

Відгук

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри суднових енергетичних установок Національного університету «Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України Сагіна Сергія Вікторовича на дисертаційну роботу Голубєвої Світлани Михайлівни «Оптимізація управління гребною дизель-електричною установкою морських суден за критерієм втрат енергії», яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – морський та внутрішній водний транспорт (галузь знань 27 – транспорт). Дисертацію виконано в Державному університеті інфраструктури та технологій (м. Київ) Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційне дослідження спрямоване на розв'язання науково-прикладного завдання – розроблення перспективного методу управління гребною електричною установкою суден морського та внутрішнього водного транспорту.

Суднові гребні електричні установки є одним з розповсюджених типів рухово-рушійних установок, що забезпечують передачу ефективної потужності від дизеля або газової турбіни до гребного гвинта. Найбільшого використання гребні електричні установки набули на судах з обмеженим об'ємом машинного відділення, до яких перш за все відносяться круїзні судна та яхти морського та океанського плавання, судна класу Platform Supply Vessel, судна типу Ro-Ro з горизонтальним та типу Lo-Ro з вертикально-горизонтальним способом обробки вантажів, судна типу DP з динамічним позиціонуванням. Вказані типи морських суден експлуатуються в акваторіях, що характеризуються підвищеною щільністю судноплавства, наявністю природних та штучних перешкод та збурень, а також відносяться до районів спеціального екологічного контролю. За таких обставин додаткову важливість набуває якість процесу передачі потужності від джерела енергії до її споживача. При цьому виникає необхідність забезпечення мінімальних втрат енергії на всьому ланцюжку її перетворення: дизель (або газова турбіна) – електричний генератор – електричний двигун – гвинт. Підвищенні втрати енергії будь на якій з вказаних ділянок призводять до зниження швидкості судна або його маневрових якостей. Обидва випадку можуть сприяти виникненню надзвичайних або аварійних ситуацій та зниженню безпеки мореплавства.

Вище вказане підтверджує **актуальність** головного завдання дослідження, яким є підвищення енергоефективності гребної дизель-електричної установки за рахунок оптимального управління за критерієм втрат енергії під час її передачі від теплового двигуна до гвинта. Розв'язання головного завдання запропоновано та досягнуто шляхом впливу на магнітні потоки уніполярних електричних машин з одночасним вибором оптимальних фаз подачі палива до теплового двигуна (двигуна внутрішнього згорання).

До наукової новизни результатів дисертаційного дослідження слід віднести **вперше** розроблений метод оптимального управління гребної дизель-електричної установки за критерієм втрат енергії; **удосконалену** динамічну модель гребної дизель-електричної установки з уніполярними машинами (яка, на відміну від існуючих, враховує наявність трьох керуючих контурів, що формують магнітні потоки генератора, гребного електродвигуна, швидкість обертання дизеля та одну вихідну змінну, якою є швидкість обертання гвинта), **удосконалений** метод оптимального управління гребною дизель-електричною установкою (який, на відміну від існуючих, враховує вплив на магнітні потоки уніполярних машин та подачу палива до теплового двигуна для підвищення енергетичної ефективності), а також такий, що **одержав подальший розвиток** метод компонування та топології електрообладнання гребних електричних установок (який, в додаванні до діючих, дозволив обґрунтувати перспективний обрис судна).

Обґрунтованість отриманих наукових результатів підтверджено:

- якісно виконаним аналізом особливостей побудови гребної електричної установки суден морського та внутрішнього водного транспорту;
- визначеним та доведеним взаємозв'язком між енергетичними втратами, що виникають під час передачі енергії від двигуна внутрішнього згоряння до гребного гвинта, та магнітними потоками в уніполярних електричних машинах;
- коректно розробленої математичної моделі процесу навантаження гребної дизель-електричної установки та запропонованим методом її оптимального управління за критерієм втрат енергії;
- коректним використанням у процесі досліджень відомих теоретичних положень автоматичного та оптимального управління, динамічних систем, електричних ланцюгів, магнітних ланцюгів, електричних машин;
- задовільним збігом якісних та кількісних результатів, одержаних в під час дослідження, з відомими теоретичними положеннями у досліджуваній галузі знань, а також апробацією отриманих результатів на наукових конференціях та їх публікацією у визнаних наукових виданнях.
- актами впровадження результатів дисертаційного дослідження у виробничу діяльність державного підприємства «Одеський морський торговельний порт» та у навчальний процес Державного університету інфраструктури і технологій.

