

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
ЧОРНОЇ ОЛЬГИ АНАТОЛІЙВНИ
«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 моніторингу стану асинхронних двигунів під час виконання технологічного процесу. Позапланова зупинка або раптова відмова електричних машин супроводжується значними економічними втратами, оскільки вони використовуються в приводах практично у всіх галузях техніки і технологічного оснащення виробництва. Технічна діагностики електричних машин досить розвинена і є обов'язковою для попередження відмов і своєчасного ремонту, а вирішення сучасних завдань діагностики із застосуванням нових методів і засобів є актуальною задачею.

Вирішенню саме такого завдання, - розробки інформаційної технології моніторингу стану асинхронних двигунів безпосередньо під час виконання технологічного процесу на основі зовнішніх ознак їх роботи, що дозволить здійснювати попередню діагностику двигуна з визначенням його поточного стану та виданням рекомендацій про можливість і доцільність його подальшої експлуатації.

Актуальність також підтверджується відповідністю теми роботи Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», зокрема п. 6 статті 7 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі», а також проблематиці науково-дослідних робіт, що є базовими для дисертації: «Теоретичні основи керування процесами перетворення енергії в електромеханічних комплексах для підвищення енергоefективності їх роботи» (№ ДР 0114U002629, 2015 р.), «Дослідження індукції магнітного поля змінного струму промислової частоти зовні асинхронних двигунів» (№ ДР 0114U002173, 2015 р.), у яких авторка була виконавцем.

Оцінка змісту дисертації. 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. Дисертація містить 74 рисунків і 41 таблицю, з яких 9 рисунків і 21 таблиця на окремих 29 сторінках. У додатках наведена інформація, що підтверджує впровадження результатів дослідження.

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 електрических двигунів» проведений огляд джерел за темою дисертаційної роботи внаслідок чого сформульовано сучасний стан проблеми. Проаналізовано методи і засоби оперативної діагностики асинхронних двигунів, діагностичні комплекси (ДК) електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ). Визначено, що наведені ДК, незважаючи на свою універсальність, мають ряд недоліків: мають обмежений набір методів; не дозволяють однозначно оцінити результати діагностики («придатний» – «брак»); виявляють лише наслідки несправностей, а не функціональний стан ЕМПЕ. Розглянуто діагностичні дефекти електрических машин 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 підтверджено істинність гіпотези – зміна індукції магнітного поля на поверхні статора АД є ознакою, яка може свідчити про зміну стану двигуна. В процесі дослідження використано методи

математичного моделювання та проведено ряд експериментів. Встановлення рівня інформативності індукції магнітного поля як зовнішнього показника зміни стану АД проаналізовано 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» розроблена методика оцінки стану та виявлення зміни параметрів АД на основі вимірювання його зовнішнього магнітного поля. Отримана модель стану АД дозволяє використовувати її в умовах виробництва. Удосконалено метод моніторингу двигунів шляхом використання функцій, що визначають часову точку зміни параметрів двигуна. Запропоновані алгоритми здійснення фільтрації вимірюваних сигналів, що дозволяє вдвічі підвищити точність отриманих результатів. Результати роботи алгоритмів добре проілюстровані.

У четвертому розділі «Побудова інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних електрических двигунів» представлений опис інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних електрических двигунів, що дозволяє проводити попередню діагностику двигуна з видачою рекомендацій про можливість і доцільність його подальшої експлуатації. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення інформаційної технології. Основний алгоритм розробленої системи базується на використанні ймовірнісного аналізу.

У п'ятому розділі «Експериментальні дослідження і техніко-економічна оцінка впровадження інформаційної технології комплексного моніторингу стану асинхронних двигунів» показані результати експериментальних досліджень і практичної реалізації розробленої інформаційної технології в умовах виробництва – експериментального тестування розроблених алгоритмів та програмного забезпечення. Розрахована техніко-економічна оцінка впровадження інформаційної технології комплексного моніторингу стану

асинхронних двигунів. На підставі розрахунку показано, що економічний ефект обумовлений зменшенням витрат на ремонт під час експлуатації двигунів за рахунок попередження про виникнення несправності.

Обґрунтованість та достовірність результатів, висновків та рекомендацій базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, коректній постановці мети і задач дослідження, коректному використанню фундаментальних положень і законів фізики, електротехніки та підтверджується коректністю прийнятих у математичних моделях припущень і підтверджується збігом результатів аналітичних розрахунків з результатами математичного та фізичного моделювання.

Теоретичні результати підтвердженні експериментальними даними та результатами практичного впровадження.

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

До основних наукових результатів в роботі віднесено:

1. Набула подальшого 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.
2. Уперше отримано аналітичну модель стану асинхронного двигуна у вигляді лінійного рівняння відносного залишкового ресурсу ізоляції від коефіцієнту, розрахованого на основі Буземанової метрики, що дозволяє врахувати зміну розподілу індукції магнітного поля на поверхні статора асинхронного двигуна при виникненні параметричної несиметрії його обмоток.
3. 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 дозволяє вирішити задачу діагностування на основі зовнішніх ознак режиму роботи двигунів.

