

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертацію
Олексенка Сергія Володимировича
**"Оцінка показників лінійних електромеханічних перетворювачів
ударної дії з високою магнітною сумісністю",**
яку представлено на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.09.01 - електричні машини і апарати

Дисертаційна робота направлена на вирішення актуального наукового завдання, пов'язаного з науковим обґрунтуванням нових та удосконаленням існуючих конструкцій лінійних електромеханічних перетворювачів ударної дії (ЛЕПУД) з метою покращення їх енергетичних та масогабаритних показників. ЛЕПУД, в яких реалізується інтенсивне електромеханічне перетворення енергії в імпульсному режимі, мають або можуть мати широке практичне застосування, насамперед, в різноманітних технологічних процесах і в пристроях спеціального призначення. Але енергоефективність існуючих ЛЕПУД, яка визначається відношенням набутої кінетичної енергії рухомого якоря до первинної електричної енергії накопичувача енергії, є невеликою, що, з огляду на суттєві енерговитрати, стримує широке практичне використання ЛЕПУД. Тому зменшення енерговитрат на функціонування та покращення силових характеристик ЛЕПУД за рахунок подальшого удосконалення його конструкції є важливим напрямком розвитку імпульсної електромеханіки. Саме цій проблемі, вирішення якої має важливе наукове і практичне значення, присвячена кандидатська дисертація Олексенка С.В. Тому *тема дисертації Олексенка С.В. є актуальною.*

Дослідження за темою дисертації проводилися у відповідності до планів робіт зареєстрованих державних НДР та госпдоговірної теми, що виконувалися на кафедрі загальної електротехніки НТУ "ХП", в яких здобувач брав участь, як співвиконавець.

Наукова новизна результатів дисертації полягає в наступному.

На основі комплексного критерію ефективності розроблено нову методологію оптимального синтезу структурних, конструктивних та параметричних характеристик лінійних електромеханічних перетворювачів ударної дії індукційного типу, які в своїй сукупності забезпечують створення ЛЕПУД з оптимальними техніко-економічними показниками з урахуванням конкретних умов та вимог до їх функціонування.

Обґрунтовано оптимальні технічні рішення варіантів зовнішнього феромагнітного екрану ЛЕПУД, використання якого зменшує магнітні поля розсіювання і покращує характеристики перетворювача.

Уперше сформульована ідея та запропонована конструкція ЛЕПУД комбінованого індукційно-електромагнітного типу. Доведено суттєве

покращення показників його ефективності за рахунок узгодженої дії електромагнітної і індукційно-динамічної складових зусиль.

Практичне значення отриманих в дисертації результатів полягає в розробці комплексу методик, алгоритмів та програмного забезпечення для вибору оптимальних параметрів ЛЕПУД, розробці конструктивних схем з удосконаленими елементами.

Практичне значення роботи полягає також в розробці, виготовленні та впровадженні зразків ЛЕПУД різного призначення і виконання, зокрема швидкодіючого механізму реле, індукційно-динамічної катапульты лазерного гравіметра, пристрою для знищення інформації.

Практичне значення результатів дисертації підтверджується отриманими дисертантом актами впровадження результатів наукових досліджень та розробок в підприємствах “Харківенергозбут”, “ТЕТРА LTD”, ННЦ “Інститут метрології”, а також актом впровадження в навчальному процесі на електроенергетичному факультеті НТУ “Харківський політехнічний інститут”.

Достатній рівень обґрунтованості отриманих наукових результатів та висновків базується на строгості і коректності постановки задачі та виконанні математичних перетворень, використанні сучасних пакетів програм для математичного моделювання, оцінки достовірності результатів моделювання шляхом порівняльного аналізу розрахункових даних по розробленим моделям з експериментальними даними, отриманими на розроблених зразках ЛЕПУД.

Основні результати дисертації опубліковано у 36 друкованих працях, з них 19 статей – у наукових фахових виданнях України, у тому числі 7 – у наукових виданнях, які включено до наукометричних баз даних. Подана 1 заявка на патент України на винахід. Основні результати дисертаційних досліджень неодноразово апробовано у доповідях на науково-технічних конференціях – здобувач має 15 публікацій в матеріалах науково-технічних конференцій. Зміст усіх зазначених публікацій відповідає темі дисертації, повністю відображає її основні положення та характеризує отримані наукові результати та висновки.

Автореферат у повній мірі відображає основні положення і результати дисертаційної роботи.

Повний обсяг дисертації складає 205 сторінок друкованого тексту та містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел із 158 найменувань і 11 додатків. Загалом дисертація містить 124 рисунки і 10 таблиць.

Матеріал дисертації викладено у наступній послідовності.

У *Розділі №1* обґрунтовано актуальність теми дисертації, обрано об'єкт і предмет досліджень, сформульовано основні задачі, які необхідно вирішити в роботі. Проведено огляд та докладний порівняльний аналіз основних типів лінійних електромеханічних перетворювачів ударної дії. Відмічено переваги ЛЕПУД індукційного типу, який обрано для подальших досліджень та

розробок. Розглянуто різні сфери практичного застосування ЛЕПУД. Проаналізовано методи математичного моделювання ЛЕПУД та для подальших досліджень обрано польовий метод аналізу.

