

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ
РАДА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ НУ «ОМА»

МАТЕРІАЛИ

І науково-технічної конференції молодих вчених
«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА
ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»

24 листопада 2021 року

м. Одеса



Одеса- 2021



I науково-технічна конференція молодих вчених
«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»
24 листопада 2021 року

Матеріали I науково-технічної конференції молодих вчених
Materials of the I Scientific and Technical Conference of Young Scientists

**ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА
ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ**

IтаTMBBT-2021

**INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES IN MARITIME AND
INLAND WATER TRANSPORT**

IandTMIWT-2021

Збірка матеріалів конференції

**24 листопада
2021 року
НУ «ОМА», Одеса, Україна**

**November 24
2021
NU «OMA», Odessa, Ukraine**



Матеріали I науково-технічної конференції молодих вчених «Інновації та технології на морському та внутрішньому водному транспорті» 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – 73 с.

Автори статей несуть персональну відповідальність за зміст та відсутність граматичних, синтаксичних та стилістичних помилок наданих матеріалів.

Усі статті перевіряються на оригінальність (плагіат) у відповідності до чинного положення щодо академічної доброчесності «Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату у наукових працівників та здобувачів вищої освіти НУ «ОМА»» №2-03-3 та РАМКОВОГО КОДЕКСУ академічної доброчесності № 2-03-93 Національного університету «Одеська морська академія».

ПЕРЕДМОВА

Шановні молоді вчені!

Вітаємо вас з випуском першого збірника тез доповідей науково-технічної конференції молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ» (ІтаТМВВТ-2021).

Основним завданням конференції є розвиток наукової та творчої активності студентів, аспірантів та молодих вчених, залучення їх до вирішення актуальних науково-технічних задач у транспортній галузі, обговорення широкого кола нових наукових і практичних результатів застосування сучасних інновацій та технологій на морському та внутрішньому водному транспорті, вирішення завдань сучасної науки, формування єдиного науково-освітнього простору, встановлення наукових зв'язків між молодими вченими.

До матеріалів конференції вошли праці молодих науковців по актуальним напрямкам наукових досліджень у транспортній галузі, які були розглянуті та пройшли обговорення на засіданнях у рамках наступних секцій:

- Секція 1** Навігація, морська інженерія та безпека судноплавства
- Секція 2** Управління судновими технічними системами і комплексами
- Секція 3** Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматизації
- Секція 4** Автоматизоване управління технологічними процесами
- Секція 5** Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси
- Секція 6** Менеджмент в галузі морського та річкового транспорту
- Секція 7** Морське право
- Секція 8** Освіта та наука у підготовці воєнних моряків.

Дана збірка матеріалів конференції стане корисною для її учасників а саме: при вступі до магістратури, при вступі до аспірантури, при захисті випускної кваліфікаційної роботи, при участі у стипендіальних та грантових програмах, тому запрошуємо усіх до участі у наступних конференціях **ІтаТМВВТ**.

Організатори висловлюють свою щирю подяку авторам доповідей та бажають всім надихнення, нових наукових ідей, відкриттів та плідної роботи для досягнення поставлених цілей та задач.

З повагою, Оргкомітет конференції ІтаТМВВТ-2021

З М І С Т

<i>Ду Сінъ, керівник Бушер В.В.</i>	7
ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ЧАСТОТИ В АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ	
<i>Собченко В.В., керівник Михайленко В.С.</i>	9
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУДНОВОЇ АВТОМАТИКИ	
<i>Глушко І.С., Осадчий Г.А., керівники Дранчук С.В., Завадський В.А</i>	12
РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ КВАЗІСИНХРОНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА «НАПРУГА – ЧАСТОТА» ДЛЯ СУДНОВИХ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ	
<i>Мринський О.І., керівник Михайленко В.С.</i>	14
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ КОРАБЛІВ	
<i>Глушко І.С., Осадчий Г.А., керівники Дранчук С.В., Завадський В.А.</i>	15
РОЗРОБКА ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ «НАПРУГА – ЧАСТОТА» ДЛЯ СУДНОВИХ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ	
<i>Маргуца Д. Р., керівник Михайленко В.С.</i>	17
ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ СУДНОВИХ ПАРОВИХ КОТЛІВ	
<i>Пащенко О.О., керівник Бушер В.В</i>	19
ГІБРИДНІ КОРАБЛІ ЯК МАЙБУТНЄ ІНДУСТРІЇ	
<i>Петков І.В., керівник Шевченко В.А.</i>	21
АЛГОРИТМІЧНИЙ ПІДХІД ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН	
<i>Сурілова А.О.</i>	23
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОДАЧІ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОФОРМЛЕННЯ СУДНОЗАХОДУ	
<i>Шевцова Д.В., керівник Костиця О.В.</i>	25
ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖУ МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ.	
<i>Широких К.С., керівник Майорова І.М.</i>	27
БІЗНЕС ПЛАНУВАННЯ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ В УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ	
<i>Захаров І.С., керівник Бушер В.В</i>	29
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ В СУДНОВИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ	

<i>Олейнік О.С., Морозовський Д.С., керівники Самонов С.Ф., Дубовик В.О.</i>	31
СИСТЕМА БЕРЕГОВОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА ВОДОТОНАЖНІСТЮ 1900 ТОНН	
<i>Навуніа А.Р., керівник Глазєва О.В.</i>	33
ALL ELECTRIC SHIPS: COMPARISON TO THE TRADITIONAL DIESEL ENGINE PROPULSION	
<i>Войнорович М. Р., керівник Будашко В.В.</i>	36
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТІВ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	
<i>Авер'янов А.І., керівник Гвоздева І.М.</i>	39
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПАРИ В СУДНОВІЙ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВЦІ	
<i>Цзян Хайлун, керівник Бушер В.В.</i>	41
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ЧАСТОТИ В ПОТУЖНОМУ АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ	
<i>Червяков С., керівник Бушер В.В.</i>	43
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ	
<i>Назаренко А.О., керівник Глазєва О.В.</i>	45
ГІБРИДНІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА СУДНАХ З ЕЛЕКТРОРУХОМ	
<i>Захаров І.С., керівник Будашко В.В.</i>	47
ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ НАПРУГИ СУДНОВИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	
<i>Умніков М.О., керівник Шабля О.М.</i>	50
СПОСОБ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПОВНОГО ОПОРУ АКТИВНОГО МНОГОПОЛЮСНИКА ПРИ УЗГОДЖЕНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ	
<i>Ципа А.В., керівник Власов В.Б.</i>	53
ФЕРРОРЕЗОНАНС В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНДУСТРІЇ	
<i>Бічев В.І., Артюх В.О., керівник Рябцов А.В.</i>	55
РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СУДНОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	
<i>Федорова Ю.М., керівник Вишневецький Л.В.</i>	60
АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ НА СУДАХ	



<i>Прокопов В.С., керівник Бушер В.В.</i>	61
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИСОКОВОЛЬТНИХ ПРИСТРОЯХ ПЛАВНОГО ПУСКУ	
<i>Литвак О.В., керівник Вишневський Л.В.</i>	63
ЦИФРОВИЙ ДАТЧИК НАПРУГИ СУДНОВОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА	
<i>Марчук Д.В., керівник Глазєва О.В.</i>	64
ФОРМУЛА КАРДАНО ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КУБІЧНИХ РІВНЯНЬ	
<i>Іванов Д.С., керівник Вишневський Л.В.</i>	68
АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СУДНОВИХ СПОЖИВАЧІВ	
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС	69

УДК 621.33, 621.316.71

ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ЧАСТОТИ В АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

Ду Сінь

Мета роботи – дослідження принципів формування багаторівневої вихідної напруги високовольтного перетворювача частоти та аналіз режимів роботи під час аварії одної з комірок при роботі з потужним асинхронним двигуном.

Для досягнення зазначеної мети вирішено наступні задачі:

- проведено аналіз принципів формування вихідної напруги високовольтних перетворювачів частоти;
- побудовано модель багаторівневого перетворювача модульного типу в середовищі Matlab / Simulink;
- проведено дослідження штатного та аварійного режимів при скалярному законі керування ШІМ каскадного АІН.

Вихідними даними для моделювання використано параметри схеми заміщення потужного АД марки ABB/AMD710X6T VABM.

Модель, загальна структура якої відображена на рис. 1, складається з блоків завдання частоти, які подаються на блоки формування синусоїдальних сигналів з необхідною відносною амплітудою та з додаванням 3-ї гармоніки з амплітудою $U_m / 6$ в синусоїдальні сигнали фазних напруг, та блоків обробки аварійних ситуацій, основу яких складає багатопозиційний перемикач, на вхід якого подається номер режиму: 0 – нормальний режим, 1 – аварія Н-модуля (обрано блок в фазі С), 2 – корекція аварії шляхом перемикання до 5-рівневого режиму роботи. Номер аварії формує блок damage.

При підготовці моделі було реалізовано можливість дослідження декількох особливостей: 1) в блоці завдання режиму роботи використано Stair Generator, який дозволяє змінювати часові інтервали між перемиканням режимів, що надало змогу оцінити вплив часу вмикання ключів Alarm на реакцію електродвигуна; 2) в блоці генерування синусоїдальних сигналів для кожної фази є можливість вимкнення / вмикання 3-ї гармоніки, що надає змогу також оцінити доцільність використання цього методу керування.

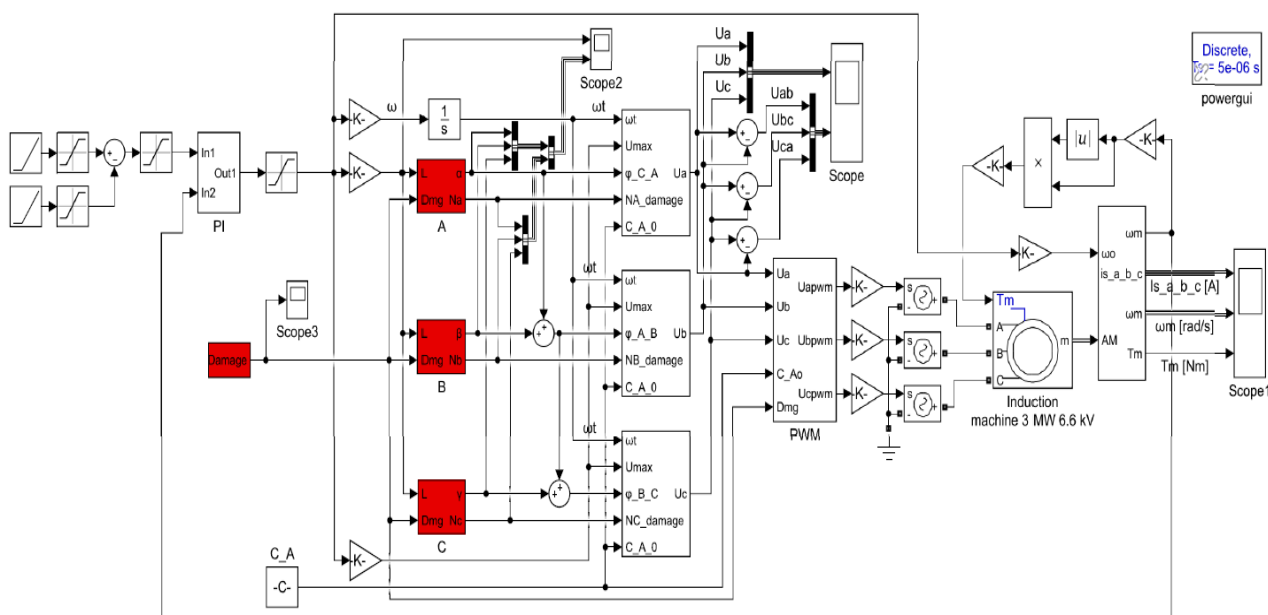


Рисунок 1. – Модель високовольтного каскадного перетворювача частоти з асинхронним двигуном та вентиляторним навантаженням

На рис. 2 надано графіки перехідних процесів струмів статора, швидкості та моменту при нормальній роботі електроприводу з додаванням 3-ї гармоніки, що підвищує на 15% ефективність використання ланки постійного струму.

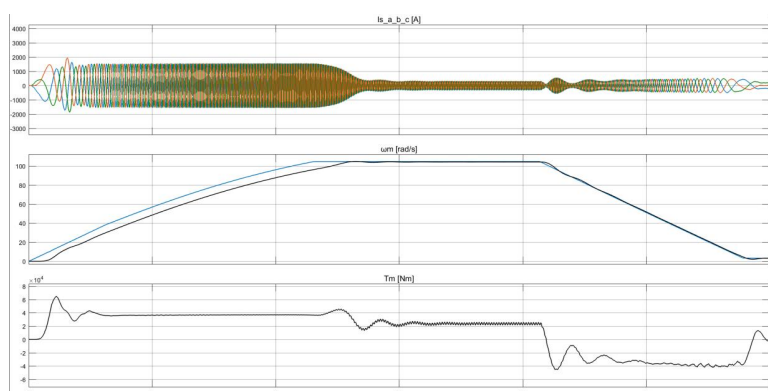


Рисунок 2. – Графіки перехідних процесів струмів статора, швидкості, моменту при нормальному стані системи

На рис. 3 надано графіки перехідних процесів при імітації аварійних режимів під час пуску та при гальмуванні. Враховано, що причиною аварій, як правило, є перевищення струмів. Тому під час пуску «аварія» виникає двічі – при досягненні першого максимуму моменту і струмів та наприкінці пуску, при гальмуванні – також при досягненні одного з максимумів моменту (струму). Внаслідок аварій виникає несиметрія струмів, найбільша наприкінці процесу пуску, короткочасно амплітуда струму в фазі С досягає 3500 А. Але найбільші ударні навантаження виникають при гальмуванні – момент перевищує номінальний майже у три рази. Зменшується також напруга перетворювача, що призводить до зменшення максимального моменту – час пуску збільшився на 1 s. При обробці аварії за 0.005 s роботу системи можна вважати ідеальною – стрибки моменту виникають тільки при гальмуванні та не перевищують 2-кратного номінального моменту, стрибки струмів майже відсутні. При 0.01 s ситуація не виходить за допустимі рамки – моменти не перевищують 2.5 номінального, струми незначно вище пускових.

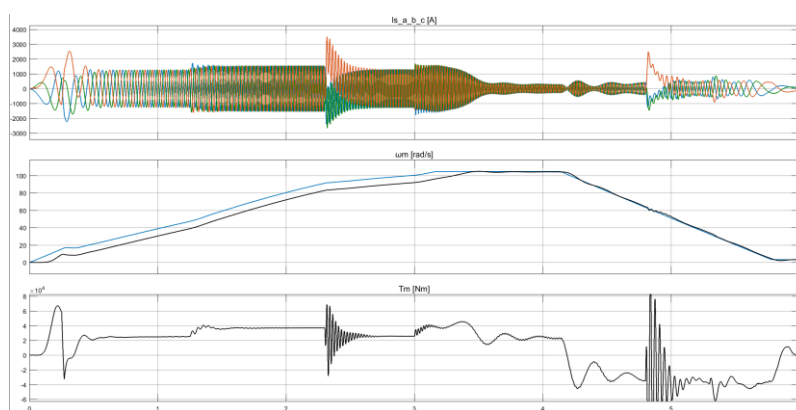


Рисунок 3. – Графіки перехідних процесів струмів статора, швидкості, моменту,
 $T_{ALARM} = 0.02 \text{ s}$

Отримані результати надають змогу зрозуміти, чому час діагностики та відпрацювання аварії є одним з ключових серед показників багаторівневих каскадних перетворювачів частоти. Але поки у світових лідерів в виробництві таких перетворювачів частоти цей показник становить не менш 0.02 s.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бушер, В.В. Дослідження високовольтних перетворювачів частоти в суднових електроенергетичних системах / В.В. Бушер, О.В. Глазева, К.О. Морозов, Космас Здрозис // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.11.2019 - 06.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С.231-237 http://femire.onma.edu.ua/docs/conf/Материалы%20конф_2019.pdf
2. Glazeva O V 2018 The use of high-voltage frequency converters as a method of increasing the energy efficiency index at the marine industry Materials of the scientific-methodical conference "Ship engineering, electronics and automation" pp 70–78.
3. Карпеленя, А.О. Бушер, В.В. Захарченко, В.М. Глазева, О.В. Оптимізація використання просторово-векторної модуляції при компенсації аварій в високовольтних каскадних перетворювачах частоти [Текст] / А.О. Карпеленя, В.В. Бушер, В.М. Захарченко, О.В. Глазева // Матеріали Х міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 24.11.2020 - 25.11.2020. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С.128-132 http://femire.onma.edu.ua/docs/conf/Материалы%20конф_2020.pdf
4. Busher, V., Chornyi, O., Glazeva, O., Tytiuk, V., Kuznetsov, V. G. and Tryputen, N. Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells / 15th International Scientific and Technical Conference "Problems of the railway transport mechanics PRTM2020". – October 22–23, 2020, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (DIIT), 2020, Sci. Eng. 985 012021 – pp.1–10 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012021>.
5. V. Busher, A. Shestaka, O. Chornyi, O. Glazeva, L. Melnikova and V. Tytiuk, "Method of Space Vector Pulse Width Modulation in High Voltage Cascaded Frequency Converter with Damaged H-cells," 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598782>

Ду Сінь (Китайська НР)

аспірант, національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса;

e-mail: dx838146903@gmail.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету

«Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 629.5.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУДНОВИЙ АВТОМАТИКИ

Собченко В.В.

Основна функція інтелектуальних САУ, яка якісно відрізняє їхню відмінність від інших САУ – це реалізація певних «розумних», людиноподібних міркувань і дій, вкладених у досягнення певної мети у відповідній предметній області. У більшості випадків, виконуючи якісь дії, людина сама точно не усвідомлює, як вона це робить. Йому невідомий алгоритм процесів розуміння тексту, впізнавання обличчя, докази теореми, вироблення плану дій, розв'язання задачі і т.д. Таким чином, будь-яке завдання, для якого невідомий алгоритм рішення, відноситься до галузі застосування систем штучного інтелекту. При вирішенні цих завдань людина діє, не маючи точного способу вирішення проблеми. Даний тип завдань має дві характерні особливості [1]:

- Використання інформації в символній формі (слова, знаки, малюнки), що відрізняє системи штучного інтелекту від традиційних комп'ютерних систем, що обробляють лише числові дані;

- Наявність можливості вибору - відсутність алгоритму рішення означає тільки те, що необхідно робити вибір між багатьма варіантами в умовах невизначеності.

Судова інтелектуальна автоматизація поєднує залежне від програмного забезпечення управління та регулювання з аналізом великих даних, що дозволяє використовувати адаптивну автоматизацію всіх служб та операцій на судні. В якості можливого використання інтелектуальних САУ розглянемо судову системцю моніторингу та управління (рис.1). Суднова система моніторингу і управління K-Chief 600 фірми Kongsberg може бути пристосована до індивідуальних вимог судна. Модульна конструкція дозволяє гнучко налаштовувати систему від низької складності (системи сигналізації) до високої складності (системи комплексного контролю і моніторингу).

Підсистеми, які можуть бути підключені [2]:

- система сигналізації і моніторингу;
- система контролю допоміжних механізмів;
- електроенергетична система;
- контроль пропульсивної установки;
- баластних система;
- система контролю вантажними операціями;
- система кондиціонування повітря;
- пожежна система та ін.

K - Chief 600 заснована на технології, яка використовує стандартні модулі. Вони пов'язані між собою за допомогою двосторонніх інформаційних шин і мереж. Таким чином система може бути налаштована для використання на будь-яких типів суден. Основним завданням даної системи є надання всієї необхідної інформації офіцерському складу для підтримки безпечної та ефективної роботи МО і судна в цілому. Системний аналіз комплексу систем управління технічними засобами (КСУ ТС) судової енергетичної установки.

Архітектура даної системи є модульною складається з операторських станцій і блоків обробки цифрових і аналогових сигналів (БОЦАС), які з'єднані між собою локальною інформаційною мережею. З'єднання системи є децентралізованим завдяки операторським станціям, що робить системи більш безпечною і простий в установці. Кожен БОЦАС грає свою роль і налаштований так, щоб він відповідав усім вимогам робочого процесу тієї області, де він функціонує. Завдяки такій гнучкій архітектурі, система може бути, з часом, розширена за допомогою підключення нових БОЦАС для контролю за новими робочими процесами або розширення функціональності.

Управління та нагляд за роботою всієї системи здійснюється за допомогою операторських станцій [2]:

• K-Gauge - система спостереження і контролю за вантажними і баластними операціями. Розташована в кімнаті управління вантажними операціями (cargo control room).

• K-Chief - система, яка розташована в центральному посту управління (engine control room), і здійснює контроль і управління всіма процесами в машинному відділенні. Має прямий зв'язок з операторською станцією K-Gauge.

• K-Bridge - система моніторингу за всіма можливими процесами на судні. Розташована на містку судна. Поєднана зі станціями K-Gauge і K-Chief за допомогою комутатора.

• K-Pos - система, що дозволяє управляти пристроєм, що підрулює. Ці операторські станції дозволяють здійснювати ручний і автоматичний контроль за всіма системами. Це можливо завдяки зручному інтерфейсу, який дозволяє легко користуватися системою як новому оператору, так і досвідченому. Вся необхідна інформація відображається на дисплеях, розташованих на операторних станціях.

Інтелектуальними судовими САУ, які об'єднали у собі методи традиційної ТАУ та інженерії знань, стали так звані активні експертні системи, або як їх назвали пізніше – інтелектуальні контролери. Експертна система – це система, орієнтована на зберігання, обробку та використання знань, метою якої є прийняття рішень з тих чи інших питань конкретної предметної галузі, наближених щодо якості до рішень, прийнятих людиною-експертом чи колективом експертів.

