

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Чорної Ольги Анатоліївни «Інформаційна технологія комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів на основі зовнішніх ознак», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Актуальність теми. Робота Чорної Ольги Анатоліївни присвячена актуальному питанню розробки інформаційної технології (ІТ) моніторингу стану асинхронних двигунів під час виконання технологічного процесу. Вирішення сучасних завдань моніторингу вимагає застосування принципово нових методів та засобів, до них можна віднести діагностування по розподілу зовнішнього магнітного поля (ЗМП), акустичні і, навіть, органолептичні методи моніторингу, які передбачають використання органів чуття людини (огляд, прослуховування). При цьому, вимірювання діагностичних параметрів проводиться безконтактним методом і, що важливо, в робочому режимі. Використання ЗМП як основного, так і додаткового джерела інформації для моніторингу – дає змогу більш достовірно оцінити технічний стан і прогнозувати відмови електричних машин. Зовнішні ознаки є множиною таких діагностичних ознак, які відображають взаємозв'язки внутрішніх і зовнішніх параметрів. Подібними ознаками можуть служити параметри сталого режиму, що змінюються по характерним законам, залежать від місця виникнення і типу первинних несправностей. Кожна конкретна несправність характеризується одним чи декількома зовнішніми ознаками. В одному випадку – зовнішня ознака вказує безпосередньо на наявність конкретної несправності, а в іншому – характеризує несправність тільки побічно. Отже, для моніторингу та прогнозування стану електричної машини і привода, необхідно знати характер зміни параметрів при різних первинних несправностях і вибрати з них визначальні. Такий моніторинг забезпечить попередню діагностику двигуна з визначенням його поточного стану та видачою рекомендацій про можливість і доцільність подальшої експлуатації цього двигуна. Вказана задача розв'язується шляхом побудови ІТ

комплексного моніторингу і, на його основі, розпізнавання поточного стану асинхронних двигунів безпосередньо під час виконання технологічного процесу.

Дисертаційна робота Чорної Ольги Анатоліївни присвячена розв'язку саме такого наукового завдання.

Наукова новизна. Наукова новизна роботи полягає у створенні ІТ комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів безпосередньо під час виконання технологічного процесу на основі зовнішніх ознак їх роботи.

До основних наукових результатів слід віднести:

1. Уперше розроблено аналітичну модель стану асинхронного двигуна у вигляді лінійного рівняння відносного залишкового ресурсу ізоляції від коефіцієнту, розрахованого на основі Буземанової метрики, що дає змогу врахувати зміну розподілу індукції магнітного поля на поверхні статора асинхронного двигуна при виникненні параметричної несиметрії його обмоток.

2. Удосконалено метод моніторингу асинхронних двигунів, який відрізняється від існуючих тим, що добір діагностичних параметрів ґрунтуються на критерії максимальної індивідуальності, причому параметр максимальної індивідуальності приймається в якості базового, а добір діагностичних параметрів здійснюється методом послідовних доповнень, що дає змогу розв'язати задачу діагностування на основі зовнішніх ознак режиму роботи двигунів.

3. Набула подального розвитку експериментальна модель несиметричних за параметрами асинхронних двигунів, яка враховує нерівномірність розподілу індукції магнітного поля на поверхні статора двигуна, що дозволяє отримати значиму інформацію про технічний стан асинхронного двигуна, зокрема про наявність внутрішніх дефектів обмоток.

4. Уперше розроблено інформаційну технологію комплексного моніторингу асинхронних двигунів, яка відрізняється від існуючих застосуванням моделі стану асинхронного двигуна на основі Буземанової метрики та методу моніторингу на основі зовнішніх ознак режиму роботи

двигунів, що дає змогу за рахунок попередньої діагностики підвищити ефективність їх експлуатації на основі актуальної інформації про поточний стан і рекомендацій щодо доцільності подальшої експлуатації.

Практична цінність результатів роботи полягає у розробці алгоритмів аналізу зовнішнього магнітного поля двигунів та оцінки поточного стану і терміну експлуатації асинхронного двигуна за вимірюними значеннями індукції на поверхні його статора, а також структури, алгоритмічного і програмного забезпечення інформаційної технології, що дає змогу використовувати результати дослідження на практиці.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність. Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових результатів і висновків є достатнім та підтверджується коректністю прийнятих у математичних моделях припущень і підтверджується збігом результатів аналітичних розрахунків з результатами математичного та фізичного моделювання. Достовірність результатів дослідження забезпечується використанням перевірених експериментальних даних, одержаних з дотриманням відповідних вимог, а також адекватністю отриманих розв'язків, що підтверджується результатами практичного впровадження.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною працею. Повний обсяг дисертації складає 197 сторінок друкованого тексту й містить анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і чотири додатки. Основна частина викладена на 119 сторінках. Список використаних джерел складається зі 145 найменувань.