4. Уперше отримано 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 дозволяє за рахунок попередньої діагностики підвищити ефективність їх експлуатації на основі актуальної інформації про поточний стан і рекомендацій щодо доцільності подальшої експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці методики аналізу зовнішнього магнітного поля асинхронних двигунів та інтерпретації отриманих результатів для висновку про наявність в двигуні дефектів, методики оцінювання ступеню несиметрії двигуна, перегріву обмоток статора та зниження тривалості життя їх ізоляції та алгоритмічному і програмному забезпеченні діагностичної системи, що дозволяє автоматично з'ясувати результати діагностики.

Результати досліджень впроваджено на ПрАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат», що підтверджено відповідним актом про впровадження.

Результати роботи також використовуються у навчальному процесі Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського під час підготовки бакалаврських та магістерських робіт за спеціальностями 123 – комп’ютерна інженерія, 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка і 151 – автоматизація і комп’ютерно-інтегровані технології.

Апробація результатів роботи підтверджується тим, що основні положення і результати роботи доповідались на міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференціях.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих роботах.

За результатами досліджень опубліковано 20 наукових праць, із них: 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 свідоцства про реєстрацію авторського права на науковий твір.

Наукові публікації Чорної О.А. адекватно відображають зміст дисертації та наукові результати внесені на захист.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату повною мірою відображає основні положення, висновки і рекомендації, наведені у дисертації, а його оформлення відповідає чинним вимогам за своїм обсягом, змістом і структурою.

Зauważення по дисертаційній роботі.

1. Щодо мети роботи. Процес сам по собі не може бути метою. скоріш за все, метою роботи є забезпечення гарантоздатності асинхронних двигунів за рахунок моніторингу та попередньої діагностики асинхронного двигуна.

2. Пункт четвертий наукової новизни (щодо інформаційної технології) слід віднести до практичних результатів роботи.

3. На рисунках 2.6 – 2.11 роботи авторка наводить візуалізацію магнітних полів симетричного та несиметричного асинхронних двигунів. Але із наведених матеріалів не зроблено ніяких висновків.

4. В розділі 2 описано експериментальні дослідження розподілу магнітної індукції в просторі навколо двигуна, які виконувалися за допомогою тесlamетра TES 1394. Сказано, що виміри проводилися в точках простору, які знаходяться на відстані приблизно 5 сантиметрів одна від одної. Але не зрозуміло, яким чином за допомогою цього приладу із розмірами 15 сантиметрів на 6 сантиметрів можна вимірювати індукцію, по перше, в точці, а по друге – якщо відстань між ними 5 сантиметрів.

5. В висновку 2 до розділу 2 авторка стверджує, що «... нерівномірний розподіл індукції магнітного поля, свідчить про наявність внутрішніх дефектів обмоток». Чому дефектів саме обмоток? Чи не може нерівномірність бути пояснена якимось ще чинниками?

6. В висновку 3 до розділу 2 написано: «Отримані в результаті проведення експериментальних досліджень картини індукції магнітного поля навколо асинхронних двигунів якісно співпадають з результатами математичного моделювання». Виникає питання: моделювання поля відбувалося у внутрішньому об'єму машини. На відповідних графіках чітко видно, що магнітні силові лінії не виходять за її поверхню. Водночас, виміри проводилися ззовні машини. Яким чином вони можуть співпадати?

7. В висновку 5 написано, що «набула подального розвитку експериментальна модель несиметричних за параметрами асинхронних двигунів». Але в цьому розділі не сказано, що це за модель, я якого саме розвитку вона набула.

8. В тексті дисертації досить багато семантичних та лексичних помилок й нестиковок слів, а деколи зустрічаються взагалі незрозумілі місця. Наприклад, на стор. 66 читаємо: «Обмотки статора виконана з матеріалу AWG20 з наступними параметрами виконані з: відносна магнітна проникністьелектропровідність $g = 0$ См / м. Позитивний напрямок струму відповідає початку обмотки а негативне в кінці обмотки, або +180 град.» (стиль повністю збережено). Окрім стилістики, тут виникає ще й технічне питання – написано, що електропровідність обмотки дорівнює нулю, що скоріш за все є помилкою.

Однак, вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Висновок. Аналізуючи виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані в ній висновки і результати з урахуванням повноти публікацій, можна відзначити, що 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 вирішення 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.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри електромеханічної інженерії
Державного університету «Одеська політехніка»,
професор, доктор технічних наук

Д. А. Маєвський

18 серпня 2021 р.

Особистий підпис Маєвського Д. А засвідчує:
проректор Державного університету «Одеська політехніка»



В.С.Шобік