

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора,
професора кафедри програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Ушкаренка Олександра Олеговича
на дисертаційну роботу

Козлова Максима Олеговича

**“Зниження високочастотних кондуктивних електромагнітних завад в
пропульсивних електроустановках суден з частотно-регульованими
асинхронними електроприводами”,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”**

Актуальність теми дисертаційної роботи

Актуальність дисертаційної роботи обумовлена необхідністю підвищення якості електроенергії та забезпечення електромагнітної сумісності в судових електроенергетичних системах з частотно-регульованими асинхронними електроприводами. Використання таких приводів, незважаючи на їх енергоефективність, супроводжується виникненням високочастотних синфазних та диференційних електромагнітних завад, і призводить до погіршення якості електроенергії. Традиційні засоби підвищення якості електроенергії, зокрема індивідуальні або системні мережеві фільтри завад, переважно спрямовані на пригнічення диференційних складових електромагнітних завад. Водночас вони демонструють низьку ефективність у боротьбі з синфазними завадами, що передаються через паразитні ємності елементів електрообладнання. У цьому контексті розробка комбінованих пасивних фільтрів, здатних водночас знижувати як

синфазні, так і диференційні складові завад, набуває особливої актуальності. Проведене дослідження відповідає сучасним технічним викликам галузі та має важливе значення для розвитку надійних та ефективних суднових електроенергетичних систем.

Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами Університету та кафедри

Дисертаційна робота Козлова М.О. є складовою частиною держбюджетної науково-дослідної роботи “Розробка засобів суднових систем генерації та перетворення електроенергії для підвищення енергоефективності та поліпшення електромагнітної сумісності” (номер державної реєстрації 0121U112133), в якій здобувач був виконавцем.

Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі, їх наукова новизна

Результати, отримані в дисертаційній роботі, відзначаються високим рівнем наукової обґрунтованості. Вони базуються на комплексному аналізі, достовірному математичному моделюванні та експериментальній перевірці. Математичні моделі побудовані з урахуванням фізичних процесів, паразитних елементів, міжобмоткових ємностей, хвильових ефектів, що забезпечує їх адекватність об'єкту дослідження. Наукова новизна полягає, зокрема, у створенні повної імітаційної моделі частотно-регульованого асинхронного електропривода, удосконаленні математичної моделі обмоток статора двигуна та розробці комбінованого високочастотного фільтра нового типу. Моделі та теоретичні висновки були перевірені шляхом порівняння результатів моделювання з експериментальними даними. Було отримано високу ступінь відповідності, зокрема у відтворенні диференційних і синфазних напруг та струмів у системі електропривода. Результати використано у навчальному процесі та на підприємствах, що підтверджує їх прикладну цінність і практичну достовірність. Положення дисертації викладено в рецензованих наукових працях, що пройшли

фахову апробацію в науковій спільноті. Запропоновані підходи та методики дозволяють достовірно досліджувати високочастотні електромагнітні процеси, що має істотне значення для подальшого розвитку систем електропривода та електромагнітної сумісності.

Структура і зміст дисертації

Дисертаційна робота має чітку структуру та логічну побудову. Загальний обсяг дисертації складає 213 сторінок, у тому числі 160 сторінок основного тексту. У вступі розкрито актуальність дослідження, сформульовано мету й завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, описано методи, наведено наукову новизну, практичну цінність і обґрунтування достовірності результатів. Перший розділ присвячено аналізу проблем якості електроенергії та електромагнітної сумісності в суднових електроприводах, що дало підґрунтя для формування напрямів дослідження. У другому розділі розроблено уточнені математичні моделі двигуна, інвертора та кабелів для аналізу високочастотних процесів. У третьому розділі проведено огляд методів боротьби з електромагнітними завадами, удосконалено фільтр на основі синфазного трансформатора і визначено його оптимальні параметри. Четвертий розділ містить результати експериментальних і модельних досліджень, які підтверджують ефективність запропонованих рішень. Зміст дисертації повністю відповідає меті роботи та логічно розкриває етапи виконаного дослідження.

Практичне значення наукових результатів

Результати, отримані в дисертаційній роботі, мають прикладну цінність і можуть бути використані в інженерній практиці та освітньому процесі. Побудована імітаційна модель частотно-регульованого асинхронного електропривода забезпечує можливість попереднього аналізу та оптимізації систем електроживлення суднових установок з урахуванням електромагнітної сумісності. Запропоновані методики вимірювань напруг і струмів у широкому частотному діапазоні дозволяють отримувати точні результати без залучення складної та дорогої апаратури.

