

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Ігнатюка Євгена Станіславовича

на тему «Діагностика шихтованих магнітопроводів електричних машин при високочастотних впливах»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дисертації.

Тематика дослідження електричних машин при використанні впливів високої частоти нині виходить за межі загального наукового інтересу до електротехнічних систем, відкриваючи перед науковцями та інженерами перспективні напрямки для розвитку та вдосконалення у галузі електротехніки. Актуальність цього дослідження визначається необхідністю дослідження стану саме магнітопроводів електричних машин, до яких приділяється недостатньо уваги під час ремонтних та профілактичних робіт. Використання при діагностиці високочастотних сигналів дає можливість більш детально оцінити стан якості магнітопроводу, що на звичайних промислових частотах не завжди проявляється.

Розвиток промисловості вимагає постійного удосконалення технологій та матеріалів для підвищення ефективності та мінімізації втрат у електричних машинах. Дослідження стану шихтованих магнітопроводів дозволяє виявити та передбачити можливі аварійні ситуації пов'язні з пошкодженням міжлистової ізоляції, забезпечуючи більш надійну та ефективну роботу електромеханічних систем.

Отже, дослідження шихтованих магнітопроводів електричних машин під впливом високочастотних сигналів відкриває нові перспективи для підвищення ефективності, надійності та стійкості електричних систем, відповідаючи сучасним викликам технологічного прогресу.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Було запропоновано метод діагностики шихтованих магнітопроводів електричних машин загального призначення, що полягає в удосконаленні

існуючого індукційного методу шляхом врахування впливу сигналів високої частоти на досліджуваний магнітопровід.

Проведено математичне то польове моделювання шихтованого магнітопроводу максимально наближеного до реального з врахуванням впливу зміни частоти магнітного поля. Показано результати моделювання як бездефектних пакетів магнітопроводів так і з наявними локальними дефектами у вигляді місцевих металевих перекриттів. Результати моделювання збігаються з результатами, що отримані під час проведення експериментів.

В роботі обґрунтовано новий метод по визначенню рівня дефектності міжлистової ізоляції з наданням рекомендацій до використання відповідно до фактичного стану магнітопроводу.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі електромеханіки КПП ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної теми «Математичні засади цільового проектування електродвигунів загального призначення» (№ д/р 0118U003672, 2018-2021р.) під керівництвом завідуючого кафедрою електромеханіки, к.т.н., доц., Чумака Вадима Володимировича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання дослідження мультифізичних процесів в шихтованих магнітопроводах загальнопромислових електричних машин та їх вплив на стан міжлистової ізоляції, обґрунтування нового методу визначення стану магнітопроводу виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ігнатюка Є.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Електрична інженерія.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ігнатюка Євгена Станіславовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота викладена українською мовою, матеріал подається послідовно та доступно для розуміння. Стиль мовлення є чітким та легко зрозумілим, сприяючи ефективному сприйняттю та освоєнню матеріалу. Використана наукова термінологія є стандартною, гарантуючи точність та професіоналізм досліджень. Робота висвітлює ключові аспекти, що розширює межі досліджень у вибраній галузі, а також пропонує нові підходи до аналізу представленої теми. Такий підхід стимулює інтелектуальний розвиток читача, підвищуючи його інтерес до наукових аспектів дисертаційного дослідження.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 224 сторінки.

У вступі обґрунтовано та описано актуальність роботи, причини та необхідність дослідження питань діагностики шихтованих магнітопроводів як одного з ключових елементів електричних машин. Поставлено мету та завдання дослідження, які полягають в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні використання високочастотних сигналів при комплексній перевірці стану якості шихтованого магнітопроводу. Описано кроки для досягнення поставленої мети, вказано об'єкт, предмет та методи досліджень.

У першому розділі розглядається вплив технологічних та експлуатаційних факторів на стан та характеристики електричних машин загального призначення. Показано та обґрунтовано причини виникнення та методи виявлення дефектів в магнітопроводах. Подано та проаналізовано методи діагностики, що базуються на різних підходах з використанням різноманітних пристроїв. Основний аспект зроблено на індукційних, тепловізійних та віброакустичних методах.