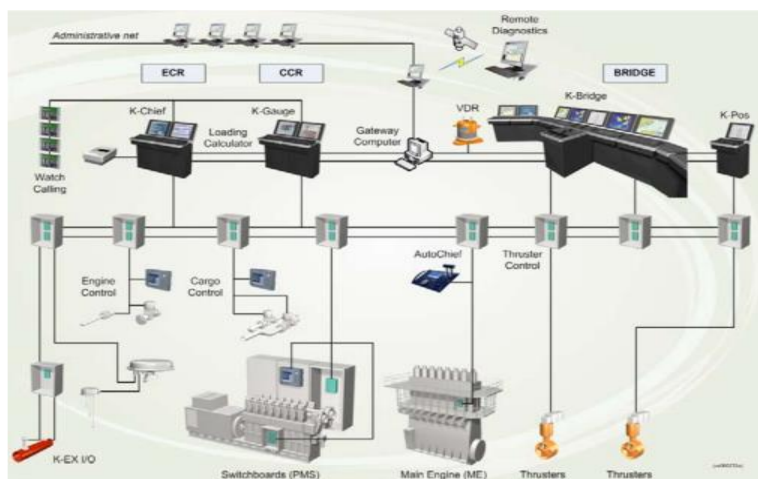


Рисунок 1 - Загальна схема системи управління
 Kongsberg K-Chief 600

фахівців-експертів (капітана і старшого механіка), засоби опису та заповнення бази знань, засоби введення-виведення для роботи з оператором. У міру вдосконалення експертних систем, як на методологічному рівні, так і на рівні технічної реалізації, рішення експертних систем перестали поступатися рішенням експертів-людей, а швидкість прийняття цих рішень суттєво перевершила швидкість реакції людини. Таким чином, закономірна ідея автоматизації діяльності таких систем шляхом включення до їх складу спеціальних додаткових автоматичних блоків введення інформації про об'єкт та блоків формування керуючих впливів на основі прийнятих оптимальних рішень до систем автоматичного управління та моніторингу на судах є перспективною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: МГТУ им.Баумана, 2013.– 348 с.
2. KONGSBERG specialises in developing advanced technologies. <https://www.kongsberg.com/ru/>
3. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д.Егупова.–М.: Издательство МГТУ им.Баумана, 2012.– 744 с.

СобченкоВадим Володимирович
 курсант, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
 e-mail: Sobchenko_VV@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович
 д.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматики суден національного університету
 «Одеська морська академія», м. Одеса;
 e-mail: vladmihailen@gmail.com

УДК 629.5.064.5

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ КВАЗІАСИНХРОННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА «НАПРУГА – ЧАСТОТА» ДЛЯ СУДНОВИХ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ

Глушко І. С., Осадчий Г. А.

Для квазіасинхронних перетворювачів «напруга – частота» (рис.1), які можна використовувати для суднових тензометричних датчиків [1] залежність частоти від параметрів інтегратора наступна:

$$f_{OUT} = \frac{U_{BX}}{R_{BX} \cdot I_{OP} \cdot T_{ИМП}}, \quad (1)$$

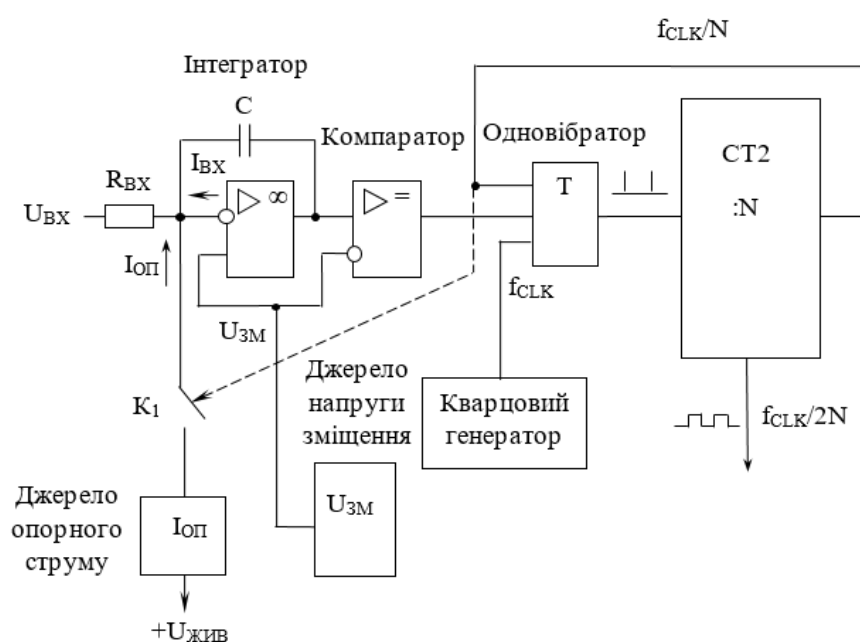


Рисунок 1 – Квазіасинхронний перетворювач «напруга – частота»

де $\frac{U_{BX}}{R_{BX}}$ - вхідний струм перетворювача;

I_{OP} – опорний струм, заряду інтегруючого конденсатору С;

$T_{ИМП}$ – тривалість імпульсу заряду інтегруючого конденсатору С.

Тоді коефіцієнт перетворення складає:

$$K_{II} = \frac{f_{OUT3} - f_{OUT0}}{U_{BX3} - U_{BX0}} = \frac{\frac{U_{BX3}}{R_{BX} \cdot I_{OP} \cdot T_{ИМП}} - \frac{U_{BX0}}{R_{BX} \cdot I_{OP} \cdot T_{ИМП}}}{U_{BX3} - U_{BX0}} = \frac{1}{R_{BX} \cdot I_{OP} \cdot T_{ИМП}}. \quad (2)$$

Використовуючи методи з роботи [2], при опорному струмі заряду інтегруючого конденсатору $I_{OP} = 0,04$ мА, та значенні вхідного опору $R_{BX} = 4$ кОм, тривалість імпульсу заряду інтегруючого конденсатору С повинна бути:

$$T_{ИМП} = \frac{1}{R_{BX} \cdot I_{OP} \cdot K_{II}} = \frac{1}{4 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 10^{-3} \cdot 6250} = 8 \text{ мкс}. \quad (3)$$

Таку тривалість імпульсів можливо отримати при опорній частоті кварцевого генератору - 1 МГц, після двійкового лічильника з коефіцієнтом ділення 16, оскільки

одновібратор виробляє лічильникові імпульси за фронтом імпульсів вхідної частоти опорного генератору. Для отримання вихідного сигналу з формою меандра, необхідно додатково розділити її на 2. Тому імпульс для керування ключем К1 необхідно отримувати після ділення опорної частоти кварцевого генератору двійковим лічильником у 16 разів, а сигналу вихідної частоти у 32 рази.

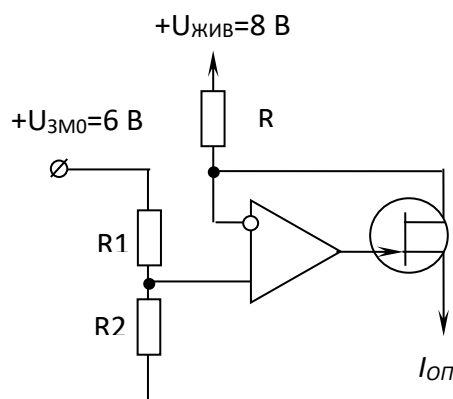


Рисунок 2 - Схема джерела опорного струму

Ємність інтегруючого конденсатора не впливає на вихідну частоту перетворювача, однак її значення повинно бути не менш:

$$C = \frac{T_{OP}}{R_{BX}} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^3} = 4 \text{ нФ} \quad (4)$$

Розрахуємо елементи схеми витікового джерела опорного струму (рис.2) заряду інтегруючого конденсатору $I_{OP} = 1 \text{ мА}$. Значення резистора R дорівнює:

$$R = \frac{U_{ЖИВ} - U_{ЗМО}}{I_{OP}} = \frac{8 - 6}{1} = 2 \text{ кОм}. \quad (5)$$

Таким чином, для нормальної роботи інструментального підсилювача та вузла перетворювача „напруга – частота” необхідно

мати опорні напруги 4 В, 6 В та 5,5 В, джерело стабільного струму на 1 мА, які потребують прецизійних резисторів зі значною температурною сталістю.

Висновки. Розроблено та розраховано елементи схеми вузла квазіасинхронного перетворювача «напруга – частота» для суднових тензометричних датчиків. Проведена робота дозволяє підібрати прецизійні резистори та отримати резистивний дільник з потрібними напругами для подальшої розробки принципової схеми прецизійного перетворювача.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дранчук С.М., Завадський В.А., Чайка А.В. Аналогово-частотний перетворювач для тензометричних датчиків суднового обладнання. Тезиси доклада на IX міжнародній науково-технічній конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 05.11.2019 – 06.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2019, с.50-54.
2. Завадський В. А., Харченко Р. Ю., Дранчук С. М., Цацко В. І. Пристрій для дослідження температурної сталості характеристик перетворювачів напруги в частоту. Техно логия и конструирование в электронной аппаратуре, 2021, № 3–4, с. 9–16. <http://dx.doi.org/10.15222/TKEA2021.3-4.09>

Глушко Іван Сергійович

магістр, Одеський національний морський університет, м. Одеса;

e-mail: vaspv@gmail.com

Осадчий Геннадій Аркадійович

курсант, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: osadchiyhennadiy@gmail.com

Науковий керівник Дранчук Сергій Миколайович

к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання та засобів автоматики

Одеського національного морського університету, м. Одеса;

e-mail: dranchuk.sergey@gmail.com

Науковий керівник Харченко Роман Юрійович

к.т.н., доцент кафедри морського радіозв'язку національного університету «Одеська морська

академія», м. Одеса;

e-mail: romannn30@gmail.com

УДК 629.5.063

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ КОРАБЛІВ

Мринський О.І.

Швидкий розвиток інтелектуальних систем та технологій у всіх галузях світової економіки формує, у найближчій перспективі, тенденцію на використання автономних кораблів у судноплавній галузі. Серед переваг безекіпажного судноводіння експерти відзначають підвищення безпеки судноплавства, зменшення чисельності екіпажу, удосконалення існуючої традиційної системи управління судами [1]. Крім підвищення рівня безпеки та виключення людського фактора при управлінні, впровадження системи бездротового управління вигідно завдяки здешевленню конструкції судна, збільшення місткості та скорочення операційних витрат на екіпаж. Планується, що впровадження масового використання автономних суден може зайняти кілька десятиліть: спочатку судноплавні компанії будуть використовувати кораблі з дистанційним керуванням оператором з берега і, відповідно, скороченою чисельністю судноводіїв, потім з'являться повністю автономні суди без екіпажу [2].

Таким чином, планується до впровадження морських автономних надводних кораблів, в англомовній термінології MASS - Maritime Autonomous Surface Ships. У зв'язку з тим, що деякі розробники оголосили про наявність розроблених технологій [3] для використання суден високої автономності для міжнародних рейсів, на 98-ій сесії Комітету з безпеки мореплавства ІМО влітку 2017 р. було прийнято рішення провести регулятивний огляд MASS. З урахуванням пропозицій, що надійшли від держав, на 99 сесії КБМ-99 у травні 2018 р. було засновано спеціальну робочу групу, яка виконала роботу з визначення галузі регулятивного огляду (РО) [1], включаючи цілі та завдання, методологію, інструменти, тип і розмір судів, попередні визначення та різні типи та концепції автономії, автоматизації, експлуатації та укомплектування екіпажем. Ступені автономності MASS пропонується класифікувати так:

1. судно з автоматизованими процесами та підтримкою прийняття рішень оператором агрегатів СЕУ та судноводіїв: екіпаж перебувають на борту для управління та контролю судових систем та функцій. Низка ключових судових САУ може бути адаптивними (без участі операторів).

2. дистанційно кероване судно з екіпажем на борту: судно контролюється і експлуатується з диспетчерського центра з берега, але скорочений екіпаж перебувають на борту для обслуговування СЕУ;

3. дистанційно контрольоване судно без мореплавців на борту: судно контролюється і управляється з центра судновласника. На борту немає екіпажу (адаптивні САУ агрегатів СЕУ з береговим оператором та групою ремонту, що на морській платформі здійснює профілактичне обслуговування СЕУ за графіком або викликом від берегового оператора);

4. повністю автономне судно: керуюча система судна здатна сама приймати рішення та самостійно визначати необхідні дії (інтелектуальні самонавчальні САУ).

Одночасно з розвитком інтелектуальних систем управління, зростають і певні побоювання серед технічних фахівців з експлуатації судових систем які не довіряють штучному інтелекту. Так, згідно з даними соціологічного дослідження, проведеного юридичною фірмою Kennedys, впровадження повністю автономного судноплавства займе кілька десятиліть, незважаючи на бурхливий розвиток технологій та постійну рекламу, що стверджує, що безпілотні судна – це майбутнє морської індустрії. Дослідники провели опитування 6 тис. осіб у таких країнах, як Великобританія, США, Австралія, Китай, Сінгапур та Гонконг. Загальна закономірність відображена у ширшій думці людей щодо автономних транспортних засобів (водних, наземних та повітряних), у Великій Британії частково автономні транспортні засоби підтримують 48% респондентів, а повну автономію – лише 28%.

За заявою компанії Kennedys, особливе занепокоєння у 67% опитаних викликають питання безпеки автономних пристроїв. Зокрема, 63% респондентів вказують, що більше довіряють судженню людини, аніж комп'ютера [4].

Також залишається відкритим питання, що якщо всі витрати на екіпаж будуть усунені (а, це не більше 6% від загальних витрат), то не зрозуміло, як відносно невеликі заощадження на крьюінгових витратах зможуть компенсувати додаткові витрати на будівництво та експлуатацію автономної системи дистанційно-керованої системи судна і його берегової інфраструктури?

Висновки. Таким чином, на наш погляд, у найближчій перспективі можливе лише застосування MASS та впровадження проектів тільки в межах внутрішніх вод прибережних держав на малі відстані та з невеликою кількістю членів екіпажу що здійснює обслуговування суднових агрегатів. Невеликі морські вантажні та судна постачання можна використовувати з меншою кількістю екіпажу, у разі використання часткової автономії у прибережних водах. А спеціалізовані судна та круїзні лайнери, у найближчому майбутньому збережуть високий рівень участі людини на борту.

ЛІТЕРАТУРА

1. IMO takes first steps to address autonomous ships. IMO Briefing: 08 25/05/2018. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-MASS-scoping.aspx>
2. Автономные суда — прорыв или большая ошибка? <http://www.mtelegraph.com/autonomous-ships.html>
3. Суда без экипажей: перспективы и варианты. <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/79474/>
4. Роботизированные суда без экипажа: проблемы и перспективы https://interlegal.com.ua/ru/publikacii/robotizirovannye_suda_bez_jekipaja_problemy_i_perspektivy

Мринський Олексій Іванович

курсант, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vervolf121@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович

д.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматизації суден національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vladmihailen@gmail.com

УДК 629.5.064.5

РОЗРОБКА ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ «НАПРУГА – ЧАСТОТА» ДЛЯ СУДНОВИХ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ

Глушко І. С., Осадчий Г. А.

В електрообладнанні сучасних суден поширено використовують тензометричні датчики: для вимірювання механічних навантажень на корпус судна [1]. Особливо це важливо при завантаженні суден сипучими матеріалами за допомогою конвеєрних ваг, для визначення тиску рідини у трубопроводах та ін.

Вихідний сигнал таких датчиків досить малий, що потребує спеціальних методів для підвищення завадозахищеності вихідного сигналу. Використання перетворювачів аналогового вихідного сигналу від тензометричних датчиків у частотний сигнал типу «меандр», які встановлюються безпосередньо поблизу тензометричного датчика, дозволяє передавати

сигнал від датчиків на значні відстані (до 1000 м) без переключень сигналу у вимірювальний пристрій. У цьому пристрої заміряється частота сигналу, яка пропорційна вихідному сигналу тензометричного датчика. Якщо частота сигналу не перевищує 1 МГц, то спеціальні вимоги для кабелю передачі частотного сигналу відсутні. Крім того, якщо для живлення блоку перетворення вихідного аналогового сигналу датчика у частоту використовувати джерело струму, то пошкодження лінії не викликає пошкодження вимірювального пристрою. У цьому випадку можливо сумістити канал живлення та канал передачі інформаційного частотного сигналу, тобто використовувати тільки два дроти [2].

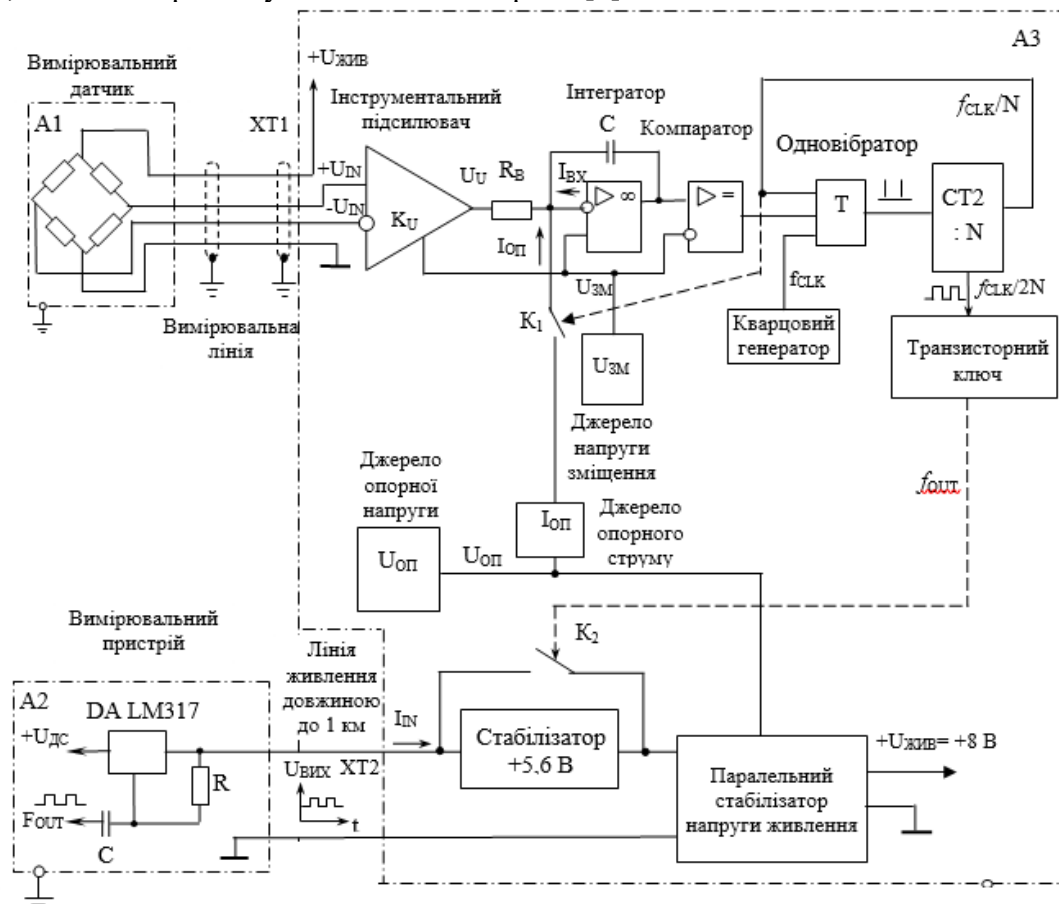


Рисунок 1 – Структурна схема прецизійного перетворювача «напруга – частота»

Метою дослідження даної роботи є розробка блоку синхронного перетворення аналогового сигналу тензорезистивного датчика в частотний сигнал типу меандр.

Структурна схема блоку перетворювача «напруга – частота» приведена на рисунку 1. Блок перетворювача «напруга – частота» A3 складається з наступних вузлів:

1. Інструментального підсилювача, призначення якого підсилити вихідний сигнал вимірювального датчика до рівня напруги, достатньої для роботи перетворювача.

2. Вузла квазісинхронного перетворення «напруга – частота», який складається з інтегратора, компаратора, одновібратора, двійкового лічильника, кварцового генератора опорної частоти, керуемого перемикача K1 та джерела опорного струму I_{OP} . Період слідування імпульсів на виході одновібратора пропорційний вихідному сигналу тензометричного датчика. Двійковий дільник дозволяє отримати вихідну частоту у вигляді меандру.

3. Паралельного стабілізатора, призначення якого давати стабільну напругу +8 В для живлення вимірювального датчика A1 та вузлів самого пристрою. Цій стабілізатор працює від джерела струму A2, розташованому в вимірювальному пристрої на значній відстані від блоку перетворювача «напруга – частота». Струм від джерела A2 (100мА) подається на паралельний стабілізатор за допомогою двохдротової лінії, довжина якої досягає 10^3 м.

4. Вузла формування вихідного частотного сигналу, призначення якого модулювати вихідним частотним сигналом джерело струму А2. Це дає змогу сумістити лінію живлення та вихідний частотний сигнал блоку перетворювача «напруга – частота». Цей вузол побудовано на транзисторному ключі К2 та стабілітрону з напругою стабілізації 5,6 В. В наслідок цього вихідний частотний сигнал має мінімальне миттєве значення напруги на рівні +8 В, а максимальне миттєве значення напруги на рівні 13,6 В.

5. Джерела початкового зміщення рівня інструментального підсилювача та інтегратора Уоп. Регулювання цієї напруги дозволяє встановити початкову частоту вихідного сигналу при вихідному сигналі тензометричного датчика рівному 0 мВ.