Модернізовані підходи до визначення параметрів кабельних ліній та високочастотних фільтрів сприяють підвищенню якості електроенергії шляхом фільтрації електромагнітних завад. Результати дисертації впроваджено на підприємствах ТОВ «НВП Інтер Електро» і «Електрім – 2000», а також у навчальний процес Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, що підтверджується відповідними актами впровадження.

Повнота викладення основних результатів дослідження в опублікованих наукових працях

Результати дисертаційної роботи відображено у 10 наукових публікаціях, 4 з яких є основними. Зокрема, дві статті опубліковано у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus та мають високий рейтинг (квартиль Q1), одна – у виданні Scopus (квартиль Q3), а ще одна – у науковому фаховому журналі, включеному до переліку фахових видань України. Такий рівень апробації свідчить про належну якість і наукову значущість отриманих результатів. Достовірність головних наукових положень дисертаційної роботи також підтверджується їхньою апробацією на Міжнародних і Всеукраїнських наукових конференціях, опубліковано 6 тез доповідей. В опублікованих наукових працях повністю розкрито основний зміст та отримані наукові результати й висновки, що складають основу дисертації.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

Всі наукові положення та результати інших науковців, використанні здобувачем у дисертаційній роботі, мають коректні посилання на відповідні джерела. В процесі ознайомлення із дисертаційною роботою та із звітом щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом TURNITIN від 17.06.2025 р., порушень академічної доброчесності не встановлено. Таким чином, у дисертації та наукових публікаціях Козлова М.О. відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації

1. У пункті 1 наукової новизни доцільно було б уточнити, для яких саме частотних діапазонів або категорій електродвигунів та перетворювачів частоти є актуальними запропоновані вдосконалення, оскільки вплив паразитних ємностей істотно змінюється залежно від частоти та конструктивних особливостей елементів. Крім того, не зовсім ясно, у якому форматі представлено розроблену модель – йдеться про суто аналітичну побудову чи про реалізовану в програмному середовищі імітаційну схему.

2. Щодо пункту 4 наукової новизни, то незрозуміло, в чому саме полягає «нова структура», адже опис структури містить загальні поняття – синфазний трансформатор, RLC-фільтр, які вже давно використовуються. Потрібно більш чітко визначити елементи новизни, наприклад, спосіб з'єднання, структуру обмоток, форму компенсації тощо. Крім того, для високочастотних завад важливо зазначити, у якому діапазоні частот спостерігається ефективне пригнічення. Також стверджується, що фільтр дозволяє «повною мірою» знижувати завади – це формулювання надано без кількісного підтвердження.

3. У першому пункті "Практичне значення одержаних результатів" на стор. 27 зазначено удосконалення методики визначення власних і паразитних параметрів силових кабельних ліній у складі пропульсивних частотно-регульованих асинхронних електроприводів, проте не вказано конкретно, яке практичне значення це має для реальних застосувань. Було б доцільним пояснити, як отримані результати можуть впливати на покращення ефективності роботи електроприводів, зниження електромагнітних завад, підвищення надійності та економічної ефективності систем або іншими аспектами практичного застосування. Це дозволило б чітко визначити реальну практичну користь від запропонованої методики у промислових умовах.

4. Запропонований пункт 2 у "Практичне значення одержаних результатів" щодо методики експериментального дослідження гармонічних спотворень у

високочастотному діапазоні (до 125 кГц) використовує поєднання цифрового осцилографа та програмного забезпечення MATLAB/Simulink для спектрального аналізу. Однак такі інструменти та підходи є загальнодоступними і вже використовуються в галузі для подібних досліджень. Це скоріше є поєднанням існуючих інструментів (осцилограф і MATLAB/Simulink), а не принципово новим підходом. Важливо чітко визначити, чим саме ця методика відрізняється від вже існуючих, і як вона дозволяє досягти нових результатів або підвищити точність досліджень порівняно з традиційними методами, адже використання осцилографа замість аналізатора якості електроенергії важко назвати методикою.

5. У розділі 1, п. 1.2 присвяченому показникам якості електроенергії, надано надмірно докладний виклад матеріалу стандарту (стор. 33-37), включно з формулами, які без змін дублюють положення відповідного нормативного документа. Такий обсяг викладення є зайвим, оскільки ці дані не є результатом авторського дослідження. Доцільніше було б обмежитися коротким описом з відповідним посиланням на стандарт. Це дозволило б уникнути перевантаження роботи другорядною інформацією, зменшити надмірний обсяг PhD дисертації у 213 сторінок, та зосередитися на власних наукових результатах.

