сигналів для побудови діагностичних моделей використовуються також акустичні сигнали й значення електромагнітних параметрів.

Функціональні та статистичні методи з використанням діагностичних моделей широко використовуються для контролю та моніторингу технічного стану електричних машин типових промислових механізмів [7, 12 - 14]. У їх основу покладено метод спектрального аналізу вібраційного сигналу з використанням первинного перетворення Фур'є. Внаслідок цього випадковий сигнал замінюється періодичним, тобто для усього нестационарного процесу визначаються узагальнені параметри, що є головним недоліком такого аналізу.

Також у системах вібраційного контролю та діагностики використовуються такі методи обробки сигналів, як визначення середнього квадратичного значення вібрації, методи пік-фактору та ударних імпульсів [1], визначення частотно-енергетичних параметрів [12], вейвлет-аналіз та побудова фазових портретів [15], дослідження трендів вібраційних параметрів [16].

Таким чином, на сьогоднішній день є достатньо широкий вибір методів отримання діагностичної інформації та методів аналізу вібраційних сигналів, що використовуються у системах технічного контролю та діагностики.

Мета роботи. Обґрунтування необхідності розробки системи технічного контролю електричних машин кранових механізмів.

Матеріал і результати дослідження.

Маючи інформацію про технічний стан механізму, можна досягти максимальної ефективності його роботи. Як правило, така інформація використовується для визначення залишкового ресурсу роботи обладнання, необхідності проведення ремонтних робіт та максимально-допустимих робочих навантажень.

Найбільш достовірним фактом появи дефектів обладнання є поява вібрації. Тому її реєстрація та аналіз є основою проведення технічної діагностики.

Проте на практиці іноді неможливо точно встановити джерело вібрації та визначити місце дефекту, оскільки вузли та елементи являють собою складну механічну систему зі складною взаємодією. Тому необхідно оцінювати усі складові механізми та враховувати їх взаємний вплив. Наприклад, унаслідок появи змінних складових струму або магнітного поля виникають пульсації моменту, що є причиною появи дисбалансу; разом з тим невраховане обертання ротора призводить до появи ударних моментів та виникнення дефектів електромагнітної системи. Вібрація, що виникає при цьому, поширюється на підшипникові вузли та спричиняє дефекти поверхонь та тіл кочення; у свою чергу вже існуючі дефекти породжують високочастотну вібрацію з характерними піками амплітуди. Не менш важливу роль у розповсюдженні вібрації відіграє кріплення ЕМ до фундаментної основи. Властивість матеріалу основи поглинати коливання призводить до зменшення загального фону вібрації, а неправильний вибір характеристик фундаменту та кріплень є причиною значного її підсилення.

Вирішення цієї задачі можливе при комплексному підході до аналізу вібрації з використанням діагностичних моделей – формалізованого опису об'єкта, необхідного для проведення технічної діагностики.

Розглядаючи питання створення системи технічного контролю та діагностики електричних машин промислового електроприводу, є на меті детальний опис структури системи та підґрунтя її практичної реалізації. Основою системи має бути алгоритмізований математичний апарат для аналізу експериментально отриманих сигналів вібрації та синтезу вібраційних сигналів на основі відомих параметрів конкретного обладнання.

Маючи на меті оцінити вплив неякісного кріплення електричної машини на її вібрацію, перш за все необхідно вивчити процес збудження вібрацій у точках закріплення з урахуванням впливів зі сторони інших вузлів електроприводу – електромагнітної системи, підшипників, з'єднань із технологічним обладнанням та мережі живлення. Тому першочерговими завданнями є:

– розробка математичної моделі механічної системи АД з урахуванням кріплення на фундаментній основі, яка встановлює зв'язок між характеристиками усіх точок закріплення, а саме жорсткістю і демпфуванням, та іншими дефектами АД з однієї сторони й вібраціями з іншої сторони;

– дослідження комплексу АД-механічна система з використанням відомої математичної моделі АД у трифазній системі координат з метою моделювання

різних режимів роботи та дефектів мережі живлення й електромагнітної системи;

– розробка структури системи реєстрації сигналів вібрації АД та вибір математичних методів їх обробки з метою подальшого аналізу й встановлення дефектів закріплення АД на фундаментній основі.

