

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Шевченка Валерія Анатолійовича**

«УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНА»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

### 1. Актуальність теми дослідження

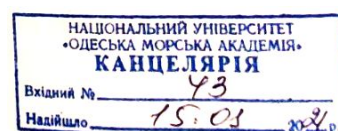
Актуальність теми "Удосконалення управління технічними системами та комплексами при експлуатації судна" підтверджується тим фактом, що у сучасних морських транспортних технологіях, суднобудуванні, у сучасних методах експлуатації, обслуговування та ремонту засобів водного транспорту різного типу і призначення, головними є категорії безпеки, екологічності та економічної ефективності. При цьому, вирішення суперечливих завдань раціонального управління різноманітними технологічними процесами, що забезпечуються складними судовими технічними системами і комплексами (СТС і К), безпосередньо пов'язане з означеними категоріями високоефективної експлуатації, екологічності, ремонту й обслуговування морських і річкових суден. Ці категорії вимагають пошуку нових, нетривіальних, вдосконалення і уніфікації існуючих технічних рішень, урахування можливих аварійних режимів на судні через дії операторів, тощо.

Затребуваними практикою і актуальними чинниками подальшого розвитку морського й річкового флоту України та, зокрема, необхідністю вирішення визначальних проблем підвищення ефективності комерційної експлуатації і ремонту СТС і К, судових автоматизованих електроенергетичних систем (САЕ-ЕС) у цілому, є енергозбереження, економічність використання пального, надійність і безперебійність електропостачання, урахування міжнародних екологічних вимог при їх створенні і експлуатації.

У зв'язку із означеним, процеси управління технічними системами і комплексами засобів водного транспорту повинні бути у максимальному ступені автоматизовані, програмно і апаратно узгоджені та уніфіковані.

Такий синергетичний підхід використовують не тільки при синтезі, проектуванні або модернізації існуючого судового обладнання, а і при створенні нових засобів водного транспорту. Саме це забезпечує мінімізацію впливу людського фактору, забезпечує режими найбільш ефективною, безпечною та екологічною експлуатації, технічного обслуговування і ремонту (ТОР) суден різного цільового призначення.

Можна визначити, що актуальність дослідження полягає, зокрема, в удосконаленні процесів контролю передачі енергії з динамічними принципами управління і стабілізації параметрів судових енергетичних установок (СЕЕС) і мінімізацією невідворотних втрат під час її передачі і перетворення, підвищення експлуатаційної гнучкості, сумісності, надійності і стійкості СЕЕС; створення нових, удосконалення і раціоналізації існуючих систем і структур управління різноманітних СТС і К під час їх експлуатації і, зокрема, при їх дослідженні і проектуванні.



Дослідження переслідує вирішення актуального запиту практики – обрання такого складу СТС і К із організацією управління ним таким чином, щоб судна безперебійно отримували електроенергію необхідної якості, функціонували із максимально можливим ККД при широкому спектрі динамічних навантажень на генераторні агрегати (ГА) та на судно у цілому, при змінюваних погодних умовах та із урахуванням додаткових обмежень, які накладаються міжнародними вимогами.

## **2. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Обґрунтованість і достовірність запропонованих наукових положень підтверджується логічністю обрання методів та методик дослідження, показниками адекватності отриманих залежностей, задовільною відповідністю емпіричних та теоретичних результатів.

Обґрунтованість висновків та практичних рекомендацій, що запропоновані і наведені в дисертаційній роботі, підтверджуються отриманими результатами практичних та теоретичних досліджень. Одержані наукові результати добре узгоджуються з даними раніше проведених досліджень, як здобувачем, так і іншими науковцями.

Все, що наведено вище, дозволяє стверджувати про обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що містяться у дисертації.