6. У тексті дисертації для окремих формул відсутнє розшифрування позначень використаних у них символів і параметрів: (1.26) – $\tau_{в.ном}$, $\tau_{нтт.ном}$; (2.3) – η_n . Це ускладнює розуміння і правильну інтерпретацію наведених результатів. Усі символи, що використовуються у формулі, мають бути однозначно пояснені безпосередньо після неї або в супровідному тексті.

7. У висновках на стор. 177 допущена помилка в нумерації пунктів (двічі використано номер 3). Це ускладнює логічне зіставлення з відповідними пунктами постановки завдань дослідження, наведених у вступі, та порушує структурну узгодженість. Також є незначні розбіжності у формулюваннях. Наприклад, у п.3 завдань (плану) дослідження зазначено «розробити аналітичні вирази...», а у

відповідному пункті висновків «були розвинуті аналітичні вирази...»; п.5 завдань дослідження сформульований як «розробити методику...», а у відповідному пункті висновків зазначено «удосконалено методику...»; експериментальна методика (п.9) у плані описана окремо, а у висновках вона охоплює одразу два пункти (п.9 і п.10). Таким чином, наявна деяка стилістична й структурна розбалансованість між планом і висновками, а також розширене трактування окремих результатів у висновках без відображення їх у формальному плані роботи.

8. Список використаних джерел у роботі подано у порядку появи в тексті, тоді як відповідно до загальноприйнятих вимог (зокрема, ДСТУ 8302:2015), бібліографічні записи в дисертаціях, як правило, наводяться в алфавітному порядку. Можливо через це у переліку використаних джерел зустрічаються дублювання посилань, а саме [1] та [32], [2] та [33], а також [3], [34] та [48].

9. У кінці кожного розділу дисертації доцільно було б наводити перелік власних публікацій здобувача, у яких висвітлено основні результати, викладені в цьому розділі. Це дозволило б простежити, в яких саме наукових працях здійснювалась апробація відповідних положень, а також які результати вже отримали фахову оцінку через рецензування у наукових виданнях. Це полегшило б ідентифікацію наукової новизни кожної частини. Відсутність таких посилань ускладнює оцінювання ступеня апробації результатів у межах дисертації.

10. У тексті дисертаційної роботи в ряді фрагментів використовуються формулювання, що містять ознаки суб'єктивної оцінки результатів моделювання та експериментальних досліджень, зокрема такі: «суттєвий вплив» (стор. 48); «мінімальної кількості експериментальних вимірювань» (стор. 62); «досить точно», «незначні відмінності», «очікується, що модель вищого порядку може покращити», «методологія буде більш складною» (стор. 79); «засвідчує високий рівень відповідності», «явище розтікання спектру виражене слабше» (стор. 141) тощо. Подібні вирази створюють враження невизначеності та потребують додаткового

кількісного обґрунтування. Науковий стиль дисертації передбачає чітке і об'єктивне представлення результатів, підкріплене порівняльними таблицями, метриками точності, графіками похибок або інтервалами невизначеності.

Наведені зауваження не стосуються основних положень та результатів дисертаційної роботи, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок по роботі.

Загальна оцінка та висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам та придатності роботи для захисту

Дисертаційна робота Козлова М.О. на тему «Зниження високочастотних кондуктивних електромагнітних завад в пропульсивних електроустановках суден з частотно-регульованими асинхронними електроприводами» присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання. Робота має завершений характер і виконана автором самостійно, з дотриманням вимог до кваліфікаційних наукових досліджень. Дисертація характеризується належним науково-методичним рівнем виконання. Її зміст логічно структурований, відповідає обраній темі дослідження та спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія». Сформульовані наукові положення, висновки й рекомендації мають належне обґрунтування, є достовірними та переконливими. Дослідницька мета досягнута, основні завдання – реалізовані. Публікації автора повною мірою відображають зміст дисертації, розкривають її основні наукові результати, новизну, прикладну значущість та особистий внесок здобувача.

За рівнем наукової новизни, теоретичним і практичним значенням одержаних результатів дисертаційна робота Козлова М.О. «Зниження високочастотних кондуктивних електромагнітних завад в пропульсивних електроустановках суден з частотно-регульованими асинхронними електроприводами» відповідає вимогам, визначеним наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «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 (із змінами внесеними згідно з Постановами КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), а її автор Козлов Максим Олегович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмованої електроніки,
електротехніки і телекомунікацій
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Ушкаренко О.О.

Підпис Ушкаренко О.О. підтверджую:

Вчений секретар
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Уткіна С.А.