У *Розділі №2* в загальному вигляді сформульовано мультифізичну математичну модель фізичних процесів, що протікають в ЛЕПУД. Модель складається з окремих польових моделей електромагнітних, теплофізичних, механічних та гідродинамічних процесів. Обрано конструкцію базового ЛЕПУД дискової конфігурації з масивним електропровідним якорем. Обґрунтування технічних рішень по удосконаленню конструкції ЛЕПУД виконується шляхом порівняльного аналізу енергетичних та силових характеристик базового перетворювача з його удосконаленими варіантами.

У *Розділі №3* на математичних моделях проведено дослідження впливу основних конструктивних параметрів ЛЕПУД на його енергетичні та силові показники. Зокрема досліджено вплив конфігурації та розташування електропровідного якоря, вплив конструкції феромагнітного осердя індуктора, наявності зовнішнього екрану, тощо. На основі інтегрального показника ефективності ЛЕПУД виконана оптимізація та синтез його параметрів. Дана оцінка підвищення ефективності ЛЕПУД при використанні криогенного охолодження якоря і індуктора.

У *Розділі №4* проведено порівняльний аналіз характеристик ЛЕПУД індукційного, електромагнітного та електродинамічного принципу дії. Виконано синтез параметрів вискоефективних ЛЕПУД на основі розв'язання задач параметричної оптимізації. Важливе місце в розділі займає розробка комбінованих ЛЕПУД електромагнітно-індукційного типу, в яких поєднуються переваги електромагнітних і індукційних перетворювачів. Розглянута також можливість створення перетворювачів ударно-поворотної дії.

У *Розділі №5* виконана експериментальна перевірка розроблених в дисертації технічних рішень ЛЕПУД на створених з участю дисертанта експериментальних стендах і зразках. Проведено і представлено великий обсяг випробовувань і показано хороше співпадання розрахункових результатів, отриманих шляхом математичного моделювання, і відповідних експериментальних даних. В розділі розглянуто також ряд прикладів науково-технічних застосування ЛЕПУД, які характеризують певні впровадження, виконані з участю дисертанта.

Серед основних зауважень по дисертації, необхідно виділити наступні.

1. Назва дисертації не в повній мірі відображає сутність проведеної дисертантом роботи, направленої на вирішення актуального наукового завдання щодо удосконалення конструкцій лінійних електромеханічних перетворювачів індукційного типу. Оцінка їх показників, як записано в назві дисертації, не повністю характеризує виконані дисертантом дослідження і розробки, а є лише одним, хоча і дуже важливим етапом в вирішенні поставленого перед ним наукового завдання. Окрім того, в роботі досліджуються варіанти лише однієї конструктивної конфігурації ЛЕПУД, а

саме ЛЕПУД дискового типу. Але існує інший великий клас імпульсних електромеханічних перетворювачів індукційного типу – ЛЕПУД з циліндричною конфігурацією якоря і індуктора. Тому обрану направленість досліджень та розробок щодо ЛЕПУД дискового типу потрібно було позначити в назві дисертації. З іншого боку в назві роботи присутня така характеристика як “ЛЕПУД з високою магнітною сумісністю”, хоча в дисертації зміст такої характеристики практично не розкритий.

2. Для порівняльного аналізу результатів досліджень дисертант обрав базовий лінійний електромеханічний перетворювач з певними технічними даними (діаметр індуктора і якоря 100 мм, висота індуктора 10 мм і т.д.), який назвав ЛЕПУД основного виконання. У подальшому автор удосконалив зазначений перетворювач шляхом низки конструктивних заходів і технічних рішень та сформулював ряд рекомендацій і параметричних співвідношень щодо вибору його оптимальних параметрів, використовуючи систему відносних одиниць, що надає результатам певну узагальненість. Але, оскільки ці співвідношення отримані на основі чисельних розрахунків на базі конкретного ЛЕПУД, а задача в загальному вигляді є нелінійною, то постає питання – чи є отримані чисельні співвідношення універсальними і чи будуть вони такими ж, якщо б за базовий ЛЕПУД був обраний інший перетворювач з суттєво іншими вихідними параметрами. Це питання в роботі не розкривається.
3. В другому розділі дисертант сформулював мультифізичну польову математичну модель, в якій моделюються взаємопов'язані електромагнітні, теплофізичні, гідродинамічні та механічні процеси ЛЕПУД. Моделі такого рівня є складними в чисельній реалізації, потребують значних ресурсів і вимагають окремого обґрунтування щодо доцільності їх застосування. Таке обґрунтування в роботі відсутнє. В третьому і четвертому розділах, в яких приведено основні результати математичного моделювання, відсутня будь-яка інформація щодо впливу температури, деформації форми якоря і швидкості руху повітря на показники ЛЕПУД. В розділі 2 наведено тільки два рисунки (рис. 2.6 і 2.7), які мають ілюстративний характер щодо можливостей моделювання, а в додатку “В” наведено збільшення температури за робочий цикл $\sim 0,5$ °С. І все. Причому з рис. 2.6 витікає, що нерівномірність розподілу температури по якорю на перевищує 2°С, що практично не впливає на кінцеві розрахункові результати. З огляду на розглянуті в дисертації діапазони значень технічних характеристик ЛЕПУД, той факт, що на початку процесу якір є нерухомим, а пік імпульсу сили виникає через доли мілісекунди, особливо сумнівною є доцільність використання рівняння Нав'є-Стокса для визначення поля швидкостей повітря, в якому рухається якір. Якщо виникає потреба урахування сили опору повітря, то її вплив без втрати точності можна оцінити іншими простими і достатньо достовірними формулами. Або довести протилежне. Аналогічне питання щодо впливу деформації якоря. Таке моделювання

