

ВІДГУК
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Фінкельштейна Володимира Борисовича
про дисертаційну роботу
Плюгіна Владислава Євгеновича
«Теоретичні основи об'єктно-орієнтованого проектування
електромеханічних перетворювачів енергії», подану на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 –
електричні машини й апарати

1. Актуальність теми дисертації і її зв'язок з науковими програмами,
планами, темами

Однією з основних тенденцій в розвитку електромашинобудування є удосконалення методів проектування електричних машин, що сприяє пониженню їх маси і об'єму, поліпшенню коефіцієнту корисної дії та коефіцієнту потужності. Розробка і модернізація електромеханічних перетворювачів енергії з високими техніко-економічними показниками є пріоритетним завданням сучасних електромашинобудівельних підприємств та провідних наукових досліджень.

Саме це обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи. Автор поставив складну мету, яка полягає у формуванні нової методології проектування електромеханічних перетворювачів енергії на основі принципів теорії об'єктно-орієнтованого проектування для вирішення проблем підвищення ефективності саме проектування за рахунок скорочення термінів проектних робіт та підвищення техніко-економічних показників електромеханічних перетворювачів енергії. Використання таких принципів як ієрархія, спадкоємство і поліморфізм при побудові методології проектування спрямоване на угруповання параметрів електричних машин та розрахункових модулів у класи, які пов'язані між собою, та дозволяють створювати нові проектні структури як за рахунок комбінації вже розроблених класів, так і з залученням нових, які відбивають особливості конструкції машин, які ще не було включено у класову структуру. Окрім проектування автор також застосовує принципи об'єктно-орієнтованого проектування для моделювання розподілу електромагнітного поля у електромеханічних перетворювачах енергії, та на математичні моделі електромагнітних перехідних процесів, що дозволяє представити процес проектування як комплексне і завершене завдання – від прийняття даних технічного завдання і проектування у статичному режимі, до оптимізації та моделювання динамічних режимів роботи.

Для досягнення поставленої мети в дисертації було поставлено та вирішено складні завдання, до основних з яких належать такі: аналіз наукових проблем реалізації методів проектування і моделювання електромеханічних

перетворювачів енергії та їх комплексної модернізації; розробка принципів і методології об'єктно-орієнтованого проектування, алгоритмів проектного синтезу електромеханічних перетворювачів енергії; розробка об'єктно-орієнтованої методології математичного моделювання перехідних процесів електромеханічних перетворювачів енергії; обґрунтування застосування об'єктно-орієнтованого підходу для автоматизованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії з використанням інтелектуальних алгоритмів оптимізації і автоматичною генерацією технічної документації; проектний синтез і програмна реалізація об'єктно-орієнтованого проектування різних типів електромеханічних перетворювачів енергії.

Обраний в дисертації напрямок досліджень відповідає тематичній спрямованості наукових розробок за такими темами: «Дослідження електротепломеханічних перетворювачів для енергозбережних технологій переробки сипких і легкоплавких речовин», «Розробка теорії і методології створення поліфункціональних електротехнічних комплексів технологічного призначення з використанням дисипативної енергії», «Резонансний насос-теплогенератор на базі поліфункціонального електромеханічного перетворювача для енергозбережних технологій автономного теплопостачання і переробки рідких сумішей», «Науково-технічні основи створення ряду заглиблених електромеханічних перетворювачів для енергозбережних технологій здобичі, переробки і транспортування в'язких речовин», «Розвиток теорії та науково-методичних основ для створення і модернізації турбогенераторів, що задовольняють сучасним вимогам електроенергетичної системи України») та у рамках програми Erasmus Mundus у науково-дослідній роботі «Electromobile drive diagnostics and property prediction».

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, що містяться у дисертації є обґрунтованими. Результати дослідження свідчать про широкий світогляд дисертанта у сучасних наукових підходах вітчизняних та зарубіжних вчених до вивчення проблем проектування електромеханічних перетворювачів енергії, особливостей моделювання перехідних процесів і розподілу електромагнітного поля, оптимізації та програмних засобів, які використовуються у проектуванні та математичному моделюванні.