## **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Здобувачем особисто отримані наступні нові наукові результати, де у рамках вирішення сформульованої науково-технічної проблеми, проведено аналіз існуючого стану і вперше визначені невирішені до сьогодні актуальні завдання розвитку теорії та практики забезпечення ефективного управління і експлуатації складними СТС і К, а саме:

– вперше визначено, що алгоритмічний і структурний синтез автоматизованих систем управління (АСУ) СЕЕС зводиться не тільки до опису з попереднім моделюванням процесів управління, але й до вирішення комплексу оптимізаційних завдань, що у результаті забезпечує, зокрема, підвищення швидкодії і точності процесів управління СТС і К, їх економічності, забезпечує необхідні показники екологічності та досягання заданого раціонального співвідношення апаратної і програмної частини системи;

– вперше встановлено, що різноманіття морських суден за технологічним призначенням диктує застосування не тільки різних типорозмірів генераторних агрегатів, а і висуває необхідність вирішення ряду нових завдань, пов'язаних, перш за все, із уніфікацією СЕЕС, як об'єктів управління та технічних засобів автоматизації, обранням раціональної конфігурації ГА, застосуванням попередньо визначених підходів їх використання для окремих режимів, що забезпечує судно енергією необхідної якості та раціональне завантаження окремих ГА;

– вперше запропоновано базовий алгоритм функціонування дворівневої розподіленої системи управління СЕЕС, яка відрізняється урахуванням нормальних і аварійних режимів, що дозволяє прогнозовано визначати раціональні конфігурації СЕЕС і алгоритми функціонування їх систем управління;

– вперше запропоновано реалізацію принципу швидкодіючого вимірювання параметрів генерованої енергії, який відрізняється використанням методу мультипліційної обробки дискретної та аналогової інформації вимірюваних величин, що надає можливість за час, який не перевищує один період синусоїдальної напруги, із заданою точністю, визначати: а) лінійну напругу; б) фазний струм; в) модуль фазового куту потужності; г) частоту струму і напрямок передачі потужності;

– вперше запропоновано використання принципу автоматизованого управління судною електроенергетичною системою, який відрізняється: а) урахуванням динаміки процесів змінювання навантаження; б) використанням авторського методу "гнучких порогів", який ураховує умови мінімуму витрати палива та погодні умови, що дозволяє оптимізувати склад і завантаження суднових ГА;

– вперше запропоновано методикку визначення часових затримок на пуск і відключення резервних суднових ГА в умовах нестачі або надлишку генерованої енергії, яка відрізняється гнучким визначенням часових затримок, що дозволяє уникнути передчасну зміну складу ГА;

– вперше запропоновано метод управління частотою джерел енергії, який відрізняється адаптивним обчисленням випереджаючого імпульсу на включення суднового ГА, що дозволяє суттєво підвищити ефективність процесу синхронізації джерел енергії у різних умовах експлуатації та знизити зрівняльні струми;

– удосконалені системи управління гвинто-стерновими комплексами морських суден при різних експлуатаційних умовах за рахунок використання запропонованих методик ідентифікації параметрів і подальшої верифікації математичних моделей суден, оптимальних типів регуляторів, двоканальних систем і еталонних моделей у контурі управління (ГСК), що дозволяє синтезувати високоефективні системи стабілізації курсу судна та стеження за його траєкторією на маршруті.

З більшістю отриманих наукових результатів слід погодитися і вони є безсумнівними, деякі результати носять науково-дискусійний характер і потребують пояснень.

#### **4. Практичне значення одержаних результатів**

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що вони можуть використовуватися при визначенні загальної архітектури складних СТС і К, яка гарантує високу експлуатаційну ефективність суден, у тому числі – при експлуатації у складних умовах плавання.

Основні результати застосовуються під час навчання курсантів морських закладів вищої освіти, при підвищенні кваліфікації суднових механіків і електромеханіків, зокрема – при використанні у "Повномасштабному тренажері автоматизованої суднової електроенергетичної установки" запропонованих авторських алгоритмів управління (акт впровадження від 12.04.2019 р.).