Практичне значення отриманих результатів полягає в зменшенні втрат енергії під час її передачі від теплового двигуна до гвинта за рахунок енергозберігаючого оптимального управління шляхом впливу на магнітні потоки уніполярних машин, а також на процес подачі палива до теплового двигуна.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечуються: збігом результатів з визначення втрат енергії, зміни частоти обертання, часу переходу дизеля та електричного двигуна на новий сталий режим, що

отримані під час різних способів моделювання процесів передачі енергії між складовими гребної дизель-електричної установки;

десятьма науковими публікаціями (вісім з яких в наукових фахових виданнях України, що входять до категорії Б переліку наукових фахових видань України, дві – у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus);

участю в трьох міжнародних науково-практичних конференціях (матеріали одної з яких включені до бази даних Scopus).

Повнота викладення основних результатів в наукових виданнях

Результати дисертаційного дослідження повністю викладені в тринадцяти наукових працях:

- вісім – у наукових фахових виданнях України, що входять до переліку наукових фахових видань України (категорії Б) та рекомендовані МОН України для публікації результатів дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії;

- дві у періодичних наукових виданнях країн ЄС (Польщі та Румунії), що включені до наукометричної бази даних Scopus;

- дві у збірках доповідей міжнародних науково-практичних конференцій що проводились в Україні;

- три у збірках доповідей міжнародних науково-практичних конференцій (матеріали одної з яких включені до бази даних Scopus).

Публікації охоплюють період з 2021 по 2025 рр., що свідчить про послідовність та взаємопов'язаність виконаних досліджень.

Структура та обсяг дисертації. Відповідність дисертації та її змісту встановленим вимогам

Дисертація складається з анотації (українською та англійською мовами), списку прийнятих скорочень, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку.

Вступ присвячено визначенню актуальності теми дисертаційного дослідження; формулюванню мети, головного та часткових завдань, а також методів дослідження; визначенню основних ознак дисертаційного дослідження – наукової новизни, наукової значимості, наукових результатів, практичної цінності.

Перший розділ присвячено аналізу особливостей побудови гребної електричної установки суден морського та внутрішнього водного транспорту; визначенню нерозв'язаного науково-прикладного завдання з розроблення перспективного методу управління гребною електричною установкою суден, постановці завдання енергозберігаючого оптимального управління суднового пропульсивного комплексу.

У другому розділі розроблена динамічна модель гребної дизель-електричної установки, виконано синтез динамічних характеристик гребної дизель-електричної установки з уніполярними машинами, запропоновано метод оптимального управління гребною дизель-електричною установкою.

Третій розділ відображає топологію та компоновку електрообладнання гребних електричних установок, оптимізацію системи регулювання гребної електричної установки постійного струму, моделювання та аналіз режимів оптимального управління гребною дизель-електричною установкою за критерієм мінімізації втрат енергії.

Загальний обсяг дисертаційного дослідження становить 148 сторінок. Основний зміст роботи викладено на 109 сторінках. До загально обсягу входить анотація українською та англійською мовами на 14 сторінках, 48 рисунків, 14 сторінок переліку використаних джерел із 124 найменувань, 2 додатки на 2 сторінках.

Дисертаційна роботи є завершеним та цілісним дослідженням з чіткою структурою, логічним та послідовним викладанням матеріалу та результатів. Зміст дисертації узагальнює дослідження здобувача. Дисертацію написано сучасною науково-технічною мовою. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність її сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам пп. 6, 7 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Зауваження до дисертації

1. Під час визначення актуальності теми дослідження використано висловлювання «При цьому потужність, що витрачається на власні потреби судна, досить мала, і знаходиться в діапазоні 10..20 % у порівнянні з потужністю, переданої на забезпечення руху», яке можливо використовувати не для будь-якого типу морських суден. Безумовно, воно коректно для суден класів Bulk Carrier, General Cargo, Crude Oil Tanker, Oil Products Tanker. Неоднозначне його використання для суден класів LNG Tanker, LPG Tanker, Reefer, а також промислових суден класу Fishing Ships, що займаються виловом та обробкою риби. Ще більший сумнів це висловлювання викликає для пасажирських суден класу Cruise Ships, в який переважна більшість енергії використовується саме на забезпечення внутрішніх потреб; суден класу Drillship, в яких значна частина енергії витрачається на забезпечення роботи бурового обладнання; та суден класу DP, які витрачають мінімум енергії на рух.