Висновки. Розроблено прецизійний синхронний перетворювач «напруга – частота», який дозволяє перетворювати вихідний аналоговий сигнал від тензометричних датчиків у частотний сигнал типу «меандр», який без перешкод можливо передавати на значні відстані у вимірювальний пристрій. Вихідні параметри перетворювача задовольняють вимогам для перетворювачів такого типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жадобин Н. Е., Королев, В. В., Заставный С. В., Контроль механических напряжений и деформаций в корпусе судна. “Контроль диагностика”, № 2, 2010. с. 38 — 43.

2. Дранчук С.М., Завадський В.А, Чайка А.В. Аналогово-частотний перетворювач для тензометричних датчиків суднового обладнання. Тезиси доклада на IX міжнародній науково-технічній конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 05.11.2019 – 06.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2019, с.50-54.

Глушко Ігор Сергійович

магістр, Одеський національний морський університет, м. Одеса;

e-mail: vaspv@gmail.com

Осадчий Геннадій Аркадійович

курсант, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: osadchiyhennadiy@gmail.com

Науковий керівник Дранчук Сергій Миколайович

к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання та засобів автоматики

Одеського національного морського університету, м. Одеса;

e-mail: dranchuk.sergey@gmail.com

Науковий керівник Завадський Віктор Афанасійович

к.т.н., професор кафедри морського радіозв'язку національного університету

«Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: vaaz@ukr.net

УДК 629.5.063

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ СУДНОВИХ ПАРОВИХ КОТЛІВ

Маргуца Д.Р.

На сучасних судах встановлюються водотрубні та вогнетрубні допоміжні парові котли, утилізаційні та водогрійні котли. Також, можуть бути встановлені стоянкові та утилізаційні термомасляні котли. Суднові парові котли можуть мати несправності, наявності яких забороняється вводити котел в роботу. Механіку треба знати ці несправності,

тому нижче наводиться їхній перелік. Отже, забороняється вводити в роботу паровий котел, що має такі несправності [1]:

- несправний запобіжний клапан, водовказівний прилад або манометр;
- несправні системи та клапани продування, подачі палива та повітря;
- несправні аварійні дистанційні приводи запобіжних, стопорних та швидкозапірних клапанів;
- тріщини у частинах котла;
- несправні АПС та автоматика захисту котла;
- утечі води у трубних решітках; руйнування обмурівки топки та захищених частин пароводяних та водних колекторів;
- деформація жарових труб; місцеві або загальні корозійні роз'їдання барабанів, листів, витончення труб;
- несправні конденсатори, фільтри поживної води, деаератори, пристрої для дозування для введення хімічних реагентів в котел і масловідділювачі.

Слід зазначити ряд особливостей, які необхідно враховувати при розробці та подальшої експлуатації суднових систем автоматичного управління (САУ) суднових парових котлів які функціонують в складних експлуатаційних умовах при частому впливі несприятливих внутрішніх і зовнішніх чинників, а саме: зміни парового навантаження, режимів роботи агрегатів СЕУ, навігаційної обстановки та ін. Згідно з нормативними вимогами до САУ котлів [2,3]:

- контури систем регулювання суднових парових котлів повинні володіти значною швидкодією з метою встановлення заданого парового навантаження. В перехідних режимах система автоматичного регулювання повинна забезпечувати підтримку регульованих величин з наступними відхиленнями – «... падіння тиску пару не повинно перевищувати 10 % номінального значення при зміні навантаження котла від мінімального до максимального за період не менше 60 с (без автонастроювання параметрів регулятора тиску пара) і за період не менше 150 с (з автонастроюванням параметрів регулятора). Тривалість перехідного режиму в САУ процесу горіння не повинна перевищувати 60 – 90 с, в залежності від парової продуктивності і призначення судового парового котла; автоматична система управління параметрами судового парогенератора повинна забезпечувати його ефективну роботу як в усталеному, так і в перехідному режимі в широкому діапазоні навантажень від 10 до 100 %.

- «... повинна бути забезпечена можливість дистанційного відключення топкових пристроїв і закриття заслінок утилізаційних котлів, що не допускають роботи». Система управління включає в свій склад ряд підсистем, які забезпечують функціонування системи управління в цілому».

До недоліків методології проектування [4] САУ суднових котлів можна віднести:

- пряму залежність ефективності роботи систем управління від використовуваних алгоритмів управління на стадії проектування, які не дозволяють враховувати складність і різноманіття можливих факторів, що збурюють, які впливають на роботу котлів;
- вплив на ефективність роботи котлів методики процесу налагодження САУ помилкових дій фахівців - наладчиків при ходових і швартових випробувань судна;
- залежність часу безвідмовної роботи агрегатів СЕУ від термінів профілактичного обслуговування та ремонту, які не завжди відповідають необхідному в силу бажання компанії мінімізувати витрати на простій обладнання. Як правило, обслуговуючий персонал СЕУ не має прав і повноважень на ремонт і оптимальну настройку сертифікованого обладнання засобів автоматики, яке перебуває на гарантійному обслуговуванні.

Висновки. Таким чином, можна підсумувати, що через зазначених вище обмежень, засоби автоматизації часто експлуатуються неефективно, що в свою чергу, як правило, призводить до зменшення надійності і довговічності роботи обладнання суднових котлів, перевитрати палива і підвищення рівня забруднення атмосфери тощо .

ЛІТЕРАТУРА

1. Дементьев К.С. Проектирование судовых парогенераторов / К.С. Дементьев, В.А Романов. – М.: Судостроение, 2016. – 336 с.
2. Нелепин Р.А. Автоматизация судовых энергетических установок / Р.А. Нелепин. – Л.: Судостроение, 1975. – 536 с.
3. Правила классификации и постройки морских судов. Часть X КОТЛЫ, ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ND N 2-020101-087 I. – Санкт-Петербург: Гипрорыбфлот-Сервис, 2016. – 120 с.
4. Сыромятников В.Ф. Наладка автоматики судовых энергетических установок / В.Ф. Сыромятников. – Санкт-Петербург: Судостроение, 2009. – 352 с.

Маргуца Денис Русланович

курсант, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: denismarguca505@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович

д.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматики суден, національний університет
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vladmihailen@gmail.com

УДК 621.316, 681.537

ГІБРИДНІ КОРАБЛІ ЯК МАЙБУТНЄ ІНДУСТРІЇ

Пашенко О.О.

З кожним роком вимоги що до зменшення забруднення навколишнього середовища з кораблів стають все жорсткіші. У прибережних водах розвинених країн входять у силу нові правила, що до якості палива. Саме тому приватні та держані компанії займаються розробкою нових методів більш ефективного використання енергії. Одним із напрямків розробок є використання батарей в якості резервного джерела електроенергії. Під використання цієї технології підпадає велика кількість типів кораблів. Головною метою є зниження об'єму шкідливих викидів у атмосферу за рахунок підвищення ефективності роботи дизель-генераторів. Завдяки використанню системи збереження електроенергії (СЗЕ) під час нормальної роботи судна можна тримати дизельний двигун у найбільш ефективному режимі роботи, а саме 80% від максимальної потужності та у разі виникнення потреби додаткової електроенергії гасити їх за рахунок батарей. (рис.1).

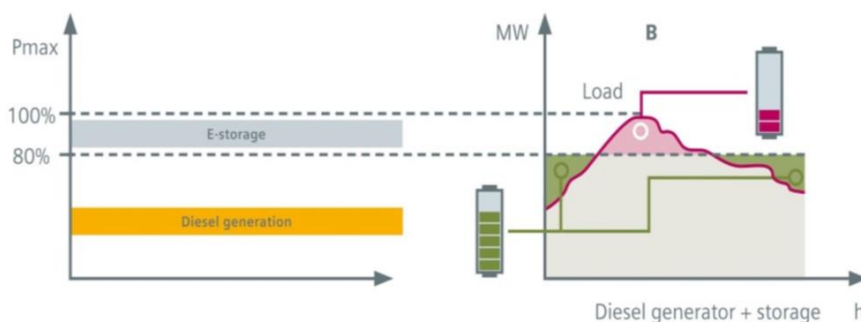


Рисунок 1 – Використання СЗЕ для гасіння пікових навантажень

На сьогоднішній день гіганти індустрії такі як Siemens Energy та Kongsberg Maritime AS активно встановлюють такі системи на кораблі, реальні графіки роботи системи збереження електроенергії від компанії Siemens зображено на (рис.2).

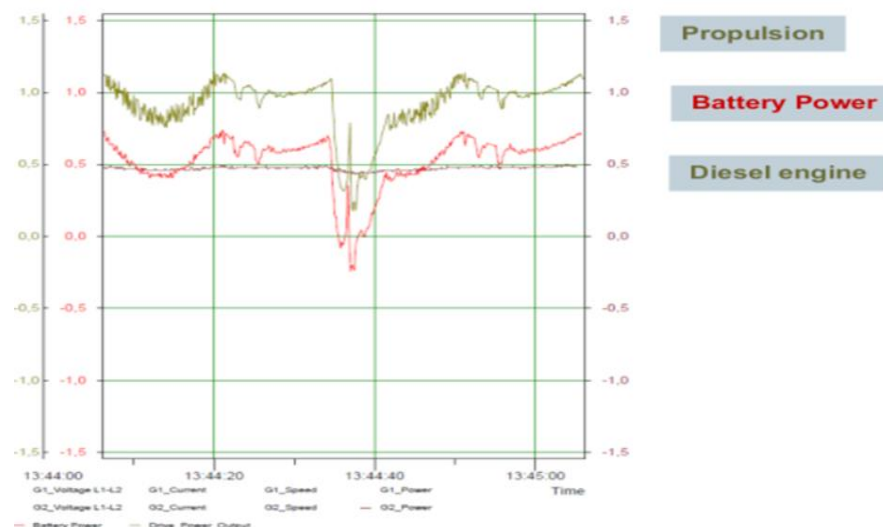


Рисунок 2 – Реальні робочі графіки СЗЕ

Розрахунок потужності батарей відбувається за індивідуальним підходом до кожного окремого випадку. Зазвичай у випадку використання дизель-електричного пропульсивного комплексу на судах, потужність батарей підбирається таким чином, що при повному знеструмленні судно може працювати 15-30 хвилин виключно на батареях у режимі маневрування. Система збереження електроенергії постачається на кораблі у вигляді модулів, які у разі несправностей можна легко замінити силами екіпажу. Для підтримання оптимального режиму роботи температура у батарейних секціях повинна підтримуватися у діапазоні 19-21 градусів Цельсія, це досягається завдяки водяному охолодженню кожної батареї окремо. Загальні характеристики та вид батарейної секції з встановленими модулями зображено на (рис.3).

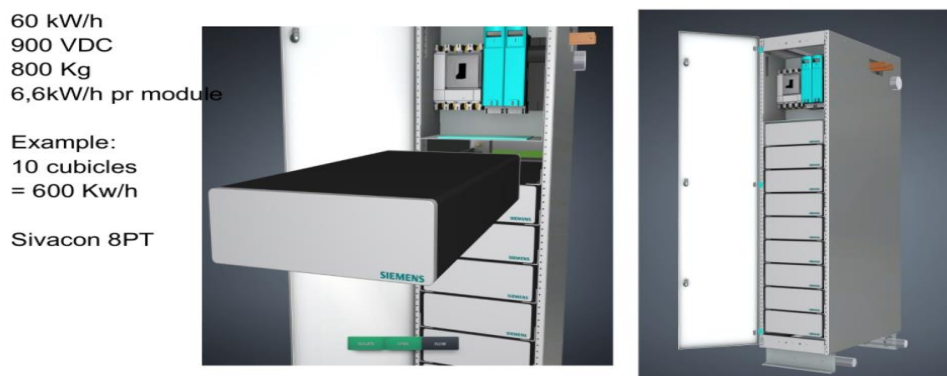


Рисунок 3 – Загальний вигляд та характеристики батарейної секції

Загалом використання батарей на судах дозволяє скоротити витрати палива на 12%, на 15% скоротити викиди вуглекислого газу та на 30% скоротити робочий час дизель-генераторів у випадку використання системи у офшорному секторі.

Висновки. Існує багато альтернативних видів зменшення забруднення атмосфери викидами з кораблів, але саме використання систем збереження електроенергії на базі батарей безумовно має яскраве майбутнє та великий потенціал у цьому секторі.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.siemens-energy.com/global/en/offerings/storage-solutions/battery-energy-storage/bluevault.html>
2. Nitrogen Oxides (NO_x)—Regulation 13.
Available online: [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93Regulation-13.aspx)
3. Polakis, M.; Zachariadis, P.; de Kat, J.O. The Energy Efficiency Design Index (EEDI). In Sustainable Shipping; Psaraftis, H.N., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 93–135. ISBN 978-3-030-04329-2

Пащенко Олександр Олегович

магістр, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: pashchenko2704@gmail.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету

«Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 621.317.1

АЛГОРИТМІЧНИЙ ПІДХІД ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Петков І.В.

Актуальність досліджень. Зростання потужності та ускладнення конфігурації сучасних суднових електроенергетичних систем (СЕЕС), обумовлене, у першу чергу, необхідністю підвищення економічної та екологічної ефективності морських вантажоперевезень, вимагає удосконалення процесів моніторингу та управління такими системами. Сучасні швидкодіючі системи вимірювання параметрів електроенергії особливо затребувані на судах з комбінованими та гібридними електричними пропульсивними комплексами, на судах з системами динамічного позиціонування та безпілотних судах з електрорухом [1-3].

Матеріали та методи. На рис. 1. наведені діаграми [4,5], що пояснюють сутність запропонованого способу виміру. У якості базових величин при визначенні вихідного стану оберемо лінійні напруги генератора. Оскільки система трифазна, то число можливих станів дискретних сигналів, що відображають півперіоди синусоїд, буде дорівнювати шести. Можливі набори станів для послідовності чергування лінійних напруг U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} позначимо $C_1, \dots, C_6$ так, щоб порядковий номер стану збігався з його двійковим кодом, тобто $C_1 - 001$ ($U_{AB}=0$; $U_{BC}=0$; $U_{CA}=1$); $C_2 - 010$; $C_3 - 011$; $C_4 - 100$; $C_5 - 101$; $C_6 - 110$. Кожний стан визначає єдиний можливий за критерієм швидкодії шлях (алгоритм) розв'язання завдання виміру.

Аналіз значень цих бітів дозволяє визначити напрямок потужності генератора. При цьому, якщо U_{BC} переходить:

$\left. \begin{array}{l} \text{від } 0 \text{ до } 1, \text{ а } I_A = 0, \\ \text{від } 1 \text{ до } 0, \text{ а } I_A = 1 \end{array} \right\} \text{ генераторний режим; } \left. \begin{array}{l} \text{від } 0 \text{ до } 1, \text{ а } I_A = 1, \\ \text{від } 1 \text{ до } 0, \text{ а } I_A = 0 \end{array} \right\} \text{ руховий режим.}$

Для визначення моментів часу виміру амплітудних значень струму та напруги робиться відлік одиничних часових інтервалів від лінії 2 до моментів зміни стану бітів I_A і U_{BC} (лінії 3 і 4, відповідно). Отримані у такий спосіб цифрові коди дозволили визначити значення фазового куту φ і період T . У даному прикладі цифровий код інтервалу (лінія 2 – лінія 3) відповідає величині $(90^\circ - \varphi)$, а код інтервалу (лінія 2 – лінія 4) величині $1/6T$. Ця інформація дозволяє

визначати моменти виміру амплітудних значень напруги U_{BC} і фазних струмів I_A , I_B , I_C (відповідно, на лініях 5, 6, 7, 8), що впливають один за одним інтервалом $\tau = 1/6T$.

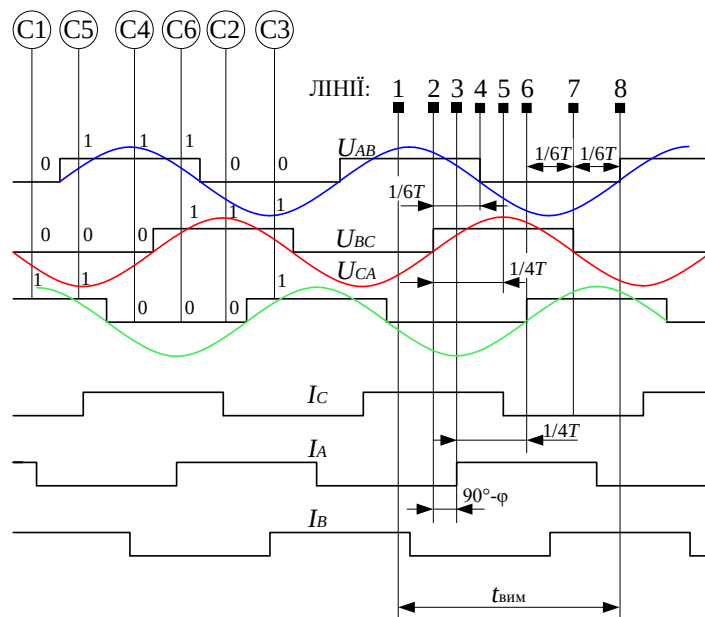


Рисунок 1 – Діаграми, що пояснюють спосіб багатомірного виміру параметрів електроенергії

Ураховуючи викладене, алгоритм програми виміру параметрів електроенергії ГА PRMP, записаний мовою ЛСА, зводиться до наступного вираження:

$$PRMP = S_{II} \cdot A_1 \cdot P_1 \uparrow P_2 \uparrow P_3 \uparrow \omega \downarrow U_1 \omega \downarrow P_2 \uparrow \omega \downarrow P_3 \uparrow U_2 \omega \downarrow U_3 \omega \downarrow P_3 \uparrow \omega \downarrow P_3 \uparrow U_4 \omega \downarrow U_5 \omega \downarrow U_6 \omega \downarrow A_2 \omega \downarrow MR_I \uparrow MR_{II} \uparrow A_3 \cdot A_5 \downarrow MR_{III} \uparrow A_8 \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \cdot A_{12} \downarrow P_{13} \uparrow A_6 \downarrow PC_I \cdot A_{17} \cdot PC_{II} \cdot A_{17} \cdot PC_{III} \omega \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \downarrow MR_{II} \uparrow A_9 \cdot A_{13} \omega \downarrow MR_{II} \uparrow A_7 \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \downarrow P_{14} \uparrow \omega \downarrow S_K$$

де S_{II} і S_K – початковий і кінцевий оператори; P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 і P_6 – перевірка умов $U_{AB} = 0$; $U_{BC} = 0$; $U_{CA} = 0$; $U_{AB} = 1$; $U_{BC} = 1$ і $U_{CA} = 1$, відповідно; $P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}$ і P_{12} – перевірка умов $I_A = 0$; $I_B = 0$; $I_C = 0$; $I_A = 1$; $I_B = 1$ і $I_C = 1$, відповідно; P_{13} і P_{14} – перевірка умов рахування $N_{CT} = 1/4T + (90^\circ - \varphi)$ і $N_{CT} = 1/4T + \varphi$, відповідно; $U_1 - U_6$ оператори управління записом умов стану параметрів у відповідні комірки пам'яті, наведені у таблиці 1; A_1 – оператор введення цифрового коду напруг $U_{AB} - U_{BC} - U_{CA}$; A_2 – видача аварійного сигналу "Порушено чергування фаз"; A_3 і A_4 – реєстрація станів "Генераторний режим роботи ГА" і "Руховий режим роботи ГА", відповідно; ω – безумовний перехід.

Отримані результати та їх обговорення. У роботі запропоновано спосіб та розроблено алгоритм вимірювання параметрів електроенергії суднової електроенергетичної системи, що базується на аналізі характерних точок гармонійної напруги та струму у реальному часі.

Алгоритм дозволяє розроблювати швидкодіючі системи управління процесом виміру, як для трифазних, так і для багатофазних систем електрозабезпечення; алгоритм універсальний, легко адаптується у будь-які суднові електроенергетичні системи вимірювання, управління і моніторингу, має низьку вимірювальну похибку та легку технічну реалізацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Budashko, V. Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes / V. Budashko, V. Nikolskyi, O. Onishchenko, S. Khniunin / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2016, V. 3, № 8(81), pp. 10-21. Doi:10.15587/1729-4061.2016.72543.
2. Pipchenko, A. D. Vessel heading robust automatic controller for varying conditions [Text] / A. D. Pipchenko, V. A. Shevchenko // Marine Intellectual Technologies. – 2018. – V. 4, I. 4(42). – P. 208-214.
3. I. Hvozdeva, V. Myrhorod, V. Budashko and V. Shevchenko, "Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets", 2020 IEEE 15 th International Conference in Advanced Trends in Radioelectronics Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), pp. 350-354, 2020.
4. Пономаренко В.В. Спосіб підвищення швидкості вимірювання параметрів суднових електроенергетичних систем / В. В. Пономаренко, В. А. Шевченко, Ю. І. Теплов // X Міжн. наук.-техн. конф. «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» (SEEEA-2020). 24-25 листопада 2020 р. – Одеса: НУ «ОМА». – С. 68-75.
5. Шевченко В. А. Алгоритм быстрой оценки параметров судовых электроэнергетических систем // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – 2018. – №3(244). – С. 136 – 141.

Петков Ігор Віталійович

*магістр, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: petkov_iv@gmail.com*

Науковий керівник Шевченко Валерій Анатолійович

*д.т.н., професор кафедри електрообладнання і автоматики суден національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vash4891@gmail.com*

УДК 347.79 - 043.61 (045)

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОДАЧІ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОФОРМЛЕННЯ СУДНОЗАХОДУ

Сурілова А.О.