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені у виробничу діяльність ТОВ "Бюро корабельних інженерів" (акт впровадження від 24.04.2019 р.), у Державній службі морського і річкового транспорту України (акт впровадження Державного підприємства "Науково-дослідний проектно-

конструкторський інститут морського флоту України" (УкрНДІМФ) від 12.08.2019 р.), ТОВ "СКМ Марін Сервіс" (акт впровадження від 24.12.2018 р.), ТОВ "Сервіс Транс Балк" (акт впровадження від 17.12.2018 р.), у Інституті післядипломної освіти "Одеський морський тренажерний центр", (акт впровадження від 18.10.2018 р.), у навчальному процесі Національного університету "Одеська морська академія" (акт впровадження від 11.04.2019 р.), а також пройшли апробацію на наукових семінарах з проблеми "Наукові основи електроенергетики" Наукової Ради Інституту електродинаміки НАН України (Науковий семінар "Оптимальне управління та експлуатація електроприводів спеціальних установок", 2016-2020 р.р., довідка від 22.05.2020 р.) де встановлено, що результати дослідження мають актуальність, наукову новизну та практичну значущість при проектуванні, створенні та експлуатації складних СТС і К.

### **5. Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків, рекомендацій**

За результатами виконаних досліджень здобувачем опубліковано 39 наукових праць, з них 15 – одноосібні. Основних публікацій у наукових профільних виданнях 26, з них 5 публікацій, що входять до науково-метричних баз Scopus і Web of Science, 7 доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій (з них 1 публікація, що входить до науково-метричної бази даних Scopus), 2 монографії, 6 навчально-наукових видань.

В опублікованих працях викладено у повному обсязі основні отримані результати. Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є підтвердженням. Рівень та кількість публікацій, рівень апробацій відповідають вимогам, що ставляться МОН України до докторських дисертацій.

### **6. Оцінка змісту дисертації у цілому**

Повний обсяг дисертації (350 сторінок) не перевищує встановлених МОН України вимог для дисертацій докторського рівня і є достатнім для пояснення основних отриманих наукових результатів. Дисертація складається з анотацій, переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків.

**У вступі** наводиться обґрунтування актуальності тематики дослідження, вказано її зв'язок із державними та галузевими програмами, планами і темами. Сформульовано мету і задачі, методи дослідження, зазначено практичне значення та наукову новизну роботи. Наведені дані щодо апробації результатів дослідження. Зазначені публікації за темою дисертації та вказано особистий внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві.

**У першому розділі** проведено загальний аналіз стану і наведені існуючі проблеми розвитку процесів управління складними СТС і К при їх експлуатації. Визначені, засновані на прикладі управління СЕЕС, основні проблеми удосконалення, підвищення енергетичної ефективності і тенденції розвитку СТС і К. Висунута гіпотеза дослідження, де передбачається, що при умові застосування запропонованого методу синтезу програмно-апаратного забезпечення, проблеми вдосконалення процесів управління складними СТС і К вирішуються визначенням конфігурації і структури їх систем управління. Проведено аналіз відомих способів підвищення енергетичної ефективності СЕЕС, запропоновані рів-

ні абстрагування опису АСУ і принципи оцінювання результуючої ефективності СТС і К.

Системний аналіз визначеної проблеми показав, що розв'язання головного завдання характеризується взаємозалежністю й замкнутістю процедур аналізу й синтезу. У розділі проведено загальний аналіз стану і наведені існуючі проблеми розвитку принципів і процесів управління складними СТС і К при їх експлуатації. Визначена необхідність їх вирішення, основні напрямки дослідження та критерії оцінювання результатів.

Визначені, засновані на прикладі організації управління СЕЕС та із запиту практики, основні проблеми удосконалення, підвищення енергетичної ефективності і існуючі тенденції розвитку складних СТС і К.

З аналізу літературних джерел визначені перспективні способи підвищення енергетичної ефективності СЕЕС, визначені необхідні рівні абстрагування математичного опису АСУ СТС і К, принципи оцінювання їх результуючої ефективності.

З аналізу відомих способів підвищення енергетичної ефективності СЕЕС і огляду сучасних джерел інформації доведено, що проблеми вдосконалення процесів управління складними СТС і К ефективно вирішуються визначенням конфігурації та структури їх систем управління, при умові застосування сучасних методів синтезу програмно-апаратного забезпечення.

