

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.

Робота Ігнатюка Є.С. є актуальною, оскільки в ній запропоновано рішення на важливу проблему в електромеханіці – діагностика шихтованих магнітопроводів електричних машин різного стану якості з наданням рекомендацій до їх подальшого використання. Одним із ключових викликів є вдосконалення методів та пристроїв для діагностики та перевірки стану шихтованих осердь, які є важливою частиною електричних машин. Спрямованість дослідження полягає в обґрунтуванні методів оцінки якості магнітопроводів, виявленні осердь у критичному стані та визначенні показників надійності в процесі експлуатації та обслуговування.

Зазначена актуальність витікає з необхідності забезпечення безперебійної роботи електричних машин у різних сферах, як загальнопромислового так і спеціального призначення.

Встановлення критеріїв якості магнітопроводів та обґрунтування процесу відбракування осердь в аварійному стані визначають важливі аспекти, оскільки це може впливати на продовження терміну служби електричних машин і зменшення ризику аварій як самої електричної машини так і обладнання в якому її встановлено.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Запропоновано новаторський підхід до контролю якості міжлистової ізоляції шихтованих магнітопроводів. Відмінності цього методу виявляються в застосуванні індукційного методу з використанням високочастотних впливів, який базується на порівнянні реакцій швидкоплинних процесів різних частот. Порівняння впливів на частотах 1кГц і 10кГц, так званий діагностичний коефіцієнт, дає змогу визначити питомі втрати в магнітопроводі. На основі цього коефіцієнту визначається стан магнітопроводу та надаються подальші

рекомендації до використання або відбракування досліджуваного магнітопроводу.

Ще однією ключовою інновацією є запропонований метод комплексної оцінки якості шихтованих магнітопроводів. Використання параметрів мультифізичного високочастотного електромагнітного та ударно-вібраційного впливу стає основою для одночасної оцінки цілісності міжлистової ізоляції та рівня пресування пакету.

Дані, отримані під час моделювання пакету магнітопроводів мають незначне відхилення від експериментальних даних, що свідчить про адекватність створеної моделі та можливість подальшого використання цих моделей для дослідження осердь різної геометрії та потужності.

Отримані результати відкривають нові можливості для вдосконалення методів діагностики міжлистової ізоляції в шихтованих магнітопроводах. Це веде до підвищення надійності роботи електричних машин та збільшення терміну їх експлуатації. Зазначені підходи мають велике значення для розвитку галузі електротехніки та енергетики.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі електромеханіки КПІ 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.

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, копії, фабрикації, плагіату

та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дослідження подаються послідовно та структуровано. Робота відзначається доступністю, використовуючи зрозумілу мову, що сприяє ефективному розумінню концепцій. Високий рівень наукової точності та використання загальноприйнятої термінології. Дисертація є чіткою, доступною та робить внесок у галузь діагностики електричних машин. Вона не лише демонструє глибоке розуміння предмета, але й висвітлює новаторські підходи до дослідження. Автор вдало поєднує наукову точність з доступністю, створюючи роботу, яка стане цінним джерелом для глибшого розуміння та подальших досліджень у відповідній галузі.

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

У вступі поставлено наукове завдання, що полягає в покращенні методів діагностики стану міжлистової ізоляції ламінованих магнітопроводів та шляхи його вирішення. Обґрунтовувалась необхідність створення таких методів та актуальність досліджень по цій тематиці в цілому. Описано особистий внесок здобувача у сферу діагностики якості електричних машин. Виконаний аналіз сучасних методів дозволяє обґрунтувати обрання високочастотного підходу для вивчення міжлистової ізоляції електричних машин загального призначення. Описано про проведені експерименти і глибокий аналіз впливу високочастотних сигналів на втрати в шихтованих осердях, що стали основою для розробки чисельної математичної моделі у програмному пакеті COMSOL Multiphysics.

У першому розділі приділяється увага наявним методам діагностики стану електричних машин та аналізу дефектів, що можуть виникати під час ремонту та тривалої експлуатації електричних машин. Всі дефекти поділено на дві категорії: локальні та інтегральні дефекти. Наведено приклади та описано як різні технологічні процеси, під час виробництва, можуть впливати на характеристики та на якість зібраної машини. Проведено аналіз та описано кожен з обраних сучасних методів індукційної, тепловізійної та віброакустичної діагностики. ...