У вступі обґрунтовано доцільність та актуальність роботи, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення результатів роботи, а також подані відомості про апробацію дисертаційної роботи.

У першому розділі «Аналіз методів і засобів моніторингу та діагностики асинхронних електричних двигунів», виконано огляд джерел за темою дисертаційної роботи та аналіз сучасного стану проблеми. Розглянуто методи і засоби оперативної діагностики асинхронних двигунів, діагностичні комплекси (ДК) електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ). Показано, що наведені ДК, незважаючи на свою багатофункціональність, мають ряд недоліків: мають обмеженість набору методів, що характеризують ДК; не дають можливості однозначно оцінити результати діагностики: «придатний» – «брак», виявляють лише наслідки несправностей, а не функціональний стан ЕМПЕ. Розглянуто дефекти електричних машин, що діагностуються та промислові системи контролю стану асинхронних двигунів, проаналізовані їх діагностичні алгоритми.

У другому розділі «Моделювання та експериментальні дослідження розподілу індукції змінного магнітного поля на поверхні асинхронного двигуна» висунуто і доведено гіпотезу – зміна індукції магнітного поля на поверхні статора АД є ознакою, яка може свідчити про зміну стану двигуна. Дослідження проведені шляхом математичного моделювання і експериментально. Встановлення рівня інформативності індукції магнітного поля як зовнішнього показника зміни стану АД, досліджено за допомогою програми FEMM, а експериментальні результати – отримані шляхом вимірювання розподілу індукції магнітного поля навколо двигуна лабораторної установки при живленні його від мережі та від перетворювача частоти.

У третьому розділі «Оцінки стану та терміну експлуатації асинхронного двигуна на основі вимірювання зовнішнього магнітного поля» здійснена оцінка стану та терміну експлуатації асинхронного двигуна на основі вимірювання зовнішнього магнітного поля, розроблена модель оцінки стану та виявлення зміни параметрів АД при його моніторингу шляхом вимірювання індукції магнітного поля на поверхні статора. Розроблена модель стану АД, яка дає змогу використовувати її в умовах виробництва. Для автоматичної обробки даних, запропоновано використання методів, що легко алгоритмізуються і дають змогу

здійснювати аналіз вимірюваної індукції магнітного поля на поверхні статору АД при проведенні моніторингу, а також виділення сигналу, що відображає зміну параметрів двигуна.

У четвертому розділі «Побудова інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних електрических двигунів» розглянута побудова ІТ комплексного моніторингу стану асинхронних електрических двигунів. Описана архітектура експертної системи, що реалізована в системі моніторингу та визначення несправностей ЕМ за зовнішніми ознаками режиму роботи двигуна. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення інформаційної технології.

У п'ятому розділі «Експериментальні дослідження і техніко-економічна оцінка впровадження інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів», представлено експериментальні дослідження і техніко-економічна оцінка впровадження інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів. Показані результати практичної реалізації розробленої ІТ на виробництві – експериментального тестування розроблених алгоритмів та програмного забезпечення. На підставі розрахунку економічної ефективності показано, що застосування інформаційної технології системи моніторингу і оцінки експлуатаційного ресурсу роботи електрических машин на підприємствах дає можливість отримати економічний ефект, який обумовлений зменшенням витрат на ремонт під час експлуатації двигунів за рахунок попередження про виникнення несправності.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 20 наукових працях, серед яких 4 статті у періодичних фахових виданнях, що включені до переліку фахових видань України, 1 стаття у закордонному періодичному виданні (Польща), 14 статей і тез доповідей у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій, з них 6 у таких, що індексовані у наукометричній базі Scopus, та 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на науковий твір.

Публікації за тематикою дисертації підтверджують оприлюднення всіх отриманих результатів.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

Важливість одержаних в дисертаційній роботі результатів для науки і промисловості полягає у вирішенні актуального науково-прикладного завдання розробки ІТ комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів, безпосередньо під час виконання технологічного процесу, на основі зовнішніх ознак їх роботи, що дає можливість провести попередню діагностику асинхронного двигуна та визначити його поточний стан, а також отримати рекомендації про можливість і доцільність подальшої експлуатації.