Встановлено, що у найбільш загальному виді побудову сучасних складних автоматизованих СТС і К можна формалізувати застосуванням апарату латентно-семантичного аналізу логічних схем алгоритмів.

Показано, що існуючі способи комплектації СЕЕС, найчастіше, економічно слабо обґрунтовані і технічно неефективні у ряді експлуатаційних режимів. Визначено, що для оцінки сучасних проєктованих СТС і К, доцільним є застосування критеріїв "технічної корисності" систем.

**У другому розділі** визначені основні методологічні основи і принципи аналізу та синтезу процесів управління складними СТС і К, а саме:

- методологія і принципи побудови алгоритмів управління, ергатичного аналізу та оцінювання ефективності процесів експлуатації складних СТС і К, принципи побудови розподілених ієрархічних АСУ СТС і К різних рівнів складної, визначена "технологія" наукового дослідження;

- розглянуті особливості виділених системних стадій побудови АСУ, визначені принципи апаратурно-програмної надмірності, принципи ергатичності і ергономічності, функціонально-структурної ієрархії і системного аналізу;

- запропоновані структури нерезервованих розподілених і дворівневих МП систем управління СЕЕС, представлено структури СЕЕС у вигляді повних графів і покриваючого їх дерева, наведена узагальнена схема контурної декомпозиції МП-системи управління СЕЕС;

- запропоновано алгоритм синтезу систем управління складними СТС і К, який містить етап розв'язання завдань, пов'язаних з визначенням архітектури АСУ СТС і К з встановленням основних принципів взаємодії та визначенням особливостей обміну інформацією між частинами системи;

- встановлено, що формування отриманої сукупності описів пристроїв формальною мовою знакових систем і описів зв'язків між ними, дозволяє ви-

значити алгоритмічну структуру СТС і К, наприклад, для АСУ СЕЕС, яка є вихідним об'єктом для досліджень і є основою для подальшої оптимізації;

- визначено, що для досягнення одержання максимально можливої повноти інформації і повного розуміння розв'язуваної проблеми управління СТС і К, опис функцій управління необхідно проводити на різних рівнях абстракції;

- запропонована ідея абстрагування опису, яка полягає у тому, щоб розглядати систему понять предметної області і відповідність між нею і системою понять формальної моделі, як вихідну інформацію для розв'язання прикладних завдань управління СТС і К. Саме це забезпечує можливість зміни системи понять предметної області і визначення нових понять через відомі системи;

- розглянуто інтеграцію трьох способів опису орієнтованих графів, булевих і результатних функцій. Такий підхід дозволив реалізувати процедурні і логічні методи викладення знань, що засновані на семантичних мережах (орієнтованих графах);

- встановлено, що розглянувши логічні твердження як об'єкти, з'являється можливість класифікації й структурування наборів формул, що частково компенсує недоліки логічних методів викладення знань і дозволяє побудову ефективних САУ СТС і К.

**У третьому розділі** розглянуті особливості інформаційно-вимірювальної підтримки рішень при технічній реалізації різноманітних САУ складними СТС і К, а саме:

- запропоновано і обґрунтовано доцільність використання принципу автоматизованого виміру і контролю навантаження у суднових ЕЕС на основі імовірнісного підходу;

- визначено, що наявність погрешностей пристроїв виміру й контролю приводить до специфічних помилок, які слід урахувувати при оцінці якості контролю й розв'язанні завдань управління СТС і К;

- розрізнено помилки першого і другого роду, що визначають імовірність неправдивого показання і імовірність пропуску реєстрації переходу параметрів  $X$  граничного значення, відповідно;

- зв'язано вимірювані параметри  $X$  з генерованою потужністю у ходовому режимі  $l$ -паралельно працюючих генераторних агрегатів, зміна яких повинна контролюватися між верхніми  $X_{PH}$  і нижніми  $X_{PD}$  порогами завантаження;

- запропоновано процедуру вимірювання електроенергетичних параметрів САЕЕС на основі мультипліційної обробки гармонійних величин;

- доведено, що така обробка дає можливість за час, що не перевищує один період синусоїдальної напруги, вимірювати із заданою точністю: амплітудні значення струмів навантаження у всіх фазах, лінійну напругу, фазовий кут навантаження, частоту струму і напрямок потужності.