Актуальність. Для України важливим є спрощення бюрократичних процедур на морському транспорті. Це покликане зменшити навантаження на порти, прискорити перевалку вантажів. У свою чергу, ці заходи мають стимулювати економічний розвиток, зріст доходів, капіталу, рентабельності. Однак, на шляху реформ часто стають дрібні перепони організаційного характеру. Така доля не оминула впровадження автоматизованої системи подачі, перевірки та оформлення суднозаходу (далі – Автоматизована система, АС). Нижче ми розглянемо нормативно-правові документи, які визначають основу для впровадження цієї системи, а також зазначимо, у чому полягають проблеми цього процесу та шляхи їх вирішення.

Методи. Ми проаналізували нормативно-правову базу за предметом дослідження, а також фактологічну інформацію, яка міститься у вільному доступі. Головною метою було встановити відповідність введення АС нормам законодавства та міжнародним стандартам.

Результати. Згідно з морською доктриною України [1], уряд та підпорядковані йому міністерства, а також їх територіальні одиниці, мають вживати всіх необхідних заходів з метою дерегуляції та лібералізації процедур у портах. Це покликане сприяти гармонізації та стандартизації процесів, зменшенню корупційних ризиків, збільшенню пропускної спроможності портів, скороченню часу перевалки вантажів тощо.

Відповідно до умов Конвенції FAL [2], уряди країн-підписантів мають вживати всіх необхідних заходів для спрощення формальностей у міжнародному морському судноплавстві

при прибутті, вибутті, оформленні суден в порту. Згідно з останньою редакцією Додатка до Конвенції [2], запроваджено принцип "єдиного вікна", відповідно до якого всі документи, які раніше подавалися в паперовому вигляді, тепер подаються в електронній формі.

У цьому зв'язку можна згадати й інші нормативно-правові акти. Наприклад, відповідно до Постанови уряду № 971 від 21.10.2020 [3], електронний документообіг в морських портах України належить до інформаційної системи портового співтовариства (ІСПС), яка належить до відання Адміністрації морських портів України (АМПУ). Вона затверджує порядок використання ІСПС та форму документів, які в ній використовуються.

Як зазначає Н.Г. Аягут [4, с. 103-104], до недоліків правового регулювання діяльності інформаційних (електронних) систем документообігу в морських портах України належить недостатній рівень правової визначеності термінів, які застосовуються по відношенню до таких систем, відсутність єдиного нормативно-правового акту, яким би регулювалася діяльність ІСПС, а також їх невизначений статус. У зв'язку з цим, пропонується прийняти на рівні уряду єдиний документ, яким було б визначено статус електронних систем документообігу в морських портах України. Альтернативним варіантом є їх віднесення до законодавства про адміністративні послуги.

Стосовно ж Автоматизованої системи, відповідно до інформації, вказаної на сайті Державної служби морського та річкового транспорту (МАРАД), АС запроваджено згідно з Наказом голови служби від 14.01.2021 за № 10 [5]. Однак, на момент написання тез доповіді, цей документ на сайті відсутній, ознайомитися з ним немає можливості. У самій публікації служби, яка присвячена АС, є посилання на інструкцію для суднових агентів по використанню АС, а в разі виникнення питань пропонують звертатися за адресою е-пошти: port@marad.gov.ua. Для створення профілю в системі судновому агенту пропонується спочатку заповнити заявку, яку слід надіслати на вказану адресу е-пошти.

Запровадження АС викликало критику з боку агентського товариства [6]. Наприклад, як зазначається в публікації Асоціації морських агентств України, ініціатива по застосуванню АС виходить за рамки принципів, окреслених в Конвенції FAL стосовно "єдиного вікна". Крім цього, вимога про надання листа від власника судна, в якому він погоджується з представництвом суднового агента, не передбачається іншими законодавчими актами України, а сам агент має право не подавати таких відомостей, згідно зі ст. 302 Господарського кодексу про нерозголошення конфіденційної інформації свого принципала. До того ж, укладення договору про адміністрування АС з приватною структурою, якою виступила ТОВ «ФТЛ КОМПАНІ ЛТД», ніяк не відображено ні на вебсайті МАРАД, ні на державному вебсайті публічних закупівель. У зв'язку з цим, територіальний орган Антимонопольного комітету висловився про наявність ознак порушення законодавства про економічну конкуренцію в зв'язку із введенням в дію АС [7].

Обговорення. Як бачимо, організаційно-правові аспекти функціонування АС залишаються недосконалими та непрозорими, що викликає справедливе нарікання з боку суднових агентів. Для того, щоб виправити ситуацію, перед введенням АС в дію необхідно провести консультації із зацікавленими сторонами, учасниками оформлення суден в порту, а також передбачити АС на вищому рівні правового регулювання, ніж наказ голови Морської адміністрації. Важливо також пам'ятати про обов'язкову відповідність таких ініціатив принципам та стандартам Конвенції FAL, зокрема, щодо впровадження та функціонування "єдиного вікна".

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року. Постанова Кабінету Міністрів України; Доктрина від 07.10.2009 № 1307. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-%D0%BF#Text> (дата звернення: 22.11.2021).
2. Резолюція FAL.12(40). ІМО. 08.04.2016.
URL: <https://prominvest.ru/sites/default/files/download/FAL40-19.pdf> (дата звернення: 22.11.2021).
3. Про затвердження Порядку взаємодії між декларантами, їх представниками, іншими заінтересованими особами та митними органами, іншими державними органами, установами [...].

Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок, Перелік від 21.10.2020 № 971. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/971-2020-%D0%BF#n125> (дата звернення: 22.11.2021).

4. Аягут Н.Г. Електронні послуги як різновид господарської діяльності морського порту. International scientific and practical conference. Wloclawek, Republic of Poland. February 26-27, 2021. Baltija Publishing, 2021. С. 101-105.

5. Автоматизована система подачі, перевірки та оформлення суднозаходу. Державна служба морського та річкового транспорту України. 15.01.2021. <https://marad.gov.ua/ua/sluzhba-kapitaniv-portiv/oformlennya-sudnozahodu/avtomatizovana-sistema-podachi-perevirki-ta-oformlennya-sudnozahodu> (дата звернення: 22.11.2021).

6. Морська Адміністрація створила схему на користь ТОВ «ФТЛ КОМПАНІ ЛТД». Асоціація морських агенств України. 09.02.2021. <https://maritimebusinessnews.com.ua/2021/02/09/177411/> (дата звернення: 22.11.2021).

7. АМКУ перевірить систему оформлення суднозаходів Морської адміністрації. Порти України. 23.03.2020. <https://ports.ua/amku-proverit-sistemu-oformleniya-sudozahodov-morskoj-administracziej/> (дата звернення: 22.11.2021).

Сурілова Анастасія Олегівна,

*асистент кафедри морського права, інституту морського права та менеджменту суден
національного університету «Одеська морська академія», аспірант 3-го року навчання
судово-адміністративного факультету кафедри морського та митного права суден
національного університету «Одеська юридична академія».
e-mail: Makarevichn95@gmail.com*

УДК 347.795.3-049.5

ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖУ МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

Шевцова Д.В.

Найважливішим фактором забезпечення морського перевезення вантажів є безпека людського життя на морі.

Перевезення вантажів регламентована правилами глав VI та VII Конвенції по охороні людського життя на морі (SOLAS -74) [1]. Відповідно до правил VII глави SOLAS -74 Міжнародною морською організацією (ІМО) розроблений і постійно вдосконалюється Міжнародний кодекс морського перевезення небезпечних вантажів [2].

Міжнародною угодою з безпеки морського середовища є міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден МАРПОЛ 73/78, яка передбачає комплекс заходів щодо запобігання експлуатаційного та аварійного забруднення морів нафтою, рідкими речовинами, пакувальними шкідливими речовинами, стічними водами, сміттям, а також суднового забруднення повітряного середовища [3, с. 47].

Важливим документом в правовому забезпеченні морського перевезення вантажу є Конвенція про вантажну марку 1966 р. яка встановлює єдині принципи і правила, що стосуються граничного завантаження суден, що здійснюють міжнародні рейси [4].

Судно, до якого застосовується Конвенція, не може вийти в море, якщо воно не було оглянуто, на ньому не була нанесена вантажна марка і не видано Міжнародне свідоцтво про вантажну марку.

Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти від 1978/95 року (включаючи Манільські поправки 2010 року) має безпосереднє відношення до морського перевезення вантажів, особливо, до перевезення небезпечного вантажу в високих

широтах, адже тільки кваліфіковані та підготовлені члени екіпажу здатні здійснити успішне, безпечне перевезення вантажу та відповідати всім вимогам і нормативам, які встановлюються міжнародними конвенціями та кодексами, а також національним законодавством.

На національному рівні правове регулювання вантажних перевезень морським транспортом здійснюється Цивільним кодексом України, Господарським кодексом України, Кодексом торговельного мореплавства України, Законом України «Про транспорт» та рядом інших підзаконних нормативно-правових актів [5; 6; 7; 8].

Загальні засади діяльності з перевезень вантажів закріплені Законом України «Про транспорт» від 10 листопада 1994 р. У ст. 6 цього Закону вказується, що перевезення пасажирів, вантажів, багажу й пошти, надання інших транспортних послуг, експлуатацію та ремонт шляхів здійснюють залізниці, пароплавства, порти (пристані), автомобільні, авіаційні, дорожні підприємства, якщо це передбачено їхніми статутами [8].

Висновки. Підсумовуючи, слід зазначити, що у механізмі правового регулювання безпеки морських перевезень вантажу можна виділити наступні рівні:

- міжнародний, що базується на міжнародних конвенціях у сфері морського права;
- національний рівень, що включає в себе такі кодифіковані нормативні акти: ЦК України, КТМ України, Господарський процесуальний кодекс, Цивільно процесуальний кодекс. Крім цього, не останню роль відіграють спеціальні закони, стосуються правового становища сторін договору, суб'єктного складу перевізників тощо.

Отже, регулювання морських перевезень вантажу повинно здійснюватися виключно на засадах приватного права, а їх організація та безпека субсидіарно повинна забезпечуватися нормами публічного права.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974р. (СОЛАС-74) (SOLAS) від 1 листопада 1974 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_251#Text.
2. Про затвердження Правил перевезення небезпечних вантажів внутрішніми водними шляхами України від 4 квітня 2017 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0556-17#Text>.
3. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден від 2 листопада 1973 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_009#Text.
4. Міжнародна конвенція про вантажну марку від 5 квітня 1966 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007#Text.
5. Цивільний кодекс України від 16 січня 2003 року № 435-IV / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. 2003. №№ 40-44. С. 356.
6. Господарський кодекс України від 16 січня 2003 року № 436-IV / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. 2003. № 18, № 19-20, № 21-22. С. 144.
7. Кодекс торговельного мореплавства України від 23 травня 1995 року № 176/95-ВР / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. 1995. №№ 47, 48, 49, 50, 51, 52. С. 349.
8. Про транспорт : Закон України від 10 листопада 1994 року № 232/94-ВР / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. 1994. № 51. С. 446.

Шевцова Дар'я Вячеславівна

магістр, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: dashalime888@gmail.com

Науковий керівник Костира Олена Валиславівна

к.ю.н., доцент кафедри морського права національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: bev1@ukr.net

УДК 338.24(075.8)

БІЗНЕС ПЛАНУВАННЯ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ В УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Широких К.С.

Актуальність досліджень. Розвиток сучасної світової торгівлі ґрунтується на ланцюгах постачання і логістичних послугах, в яких судноплавні компанії виступають складним елементом такої системи. Лінійне судноплавство слугує основою для функціонування міжнародної морської торгівлі в контейнерах і створення глобальних інтегрованих логістичних систем. На даний час високі ціни на бункерування і завеликі витрати, які стосуються вантажних операцій в морських портах поставили лінійні компанії в жорсткі умови конкуренції.

Звісно, діяльність будь-якої судноплавної компанії має прагнення бути прибутковою. Розуміється, що потрібно правильно зробити дослідження і отримати відповіді на такі питання як: обрання вантажів для перевезення, напрям перевезення, відповідність судна екологічним і міжнародним вимогам, планування процесу перевезення і управління ним, вирішення фінансових питань щодо організації процесу перевезення, обслуговування судна в рейсі, управління екіпажем судна і управління персоналом компанії та інш. Для того щоб зрозуміти розмір прибутку, який планується отримати від процесу перевезення потрібно знати масу нюансів, починаючи з розміру експлуатаційних витрат, екологічні відрахування до кількості рейсів протягом року.

Мета дослідження полягає в тому, що потрібно знайти відповідь на питання: як вимоги циркулярної економіки впливають на процес складання бізнес плану судноплавної компанії? Може судноплавна компанія слугує лише ланкою в ланцюгах постачання, виконуючи функції транспортування вантажу, а вимоги циркулярної економіки потрібно висувати до організації самого ланцюга постачання?

Матеріали та методи. Щодо матеріалів дослідження, то автор опирався на сучасні наукові публікації з цієї проблематики, статистичні дані Світової організації торгівлі та звіти судноплавних компаній, що розміщено у вільному доступі в Інтернет.

Методи дослідження. До використаних методів дослідження слід віднести метод узагальнення, використання загально відомих методів обробки статистичної інформації.

Отримані результати та їх обговорення. Судноплавні компанії власний флот завжди обслуговували самостійно. Вони самі розробляють розклад руху суден, частоту їх заходу до портів і умови обробки вантажів в портах, забезпечують технічну підтримку суден.

В монографії [1, с. 63-101] зроблено аналіз Інтернет публікацій [2,3,4,5,6, 7], які пов'язані з міжнародними морськими перевезеннями, що дозволяє сформулювати сучасні проблеми міжнародного лінійного судноплавства з оглядом на вимоги циркулярної економіки: невідповідність тоннажу, який експлуатується вимогам охорони зовнішнього середовища; низька пропускна спроможність морських причалів і неузгодженість подання судна в морський порт серед різних судовласників; недостатня підготовленість берегового персоналу до роботи з вантажем і комерційним, операційним обслуговуванням суден; залежність виконання розкладу руху лінійних суден від нестабільних погодних умов; високий рівень забруднення атмосфери викидами вуглецю суднами застарілого терміну будування; висока вартість і низький рівень фрахтових ставок; інфраструктура міжнародних морських портів не пристосована до різкого зростання контейнерної місткості морських суден; недостатність енергоресурсів і питної води; посилення жорсткості конкуренції і вимог з охорони навколишнього середовища та інш.

Потрібно назвати і особливості сучасних тенденцій в розвитку морської індустрії: розвиток логістики, як складової процесу виробництва і збуту товарів; робота судноплавних компаній в ланцюгах постачання в мультимодальних сполученнях за єдиним контрактом; різке зростання контейнеро місткості морських суден на океанських лініях; зростання частки вантажів, які перевозяться в контейнерах; удосконалення судових силових установок з метою зниження викидів вуглецю і економією горюче мастильних матеріалів; удосконалення

ходових характеристики корпусу судна і його гвинторулевої групи; використання інформаційних технологій, які дозволяють контролювати всі необхідні економічні і технічні показники і параметри кожного судна в динаміці, з забезпеченням надання даних в береговий офіс судноплавної компанії; створення умов для безпечного судноплавства; консолідація багато національних судноплавних компаній в союзи, наприклад Strategic Alliances in Container Liner Shipping) [1, с.64-67].

Подальший розвиток логістики і ланцюгів постачання сприяє інтеграційним процесам окремих видів транспорту в єдину міжнародну транспорту мережу, наприклад, такі конгломерати як MAERSK GROUP, HYUNDAI, COSCO та інш., міжнародні морські альянси P3 Network, 2M, Ocean Alliance та новий альянс у складі якого шість світових контейнерних перевізників: Нарпг-Lloyd (країна Німеччина), Hanjin (країна Корея), «К» Line, MOL і NYK Line (країна Японія), Yang Ming Marine Transport Corporation (країна Китай), стають основними діючими компаніями в глобальних логістичних мережах постачання [1, с.77].

Висновки. Проведене дослідження дає можливість зробити такі висновки. По-перше, для того щоб бути конкурентоспроможною на світовому ринку морських перевезень судноплавна компанія обов'язково повинна виконувати усі вимоги з охорони навколишнього середовища. По-друге, зростання глобальної ролі ланцюгів постачання і процеси інтеграції окремих видів транспорту в єдину міжнародну транспорту мережу вимагають від кожного її учасника відповідати вимогам охорони навколишнього середовища і виконувати ці вимоги. По-третє, вимоги щодо охорони навколишнього середовища потрібно враховувати при складанні бізнес плану судноплавної компанії, що необхідно відображати в таких розділах бізнес плану, як робота з персоналом, (підготовка персоналу), експлуатація флоту (суден), фінансові витрати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Капитанов В.П. Бизнес процессы в судоходной компании и процесс управления: Монография/ В.П.Капитанов – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2017 – 120 с.: https://www.sworld.com.ua/files/content_kongr/bpskpu.pdf (дата звернення 21.11.21)
2. Container Shipping Industry – The Need of the Hour. – Access mode: <http://www.eos-intelligence.com/perspectives/?p=1636>. – Title from screen. (дата звернення 22.11.21)
3. Container shipping: a difficult market is helped along by low supply growth in 2016. – Access mode: [https://www.bimco.org/Reports/Market Analysis/2016/0125 ContainerSMOO 2016-01.aspx](https://www.bimco.org/Reports/Market%20Analysis/2016/0125%20ContainerSMOO%202016-01.aspx). – Title from screen. (дата звернення 22.11.21)
4. Container Shipping Today: Mega-Ships and MegaProblems. – Access mode: <http://www.supplychainbrain.com/content/blogs/thinktank/blog/article/container-shipping-today-mega-ships-and-mega-problems/>. – Title from screen. (дата звернення 20.11.21)
5. Karina H. Kjeldsen Classification of routing and scheduling problems in liner shipping. – Access mode: http://pure.au.dk/portal/files/44735387/Karina_H_Kjeldsen_thesis.pdf. – Title from screen. (дата звернення 21.11.21)
6. The Challenges Facing the Maritime Transport Industry. – Access mode: <http://www.guardian.co.tt/business-guardian/2012-08-08/challenges-facing-maritime-transport>. – Title from screen. (дата звернення 22.11.21)
7. International Trade Statistics 2015. – Access mode: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2015_e/its2015_e.pdf. – Title from screen. (дата звернення 22.11.21)

Широких Кирило Сергійович

*курсант першого курсу кафедри експлуатації суднових енергетичних установок
АМІ НУ «ОМА» м. Маріуполь
kiril.shirokikh1999@gmail.com*

Науковий керівник Майорова Ірина Миколаївна

*Професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок
Азовського морського інституту
Національного університету «Одеська морська академія» м. Маріуполь
yfdbufwbz@ukr.net*

УДК 621.33, 621.316.71

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ В СУДНОВИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

Захаров Іван

Мета роботи – розробка методу корекції лінійних напруг при пошкодженні секції високовольтної багаторівневої каскадної системи перетворювача частоти для мінімізації ударних навантажень під час переходу від штатного до аварійного режиму роботи, а також покращення електромагнітної сумісності судової високовольтної мережі з потужним асинхронним двигуном.

Частка високовольтних асинхронних та синхронних двигунів, які входять в систему електропривода насосів, вентиляторів, підрулюючих пристроїв, суттєва у парку електричних двигунів. Переведення їх у режим з регульованою частотою обертання забезпечує значний енерго- та ресурсозберігаючий ефект.

За принципом управління розрізняють два основних види перетворювачів частоти (ПЧ): ПЧ зі скалярним керуванням та ПЧ з векторним керуванням. ПЧ першого типу видають на виході напругу певної частоти і пов'язаної з нею амплітуди. Вони відрізняються відносно низькою вартістю, простотою конструкції та програмного забезпечення. Нижня межа регулювання швидкості становить близько 10% номінальної частоти обертання. Їх можна використовувати для керування відразу кількома двигунами. Скалярні ПЧ використовують для приводів насосних агрегатів, вентиляторів та інших пристроїв та обладнання, де не потрібно підтримувати швидкість обертання ротора незалежно від навантаження та з високою точністю. В ПЧ з векторним керуванням мікропроцесорні пристрої автоматично обчислюють взаємодію магнітних полів статора та ротора. ПЧ такого типу забезпечують постійну частоту обертання ротора незалежно від навантаження та високу якість перехідних процесів, точне відпрацювання тахограми. Вони використовуються для обладнання, де необхідно підтримувати необхідний момент при низьких швидкостях, високу швидкодію.

Серед високовольтних ПЧ найбільш широкого поширення набули багаторівневі каскадні перетворювачі частоти, одною з основних переваг яких є підвищення надійності за рахунок модульної конструкції, що спрощує, діагностику, дозволяє продовжувати роботу при пошкодженні окремих модулів, прискорює ремонт.

В роботі проаналізовано типову модель електроприводу з векторним керуванням ас3 в Matlab/SimPowerSystem та знайдено сигнали керування, які можуть бути модифіковані для використання в каскадних багаторівневих перетворювачах частоти. Обробка цих сигналів дозволяє отримати амплітуду та кут повороту вектору напруги, який необхідно передати в систему керування силовими ключами 4-квадрантних інверторів в фазах багаторівневого перетворювача частоти. Це дозволяє поєднати всі можливості векторного керування і методи корекції аварійних режимів – балансування лінійної напруги, в тому числі з додаванням 3-ї гармоніки, балансування базових векторів. Метод додавання 3-ї гармоніки дозволяє на декілька відсотків підвищити коефіцієнт напруги у різних варіантах аварій силових комірок, під час моделювання було виявлено, що метод додавання 3-ї гармоніки при балансуванні трикутника лінійної напруги із-за асиметрії форми фазних напруг підходить не для всіх варіантів аварій, тому у таких випадках цей режим роботи генератора опорних сигналів необхідно вимикати.

В табл. 1 показано коефіцієнти підвищення напруги за рахунок балансування (BPWM) та додавання 3-ї гармоніки (THPWM) і виділено найбільш ефективний метод. На рис. 1 показано форму фазних напруг при балансуванні трикутника лінійних напруг для деяких випадків в штатному (6-6-6) та аварійних (6-5-4, 6-4-4) режимах.