2. Декілька загальне визначення об'єкту дослідження, за який авторкою прийнята «гребна дизель-електрична установка з уніполярними машинами». Більш коректне формулювання – «процес перетворення електричної енергії в обертальний рух гребного гвинта, який забезпечується уніполярними машинами», саме це явище розглянуте в дисертаційній роботі.

3. У п. 1.2. «Дослідження гребних електричних установок з уніполярними машинами» майже не приділено уваги питанням перетворення змінного струму (на якому працюють електричні генератори, що кінематичне пов'язані з тепловими двигунами – дизелями або газовими турбінами) на постійний (на якому працюють уніполярні електричні машини, визначенню ефективності яких присвячено дослідження).

4. У п. 2.1.4. «Динамічна модель дизеля» не наведені характеристики коефіцієнтів замикання, що включені до структурної схеми дизеля з пропорційним регулятором швидкості (рис. 2.8) та структурної схеми системи «дизель-генератор-двигун-гвинт» (рис. 2.9).

5. У п. 2.2. «Синтез динамічних характеристик гребної дизель-електричної установки з уніполярними машинами» на рис. 2.10 та 2.11 наведені результати з розрахунку перехідних характеристик в системі «дизель-генератор-двигун-гвинт» під час нанесення зовнішніх збурень. При цьому не вказані характеристики дизеля та гребного гвинта, перш за все їх маса та частота обертання. Якщо характеристиками дизеля в системі «дизель-генератор-двигун-гвинт» можна знехтувати та в подальшому враховувати лише характеристики електричного двигуна, характеристики гребного гвинта в цієї системі мають переважне значення та зміна його маси, діаметру, кількості лопатей та частоти обертання суттєво впливає на час його повернення на попередній або переходу на новий сталий режим роботи.

6. У п. 2.3.1. «Синтез оптимальних регуляторів змінних станів при управлінні моментом двигуна» на рис. 2.17 та 2.18 не вказано, якій закон реалізує запропонований регулятор.

7. У п. 3.1. «Топологія та компоновка електрообладнання гребних електричних установок» запропонована лише один варіант розміщення енергетичного обладнання в машинному відділенні судна. Цей варіант ефективний в разі багатопалубних машинних відділень. При цьому існують морські та річкові судна все енергетичні обладнання яких розміщено на одній палубі. Тому пропозиції, що запропоновані в цьому пункті, доцільно було поширити також на подібні типи суден.

8. У п. 3.2. «Оптимізація системи регулювання гребної електричної установки постійного струму» на стор. 112 зазначено, що «статизм системи дорівнює нулю». Для пропорційних регуляторів (які при цьому розглядаються) необхідно додатково визначення спеціальних умов, що при цьому підтримуються.

9. В тексті дисертації (на сторінках 3 та 21), а також в висновках (на сторінці 124) використовується невдале поняття «узгодження руху електродвигуна і рушія». Більш коректне висловлювання «узгодження напрямку обертання електродвигуна і рушія»

Зазначені зауваження мають переважно уточнюючий та дискусійний характер, тому не знижують високого рівня виконаного наукового дослідження.

Загальний висновок

Дисертація та наукові публікації мають достатній **науковий рівень**, забезпечують якісне розв'язання поставленого наукового завдання та свідчать, що здобувачка володіє методологією наукової діяльності та здатна до самостійної наукової діяльності.

Дисертаційна робота Голубевої Світлани Михайлівни «Оптимізація управління гребною дизель-електричною установкою морських суден за критерієм втрат енергії» відповідає вимогам «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 № 44 від 12.01.2022 р., а також змінами та доповненнями, що внесені в цей «Порядок...» згідно з Постановою кабінету міністрів України № 507 від 03.05.2024 р.

Вважаю, що Голубєва Світлана Михайлівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – морський та внутрішній водний транспорт.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри суднових енергетичних
установок Національного університету
«Одеська морська академія»
Міністерства освіти і науки України

Сергій САГІН
20.03.25