Використання сучасних методів дослідження, таких як об'єктно-орієнтований аналіз, теорія термодинамічних процесів, теорія надійності, уніфіковане моделювання UML, теорія штучного інтелекту, чисельне рішення нелінійних залежностей та електромагнітних полів дозволило дисертанту отримати науково обґрунтовані результати та зробити особистий внесок у розвиток теоретичних, методологічних засад та методичного забезпечення формування нової методології проектування електромеханічних перетворювачів енергії, а також довести обґрунтовані пропозиції та

рекомендації до рівня можливості їх практичного використання як для наукових досліджень, так і у впровадженні на промислових підприємствах.

Структура дисертаційної роботи побудована логічно, що обумовлено адекватністю постановки мети дослідження. Аналіз проблем традиційного проектування за послідовною, або так званою каскадною схемою, а також розкриття особливостей математичного моделювання та оптимізації електромеханічних перетворювачів енергії дозволили автору провести поглиблене дослідження причин, що призводять до виникнення проблемної ситуації, пов'язаної із відсутністю дієвих засобів для підвищення ефективності проектного синтезу та покращення техніко-економічних показників електромеханічних перетворювачів енергії. Аналіз змісту дисертації, опублікованих праць та автореферату підтверджує достатній ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що містяться у дисертації та виносяться на захист.

3. Наукова новизна і достовірність результатів дослідження

Дисертантом винесено на захист вагомі теоретичні, методологічні і практичні розробки щодо об'єктно-орієнтованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії. Вивчення отриманих результатів дослідження дозволило встановити ряд основних наукових положень, які містять наукову новизну.

3.1. Вперше розроблено принципи об'єктно-орієнтованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії, які дозволяють представити проект у вигляді дискретних об'єктів та містять одночасно дані і розрахункові процедури, що дає можливість істотно скоротити час розробки нового проекту або модифікації існуючого (стор. 78 - 89).

3.2. Вперше розроблено положення формоутворення об'єктів електромеханіки, які дозволяють встановлювати зв'язки між конструктивними елементами електромеханічних перетворювачів енергії в їх імітаційній моделі (стор. 90 – 101, 111 – 117).

3.3. Вперше запропоновано метод об'єктно-орієнтованої організації процесу проектування і математичного моделювання електромеханічних перетворювачів енергії, що призводить до економії ресурсів на проектування і його технічну реалізацію, дозволяє виконувати прогнозування показників надійності і отримання характеристик нової машини, ґрунтуючись на показниках складових системи (стор. 143 – 173, 207 – 244).

3.4. Вперше розроблено теоретичні основи об'єктно-орієнтованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії, які узагальнюють знання електромеханіки в нове системне представлення та дають можливість: генерувати проектні процедури і математичні моделі на стадії формування електромеханічних перетворювачів енергії в ієрархічній класифікації;

супроводжувати комбінацію компонентів електромеханічних перетворювачів енергії паралельним синтезом проектної методики і математичних моделей для оцінки динамічних режимів роботи; переносити з розробленої бази даних показники надійності, особливості тепло-вентиляційного розрахунку, економічні показники на нові електромеханічні перетворювачі енергії, враховуючи індивідуальні технічні вимоги до проекту; виконувати оптимізацію електромеханічних перетворювачів енергії (стор. 143 – 157, 207 – 249).

3.5. Встановлено залежність між компонентами рівнянь електромагнітного поля, коефіцієнтами матричних математичних моделей перехідних процесів і конструктивним виконанням електромеханічних перетворювачів енергії, що дозволяє автоматично синтезувати польові моделі і моделі електромагнітних перехідних процесів для різних типів перетворювачів енергії в ході проектування з мінімальною участю проектувальника (стор. 118 – 139, 232 – 244).