Таблиця 1. Коефіцієнти напруги 1-ї гармоніки за методами BPWM та THPWM

Na	Nb	Nc	U*BPWM	U*THPWM
6	6	6	1.000	1.155
6	6	5	0.942	1.036
6	5	5	0.885	0.957
6	6	4	0.878	0.931
6	5	4	0.821	0.858
6	4	4	0.755	0.743
6	6	3	0.809	0.836
6	5	3	0.751	0.760
6	4	3	0.673	0.634
5	5	5	1.000	1.155
5	5	4	0.929	1.014
5	4	4	0.861	0.915
5	5	3	0.861	0.917
5	4	3	0.781	0.796
5	3	3	0.691	0.649
4	4	4	1.000	1.155
4	4	3	0.910	0.982
4	4	2	0.8092	0.836
4	3	3	0.823	0.852
4	3	2	0.715	0.698

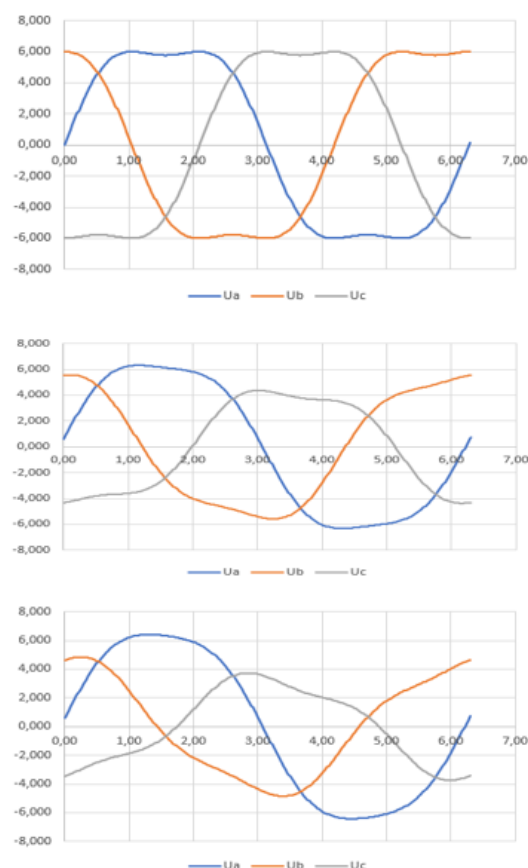


Рисунок 1 – Фазні напруги в штатному (6-6-6) та аварійних (6-5-4, 6-4-4) режимах

В роботі надано математичне обґрунтування, графіки та моделі, що пояснюють принципи реалізації керування асинхронним електроприводом з каскадними перетворювачами частоти в штатних та аварійних режимах, виконано детальне порівняння методів балансування лінійних напруг та додавання 3-ї гармоніки з оптимізацією зсуву фаз, вперше виявлено режими, де використання методу додавання 3-ї гармоніки не ефективне.

ЛІТЕРАТУРА

1. High voltage frequency converters Robicon PERFECT HARMONY 225 kW–120 MW // www.siemens.com/robicon-perfect-harmony
2. Busher, V., Chornyi, O., Glazeva, O., Tytiuk, V., Kuznetsov, V. G. and Tryputen, N. Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells / PRTM2020 – DIIT, 2020, Sci. Eng. 985 012021 – pp.1–10 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012021>.
3. V. Busher, A. Shestaka, O. Chornyi, O. Glazeva, L. Melnikova and V. Tytiuk, "Method of Space Vector Pulse Width Modulation in High Voltage Cascaded Frequency Converter with Damaged H-cells," 2021 MEES, 2021, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598782>

Захаров Іван

магістр, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vanya3zaharov@icloud.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 629.5.013:620.92 (045)

СИСТЕМА БЕРЕГОВОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА ВОДОТОНАЖНІСТЮ 1900 ТОНН

**Олейнік О.С.,
Морозовський Д.С.**

Динамічні зміни в економіці, що відбуваються у Східній та Південно-Східній Європі протягом останніх 15-ти років, викликали потребу та визначили перспективи для більш активного розвитку судноплавства на Дунаї, збільшення вантажних та пасажирських перевезень.

Судна пасажирського класу водотоннажністю 1900 тон, що мають 3 палуби, здійснюють круїзи річками Дунай та Рейн, а також їх притоками.

Під час круїзів судна здійснюють стоянки в портах України [1], Німеччини, Австрії, Угорщини, Словаччини, Румунії, а в період відстою можуть перебувати на якірних стоянках або затонах.

Сьогоднішні вимоги до екологічності, енергоефективності [2] порушують питання посилення уваги до судового обладнання з метою забезпечення безпеки мореплавання, а також обладнання причальних ліній портів, пунктів постійного та тимчасового базування суден і вимагають нових удосконалених рішень.

Для вирішення даних питань необхідні нові научні та практичні розробки з використанням сучасних технологій та засобів.

Важливе місце по даній темі займає забезпечення судових споживачів якісною електроенергією на період стоянки.

Саме за допомогою «чистої енергії» з використанням сонячних панелей та вітрогенераторів, які розташовані на береговій смузі, сучасних способів енергопостачання можна досягти виконання вимог екологічності та енергоефективності.

Для вирішення цього питання пропонується використання платформ або контейнерів з необхідним обладнанням та накопичувачами електроенергії з використанням акумуляторних батарей [3].

Причальна платформа системи електропостачання суден, яка доставляється буксиром в затон або місця стоянки повинна забезпечувати плавзасоби електроенергією. Крім того, платформа системи електропостачання суден може бути підключена до берегової мережі та забезпечувати судна якісною електроенергією по частоті та напрузі.

Також може бути використаний контейнер, до складу якого входить накопичувач електроенергії з акумуляторними батареями (АБ), аварійний дизель-генератор, трансформатори та перетворювачі. Він може бути розташований на самохідній баржі.

Використання джерел електроенергії «чистої енергії» замість дизель-генераторів на стоянках дозволяє:

1) зменшити вплив вихлопних газів на навколишнє середовище, що задовольняє міжнародним вимогам щодо обмеження викидів двоокису вуглецю, шкідливих сполук азоту та сірки;

2) проводити зарядку АБ накопичувачів електроенергії від берегової енергосистеми, яка отримується від «зеленої» енергетики;

3) покращити умови перебування членів екіпажу на судні через відсутність шуму та вібрації працюючих дизелів.

Таким чином можна зробити наступні висновки:

1) використання причальних платформ або контейнерів з необхідним обладнанням для електропостачання вирішує завдання безпечного та ефективного забезпечення плавзасобів

електроенергією, технічного їх обслуговування відповідно до міжнародних та національних вимог;

2) наявне обладнання для живлення судна з берега слід уніфікувати за функціональністю з урахуванням передбачуваної наявності на борту накопичувача електроенергії та оснастити частотним перетворювачем з трансформатором та системою управління для забезпечення синхронізації та паралельної роботи генератора з береговою мережею. Взяти до уваги, включаючи варіант, що показники напруги та частоти берегової мережі відрізняються від прийнятих на судні за величиною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ Міністерства транспорту України N 91 від 16 лютого 2004 року Із змінами і доповненнями, внесеними наказами Міністерства інфраструктури України від 23 грудня 2016 року N 463, від 6 серпня 2018 року N 354 Про затвердження правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України.

2. ДУНАЙСЬКА КОМІСІЯ. ДК/СЕС 69/17. СПІЛЬНА ЗАЯВА про керівні принципи розвитку внутрішнього судноплавства та екологічного захисту Дунайського басейну.

3. Самонов С.Ф., Кульбацький А.А., Дубовик В.А. Перспективы использования твердотельных аккумуляторных батарей на судах / Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.12.2018 - 06.12.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2018. – С.78-80.

4. Шевченко В.А., Самонов С.Ф., Дубовик В.О., Кульбацький А.А. Система берегового високовольтного електропостачання суден / Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 24.11.2020 – 25.11.2020. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С.96-99.

Олейнік Олексій Сергійович

*студент, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: alexsey9914@gmail.com*

Морозовський Деніс Сергійович

*студент, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: morozovden05@ukr.net*

Науковий керівник Самонов Сергій Федорович

*к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: samonovsf@gmail.com*

Науковий керівник Дубовик Віталій Олександрович

*ст. викладач кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: vadubovyk@ukr.net*

УДК 629.5

ALL ELECTRIC SHIPS: COMPARISON TO THE TRADITIONAL DIESEL ENGINE PROPULSION

Habuniia A. P.

Introduction. The Norwegian ferrying industry in the last seven years is making a significant breakthrough in development of the new cutting-edge technology – a fully-electric system of delivering power to a ferries' propulsion systems, which uses no fossil fuels and can maintain itself during its transit between the shores and fjords of Norway. The technology used to make this happen, a Siemens BlueDrive plusC battery and propulsion integration system, is developed by the Siemens AC Trondheim, a Norwegian branch of a German corporation Siemens. The system, originally used to optimize the performance of a diesel engine on the Norwegian vessels operating on internal sea routes, it was made fully independent of any fuels in 2015, when an “Ampere”, a first-fully electric ferry, was built and made operational on a 20 minute - 5.7 km crossing between the villages of Lavik and Opperdal, making the trip about 34 times a day, translating to almost 200 km a day. The “big revamp” of Ampere’s technical solutions is implemented in a “Basto Electra”, electric ferry which is the biggest one of its kind in the world and made its maiden voyage in 2021.

Details of the electric-powered ferry. The design type of this ferry is a catamaran. Accommodating up to 120 cars and 360 passengers, it spans 80m long and 21m wide. The space inside the vessel also includes seven crew cabins.

To drastically decrease the overall weight of the ferry, Ampere’s hulls are constructed out of aluminium, in contrary to traditionally-used steel. The other components of high-tec low-energy consumption elements onboard include solar panels, LED lighting, a heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system, a waste heat recovery system with an electric instant water heaters.



Figure 1 – “M/V Ampere” vessel

Compared to the conventional ferries running fossil fuels, a new ferry cuts down significantly of all types of emissions, lowering their number close to absolute zero.

The Siemens BlueDrive PlusC is not a fully-independent system developed solely by Siemens AC; it is rather an integration of already existing technologies of a massive (on the example of “Ampere” vessel) 1MWh total battery system, developed by Corvus Energy, a company of Canadian origin, with two Rolls-Royce Azimuth thrusters, which do consume 900 kW of energy in total. From a very generalized diagram above, one can work out that three main components to be specifically developed to make an e-ferry possible:

- Battery;
- Recharging;
- Propulsion.

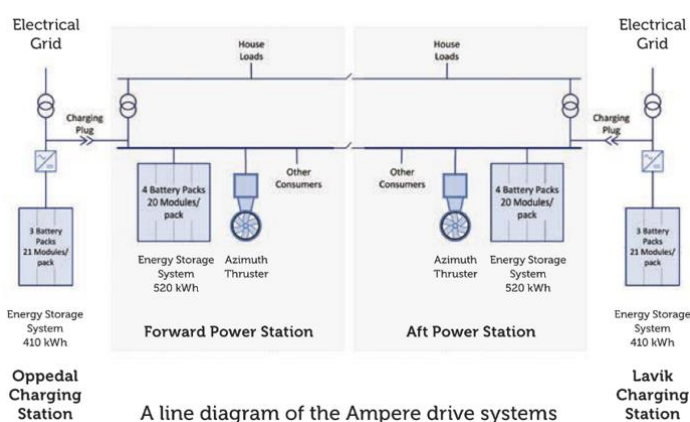


Figure 2 – A line diagram of the Ampere drive systems

Battery. Our first glance will be at the battery. The battery system, specially designed for Ampere in 2014, was later released in serial commercial production in 2016, branded “Corvus Orca Energy”.

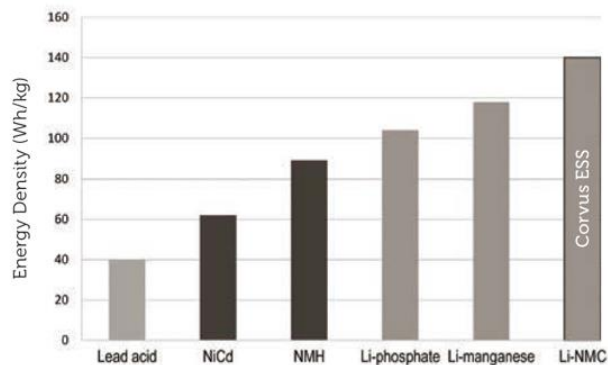


Figure 3 – Comparison of energy density for various battery types



Figure 4 – “Corvus Energy” battery packs

The “Corvus Orca Energy” is assembled on a special order, depending on the needs of an ordered. Thus, a 0.94 MWh battery may consist of different pre-built cell backs – a “vertical pack” dimensions 2241x865x738 mm and power capacity of 124 kWh; a “horizontal pack” dimensions 1260x1730x738 mm and power capacity of 124 kWh; a “Tall pack” dimension 3000x1345x738 mm and power capacity of 249 kWh. The power storage system for “Ampere” was assembled with the help of 8 “vertical packs”, split in half between the forward and the aft power stations. Every single pack contains 20 AT6500 modules, and every single module is made up of 24 Li-NMC cells, totaling up to $8 \times 20 \times 24 = 3840$ single cells. Since the system was developed before it entered a serial production, the total capacity of such 8 packs was rounded up to a little bit more than 0.94 MWh – 1.04 MWh. Corvus Energy utilizes the high power-to-weight (140 Wh per kg) ratio of Nickel-Manganese-Cobalt (Li-NMC) cell chemistry type, hence a very capacitive battery of 1.04 MWh uses up only 20 cubic meters of space inside the vessel. The battery system, obviously, provides power not only for engines, but for other consumers (lightning, electronics, etc..) as well.



Propulsion. The propulsion system of an “Ampere” vessel, is a pairing of two Rolls-Royce Azipull AZP-085 thrusters, the lowest-powered model of the Azipull AZP series, which consumes 450 kW for each thruster, totaling the energy consumption to 900 kW, with two Siemens electric engines. The Siemens BlueDrive PlusC automation system allows for a very precise control over the RPM and micromanagement of voltage and amperage coming through this engine. The propulsion system allows for a top speed of 14 knots, averaging, as was mentioned in the introduction 5.7 kms per 20 minutes, translating into $5.7 \times 20 = 17.1$ km/h, $17.1 \times 0.54 = 9.23$ knots.

Recharging. Since a single crossing across a Norwegian fjords for an “Ampere” vessel takes up only 20 minutes of time and there is a significant demand to make those crossings occur as often as possible, BlueDrive engineers had to come up with a fast recharge system, which can be used via a connection to a remote villages” of Opperdal and Lavik hydroelectric grid system, which, obviously, couldn’t deliver 1 MWh to a “Ampere’s” battery in a span of 10 minutes – a time of stationing on a pier between crossings. So to meet this goal, a pretty straight-forward decision was made – to install yet another battery system on a pier, which would be charged and connected to a network constantly.

As seen on the “Corvus”-made diagram above, to make “Ampere” function, both piers have to have specially equipped charging, with stationary energy storage systems, which themselves contain 3 battery packs each, providing the ability to store about 410 kWh of energy at each charging station

and charge the ferry at a rate of 1.2 MW, which transforms into $1.2 \cdot (1/6) = 0.2 \text{ MWh}$ per a 10 minute pier stationing of a vessel.

Conclusions. According to [8], an average marine diesel engine uses 200 g of diesel fuel to produce one kiloWatt*hour of energy. Hence, it can be calculated, that for one 20 minute, or 1/3 hour “Ampere” crossing, which takes $900 \text{ kW} \cdot (1/3) = 300 \text{ kW}$, to happen, an analogue diesel vessel would’ve consumed $200 \cdot 300 = 60000 \text{ g}$ of diesel fuel, or 60 kgs, or, putting a density of diesel in the equation, which is 0.85 kg/l and converting into liters, getting $60/0.85 = 70.6$ liters of saved diesel per crossing, which adds up during 34 crossing a day, corresponding to $70.6 \cdot 34 = 2400$ liters per day, and $2400 \cdot 365 = 876000$ liters per year, which is not far off from official Siemens claim of saving 1 million liters per year. And this saving is not only environmentally-friendly, it is also a lot cheaper, since 1 liter of diesel in Norway costs rounded 2 USD, while analogue 4.25 kiloWatts ($1 \cdot 0.85/0.2 = 4.25$ for amount of kWh produced by 1 litre of diesel) of energy, produced by local Opperdal hydroelectric station and costing 0.082 per kilowatt for businesses, costs rounded $0.082 \cdot 4.25 = 0.35 \text{ USD}$, so an electric ferry turns out to be $2/0.35 = 5.7$ times cheaper to operate, and saving up yearly $2 \cdot 875000 = 1752000$; $0.35 \cdot 875000 = 306600 \text{ USD}$, making a difference of $1752000 - 306600 = 1445400 \text{ US dollars}$ less spent per year on providing energy for a ferry.

REFERENCES

1. <https://www.ship-technology.com/projects/norled-zero-cat-electric-powered-ferry/>
2. <http://caleaverde.ro/wp-content/uploads/2016/11/61-Electrical-ferry-SognefjordOK.docx>
3. https://sportsvillage.in/2017_09/Tue-ship+lightweight+material+in+norway.php
4. Morten Winther, Thomas Ellermann, Marlene Plejdrup. Ship emissions and air pollution in Denmark Present situation and future scenarios. National Environmental Research Institute Aarhus University. Environmental Project No.1307 2009
5. Aquawatt electric yachts, electric boats, electric boat motors, solarpowered vessels, solarpowered yachts - Green Marine Technologies. Available at: http://www.aquawatt.at/GB/startseite_GB.html (Accessed: 31 July 2019).
6. Leśniewski, Wojciech, Piątek Daniel, Marszałkowski Konrad, Litwin Wojciech. (2020). Small Vessel with Inboard Engine Retrofitting Concepts; Real Boat Tests, Laboratory Hybrid Drive Tests and Theoretical Studies. Energies (19961073). Vol. 13 Issue 10, p2586. 1p. Retrieved on 15 May 2020. Available at: <https://www.masader.om/eds/detail?db=enr&an=143637563&isbn=19961073>
7. Obaid, Waleed; Hamid, Abdul-Kadir; Ghenai, Chaouki. (2018). Hybrid PEM Fuel-Cell-Diesel-Solar Power System Design with Electric Propulsion for Near Coastal Ships 11 www.tjprc.org editor@tjprc.org Fuzzy Battery Management System and Weather Forecasting for Electric Boats. 2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC) Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), 2018 6th International. :1-7 Dec, 2018. Available at: <https://www.masader.om/eds/detail?db=edsee&an=edsee.8702862&isbn=edsee.IEEEConferenc>
8. Winther, Morten; Ellermann, Thomas; Plejdrup, Marlene. (2005). Ship emissions and air pollution in Denmark Present situation and future scenarios. Aarhus University. Available at: https://www.researchgate.net/publication/237110143_Ship_emissions_and_air_pollution_in_Denmark_Present_situation_and_future_scenarios

Габунія Антон Павлович

курсант 2-го курсу, ННІАтаЕМ, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: antongabuniia@gmail.com

Науковий керівник Глазева Оксана Володимирівна

к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії та електроніки
національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: o.glazeva@gmail.com

УДК 656.612.8

УДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТИВ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Войнорович М. Р.

У цьому дослідженні наводиться спроба удосконалити стратегію для вирішення проблеми провалів та нестабільності напруги для підвищення якості електроенергії, коефіцієнта потужності та ефективнішого використання енергосистем на сучасних судах. Обов'язковим є дослідження провалів напруги при коротких замиканнях з особливою увагою до передачі напруги зворотної послідовності в обмотках і перетворювачах на стороні ротора [1,2]. У статтях показано, як додаткове регулювання напруги та частоти суднових електроенергетичних систем (СЕЕС), обладнаних електронними перетворювачами повної потужності, може покращити стабільність напруги та частоти СЕЕС.

На характер напруги впливає комплексне нелінійне електричне навантаження, що включає: насичені трансформатори, магнітні пристрої, промислові перетворювачі енергії, регульовані електроприводи тощо [2, 3]. Такі системи можуть створювати проблеми з якістю електроенергії, зокрема: динамічні/квазістатичні гармоніки, інтергармоніки, спотворення форми сигналу та стійкі провали/стрибки напруги, мерехтіння, вплив на обладнання контролю несправностей захисних пристроїв, відключення живлення та «перекидання» електроприводів. Представлені два гнучкі нечіткі контролери для компенсаційного фільтру, що перемикається, а також для забезпечення ефективної стабілізації напруги [4, 5]. Пропоновані контролери спроектовані на основі схеми регульованої багатопетльової динамічної похибки. Перший є ПД-контролер з оптимізованими коефіцієнтами посилення. Другий контролер спроектований як модифікований за алгоритмом багатоступінчастої нечіткої логіки.

З огляду на існуючі аналізи роботи СЕЕС [6-8] можна констатувати, що за останні роки для СЕЕС, що працюють, зокрема, у режимі так званих єдиних електроенергетичних систем, розробники та дослідники прийняли вдосконалення і нові стратегії управління. У [6] дослідники застосували розподілений підхід адаптивного управління до СЕЕС, а потім дослідили і вивчили взаємодію між вбудованими мережами змінного та постійного струмів. Системи підтримки прийняття рішень та керування багаторівневими автономними перетворювачами електроенергії обговорено в [7]. У [8] регулювання напруги і швидкості обертання дизель-генераторних агрегатів (ДГА) здійснюється за допомогою лініаризованого підходу управління із інтегрованим зворотнім зв'язком і контролем заряду системи накопичення енергії (СНЕ). Прогнозуюче управління автоматичними регуляторами напруги ДГА СЕЕС, що забезпечують живленням енерго-заощаджуючи потужні електроприводи, використовується в [9, 10].