**У четвертому розділі** виконано синтез процесів базового управління верхнього рівня складних ТС і К судна та запропоновано семантику і декомпозицію реалізованих завдань управління складних СТС і К, а саме:

- на прикладі п'яти-агрегатної автоматизованої СЕЕС проведено узгодження рівнів генерованої потужності й потужності, необхідної у теперішній момент часу. Показано процедуру переходу від одного рівня генерованої поту-

жності до іншого з урахуванням критеріїв ефективності. Запропоновано управління складом ГА з урахуванням передаварійних і аварійних станів СЕЕС і керуючих впливів від оператора. Наведено організацію процесу послідовності включення/відключення ГА з урахуванням аварійних станів ГА і керуючих впливів від оператора;

– запропонована послідовність синтезу алгоритмів програми управління супервізора координатора системи управління, де у якості системи управління обрано багатомашинну МП-систему з розподіленою дворівневою ієрархічною структурою. Наведені структура і інформаційні зв'язки АСУ;

– розв'язано завдання координованого управління СЕЕС при змінах навантаження. Наведена узагальнена структура перетворювача для управління складом ГА та принципи побудови процедур управління складом ГА за принципом "жорстких і гнучких" порогів, наведена діаграма корегування часової затримки включення ГА від затребуваної потужності. Доведено, що запропонований спосіб підвищує надійність роботи САЕЕС, оскільки виключені можливі аварійні режими при завданні помилкових комбінацій управління: послідовності включення ГА при неповністю зазначеній комбінації, при незазначеній послідовності, при вказівці одного ГА кілька раз у одній послідовності й при збігу двійкових наборів різних комбінацій послідовності включення ГА у СЕЕС;

– запропоновано АСУ СЕЕС за умови мінімуму витрати палива та з урахуванням метеорологічних умов плавання. Визначено коефіцієнт перерахування залежності зміни індикаторної потужності з обліком механічного ККД;

– синтезовано алгоритми оптимізації режимів роботи дизелів, якщо система містить усі необхідні датчики (вологості повітря, температури вихлопних газів, сигнали виконавчих органів управління подачею води для охолодження наддувочного повітря й подачею палива). Показана можливість визначення, за умовами оптимальності розподілу навантаження, нижні пороги завантаження СЕЕС;

– сформовані бази даних, що визначають кількість працюючих ГА, їх технічний стан, навантаження, витрату палива й параметри навколишнього середовища. Проведено аналіз навантажувальних характеристик агрегатів і формування бази даних для розрахунків з оптимізації режиму. Визначені коефіцієнт перерахування потужності й корегування верхніх порогів завантаження з умов технічного стану й метеорологічних умов. Показана послідовність визначення сумарного навантаження СЕЕС, наведено аналіз еквівалентних характеристик витрати палива й вибір оптимального, за критерієм мінімуму витрати палива, складу ГА з урахуванням обмежень за верхніми і нижніми порогоми завантаження;

– наведена послідовність виконання операцій пуску, синхронізації, переведення навантаження й зупинки ГА, пов'язаних з формуванням оптимального складу ГА, розподіл навантажень між паралельно працюючими ГА і виконання програми оптимізації первинного двигуна електростанції;

– запропоновано спосіб алгоритмізації, заснований на використанні спеціально розширеного масиву даних, який дозволяє суттєво спростити алгоритм функціонування САЕЕС у операціях обрання її складу. Доведена ефективність запропонованих рішень.