3.6. Запропонований алгоритм автоматизованого синтезу математичних моделей електромеханічних перетворювачів енергії дозволяє розглядати проектування як комплексне завдання, що включає розрахунок параметрів і характеристик в статичних і динамічних режимах роботи (стор. 232 – 249).

3.7. Подальший розвиток отримала класифікація електромеханічних перетворювачів енергії, яка запропонована у вигляді ієрархічної структури, базовим елементом якої є узагальнений електромеханічний перетворювач енергії (стор. 60 – 73, 82 – 83, 100 – 117).

3.8. Набула подальшого розвитку концепція оптимального проектування електромеханічних перетворювачів енергії, що включає розробку алгоритму, постановку завдань досліджень, блок попереднього розрахунку навантаження і вибір системи живлення, формування класів, оптимізацію, пост-моделювання динамічних режимів, польовий розрахунок і автоматичну генерацію креслярської документації (стор. 114 – 176).

3.9. Удосконалено математичну модель електромагнітних та теплових перехідних процесів в асинхронному двигуні з масивним ротором (стор. 216 – 222, 270 – 276).

4. Повнота відображення висновків і пропозицій в опублікованих автором дисертації роботах

Автором опубліковано 42 наукових праці, одну одноосібну монографію, одну монографію у співавторстві, 25 статей в наукових фахових виданнях, 10 статей у іноземних фахових виданнях (3 з яких входять до наукометричної бази Scopus), 1 у матеріалах конференції, 4 патенти України на корисну модель. Кількість і якість друкованих праць відповідають вимогам ДАК України та повною мірою відображають наукові результати, що отримані автором.

Докладне ознайомлення з дисертаційною роботою, авторефератом і публікаціями показало їх відповідність за змістом і ступенем наукової новизни вимогам ДАК України. Висновки та основні результати дослідження конкретно викладені, достатньо аргументовані та можуть бути винесені на захист. Автореферат написаний науковим стилем, згідно з поставленими вимогами і повною мірою відображає зміст і структуру дисертаційної роботи.

5. Теоретична і практична цінність одержаних наукових результатів

Теоретичне значення отриманих автором результатів полягає у тому, що обґрунтовані у дисертації висновки та рекомендації являють цілісне та завершене дослідження, яке вирішує важливу наукову проблему підвищення техніко-економічних показників електромеханічних перетворювачів енергії. Це досягнуто за рахунок використання розробленої теорії об'єктно-орієнтованого проектування. Пропозиції щодо вирішення даної проблеми мають високий ступень обґрунтованості. Наукова цінність запропонованих рекомендацій полягає у розробці теоретичних основ об'єктно-орієнтованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії та обґрунтуванні застосування принципів об'єктно-орієнтованого проектування у проектуванні та математичному моделюванні електромеханічних перетворювачів енергії.

Практична цінність отриманих результатів полягає у реалізації методу об'єктно-орієнтованого проектування в розробці і оптимізації електромеханічних перетворювачів енергії, що дозволяє значно скоротити строки їх проектування з одночасним підвищенням техніко-економічних показників.

Практична цінність результатів дослідження підтверджується їх впровадженням у діяльність як вітчизняних так і зарубіжних підприємств, що підтверджено відповідними актами впровадження: ВАТ «Алчевській металургійний комбінат» (16.09.14), науково-дослідна лабораторія Чеського технічного університету в Празі (06.10.2014), науково-дослідна лабораторії Магдебурзького університету ім. Отто фон Геріке (06.08.2015), ДП «Завод «Електроважмаш» (10.09.2015).

Теоретичні розробки можуть бути використані в навчальному процесі при підготовці та викладанні профільних навчальних дисциплін, що підтверджується відповідними актами впровадження: Донбаський державний технічний університет (08.09.2014), НТУ «Харківський політехнічний інститут» (02.09.2015).

6. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Оцінюючи в цілому високий рівень розробки теоретико-методологічних і методичних положень, практичних рекомендацій, обґрунтованість наукових висновків та пропозицій, необхідно наголосити на дискусійному характері деяких положень:

6.1. У вступі роботи необхідно було розглянути питання достовірності й обґрунтованості результатів дисертаційного дослідження.