Недоліками дисертаційної роботи вважаю наступне.

1. В дисертації не чітко обґрунтовано вибір саме Буземанової метрики в процесі розроблення математичного забезпечення ІТ комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів на основі зовнішніх ознак, адже подібними властивостями для такої топології зміни магнітного поля асинхронного двигуна володіють і ряд інших метрик.
2. Автором розроблено аналітичну модель оцінки стану асинхронного двигуна, але відсутні дані про необхідні ресурси комп’ютера для застосування цієї моделі (час центрального процесора, необхідний об’єм пам’яті та область адекватності моделі).
3. В третьому розділі дисертації, здобувач стверджує про досягнуту відносну похибку 0,8 % (ст. 11 автореферату), але відсутня інформація про клас точності пристрою вимірювання цієї вихідної величини і таке значення похибки є в межах похибки обчислень та вимірювань. Наведене значення відносної похибки 0,8 % потребує додаткових пояснень та обґрунтувань.
4. В роботі реалізовано засоби ІТ у формі програмно-апаратного комплексу, але в дисертації практично не розглянуті питання поєднання програмного і

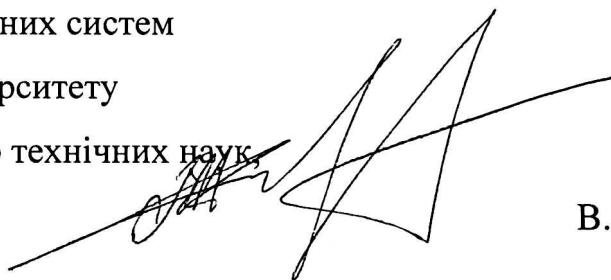
апаратного забезпечення та відсутні дані щодо вимог до технічного забезпечення.

5. Здобувачем розроблено кілька методик, на мою думку, їх варто в роботі чіткіше описати.
6. В 2-му та 3-му розділах роботи надано результати експериментальних досліджень асинхронного двигуна потужністю 1.3 кВт, а в 5-му розділі розроблений діагностичний комплекс використано для електричної машини з потужністю на 2 порядки вище. Потребує пояснення, чи будуть змінюватись діаграми розподілу індукції магнітного поля залежно від потужності, які результати було отримано на підприємстві.
7. В роботі здобувач зробила детальні теоретичні обґрунтування щодо ідентифікації пошкоджень обмоток асинхронного двигуна. Це дало можливість отримати модель терміну життя ізоляції і це становить наукову новизну дисертаційної роботи. Однак, з роботи не зрозуміло: ідентифікувати можливо лише наявність пошкоджень чи можна також класифікувати вид пошкодження? Адже аналогічні викривлення магнітного поля на поверхні (корпусі) асинхронного двигуна може спричиняти не лише несиметрія активних опорів статора.
8. З дисертаційної роботи та автoreферату неможливо чітко з'ясувати, чи є можливість використання запропонованого діагностичного комплексу не з початку роботи привода, а, наприклад, через рік після його запуску в експлуатацію. Чи є можливість вказати в програмі цей початковий зсув часу. Також потребує уточнення: з якою періодичністю на виробництві необхідно вимірювати стан магнітного поля асинхронного двигуна, скільки триває ця процедура.
9. В дисертаційній роботі в процесі моделювання використано програмну систему Matlab, яка потребує ліцензії. В дисертaciї відсутня інформація про наявність цього документа.
10. В дисертaciї присутні помилки та описки (ст.42, ст.43, ст.47, ст.48, ст.135 та ін.).

Висновок. Аналізуючи виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані в ній висновки і результати з урахуванням повноти публікацій, можна відзначити, що наведені вище зауваження не знижують цінності роботи.

Дисертаційна робота «Інформаційна технологія комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів на основі зовнішніх ознак» – є завершеною науковою працею, яка за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою розв'язання наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків, а також за змістом поданого в ній матеріалу, відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого КМУ від 24.07.2013р №567, а її автор **Чорна Ольга Анатоліївна** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Завідувач кафедри автоматизованих систем
управління Національного університету
«Львівська Політехніка», доктор технічних наук,
професор



B. M. Теслюк

Підпис д. т. н., професора

Теслюка В. М. засвідчує

Вчений секретар Національного університету
«Львівська Політехніка», к. т. н., доктор філології



Р. Б. Брилинський