Методологія дослідження базується на використанні стратегії управління та регулювання напруги та частоти обертання суднових дизель-генераторних агрегатів (ДГА) на прикладі повністю електрофікованих суден із силовими пропульсивними установками постійного струму (DC). Стратегію засновано на лінеаризації зворотного зв'язку вводу-виводу (*Input-Output Feedback Linearization*) динамічної моделі первинного двигуна ДГА [11]. Досліджувана система являє собою систему з двома входами та двома виходами, для якої ми застосовується підхід розв'язки вводу-виводу, у якій відгуки на збуджуючі сигнали також поділяються. Представлена спрощена модель для всієї СЕЕС і завдяки використанню керованих випрямлячів представлений алгоритм регулювання напруги постійного струму.

Була проаналізована стабільність постійної напруги, коли діодно-мостові випрямлячі, що працюють в інверторному режимі, безпосередньо з'єднані із синхронними генераторами (СГ). Моделювання та симуляція СЕЕС виконано з урахуванням підключення до ланки постійного струму (*DC-Link*) через силовий перетворювач системи накопичення енергії (СНЕ), в якій регулювання напруги використовуються звичайні методи [12]. Беручи до уваги проблеми стійкості бортових СЕЕС постійного струму, а також недостатність лінійних методів регулювання напруги та швидкості обертання валу ДГА, пропонується алгоритм, який, можливо, потенційною заміною лінійним традиційним методам регулювання постійної напруги та регулювання частоти обертання валу дизельних генераторів при змінних навантаженнях у відповідності до експлуатаційного режиму судна. Вся система описується та моделюється з використанням динамічних рівнянь у форматі простору станів. Також, у даній статті приділено увагу роботі ДГА СЕЕС в режимах перерозподілу електричної потужності між паралельно-працюючими ДГА. В цьому випадку СГ підключений до реверсивного шести-імпульсного випрямляча, в якому виконується процес перетворення змінного струму на постійний і навпаки.

У дослідженні розглядається 2 експерименти. У першому експерименті моделюється рух судна і аналізуються необхідна потужність і крутий момент гребних електричних двигунів (ГЕД) у відповідності до опору руху. Вибирається короткий проміжок часу, коли для заданої швидкості судна обчислюється необхідні потужності ГЕД. Опорна напруга постійного струму становить 580, що характеризує досліджувану СЕЕС як систему живлення постійного струму низької напруги. У другому експерименті продуктивність запропонованої методики порівнюється з продуктивністю звичайних схем *PI* (*Plant Information*), де передбачається, що набір ДГА має струм навантаження менш 3000 А ($t = 4$ с та $t = 8$ с). При $t = 15$ з'являється раптове падіння навантаження через відмову на стороні споживання силової та рухової установки.

Висновки: У цій статті було розглянуто проблему стабільності СЕЕС, щоб гарантувати стабільність постійної напруги та зниження провалів напруги, де було запропоновано методику управління постійною напругою, засновану на лінеаризації зворотного зв'язку по входу-виходу. Спочатку було змодельовано всю СЕЕС та на її основі розроблено алгоритм управління. Результати моделювання показують реалізованість запропонованої методології з погляду стійкості до відмов та стійкості в порівнянні з традиційними схемами *PI*. Всіх проаналізованих науково-дослідних робіт фокусуються на використанні активного виправлення помилки керованого сигналу. Тобто, ланцюг перетворення енергії містить контролер, що розділяє етап регулювання напруги на процеси регулювання та упередження помилки. Однак, якщо порівняти такий підхід з використанням пасивних неконтрольованих перетворювачів, активні є дорожчими, потребують більш ємнісного обслуговування і характеризуються більш конструктивними характеристиками. Також, було встановлено, що дослідження стійкості СЕЕС обмежені порівняно з керуванням енергоспоживанням і дослідженнями ефективності [13]. Одним з основних недоліків розглянутих СЕЕС, працюючих, зокрема, в режимі єдиних електроенергетичних систем є відсутність відповідних універсальних підходів керування. Аналогічні схеми керування СЕЕС координуються багаторівневими контролерами із «наборами» координованих сигналів, які напрямую залежать від структури СЕЕС та розвиненості функціональних зв'язків між її елементами [14].

ЛІТЕРАТУРА

1. J. Ouyang, D. Zheng, X. Xiong, C. Xiao, R. Yu, Short-circuit current of doubly fed induction generator under partial and asymmetrical voltage drop // *Renewable Energy*. – 2016. – V. 88. – P. 1-11. ISSN 0960-1481. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.10.062>.
2. J.J.O. Niveló, J.A.C. Coello, G.G.C. Pereira, F.O. Passos, J.M.C. Filho, C.A.V. Guerrero, P.M. Silveira, V.Z. Silva / Evaluating voltage drop snapshot and time motor starting study methodologies - An offshore platform case study // *Electric Power Systems Research*. – 2021. – V. 196. – 107187. ISSN 0378-7796. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107187>.
3. Hvozdeva, I. Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets [Text] / I. Hvozdeva, V. Myrhorod, V. Budashko, V. Shevchenko // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 25-29 Feb. 2020, Ukraine: IEEE. – P. 350-354. Doi: [10.1109/TCSET49122.2020.235453](https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235453).
4. Budashko, V. The synthesis of control system to synchronize ship generator assemblies [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – V. 1. – № 2(109). – P. 45-63. ISSN 1729-3774. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225517>.
5. Jordi Pegueróles-Queralt, Fernando Bianchi, Oriol Gomis-Bellmunt. Optimal Droop Control for Voltage Source Converters in Islanded Microgrids // *IFAC Proceedings Volumes*. – 2012. – V. 45 (I. 21) . – P. 566-571. ISSN 1474-6670, ISBN 9783902823243. Doi: <https://doi.org/10.3182/20120902-4-FR-2032.00099>.
6. Hvozdeva, I. Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets [Text] / I. Hvozdeva, V. Myrhorod, V. Budashko, V. Shevchenko // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 25-29 Feb. 2020, Ukraine: IEEE. – P. 350-354. Doi: [10.1109/TCSET49122.2020.235453](https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235453).
7. Nikolskyi, V. Parametrization and identification of energy flows in the ship propulsion complex [Text] / V. Nikolskyi, V. Budashko, S. Khniunin, M. Nikolskyi // 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 20-24 Feb. 2018, Ukraine: IEEE. – P. 288-294. Doi: [10.1109/TCSET.2018.8336205](https://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336205).
8. Myrhorod, V. Multi-parameter Diagnostic Model of the Technical Conditions Changes of Ship Diesel Generator Sets [Text] / V. Myrhorod, I. Hvozdeva, V. Budashko // 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenichuk, 21-25 Sept. 2020, Ukraine: IEEE. Pp. 1-5. Doi: [10.1109/PAEP49887.2020.9240905](https://doi.org/10.1109/PAEP49887.2020.9240905).
9. Budashko, V. Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – V. 2. – № 2(110). – P. 54-70. ISSN 1729-3774. Doi: [10.15587/1729-4061.2021.229033](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229033).
10. Abdel-Fattah Attia, Adel Sharaf, Ragab El Sehiemy. Multi-stage fuzzy based flexible controller for effective voltage stabilization in power systems // *Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Kafrelsheikh University, Kafrelsheikh, Egypt* / - 2021 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2021.03.004>.
11. Budashko, V. V. Design of the three-level multicriterial strategy of hybrid marine power plant control for a combined propulsion complex [Text] / V. V. Budashko / *Electrical engineering & electromechanics*. – 2017. – №2. – P. 62-72. Doi: [10.20998/2074-272X.2017.2.10](https://doi.org/10.20998/2074-272X.2017.2.10).
12. Mohab Gaber, S.H.El-Banna, Mahmoud El-Dabah, M.S.Hamad. Intelligent Energy Management System for an all-electric ship based on adaptive neuro-fuzzy inference system. // *Energy Reports*/ Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyrs.2021.06.054>.
13. Budashko, V. Synthesis of the Management Strategy of the Ship Power Plant for the Combined Propulsion Complex [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, 16-18 Oct. 2018, Ukraine: IEEE. P. 106-108. Doi: <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576266>.

14. Budashko, V. Theoretical-applied aspects of the composition of regression models for combined propulsion complexes based on data of experimental research [Text] / V. Budashko, V. Golikov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – V. 4. – № 3(88). – P. 11 – 20. Doi: [10.15587/1729-4061.2017.107244](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107244).

Войнорович Микита романович
магістр, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: topfoxnik@gmail.com

Науковий керівник Будашко Віталій Віталійович
д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: bvv@te.net.ua

УДК 629.12

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПАРИ В СУДНОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВЦІ

Авер'янов А.І.

Сучасне морське судно має велику кількість різних за призначенням агрегатів, механізмів, приладів та пристроїв, що в сукупності складають технічні засоби судна. Суднова котельна установка є однією з них. Безпека, надійність та економічність її використання залежить не тільки від оператора, а також від алгоритмів регулювання процесами в установці. Такі морські конвенції, як MARPOL [1], СОЛАС встановлюють вимоги до експлуатації судових установок. Наприклад, ефективніше застосування котельної установки дозволяє скоротити викиди газів NO_x та CO_x.

Енергетичні установки є важливим елементом забезпечення працездатності судна та вимагають високоякісного управління обладнанням, що входить до їх складу. Таке управління здійснюється автоматичними засобами, які правильно розраховані та підібрані, добре виготовлені, змонтовані та налагоджені на судні [2]. Робочий процес котельної установки характеризується значеннями ряду величин: тиску пари в котлі, рівня води в колекторі, коефіцієнта надлишку повітря. До допоміжних величин регулювання котельної установки відносять: в'язкість або температуру палива, що подається до котельної установки; тиск палива у магістралі. Отже, котельна установка має кілька регульованих величин і є багатовимірним об'єктом регулювання.

В контурі регулювання тиску пари у перехідному режимі роботи котельної установки необхідно забезпечити менші відхилення тиску пари від встановленого значення. Вибір типу регулятора тиску пари здійснюється виходячи з динамічних властивостей котельної установки та експлуатаційних вимог до якості регулювання [3]. В більшості випадків на сучасних судах використовуються ПІ-регулятори тиску пари, які є мікропроцесорними пристроями. У контур регулювання включені два датчики тиску пари, причому один дублює інший. Сигнал від датчиків надходить до «селективного» пристрою, який вибирає необхідний сигнал, вихід з цього пристрою прямує на фільтр, який пропускає сигнали лише з певним інтервалом (частотою) [4]. Вихідний сигнал надходить на ПІ-регулятор і також на «конвертор». З ПІ-регулятора сигнал спрямовується на пристрій вибору, результуюче значення надходить на пристрій «мінімальної оцінки», який також сприймає вхідний сигнал від «конвертора» та видає

24 листопада 2021 року

кінцевий результат на керування подачі палива та повітря. У той же час у перехідних режимах з ПП-регулятором важко забезпечити аперіодичний процес при допустимих динамічних відхиленнях, що збільшує динамічні неузгодженості між подачею палива та повітря. Оскільки, усталених режимів в строгому понятті в суднових котельних установках немає (постійно існують обурення у вигляді включень різних механізмів і апаратів), то, щоб уникнути димності, виникає необхідність спалювати паливо з підвищеним коефіцієнтом надлишку повітря, що знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) котельної установки.

Основне призначення застосовуваного у системі регулятора полягає у забезпеченні стабільного вихідного значення, близького до бажаного, наскільки це практичне можливо [5]. Усі реальні системи у той чи іншій мірі проявляють нелінійний характер. Традиційні ПІ-контролери не завжди здатні забезпечити хороші та точні результати. Застосування алгоритмів нечіткої логіки є сучасним підходом теорії управління [6], що дозволяє підвищити якість регулювання. Тому контролери нечіткої логіки можуть бути гарною альтернативою контролерів з класичними алгоритмами регулювання. При вирішенні задачі регулювання тиску пари, контролер нечіткої логіки дозволить зменшити виділення газів COx та NOx [6].

Висновки. Сучасні котельні установки потребують високої якості регулювання їх параметрів для забезпечення ефективного функціонування та підвищення екологічних показників. Застосування алгоритмів нечіткої логіки в регуляторах вказаних установках, зокрема, в контурі регулювання тиску пари, дозволяє вирішити вказане завдання.

ЛИТЕРАТУРА

1. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року змінена Протоколом 1978, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL) з поправками. *Міністерство інфраструктури України*: веб-сайт. URL: [https://docs.google.com/viewer? embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx](https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx).
2. Технические науки в России и за рубежом (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012г.). – Москва: Буки-Веди, 2012. – 166 с.
3. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту: матеріали XI Міжн. наук. - практ. конф. Ізмаїл, 3-4 грудня 2020 р. Запоріжжя: АА ТанDEM, 2020. – 578 с.
4. Матеріали науково технічної конференції “Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки”, 14.12.2011 – 15.12.2011. – Одеса: ОНМА, 2011. – 76 с.
5. Jose J. Fuzzy logic based control of marine boiler system / J. Jose, K. Nafeesa, K. Mohamed Ismail Yasar Arafath / 2015 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC), 2015. – P. 1–5.
6. Эксплуатация судового энергетического оборудования. – Вестник ВГАВТ. – Вып. 54, 2018 г.

Авер'янов Андрій Ігорович

курсант п'ятого курсу, національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса;
e-mail: andrey14odessa@gmail.com

Науковий керівник Гвоздева Ірина Маратівна

завідувач кафедри ЕО і АС, д.т.н, професор національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: onopchenko.im@qmai.com

УДК 621.33, 621.316.71

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ЧАСТОТИ В ПОТУЖНОМУ АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Цзян Хайлун

Мета роботи – дослідження динамічних режимів високовольтного перетворювача частоти зі скалярним керуванням з потужним асинхронним двигуном.

Для досягнення зазначеної мети вирішено наступні задачі:

- побудовано модель багаторівневого каскадного перетворювача частоти в середовищі Matlab / Simulink;
- проведено налаштування пропорційно-інтегрального регулятора при скалярному законі керування ШІМ каскадного АІН.

Вихідними даними для моделювання використано параметри схеми заміщення АД марки ABB/AMD710X6T VABM 3MW/6600V.

Оснoву моделі багаторівневого ПЧ складає модуль формування сигналів керування окремими каскадами (рис. 1), побудований за принципом порівняння опорного синусоїдального сигналу для кожної фази з максимальною амплітудою, яка не перевищує у відносних одиницях кількість каскадів, з зсунутими трикутними високочастотними сигналами з одиничною амплітудою.

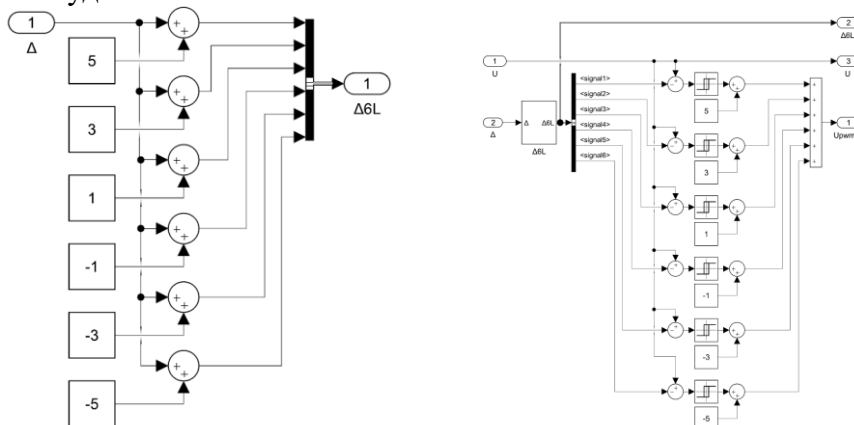


Рисунок 1 – Блоки формування трикутних сигналів 6-и рівнів і порівняння з синусоїдальним сигналом

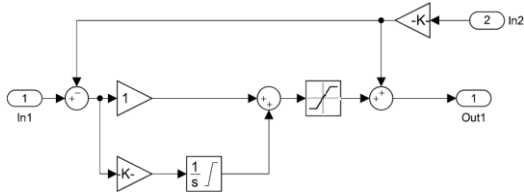


Рисунок 2 – Модель ПІ-регулятора швидкості для захисту від надмірного темпу прискорення та гальмування

На рис. 2 також показаний пропорційно-інтегральний регулятор швидкості, основне призначення якого – захист від надмірного темпу зростання або зменшення сигналу завдання швидкості, що досягнуто шляхом обмеження сигналу регулятора на рівні менше критичного ковзання та додаванням позитивного зворотного зв'язку швидкості. Регулятор забезпечує максимально можливий темп, навіть при стрибках завдання, що відображено на рис. 3 – при

постійному протягом більшості часу перехідного процесу електромагнітному моменті двигуна прискорення змінюється внаслідок вентиляторного навантаження на механізм.

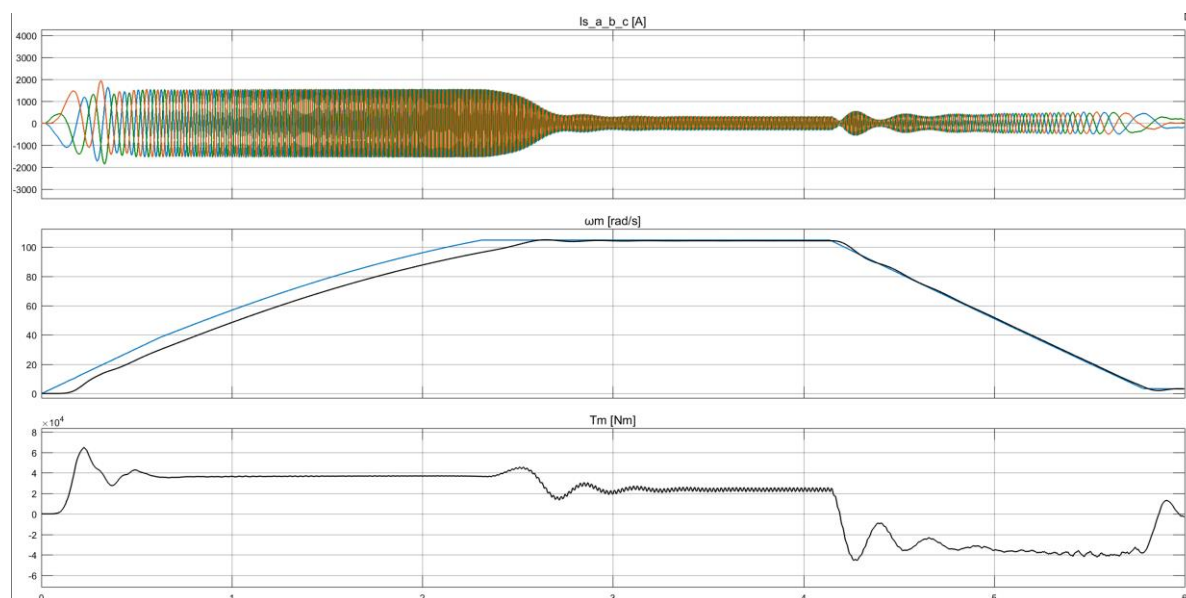


Рисунок 3 – Графіки перехідних процесів струмів статора, швидкості, моменту при нормальному стані системи

Таким чином, показано можливості моделювання динамічних режимів високовольтних каскадних перетворювачів частоти та синтезу регуляторів для забезпечення достатньої для багатьох технологічних процесів якості перехідних та усталених режимів

ЛІТЕРАТУРА

1. High voltage frequency converters Robicon PERFECT HARMONY 225 kW–120 MW // www.siemens.com/robicon-perfect-harmony
2. Busher, V., Chornyi, O., Glazeva, O., Tytiuk, V., Kuznetsov, V. G. and Tryputen, N. Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells / PRTM2020 – DIIT, 2020, Sci. Eng. 985 012021 – pp.1–10 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012021>.
3. V. Busher, A. Shestaka, O. Chornyi, O. Glazeva, L. Melnikova and V. Tytiuk, "Method of Space Vector Pulse Width Modulation in High Voltage Cascaded Frequency Converter with Damaged H-cells," 2021 MEES, 2021, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.95987822>.
4. High voltage frequency converters series N5000 // http://www.tekhar.com/Programma/HYUNDAI/index_V_V_invert.html
5. Frequency converters VEDADRIVE 315–25000 kVA // www.danfoss.ru/VLT
6. PowerFlex 6000 Medium Voltage Variable Frequency Drive Firmware, Parameters, and Troubleshooting Manual Catalog Number 6000G // Publication 6000-TD004E-EN-P – September 2019. <http://www.rockwellautomation.com/support>
7. High voltage frequency converters Robicon PERFECT HARMONY 225 kW–120 MW // www.siemens.com/robicon-perfect-harmony

Цзян Хайлун (Китайська НР)
магістр, національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса;
e-mail: jianghailong1997@gmail.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович
д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 621.33, 621.316.71

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАСКАДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ

Червяков Семен

Мета роботи полягає у модернізації існуючої моделі асинхронного електроприводу в Matlab/Simulink так, щоб при збереженні основних властивостей векторного керування з'явилась можливість використання моделі силової частини каскадного багаторівневого перетворювача.