У другому розділі розглядаються фізичні аспекти високочастотних перехідних процесів та втрат в осердях електричних машин. Описано метод оцінки якості ламінованих осердь на основі реакції на швидкоплинні індукційні впливи. Подано статистичні оцінки зв'язку між параметрами індукційних процесів та втратами при промислових частотах. Здійснено аналіз експериментів щодо дослідження бездефектних та дефектних магнітопроводів. Показано кореляцію між питомими втратами в магнітопроводі та загальними магнітними втратами, а також температурами в машинах різної потужності. Описано рекомендації, що включають післяремонтну паспортизацію машини та зменшення навантаження для найефективнішого використання ресурсу машини в залежності від фактичного стану.

У третьому розділі розглядається математичне моделювання високочастотних процесів на основі індукційного методу контролю якості магнітопроводів електричних машин. Висвітлено параметри бездефектного магнітопроводу та проведено моделювання дефектних та бездефектних пакетів листів електротехнічної сталі за допомогою програмного середовища COMSOL

Multiphysics. Досліджено вплив дефектів різного рівня розповсюдження у магнітопроводах на вихрові струми, аналізуючи зміни електричної провідності сталі, збільшення товщини листів та створення різних контурів вихрових струмів, що відображають локальні та інтегральні дефекти. Описано фізичні явища та математичні аспекти на прикладі моделі умовного пакету листів електротехнічної сталі в пакеті програм COMSOL Multiphysics.

У четвертому розділі показано метод оцінки якості шихтованих магнітопроводів, що акцентується на стані міжлистової ізоляції та розпушеності листів. Запропонований метод дозволяє дати обґрунтовані рекомендації щодо подальшого використання осердя, враховуючи результати аналізу діагностичних впливів при використанні швидкоплинних індукційних та ударних вібраційних впливів. Розділ описує лабораторні зразки інформаційно-вимірювальної системи для діагностики магнітопроводів. Також наведено структурні схеми, алгоритми та функції програмного забезпечення вимірювальної системи.

У п'ятому розділі описано дослідний макет для оцінки якості шихтованих магнітопроводів за допомогою високочастотного індукційного методу. Показано опис функціональної схеми та структуру вимірювально-діагностичної системи, що включає силову та вимірювальну частини, які взаємодіють через об'єкт контролю з обмотками збудження та вимірювання. Макет дозволяє оцінювати якість міжлистової ізоляції осердя електричних машин без додаткових приладів. Презентовані осцилограми отримані експериментальним шляхом для бездефектних та дефектних магнітопроводів при різних тестових частотах.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 14 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до першого — третього кuartилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Відомо, що на промислових частотах втрати на гістерезис суттєво переважають втрати на вихрові струми, але співвідношення складових втрат при якісному магнітопроводі суттєво залежить від марки сталі. В роботі не наведено порівняння впливу магнітних характеристик різних сталей на сумарні втрати в якісному та дефектному магнітопроводі.

2. При використанні швидкоплинних імпульсних процесів фізична картина перехідного процесу відрізняється від квазістаціонарних процесів які протікають на еквівалентній високій частоті. В роботі не проведено розрахунок імпульсного перехідного процесу в магнітопроводі.

3. Не наведено економічний розрахунок. Було б доцільно показати і обґрунтувати як саме запропонований метод та прилад допоможе при використанні на виробництві чи у ремонтних майстернях.

4. Рекомендується вказати можливість застосування даного методу до інших типів електричних апаратів, зокрема трансформаторів.

5. Необхідно приділити більше уваги дослідженню побудови пристроїв. Створення функціональних та структурних схем з врахуванням загальновідомих практик.

6. Більш детально описати як запропонований метод буде поєднуватись з методами діагностики підшипникових вузлів та з діагностикою обмоток.

7. Пояснити чим обумовлено використання частот 1кГц та 10кГц, чому обрано самі ці частоти та чи можливо отримати такі ж, чи кращі результати на інших частотах.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ігнатюка Євгена Станіславовича на тему «Діагностика шихтованих магнітопроводів електричних машин при високочастотних впливах» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Електричної інженерії. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня

« 06 » лютого 2024 року