**У п'ятому розділі** показана процедура синтезу процесів управління нижнього ієрархічного рівня розподіленої МП-системи, а саме:

- проведено аналіз типових структур розподілених систем управління СТС і К. Запропоновано використати організацію структури програмного забезпечення (ПЗ) у відповідності до принципу "лабілізації" опису і модульності окремих елементів ПЗ;

- наведена структура системи управління *m*-агрегатною САЕЕС і показані особливості синтезу алгоритмів ПЗ супервізора локальних підсистем управління, визначені графи станів дизель-генераторної локальної підсистеми управління і валогенераторної підсистеми;

- на прикладі управління режимами роботи дизель-генераторних агрегатів у розподілених МП-системах управління СТС і К (за аналогією управлінням *m*-агрегатних САЕЕС) визначені процеси оптимізації пуску та зупинки окремих агрегатів;

- доведено, що запропоновані структури можуть бути ефективно використані при алгоритмізації циклів управління будь-якими іншими складними технологічними процесами на судні, наприклад, для періодичного виклику програми розподілу активних навантажень між паралельно працюючими генераторними агрегатами.

**У шостому розділі** виконано синтез принципів побудови ефективного управління процесами синхронізації генераторних агрегатів (ГА), що знаходяться у складі розподілених МП-систем управління складних СТС і К, а саме:

- на основі використання результатних функцій запропоновано опис моделей основних перетворювачів на базі використання принципу відносного руху об'єктів, проведено аналіз функціонування елементів управління складних СТС і К та запропоновано використання інтегральних критеріїв оптимізації і принципів дуального управління;

- показані практичні способи розв'язку завдань управління синхронізацією ГА і визначені основні етапи створення системи управління: а) формалізація сукупності завдань проектування відповідно до техніко-ергатичних і ергономічних вимог до МП-системи управління СЕЕУ;

- розв'язано задачу швидкодіючого управління частотою синхронізованих ГА на основі принципів припасування, що дозволило визначити з упередженням часу моменти включення ГА при детермінованій і стохастичній постановці завдання синхронізації;

- визначено критерії оптимізації при дуальному управлінні процесом синхронізації ГА за законом управління, який задовольняє умові екстремуму, що є показником якості (показником досяжності поставленої мети) і враховує вимоги обмеження керуючих впливів, якості електроенергії, а також можливі зміни технічних характеристик об'єктів синхронізації у процесі експлуатації;

- побудовано моделі управління процесу синхронізації ГА, моделі бази даних і конфігурації системи управління, описано моделі основних перетворювачів з використанням результатних функцій та проведено детальний аналіз основних елементів системи управління на базі принципу відносного руху об'єктів;



– запропоновано використання стохастичного підходу при вирішенні завдань синхронізації, що дозволило досліджувати процес синхронізації при русі об'єкту синхронізму по заданій траєкторії зі стохастичними флуктуаціями щодо його завдання під впливом зовнішніх факторів;

– створено фізичну модель (ФМ) САЕЕС, наведені результати експериментів зі синхронізації генераторних агрегатів у різних умовах;

– наведено експериментально отримані процеси зміни параметрів генераторного агрегату в умовах збурень під динамічним навантаженням, показані процеси невдалої їх синхронізації з використанням стандартних алгоритмів управління синхронізатором і процеси вдалої синхронізації ГА – з використанням запропонованих алгоритмів дуального управління синхронізатором, що підтверджує достовірність основних отриманих наукових результатів.

**У цьому розділі** наведені можливі варіанти побудови сучасних складних ССК і К (на прикладі управління роботою суднового автостерна), що використовують методи ідентифікації параметрів моделей, класичного, релейного, нейроуправління і принципів частково інваріантного до збурень управління.

Проведено аналіз структури та принципу дії систем стабілізації курсом (ССК) судна в умовах періодичних збурювань. Створена маневрена модель гвинтового надвеликого контейнерного судна. Для верифікації моделі змодельовані дані порівнювались з даними натурних випробувань. Наведено методику верифікації коефіцієнтів за спеціально розробленою цільовою функцією.

Верифікацію моделі здійснено співставленням з експериментальними результатами, отриманими при управлінні судном (маневри "циркуляція", "спіраль", "зігзаг", активне і пасивне гальмування). Проведено порівняння ефективності регуляторів різних типів (ПД, ПІД, релейного, нейромережного) у ССК.