При аналізі моделі `ac3_example.slx` в блоці детального опису просторово-векторної модуляції після перетворень $dq - \alpha\beta$ сигнали `gate_timing` використано для формування сигналів керування транзисторами в вертикалях IGBT-моста. Шина `gate_timing` – це сукупність з 6-и неперервних сигналів по 2 на кожен фазу. Це надало змогу модифікувати цю підсистему для отримання необхідних керуючих сигналів. В модифікованій моделі підсистеми “gates logic” для керування 5-каскадним інвертором сигнали `gate_timing` подаються на п'ять однакових комутаторів. Однак амплітуда трикутних опорних сигналів зменшена у 5 разів, і для кожного комутатора `gate_timing` порівнюється з опорними сигналами зі зсувом 0, 1/5, 2/5, 3/5, 4/5.

Графіки роботи цієї підсистеми надано на рис. 1.

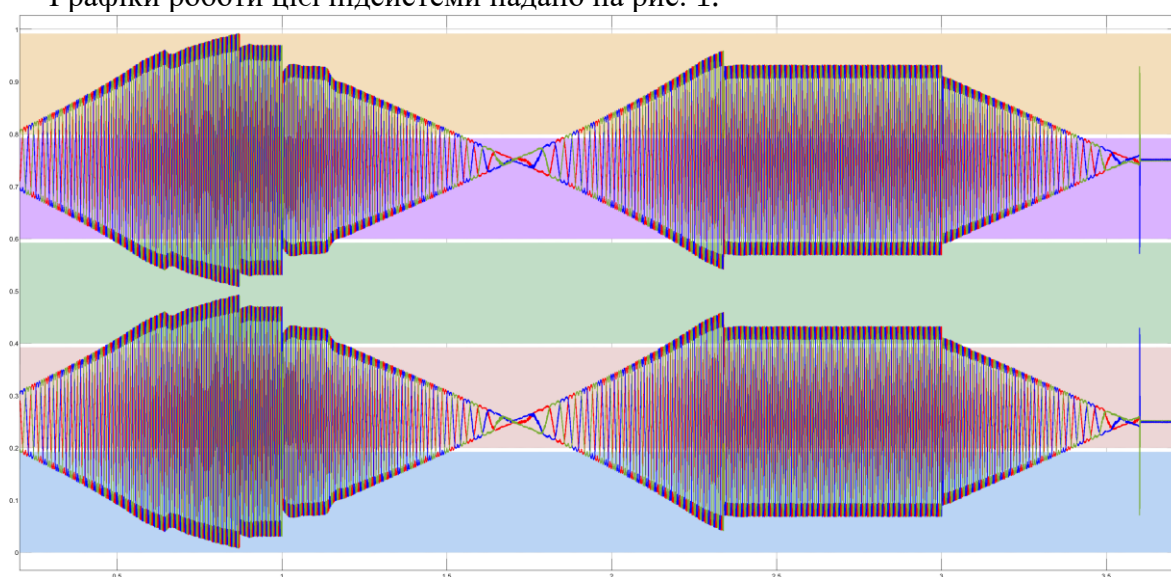


Рисунок 1 – Графіки сигналів `gate_timing` та 5-и послідовностей трикутних опорних сигналів (горизонтальні кольорові полоси)

Після формування сигналів керування транзисторами вони передаються в підсистему силової частини “gates logic” => “SVPWM” => “F. O. C.” => main mask “ac3” без порушення зв’язків в базовій моделі `ac3`. Під маскою “ac3” виконується заміна силової частини – замість трифазного моста підключається трифазний 5-каскадний перетворювач, кожний каскад якого складається з незалежного 4-квадрантного інвертора.

В результаті можна дослідити властивості каскадних перетворювачів частоти з застосуванням векторного керування. На рис. 2 наведено результати розрахунку перехідних процесів в 5-каскадному перетворювачі частоти, в якому завдяки векторному керуванню забезпечується підтримка з високою точністю електромагнітного моменту та швидкості двигуна, забезпечується зменшення вищих гармонік напруги і струму в двигуні порівняно з 3-фазним IGBT мостом.

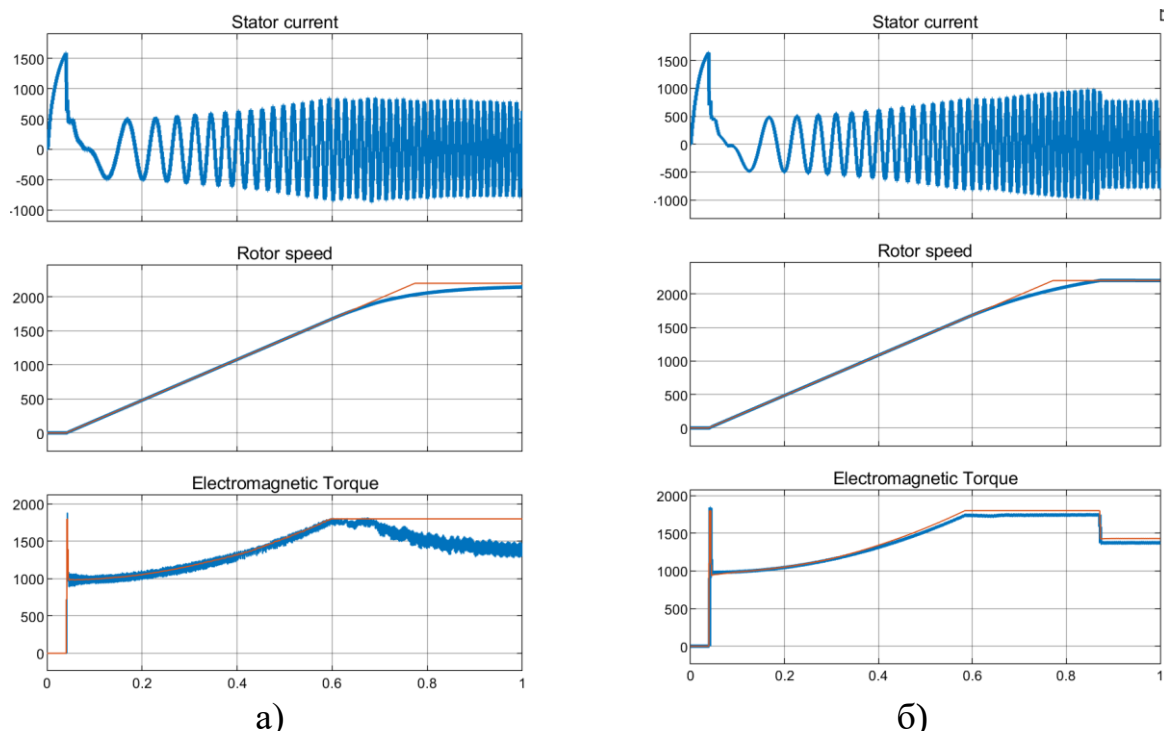


Рисунок 2 – Графіки перехідних процесів в перетворювачах частоти з типовим трифазним мостом (а) та з 5-каскадними інверторами в фазах (б)

В роботі виконано модифікацію типової моделі електроприводу з векторним керуванням ас3 в Matlab/Simulink/SimPowerSystem для дослідження каскадних багаторівневих перетворювачів частоти. Показано послідовність передачі сигналів керування транзисторами від блоку “gates logic” до основної підсистеми “Field Oriented Control” та деталізованої моделі силової частини електроприводу з 5-каскадним перетворювачем. Отримана модель не порушує зв'язки базової моделі, що надає можливість дослідження електроприводів з двигунами довільної потужності та напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1. High voltage frequency converters Robicon PERFECT HARMONY 225 kW–120 MW // www.siemens.com/robicon-perfect-harmony
2. Busher, V., Chornyi, O., Glazeva, O., Tytiuk, V., Kuznetsov, V. G. and Tryputen, N. Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells / PRTM2020 – DIIT, 2020, Sci. Eng. 985 012021 – pp.1–10 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012021>.
3. V. Busher, A. Shestaka, O. Chornyi, O. Glazeva, L. Melnikova and V. Tytiuk, "Method of Space Vector Pulse Width Modulation in High Voltage Cascaded Frequency Converter with Damaged H-cells," 2021 MEES, 2021, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.95987822>.
4. High voltage frequency converters series N5000 // http://www.tekhar.com/Programma/HYUNDAI/index_V_V_invert.html

Червяков Семен

магістр, національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса;
e-mail: 19Semen19@gmail.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 621.314

ГІБРИДНІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА СУДНАХ З ЕЛЕКТРОРУХОМ

Назаренко А.О.

В останні роки все більше фактів свідчать про суттєві зміни у поглядах та підходах до вирішення проблем в електроенергетичному комплексі. Зазначена тенденція базується на еволюційному розвитку технологій у силовій електроніці, нових високопродуктивних накопичувачах енергії та все більш поширеному застосуванні альтернативних джерел електроенергії.

Ефективність використання енергії в контексті морського транспорту, як того вимагає Міжнародна морська організація (ІМО), оцінюється Індексом розрахунку енергоефективності (EEDI) та Операційним показником енергоефективності (EEOI), аналіз яких дозволяє застосувати системний підхід до вирішення енергоекологічних завдань та сформулювати шляхи зниження цих коефіцієнтів [1].

В даний час пропонується кілька методів подальшого підвищення ефективності використання палива на судах з електрорухом [2]:

- інтеграція систем накопичення енергії,
- використання розподілу постійного струму,
- оптимальне управління розподілом та використанням енергії,
- вдосконалення методів експлуатації на існуючих звичайних судах.

Дослідники енергетичних проблем у морській промисловості звертають увагу на переваги застосування на судах, поряд з «класичними» мережами змінного струму, також мереж постійного струму для яких характерно: економія ваги та місця за рахунок заміни громіздких феромагнітних трансформаторів компактними силовими електронними перетворювачами; більш просте підключення в паралель або відключення джерел живлення постійного струму; усунення проблем гармоніки та дисбалансу фаз; більш швидке та просте підключення генераторів у паралель, усунення проблем синхронізації; зниження втрат під час передачі енергії за допомогою усунення потоку реактивної потужності; спрощена реалізація накопичення енергії [1]. До таких переваг слід віднести можливість відмовитися від громіздких дорогих трансформаторів напруги, як обов'язкових елементів мережі, за рахунок застосування потужних високочастотних напівпровідникових перетворювачів постійного струму, що відкриває нові шляхи підвищення енергетичної ефективності суден [3,4]. Особливості мережі змінного струму також перешкоджають підвищенню живучості суднової енергосистеми та якості електроенергії. Крім того, вбудовування в архітектуру систем постійного струму дозволяє підключати додаткові джерела енергії постійного струму, такі як: сонячні панелі, паливні елементи, суперконденсатори та акумуляторні батареї [5]. Таким чином, гібридні енергосистеми відіграватимуть все більш важливу роль у конструкціях суден і кораблів наступних поколінь, при цьому акумуляторні батареї або інші пристрої для накопичення енергії будуть використовуватися для забезпечення коротких імпульсів вищої потужності, коли це необхідно.

Сьогодні існують такі структури судових електроенергетичних систем (СЕЕС), в яких реалізовані перелічені переваги. Вони базуються на використанні потужних напівпровідникових перетворювачів (IGBT, IGCT, MOSFET): випрямлячів на боці генераторів та інверторів для всіх судових споживачів. При цьому передача електроенергії судном здійснюється на постійному струмі. Наприклад: високовольтна система електроруху з використанням постійного струму та багато-пульсного перетворення; система розподілу електричної енергії з використанням технології VF-AFE (Variable-Frequency-Active-Front-End); система DC-Grid розподілу електричної енергії на постійному струмі; система з відбором потужності та система з додаванням потужності (Power Take In / Power Take Off Hybrid

Propulsion); система з технологією Low Loss Concept; система AFE із використанням подвійної шини розподілу. Істотною перевагою СЕЕС на постійному струмі є відсутність вимог синхронної роботи генераторів, що дозволяє досягти мінімальної витрати палива при різних завантаженнях завдяки вибору їх оптимальної частоти обертання.

Висновки. Таким чином, на судах з електричними пропульсивними установками доцільно виключити великі трансформатори з кола живлення гребних електродвигунів та застосувати трансформатори для живлення інших суднових споживачів. Це дає можливість скоротити масу та габарити, підвищити к.к.д. СЕЕС, а також вибрати оптимальний рівень напруги живлення.

Набувають подальшого поширення: концепція гнучкого та інтелектуального розподілу електроживлення на судах, а також тенденція використання мікромереж у вигляді розподіленої генерації, розподілених відновлюваних джерел енергії, локальних електричних навантажень як незалежних та самодостатніх об'єктів. Проведені дослідження у цьому напрямі [6] пропонують ряд передових методів у сфері контролю, управління та оптимізації, які дозволяють визначити технічний інтерфейс, що забезпечує застосування мікромереж у морських електроенергетичних системах. Незважаючи на переваги, що пропонуються інтегрованими енергосистемами (IPS), які можна розглядати як великомасштабні бортові мікромережі на основі постійного струму, все ще залишається складним завдання досягти стабільності напруги в умовах високих динамічних навантажень судна, особливо при динамічному позиціонуванні та одночасної оптимізації економії палива в режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. С.Ф. Самонов, О.В. Глазева, В.Б. Власов Повышение энергоэффективности судов с электрическими пропульсивными установками. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2019). – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2019. – С.406-410.
2. Espen Skjong, Rune Volden, Egil Rødskar, Marta Molinas, Member, IEEE, Tor Arne Johansen, Senior Member, IEEE, and Joseph Cunningham. Past, Present and Future Challenges of the Marine Vessel's Electrical Power System, IEEE TRANSACTIONS ON TRANSPORTATION ELECTRIFICATION, 2016, pp.1–16.
3. Rene Prenc, Aleksandar Cuculić, Ivan Baumgartner, «Advantages of using a DC power system on board ship», Pomorski zbornik 52 (2016), pp. 83 – 97P. Vijayarajan1, A. Shunmugalatha, M. A. Jagabar Sathik. A New Hybrid Multilevel Inverter Topology for Medium and High Voltage Applications./ Applied Mathematics & Information Sciences Appl. Math. Inf. Sci. 11, No. 2, 2017, pp. 497–508
4. Чушанков Д.Ю., Шабалин Л.Д. Перспективы применения сети постоянного тока на судах рыбопромышленного флота // Вестник молодежной науки. 2018. №4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-seti-postoyannogo-toka-na-sudah-rybopromyslovogo-flota> (дата обращения: 06.05.2019).
5. William P Symington, Alan Belle, Hung D Nguyen and Jonathan R Binns, «Emerging technologies in marine electric propulsion», ProcIMEchE Part M: J Engineering for the Maritime Environment, March 4, 2016, pp.1–12.
6. Shantha Gamini Jayasinghe, Lasantha Meegahapola, Nuwantha Fernando, Zheming Jinand Josep M. Guerrero, «Review of Ship Microgrids: System Architectures, Storage Technologies and Power Quality Aspects Inventions», 2017, pp.1–19.

Назаренко Андрій Олександрович

курсант 2-го курсу, ННІІ, національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса;

e-mail: nazar02andrey5@gmail.com

Науковий керівник Глазева Оксана Володимирівна

к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії та електроніки
національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: o.glazeva@gmail.com

УДК 621.314

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ НАПРУГИ СУДНОВИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Захаров І.С.

У цьому дослідженні наводиться спроба удосконалити стратегію для вирішення проблеми спотворення форми напруги і струму в суднових автоматизованих електроенергетичних системах (СЕЕС) [1]. Гармоніки в СЕЕС виникають через наявність нелінійних навантажень, таких як силові трансформатори, електричні машини, реактори або імпульсні силові перетворювачі напруги і струму. Незалежно від джерела генерації гармонік їх наявність буде проявлятися в напрузі через те, що СЕЕС мають обмежену здатність до короткого замикання, тобто є послідовний опір. Наявність гармонік в струмі інверторів може бути додатково збільшено за рахунок спотворення напруги мережі. Отже, вплив на якість напруги самого інвертора має бути мінімізовано, щоб запобігти подальшому спотворенню напруги. Більш того, у випадку комбінованих СЕЕС з інтеграцією відновлюваних джерел енергії, мережеві правила можуть строго визначати допустимий рівень гармонік струму і при перевищенні не дозволяти експлуатацію [2]. Це пов'язано з тим, що збільшення кількості нелінійних джерел живлення і навантаження може привести до зниження якості електроенергії, що призведе до більш високих втрат і нагріванню електрообладнання, що може негативно вплинути на термін служби компонентів системи за рахунок, наприклад, падіння ізоляції, перевантаження елементів трансформаторів, порушення роботи інженерного обладнання тощо. Гармоніки напруги можуть впливати на чутливе навантаження, підключене до мережі, тому їх слід обмежувати [3, 4].

З іншого боку, збільшення в останні роки тенденції широкого впровадження в самі різні частини СЕЕС перетворювачів частоти, які є для електромережі нелінійними споживачами, змушує все більше звертатися до проблем, пов'язаних з гармонійними спотвореннями напруги живлення [5, 6]. В даний час для пом'якшення цих гармонік використовують замість звичайних L-фільтрів модернізованих фільтрів вищих порядків, таких як LCL-фільтрів. Зменшення загальної вихідної індуктивності є головною перевагою таких фільтрів, оскільки це призводить до кращих динамічних вихідних характеристик інвертора, мінімізації втрат фільтра, дешевшої конструкції фільтра та зменшення гармонік вищих порядків при більш високій частоті резонансу на рівні 60 дБ на декаду порівняно з 20 дБ на декаду для L-фільтрів. Один з основних недоліків LCL-фільтрів полягає в тому, що він генерує адекватну резонансну частоту у спотвореному струмі, що споживається у СЕЕС. Таким чином, для усунення впливу резонансної частоти потрібні активні або пасивні методи демпфування. Різні комбінації параметрів для запропонованого застосування інверторів визначають конструкцію та налаштування LCL-фільтрів [7, 8].

Таким чином, можна констатувати, що завдання зменшення впливу гармонійних спотворень в СЕЕС, що виникають при роботі споживачів з нелінійним характером опору, зокрема перетворювачів частоти, потребує вирішення. Складність і зміст обраного рішення залежать від ступеня внесених перетворювачами частоти гармонійних спотворень і їх відхилень від вимог [9]. При невеликому збільшенні загального коефіцієнта гармонік СЕЕС понад допустимого значення ($K_U = 8,0-10,0\%$) достатньо встановити перед перетворювачами частоти лінійні дроселі або дроселі постійного струму (або одночасно ті та інші). При цьому, для попередньої оцінки ефективності установки фільтруючих пристроїв рекомендується скористатися методиками розрахунку. У випадках більшого перевищення гармонійних

спотворень (K_U більше 10,0%) потрібен більш ретельний аналіз гармонійних спотворень мережі і розподілу енергії вищих гармонік з використанням вимірювача нелінійних спотворень або аналізатора якості електроенергії. Відповідні технічні рішення можуть бути спрямовані на фільтрацію якоїсь однієї домінуючої вищої гармоніки (наприклад, пасивні резонансні фільтри) або ж нівелювання впливу вищих гармонік у всьому спектрі (наприклад, активні фільтри гармонік) [10]. У будь-якому випадку для зниження гармонійних спотворень рекомендується попереднє обстеження СЕЕС для визначення:

- параметрів первинних генеруючих агрегатів (потужності, конфігурації живильного трансформатора тощо);
- характеристик підключених нелінійних споживачів (їх кількості та розподілу по фазах, потужності, місць підключення тощо);
- ліній електропередачі (протяжності, перетину кабелів, розподільних пристроїв тощо);
- локалізації та класифікації впливу гармонійних спотворень (короткочасні збурення або незворотні порушення в роботі приладів, вплив на всі лінійні споживачів мережі або вплив тільки на локальній ділянці тощо);
- коефіцієнта нелінійних спотворень електромережі без навантаження (для оцінки якості електроенергії, одержуваної від СЕЕС).

Регулярно проводячи штатні профілактичні заходи під час експлуатації СЕЕС і послідовно виконуючи дії по встановленню додаткових фільтруючих пристроїв, починаючи з найпростіших, можна домогтися зниження рівня гармонійних спотворень в СЕЕС при роботі перетворювачів частоти до допустимого рівня [11].

Висновки. У цій статті було розглянуто природу виникнення нелінійних спотворень напруги та струму в СЕЕС, наведення конкретних причин та джерел. Також було розглянуто та описано основні методи зниження коефіцієнта нелінійних спотворень. Завдяки такому підходу можливо знизити вплив нелінійних спотворень на якість електроенергії СЕЕС шляхом використання різних обмежень, запобігань або компенсації щодо систем і пристроїв, що генерують гармоніки. Це дає можливість уникати помилок та проблем з коректним функціонуванням суднового електрообладнання [12, 13]. Для досягнення мети було наведено конкретний приклад та його вирішення за допомогою підбору відповідного фільтру та аналіз роботи СЕЕС із визначенням величини показника коефіцієнта нелінійних спотворень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kagan Gokbayrak, Harun Avci A voltage drop limited decentralized electric power distribution network, / Computers & Operations Research, Volume 118, 2020, 104907, ISSN 0305-0548, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104907>.
2. Hvozdeva, I. Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets [Text] / I. Hvozdeva, V. Myrhorod, V. Budashko, V. Shevchenko // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 25-29 Feb. 2020, Ukraine: IEEE. – P. 350-354. Doi: [10.1109/TCSET49122.2020.235453](https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235453).
3. Budashko, V. The synthesis of control system to synchronize ship generator assemblies [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – V. 1. – № 2(109). – P. 45-63. ISSN 1729-3774. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225517>.
4. Tomasz Chmielewski, Wojciech Jarzyna, Dariusz Zieliński, K. Gopakumar, Magdalena Chmielewska, Modified repetitive control based on comb filters for harmonics control in grid-connected applications, Electric Power Systems Research, Volume 200, 2021, 107412, ISSN 0378-7796, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107412>.