Висновки. Шляхом аналізу особливостей експлуатації та основних несправностей асинхронного електроприводу, методів технічної діагностики промислових механізмів за параметрами вібрації показана можливість створення системи технічного контролю механічних зв'язків електричних машин промислового електроприводу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герике Б. Л. Вибродиагностика горных машин и оборудования. Учебное пособие / Б. Л. Герике, И. Л. Абрамов, П. Б. Герике. Кемерово: КузГТУ, 2007. – 167 с.
2. Шубов И. Г. Шум и вибрация электрических машин / И. Г. Шубов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. 1986. – 208 с.
3. Русов В. А. Спектральная вибродиагностика / В. А. Русов. – Пермь, 1996. – 176 с.
4. Яуре А. Г. Крановый электропривод. Справочник. / А. Г. Яуре, Е. М. Певзнер. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 334 с.
5. Барков А. В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова. – С-Петербург.: Изд. центр СПбГМТУ, 2004. – 156 с.
6. Барков А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – С-Пб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 169 с.
7. Баркова Н. А. Неразрушающий контроль технического состояния горных машин и оборудования: учеб. пособие / Н. А. Баркова, Ю. С. Дорошев. – Владивосток: Изд. ДВГТУ, 2009. – 157 с.
8. Биргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с., ил.
9. Диагностирование изделий. Общие требования: ГОСТ 27518-87. – [Действующий от 1989-01-01].
10. Добрынин С. А. Метод автоматизированного исследования вибраций машин: справочник / С. А. Добрынин, М. С. Фельдман, Г. И. Фирсов. М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
11. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. Москва.: Машиностроение, 2000. – 344 с.
12. Воронцов А. Г. Элементы теории высокочастотной вибродиагностики роторных машин. Монография / А. Г. Воронцов. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 137 с.
13. Шульженко Н. Г. Анализ и диагностирование вибрационного состояния мощных турбоагрегатов / Н. Г. Шульженко, Л. Д. Метелев, Ю. Г. Ефремов и др. // Энергетика та електрифікація. – 2006. – № 11. – С. 30–38.

14. Модель вибродиагностики электрических машин переменного тока / О. П. Муравлев, В. П. Шевчук; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 19 с. – Деп. в ВИНТИ 13.01.05, № 14-В2005.

15. Нафиков А. Ф. Применение метода фазовых портретов для технической диагностики насосного оборудования / А. Ф. Нафиков, М. М. Закриничная, И. Р. Кузеев и др. // Прогрессивные технологии в машиностроении и приборостроении: Материалы науч.-техн. семинара. – Киев: Изд-во АТМ Украины, 2003. – С. 24-25.

16. Пат. 2068553 Российская федерация, G01M15/00, F04B51/00, F04D29/66. Способ оценки технического состояния центробежного насосного агрегата по вибрации корпуса / [Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Долгопятов В. Н., Костюков А. В.]; заявитель и патентообладатель Костюков Владимир Николаевич. – № 94031570/06; заявл. 08.29.94; опубл. 10.27.96.

К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Гаврилец Г.О., ассист.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул Первомайская., 20, 39614, г. Кременчуг, Украина

E-mail: scenter@polytech.poltava.ua

В представленной статье анализируются особенности эксплуатации и основные неисправности асинхронного электропривода и методы технической диагностики промышленных механизмов. Показана возможность создания системы технического контроля механических связей электрических машин.

Ключевые слова: технический контроль, вибрация, фундаментное основание, диагностическая модель.

TO CREATION OF TECHNICAL CHECKING OF MECHANICAL CONNECTIONS OF ELECTRIC MACHINES OF INDUSTRIAL ELECTROMECHANIC SYSTEM

Gavrilets G., assist.

Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine

E-mail: scenter@polytech.poltava.ua

In this paper to analyze exploitation feature and basic defects of induction motor and method of technical diagnostics of technical mechanisms. The system of mechanical link may be devise.

Key words: technical control, vibration, foundation plate, diagnostic model.