доцільно при розв'язанні задач технології магніто-імпульсної обробки металів, коли якор є нерухомим і спеціально піддається деформуванню. Таким чином створення мультифізичних польових математичних моделей з дослідженням взаємного впливу окремих складових єдиного фізичного поля являє окрему, важливу і складну наукову задачу, яка виходить за рамки даної кандидатської дисертації.

Але слід підкреслити, що загалом це не вплинуло на зміст отриманих результатів. Ще одним зауваженням щодо запису математичної моделі є відсутність в ній в явному вигляді рівняння руху якоря з урахуванням його інерційних властивостей, хоча приведені в дисертації результати демонструють розрахункову функцію швидкості якоря ЛЕПУД від часу.

4. Дисертант в своїй роботі використовує різні, як він вважає, поняття і терміни “феромагнітне осердя” і “феромагнітний екран” ЛЕПУД, причому називає феромагнітним екраном таке феромагнітне осердя, яке охоплює обмотку індуктора ЛЕПУД тільки з зовнішньої поверхні (стор. 86). Але таке визначення є недостатнім і навіть дискусійним. Більш точно було б називати феромагнітним осердям елемент конструкції, який виконано з неелектропровідного феромагнітного матеріалу, а феромагнітним екраном – елемент конструкції, виконаний з електропровідного феромагнітного матеріалу. Це б підкреслювало різний характер фізичних процесів, які відбуваються в цих елементах за наявності або відсутності в них індукованих вихрових струмів.
5. Окрім структурного та параметричного синтезу безпосередньо конструкції ЛЕПУД для більш повної оптимізації процесу електромеханічного перетворення енергії доцільно узгоджувати параметри емнісного накопичувача енергії, з параметрами ЛЕПУД, зокрема величину постійної часу розряду емності на індуктор ЛЕПУД з механічною постійною часу розгону рухомого якоря, яка залежить, перш за все, від його маси. Результатів таких досліджень в роботі не приведено.
6. В дисертації міститься велика кількість рисунків – 124 рисунки різного формату, для зображення яких автору необхідно було виділити значну кількість сторінок рукопису. З огляду на вимоги щодо обмеженого обсягу кандидатської дисертації, це в певній мірі зашкодило аналітичній описовій частині роботи, тим більше, що дисертант часто в тексті повторно описує назву підрисункових підписів. Це зменшило можливості більш докладного опису пояснень та аналізу виявлених закономірностей, обґрунтуванню висновків та рекомендацій, що можна розглядати як певний недолік в роботі.
7. Оскільки дисертаційна робота направлена на удосконалення конструкції та розробку нових технічних рішень ЛЕПУД, то можна було б очікувати від автора не одну, а значно більшу кількість поданих їм заявок на патенти на винаходи.

Відзначені зауваження носять характер побажань автору при подальшій

роботі й у цілому не знижують загальної позитивної оцінки дисертації.

Дисертація Олексенка С.В. є завершеною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне наукове завдання, яке пов'язане з науковим обґрунтуванням нових та удосконаленням існуючих конструкцій лінійних електромеханічних перетворювачів ударної дії з метою покращення їх техніко-економічних показників. Робота має теоретичне значення для науки, результати досліджень широко використовуються на практиці і отримали позитивні оцінки фахівців. Висновки здобувача щодо значущості результатів його роботи для науки і практики є обґрунтованими. Результати дисертаційних досліджень у подальшому можуть бути використані підприємствами, науково-дослідними і проектними установами при розробці та впровадженні різних технічних систем і пристроїв, до складу яких входять ЛЕПУД.

Розглянута кандидатська дисертація повністю відповідає вимогам пп. 9,11,12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету міністрів України №567 від 24.07.2013 р., які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Олексенко Сергій Володимирович, заслуговує на присвоєння йому ученого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор, професор
кафедри електромеханіки Національного
технічного університету України
"Київський політехнічний інститут"

 Васьковський Ю.М.

Підпис Васьковського Ю.М. засвідчую

Вчений секретар НТУУ "КПІ"

 Мельниченко А.А.