Визначені переваги і недоліки різних типів регуляторів для різних режимів управління судном.

Запропоновано використання двоканальної ССК і простий метод уведення у ССК властивостей часткової інваріантності до вітро-хвильового збурення, заснований на непрямому визначенні головного збурення, що відхиляє судно від заданого курсу за умови, що головне збурення приведено до куту повороту стерна.

Приведена структура сучасної системи руху судна за необхідною траєкторією, проведено порівняльне моделювання цього процесу з використанням ПІД, нейромережного і нечіткого регуляторів. Наведено порівняння різних режимів руху, визначена їх ефективність. Доведено, що нейро-регулятор руху має робастні властивості. З метою аналізу системи автоматичного проходження вздовж траєкторії (САПТ) із застосуванням різних алгоритмів управління проведено моделювання процесів управління судном при маневруванні. Модель САПТ синтезована окремо, а моделювання полягає у розрахунку таких маневрів як "Стабілізація" і "Плановий маневр" з урахуванням впливу збурень.

Доведено, що при управлінні судном на траєкторії, необхідно оптимізувати два паралельно працюючих закони управління: за відхиленням від заданого курсу і за відхиленням від заданої траєкторії. Наведені напрями подальших досліджень.

## 7. Оформлення дисертації та автореферату

Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує їх добре сприйняття.

Оформлення дисертації проведено згідно вимог п. 10, п. 12, п. 14 "Порядку присудження наукових ступенів".

Автореферат обсягом 40 друкованих сторінок добре оформлений. Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів». Зміст автореферату повністю розкриває зміст основних наукових положень дисертаційної роботи.

Розсилка автореферату здійснена 24 грудня 2020 року з розміщенням за адресою <http://onma.edu.ua/spetsializovana-vchena-rada-d-41-106-01>.

Запозичень у тексті дисертації чужих праць і ідей без посилань на першоджерела та невідповідності змісту дисертації, автореферату і Паспорту спеціальності 05.22.20 не виявлено.

## 8. Використання в докторській дисертації результатів наукових досліджень, на основі яких захищена кандидатська дисертація

Результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію за темою "Повышение адаптивности и безотказности судовой рулевой установки" за спеціальністю 05.05.03 – двигуни і енергетичні установки, не використовуються у матеріалах докторської дисертації здобувача і не виносяться на її захист.

При загальній оцінці дисертаційної роботи, слід зазначити, що вона є завершеним і цілісним дослідженням з чіткою структурою і логічним викладом матеріалу. Зміст дисертації узагальнює опубліковані дослідження здобувача, а виклад математичних доведень здійснюється сучасним аналітичним апаратом.

## 9. Зауваження

1. Під час аналізу літературних джерел (напр. стор. 49) автор стверджує, що способи комплектації економічно неефективні, але не розкриває критерії ефективності, на яких ґрунтується таке твердження.

2. На стор. 52, під час аналізу відносної собівартості відповідного обладнання, питання оцінки енергетичної ефективності СЕУ із валогенераторами слід виокремити і провести оцінку за відповідними критеріями.

3. У формалізованій логічній схемі алгоритму (ЛСА) (формула 1.8 на стор. 57) порушено послідовність процесу дисертаційного дослідження, коли головне завдання стоїть перед головною метою.

4. На стор. 74 не розділені значення термінів: «оператор» як людина, що виконує якусь дію та елементарних «операторів» алгоритму управління.

5. На стор. 79 не зрозуміло що мається на увазі під «адекватною формою надання всіх видів інформації». Адекватною чому?

6. У підрозділі 3.2 розроблено оригінальний метод вимірювання електроенергетичних параметрів САЕЕС на основі мультипліційної обробки гармонійних величин. Суть методу полягає у підвищенні швидкодії вимірювання групи ключових електричних параметрів шляхом обчислення моментів часу виміру амплітудних значень лінійних напруг та фазних струмів, базуючись на характерних точках гармонійних величин. Але зазначений метод ефективний лише при

відсутності таких спотворень синусоїдальної напруги, як високочастотні гармоніки, що виникають при використанні потужних частотних перетворювачів. Яким чином ураховується зазначена проблема у роботі не показано.