6.2 У вступі, де надається впровадження результатів дисертаційної роботи на промислових підприємствах (стор. 15), проміж іншого вказано про впровадження на «ООО «СКБ Укрелектромаш» (г. Харків) – для проєктирования асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором серии АИР, что позволило повысить их КПД и сократить сроки проектирования». Проте, двигуни серії АИР спроектовано більш ніж 30 років тому, коли дисертант не міг приймати участі у їх проєктування. Отже, не можна стверджувати у якості досягнення про участь у проєктуванні двигунів саме серії АИР.

6.3. У першому розділі табл. 1.1 на стор. 24 – 26, де виконується порівняльна оцінка етапів проєктування, а також рис. 1.2 на стор. 26, де вказані комбінації етапів проєктування, містяться не всі етапи проєктування, які було проаналізовано в тому ж розділі раніше (рис. 1.1 на стор. 19), та по тексту першого розділу на стор. 20 – 21. В такому разі не можна стверджувати, що було виконано повний аналіз тих етапів проєктування, про які було заявлено у постановці завдання досліджень.

6.4. У першому розділі на стор. 38 – 39 вказано про необхідність урахування аналізу ринка електромашинобудування, як обов'язкового етапу проєктування, проте в роботі, зокрема в 3 розділі, який присвячено саме проєктуванню, не розкрито механізм включення аналізу ринка у проєкт у вигляді окремих класів, як це було зроблено для інших етапів проєктування.

6.5. У першому розділі (стор. 69), де надається визначення об'єктно-орієнтованому проєктуванню (ООП) вказано, що «Основопологающей идеей ООП является объединение данных и действий, производимых над этими данными, в единое целое, которое называется объектом». Між цим, об'єднання даних у єдине ціле не може бути головною метою проєктування, у тому числі, в контексті проєктування електричних машин.

6.6. У першому розділі на стор. 122 надається низка допущень, які приймаються для спрощення математичного опису при вирішенні плоскопаралельної задачі розподілу електромагнітного поля. Але при цьому не можуть бути отримані результати, що відповідають експериментальним даним для електричних машин з великою величиною скосу пазів, урахування зубцевих гармонік і провідностей, які суттєво впливають на характер моментних характеристик.

6.7. На джерела, які освітлюють теорію об'єктно-орієнтованого проектування у тексті першого розділу (стор. 60 – 73), та у тексті другого розділу (стор. 78 – 80, 90 – 101) виконані багаточисленні посилання, але більш доцільним було б надати зрозумілі та структуровані пояснення.

6.8. У другому розділі на стор. 102 – 108, де також викладаються етапи проектування, міститься інформація, яка не відповідає структурі етапів проекту, вже обґрунтованих у першому розділі. Окрім того, об'єктно-орієнтовані етапи проектування розглядаються тільки на прикладі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, хоча робота присвячена проектуванню електромеханічних перетворювачів енергії, що передбачає розглядання й інших типів електричних машин.

6.9. У третьому розділі, присвяченому об'єктно-орієнтованому проектуванню електромеханічних перетворювачів енергії, взагалі не надана увага розрахунку вібро-акустичних показників машин, що проектуються.

6.10. У третьому розділі (стор. 174 – 186) розглядаються питання багатокритеріальної оптимізації, але така постановка завдання є некоректною, тому що при реалізації оптимального проектування виконується пошук умовного екстремуму з урахуванням обмежень, а сама оптимізація виконується за єдиним критерієм.

6.11. У четвертому розділі, де виконується аналіз математичних моделей електромагнітних перехідних процесів для різних типів електромеханічних перетворювачів енергії (стор. 212 – 231), матриці математичних моделей у своєму кінцевому вигляді містять індуктивні опори. Краще було б записувати матриці рівнянь перехідних процесів в залежності від поточкозчеплень і позбавитись індуктивних опорів. Використання індуктивних опорів значно спрощує математичну модель і призводять до погіршення розрахунків, які на попередніх етапах виконувались польовими методами. Окрім того, отримання індуктивних опорів експериментальним шляхом у деяких випадках практично неможливе, що ускладнює перевірку адекватності моделей.