Другий розділ присвячено статистичній оцінці зв'язку параметрів високочастотних процесів з втратами в магнітопроводах. Описано експериментальне дослідження значної кількості магнітопроводів електричних машин різної потужності. На основі отриманих даних та проведених розрахунків визначено регресійну залежність та приведено довірчі інтервали

для оцінки досліджуваних діагностичних параметрів. Встановлено значну кореляцію між питомими втратами в магнітопроводі при промисловій частоті та загальними магнітними втратами та температурами в досліджуваних двигунах.

У третьому розділі показано результати математичного моделювання високочастотних впливів на умовний магнітопровід. Наведено отримані картини розподілу магнітної індукції по перерізу магнітопроводу та контури замикання вихрових струмів в бездефектному магнітопроводі так і з моделюванням різних типів дефектів. Результати моделювання дають можливість оцінити вплив контурів вихрових струмів на розмагнічення осердя, ефект витіснення та на втрати в досліджуваному магнітопроводі. Показано результати проведення теплового розрахунку та експериментального дослідження на лабораторному зразку асинхронного двигуна зі встановленими додатковими датчиками температури для оцінки впливу дефектів на нагрівання магнітопроводу в різних ділянках.

У четвертому розділі розглянуто лабораторні зв'язки інформаційно вимірюваних систем діагностики з використанням віброакустичного впливу. Описано структурні схеми, алгоритми роботи та основні функції розроблених інформаційно вимірювальних систем. Проведено дослідження магнітопроводів різного стану якості міжлистової ізоляції та різного ступеня розпушування магнітопроводу. Показано та проаналізовано отримані експериментальні криві затухання ЕРС у вимірювальній обмотці.

У п'ятому розділі описано принцип роботи, будову та схеми на основі яких зібрано макет пристрою для визначення фактичного стану міжлистової ізоляції осердя електричних машин. Макет створено з використанням генератору високих частот, який побудовано на платформі Arduino Nano. Наведено дані проведених експериментальних досліджень створеним макетом, на основі яких зроблено висновки стосовно якості досліджуваних магнітопроводів відповідно до.

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. В роботі обґрунтовується комплексний метод діагностики магнітопроводу, побудований на одночасному використанні мультифізичних явищ, а саме: індукційному (електромагнітному) та механічному (вібраційному) впливах. Але природа вібраційних збурень при роботі машини відрізняється від процесів, притаманних запропонованому діагностичному ударному впливі окремо на магнітопровід статора. Але порівняння ідентичності цих процесів не наведено.

2. В процесі ударної тестової діагностики сила має суб'єктивний характер і є змінною величиною. Відповідно, і процеси визначення діагностичних ознак будуть відбуватися по-різному. В роботі не показано межі сил, що прикладаються в процесі ударної діагностики.

3. В процесі діагностування на високих частотах – частоти вимушених коливань зубців або листів можуть співпасти з частотами, на яких відбувається випробувальний процес і виникнути резонанс, що спотворить результати.

4. Частота власних коливань зубців залежить від багатьох факторів, зокрема: наявності тріщин, які вже утворилися, міри викришення лаку між зубцями зубцево-пазової зони або між листами електротехнічної сталі, від міри втомлюваності сталі, в т.ч. чи переходили ділянки зубців межі текучості сталі чи ні, та інші фактори. Чи якимось досліджувалися подібні нюанси в роботі?

5. При діагностиці на одному стенді не зроблено відділення області зубців від області ярма, хоча міра деградації міжлистового ізоляційного покриття в цих областях різна. Чи мова йде про якийсь усереднений показник якості сердечника?

6. В роботі є незначна кількість опечаток і стилістичних помилок.

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 доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Ігнатюк Євген Станіславович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Електрична інженерія за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

Доцент кафедри електромеханіки

КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н., доцент /  / Олександр ГЕРАСКІН



М.П.

« 05 »

лютого

2024 року