7. У підрозділі 4.1, стор. 119, серед завдань для забезпечення функції управління судновою електростанцією у нормальних, аварійних і передаварійних режимах відсутнє завдання контролю підключення до ГРЩ потужних споживачів (handling of heavy load requests) яке є обов'язковим для сучасних систем управління у судових ЕЕС, як приклад, згідно: Rules for classification: Ships — DNVGL-RU-SHIP Pt.4 Ch.8. Edition July 2019 Page 197 Electrical installations.

8. Підхід з використанням методу «гнучких порогів» при змінах навантаження СЕЕС, запропонований і показаний у підрозділі 4.3, щодо визначення часової затримки, справедливий для викиду встановився (квазістатичний режим), тобто коли протягом часу  $t_{PH}$  імовірність подальшого збільшення навантаження мала. У той же час, як показує практика, на окремих рівнях завантаження СЕЕС мають місце істотні коливання стандартного відхилення  $\sigma_x$  відносно його середніх значень. Неврахування цих коливань може за час затримки привести до перевантаження двигуна, що є істотним недоліком методу.

9. ЛСА, що описують процеси управління в автоматичних системах будь якого типу, не повинні закінчуватися оператором, що зупиняє процес моніторингу ( $S_k$  – кінець ЛСА), а має буди безумовний перехід до точки моніторингу стану системи (стор. 176, 180, 186, 191).

10. На стор. 198 автор розділяє поняття «кут зрушення» та «кут зсуву», що, з точки зору неточності перекладу є несуттєвим, але, з точки зору понять суднової електроенергетики, може ввести читача в оману. При розгляді процесів синхронізації слід оперувати таким поняттям як «кут випередження».

11. На сторінках 202-203 дисертації наведено функціонал імпульсу випередження на включення генераторного автомату  $Y_{SW}(i) = f_2(\tau_{AB}, \tau_{p1}, \tau_{p2}, \tau_{yc})$ , який враховує власний час спрацьовування основних елементів каналу включення генераторного автомата, відповідно: автоматичного вимикача генератора, реле гальванічної розв'язки, проміжного реле й системи управління. Оскільки у сучасних системах немає можливості впливу (змінення) на інерційні характеристики кожного з цих елементів, а система синхронізації, що пропонується є адаптивною, вважаю недоцільним окреме використання елементів ланцюга спрацьовування генераторного автомату.

12. У роботі зазначено, що практична цінність дослідження полягає у тому, що отримані у дисертації основні результати можуть використовуватися при визначенні загальної архітектури складних СТС і К, які гарантують їх високу експлуатаційну ефективність, у тому числі – при експлуатації суден у складних умовах плавання. Не ясно, про які саме складні умови плавання йдеться мова, який їх вплив на роботу СЕЕС та яким чином вирішується завдання підвищення ефективності у цьому випадку?

Зазначені зауваження ніякою мірою не знижують наукову значущість дисертаційної роботи.

## 10. Висновок

Дисертація є закінченим науковим дослідженням, виконаним на високому науковому рівні з використанням сучасних засобів ведення наукових досліджень. Представлені результати є науково обґрунтованими, мають наукову новизну і практичне значення. Робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, зокрема, за пунктом «Створення наукових основ і методів розрахунку параметрів та управління ресурсом, надійністю й технічним станом засобів транспорту, розроблення методів підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту та їх функціональних систем, обладнання й засобів забезпечення їх працездатності».

Актуальність теми, ступінь обґрунтованості, достовірність і новизна наукових положень, висновків та рекомендацій дають підстави стверджувати, що дисертаційне дослідження Шевченка В. А. відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а також вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14, 15 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з постановами КМУ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016) та паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Вважаю, що Шевченко Валерій Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,  
професор, завідувач кафедри інформаційних  
технологій державного університету  
"Одеська політехніка"

Вичужанін В. В.

12.01.2021