6.12. Підрозділ 4.5, який присвячено дослідженню електромеханічних перетворювачів енергії у динамічному режимі, а також перенесенню моделей, розроблених теоретично, у блоки Simulink, слід було б поширити на всі наведені у четвертому розділі моделі, а не обмежуватись прикладом лише одного типу електричних машин, зокрема асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

6.13. У п'ятому розділі, де виконується математичне моделювання електродвигуна з масивним ротором шнекового типу, виконується порівняння результатів моделювання та експериментальних досліджень. Зокрема, у табл. 5.5 на стор. 276 вказано розбіжність у визначенні моменту 14,3 % у експерименті і моделюванні. Між цим, на рис. 5.17 сталі значення моменту при моделюванні складає 320 Нм, а на рис. 2.20 сталі значення моменту, зафіксоване при експериментальних дослідженнях, має значення близько 200 Нм. Таким чином, розбіжність становить 60 %, якщо за 100 % прийняти значення моменту 200 Нм.

6.14. На рис. 5.38 п'ятого розділу наведено результати оптимізації асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором серії АІР. У оптимального двигуна, порівняльно за базовим, підвищились значення ККД, коефіцієнта потужності, зменшилась кратність пускового струму, проте, збільшились діаметр і особливо довжина машини, зменшились кратність пускового моменту та перевантажувальна здібність. Така машина буде мати більш велику масу, вартість матеріалів, гірші механічні властивості. Чи можна в такому разі казати про позитивні результати, які дає оптимізація, виконана автором? Також незрозуміла галузь промисловості, де буде затребуваний двигун з такими характеристиками.

6.15. По тексту дисертаційної роботи є також ряд зауважень редакційного характеру.

Вищенаведені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують її наукову і практичну цінність.

7. Відповідність роботи вимогам ДАК України

Дисертаційна робота Плюгіна В.Є. «Теоретичні основи об'єктно-орієнтованого проектування електромеханічних перетворювачів енергії» є завершеною науковою роботою, яка присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми покращення техніко-економічних показників електромеханічних перетворювачів енергії та скорочення строків їх розробки. Автореферат дисертації розкриває основні її наукові положення та висновки, є ідентичним дисертації за структурою та змістом та не містить інформації, що є відсутньою в дисертаційній роботі.

Представлена до захисту дисертація написана науковим стилем, матеріал викладений у логічній послідовності, висновки науково обґрунтовані та підтверджуються результатами впровадження. Наукові результати проведених досліджень обговорені та схвалені на науково-практичних конференціях.

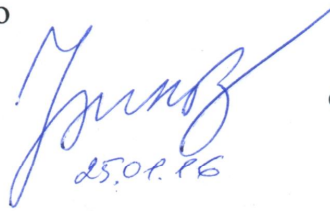
8. Загальний висновок

Дисертаційна робота Плюгіна Владислава Євгеновича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані теоретичні і практичні результати, що в сукупності розв'язують важливе наукове завдання – розроблення теоретичних, методологічних і методичних засад та концептуальних положень, що формують нову методологію проектування електромеханічних перетворювачів енергії.

Вважаю, що представлена до захисту дисертаційна робота, є науковою працею, виконаною автором самостійно, яка за змістом і оформленням

відповідає вимогам, зазначеним у пп. 9, 10, 12 для докторської дисертації «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор – Плюгін Владислав Євгенович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини й апарати.

Офіційний опонент,
професор кафедри теоретичної та
загальної електротехніки Харківського
національного університету міського
господарства ім. О.М. Бекетова



25.09.16

Фінкельштейн В.Б.

Підпис Фінкельштейна В.Б. засвідчую
вчений секретар
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова



Тугай Д.В.