5. Nikolskyi, V. Parametrization and identification of energy flows in the ship propulsion complex [Text] / V. Nikolskyi, V. Budashko, S. Khniunin, M. Nikolskyi // *2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Slavske, 20-24 Feb. 2018, Ukraine: IEEE. – P. 288-294. Doi: [10.1109/TCSET.2018.8336205](https://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336205).
6. Dalibor Filipović-Grčić, Božidar Filipović-Grčić, Danijel Krajtner, Frequency response and harmonic distortion testing of inductive voltage transformer used for power quality measurements, *Procedia Engineering*, Volume 202, 2017, Pages 159-167, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.703>.
7. Myrhorod, V. Multi-parameter Diagnostic Model of the Technical Conditions Changes of Ship Diesel Generator Sets [Text] / V. Myrhorod, I. Hvozdeva, V. Budashko // *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenichuk, 21-25 Sept. 2020, Ukraine: IEEE. Pp. 1-5. Doi: [10.1109/PAEP49887.2020.9240905](https://doi.org/10.1109/PAEP49887.2020.9240905)
8. Budashko, V. Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – V. 2. – № 2(110). – P. 54-70. ISSN 1729-3774. Doi: [10.15587/1729-4061.2021.229033](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229033).
9. Anirban Mishra, Kalyan Chatterjee, armonic analysis and attenuation using LCL-filter in doubly fed induction generator based wind conversion system using real time simulation based OPAL-RT, *Alexandria Engineering Journal*, 2021, ISSN 1110-0168, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.079>.
10. Budashko, V. V. Design of the three-level multicriterial strategy of hybrid marine power plant control for a combined propulsion complex [Text] / V. V. Budashko / *Electrical engineering & electromechanics*. – 2017. – №2. – P. 62-72. Doi: [10.20998/2074-272X.2017.2.10](https://doi.org/10.20998/2074-272X.2017.2.10).
11. Mohab Gaber, S.H.El-Banna, Mahmoud El-Dabah, M.S.Hamad. Intelligent Energy Management System for an all-electric ship based on adaptive neuro-fuzzy inference system. // *Energy Reports*/ Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.054>.
12. Budashko, V. Synthesis of the Management Strategy of the Ship Power Plant for the Combined Propulsion Complex [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // *2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*, Kyiv, 16-18 Oct. 2018, Ukraine: IEEE. P. 106-108. Doi: <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576266>
13. Budashko, V. Theoretical-applied aspects of the composition of regression models for combined propulsion complexes based on data of experimental research [Text] / V. Budashko, V. Golikov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – V. 4. – № 3(88). – P. 11 – 20. Doi: [10.15587/1729-4061.2017.107244](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107244).

Захаров Іван Сергійович

магістр, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: vanyaspace1@gmail.com

Науковий керівник Будашко Віталій Віталійович

*д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;*

e-mail: bvv@te.net.ua

УДК 621.3.011.71

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПОВНОГО ОПОРУ АКТИВНОГО МНОГОПОЛЮСНИКА ПРИ УЗГОДЖЕНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Умніков М.О.

Оптимізація передачі електричної енергії від активного багатополісника до пасивного є актуальним завданням і в техніці зв'язку, і в електроенергетиці, у тому числі в автономних системах аварійного та резервного живлення. У класичній теорії електротехніки аналіз передачі максимальної потужності від джерела в навантаження обмежено розглядом узгодженого режиму роботи кіл на підставі теореми Тевеніна про подання джерела постійного або змінного струму як активного двополісника [1]. Такий підхід справедливий для багатозафазних мереж при з'єднанні віток зіркою у разі заземлених нейтралей. Однак у багатьох споживачів (наприклад, трифазних двигунів або з'єднанні віток трикутником) не виконують заземлення нейтралі. Аналіз оптимальних співвідношень у разі зміщення нульової точки через можливу асиметрію навантаження та/або джерела в літературі розглядається рідко і недостатньо повно.

Проблема технічної реалізації узгодження джерела та навантаження у тому, що екстремуми потужності при регулюванні параметрів навантаження є неявно вираженими. Тому необхідно застосовувати методи прецизійного вимірювання параметрів джерела та навантаження, засновані, наприклад, на підключенні трьох вольтметрів та амперметрів для кожної вітки схеми [2]. Враховуючи складність та високу вартість прецизійного обладнання, у багатьох випадках доцільно заздалегідь виконати дослідження на базі віртуальних лабораторій [3].

Мета роботи – отримання умов передачі максимальної потужності для лінійних багатополісників постійного та змінного струму та обґрунтування способу експериментального визначення внутрішніх опорів джерела.

Поставлена мета досягнута за допомогою методів накладання та аналітичного пошуку екстремуму для активного триполісника постійного струму. Доведено, що необхідною умовою отримання максимальної потужності навантаження від такого триполісника є рівність активних опорів джерела і навантаження в кожній вітці незалежно від електрорушійної сили джерела. Причиною цього є особлива симетрія рівнянь у приватних похідних, на підставі яких знайдено екстремум – у кожному рівнянні опір вітки джерела додається до опору цієї вітки навантаження. У роботі аналітично обґрунтовано умови досягнення максимуму потужності для n -фазної мережі змінного струму з ізольованими нейтраліями (рис.1) – повний опір кожної вітки навантаження має бути комплексно пов'язаним з опором цієї вітки джерела.

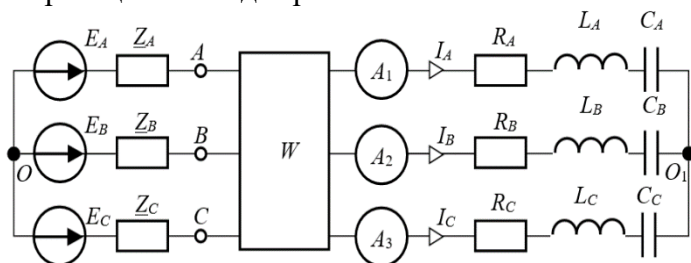


Рисунок 1 - Схема визначення внутрішніх опорів трифазного трипровідного джерела

На підставі цього рішення запропоновано новий спосіб експериментального визначення внутрішніх опорів n -фазного джерела електричної енергії, заснований на підборі комплексно сполучених опорів навантаження та джерела. Процедура, алгоритм якої показано на рис.2, складається з двох основних етапів: забезпечення резонансу

напруг у кожній фазі багатополісника за допомогою магазину індуктивностей і ємностей, а потім ітераційного підбору активних опорів навантаження по черзі в кожній фазі для отримання максимальної сумарної потужності [4].

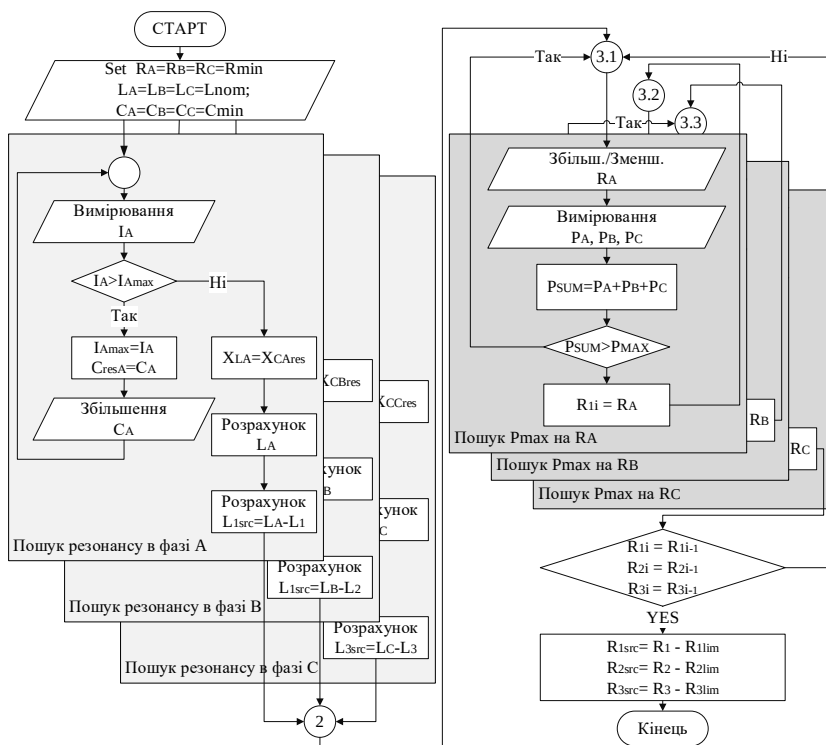


Рисунок 2 – Алгоритм процедури визначення внутрішніх опор джерела

Такий шлях пошуку в деяких випадках може призводити до отримання декількох екстремумів, що дуже незначно відрізняються за величиною. Тому необхідно застосовувати прилади з максимально високим класом точності. Крім того, при використанні методу двох ватметрів показання приладів можуть відрізнятися в багато разів, що часто призводить до необхідності перемикавання піддіапазонів і, відповідно, не дозволяє отримати дані з однаковою точністю. Тому необхідно використовувати метод трьох ватметрів, коли навіть за деякої (реальної) несиметрії віток джерела показання приладів близькі один до одного.

Тестування запропонованого способу проведено на віртуальних моделях трифазних систем у програмних пакетах MULTISIM та MATLAB Simulink SimPowerSystem. Модель системи, створеної серед MULTISIM показано на рис.3.

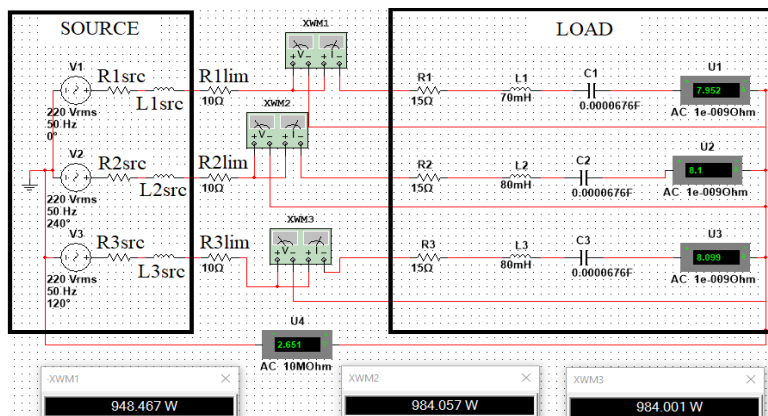


Рисунок 3 – Модель MULTISIM для визначення потужності методом трьох ватметрів

Модель трифазного несиметричного джерела з автоматизованим пошуком максимальної потужності в середовищі Matlab Simulink (рис.4) ілюструє можливості автоматизованого пошуку вирішення задачі, де налаштування здійснюються за допомогою блоків змінних резисторів, конденсаторів, індуктивностей та блоків завдання їхньої величини, керованих

екстремальними регуляторами. Результат роботи моделі наведено на рис.5. Для заданих параметрів джерела отримана максимальна потужність що відповідає очікуваному розрахунковому значенню [5].

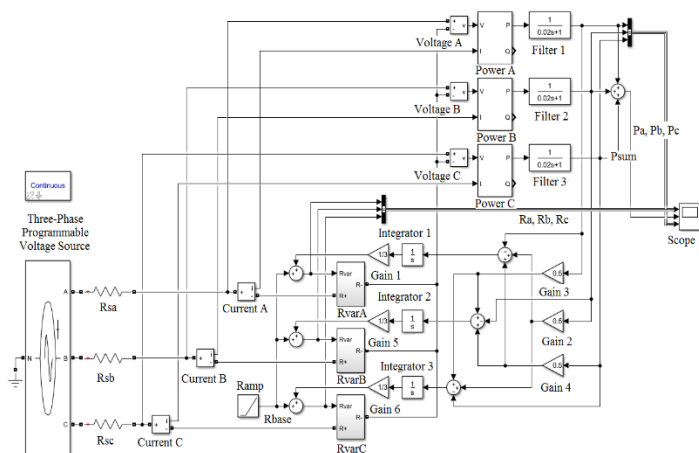


Рисунок 4 – Модель трифазного несиметричного джерела з автоматизованим пошуком максимальної потужності

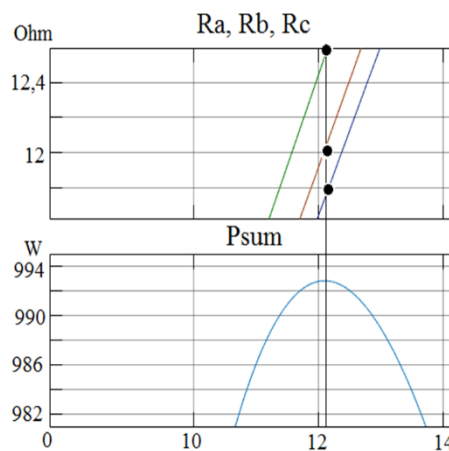


Рисунок 5 – Графіки зміни величин опорів та потужності в моделі

Висновки: запропонований спосіб пошуку внутрішніх опорів джерела, тестування якого здійснено за допомогою віртуальних моделей в різних програмних пакетах, підтверджує можливість його використання і для деяких класів реальних систем живлення з урахуванням допустимих струмів, потужності. Модель, створена MULTISIM, може бути використана під час проведення віртуальних лабораторних робіт для фахівців електротехнічних спеціальностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. С.К. Alexander & M.N. Sadiku, Fundamentals of Electric Circuits, New York: McGraw-Hill, 2004.
2. Корощенко О.В. Спосіб визначення внутрішніх опорів трифазного джерела для постачання максимальної потужності від активного триполюсника [Текст] / О. В. Корощенко, О. М. Рак, О. В. Глазєва // Електротехнічні та комп'ютерні системи, ISSN Print 2221-3937, ISSN Online 2221-3805 – ELTEKS-2017. – Київ: Техніка, 2017. – Вип. 25(101). – С. 240–244.
3. B. Andò, S. Baglio, and V. Marketta. Volt-Ammeter Method introducing Principles and developing Technologies to undergraduates, *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Education and Educational Technology*, 2009, pp.93–97.
4. О.В. Глазєва, В.В. Бушер Особливості методу визначення внутрішніх опорів джерел автономних трифазних мереж/Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.12.2018 - 06.12.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – С.190-195
5. Busher, V. The Method of Determining the Internal Complex Resistance of the Source to Obtain Maximum Power from an Active Multi-Pole / Busher V. V., Glazeva O. V. // Problems of the regional energetics (special issue) ISSN 1857-0070 – Vol. 1, No. 1–1(40), 2019 – P. 69–78.

Умніков Микита Олександрович

курсант 4 курсу ННІАтаЕМ національного університету «Одеська морська академія», м.Одеса;
e-mail: etozhetmz@gmail.com

Науковий керівник Шабля Олександр Миколайович

к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: alik.shablya@gmail.com

УДК 621.314

ФЕРРОРЕЗОНАНС В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНДУСТРІЇ

Ципа А.В.

Для захисту систем електропостачання морських суден використовується апаратура, що дозволяє знижувати амплітудні значення струмів і напруги до допустимих значень. Застосовування деяких засобів запобігання силового деструктивного впливу на системи електроживлення може спричинити небажані резонансні процеси в елементах системи.

Електричні машини, реактори та трансформатори побудовані з феромагнітних матеріалів. Нелінійні характеристики таких матеріалів, як насичення та гістерезис, можуть викликати явища ферорезонансу, самозбудження або електромагнітних резонансів, особливо у комплексі енергосистеми, що складається з значної кількості таких споживачів.

Найбільшим «феноменом» з тих явищ є ферорезонанс – нелінійний резонанс, який може виникати в електричних колах в умовах наявності в контурі ємності та нелінійної індуктивності. Головна особливість ферорезонансу – можливість виникнення в одному і тому ж колі при різноманітних його режимах в відгук на різноманітні збурення. Матеріал магнітопроводу індуктивного елемента є причиною нелінійної реакції індуктивності на магнітне поле.

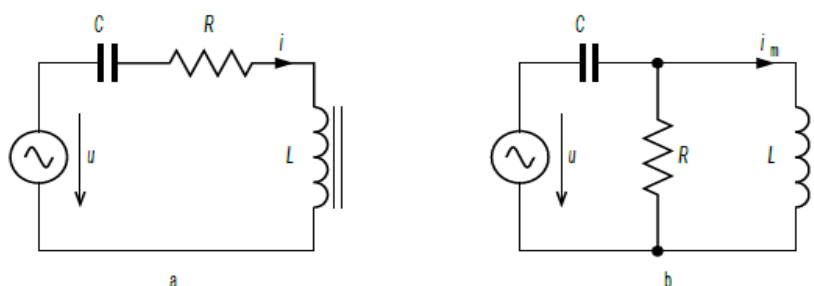


Рисунок 1 – Базові схеми ферорезонансу

Ферорезонанс напруги виникає при послідовному з'єднанні ємності та індуктивності, а ферорезонанс струмів - при паралельному з'єднанні ємності та індуктивністю. В розгалужених системах зі складними схемами зустрічаються більш складні випадки ферорезонансу.

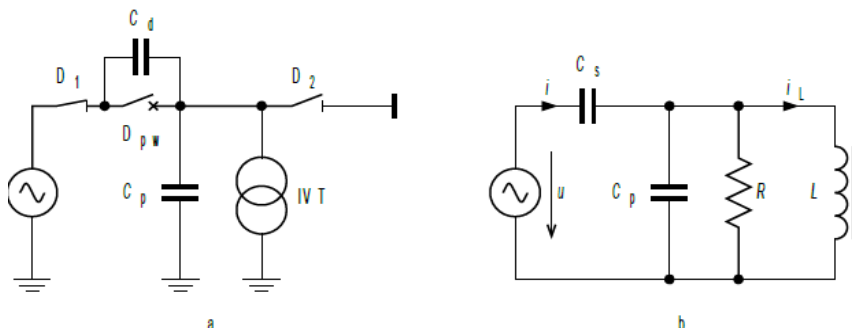


Рисунок 2 – Ферорезонансне коло (а) та приведенне коло (в)

Режими ферорезонансу: основний - напруги і струми з періодом системи (рис.3, а); субгармонійний - напруги і струми з періодами, кратними періоду системи (рис.3,б). Зустрічаються також квазіперіодичний (рис.3.,с) і хаотичний режими (рис.3.,д).

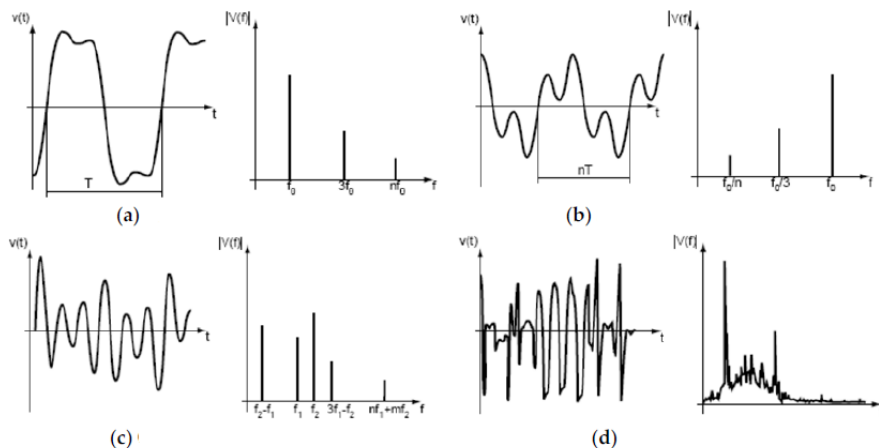


Рисунок 3 – Режими ферорезонансу

Характер практично виникаючого режиму залежить від початкових умов та параметрів системи. Ферорезонанс може виникати в суднових колах електроенергетики як деструктивне явище, що може привести до серйозних аварій обладнання. Найбільш небажані режими з періодом системи, а також субгармонійні режими на $1/3$ і $1/5$ частоти. Значне число аварій на електроенергетичних об'єктах морської індустрії з неустановленими причинами об'ясняють ферорезонансом.

Точно спрогнозувати ферорезонанс у конкретних ситуаціях дуже складно, тому що це явище демонструє хаотичну поведінку, але ризик виникнення ферорезонансу необхідно враховувати на етапі проектування суднових енергосистем, їх обслуговуванні чи модернізації. Контроль ризиків вимагає знання небезпечних конфігурацій та умови виникнення цього явища.

Декілька прикладів явищ, які можуть викликати ферорезонанс:

- перемикання конденсаторів;
- дефекти ізоляції;
- блискавка;
- перемикання трансформатора.

Декілька конфігурацій, схильних до ризику, що потребують особливої уваги:

- трансформатор напруги (VT) між фазою та землею ізолюваної нейтралі системи живлення;
- довгі та/або ємнісні кабелі або лінії, що живлять трансформатор;
- захист плавким запобіжником, коли перегорання призводить до небагатополюсного розриву;
- ненавантажений або злегка навантажений трансформатор напруги або потужності;
- трансформатор напруги, що працює на межі насичення;
- надпотужний трансформатор напруги.

Найбільш вірогідна на практиці причина ферорезонансу в згаданих вище об'єктах – незаземлена (ізолювана) нейтраль в умовах з неповно фазним режимом. Неповно фазний режим може виникати при неповно фазному включенні, при розриві однієї з фаз, або при несиметричному короткому замиканні.

На наш погляд ферорезонанс на об'єктах морської індустрії полягає більш поглибленому вивченню. Бажано провести також виважені експериментальні дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cunyi, Y., Nit, P., Preecha, S., Pradit, F., Arwut, T. Ferroresonance Overvoltages and its Mitigation in PEA Distribution Network. [cit. 2005-06-27].

[online] http://ee.eng.dpu.ac.th/EE_site_data/research paper/PW-34.pdf, 19. 01. 2005

2. Кононов Б.Т., Кононова Е.А., Мушаров А.А. Феррорезонанс в электрических сетях с поперечной и продольной компенсацией потерь напряжения // Збірник наукових праць ХУПС, вип. 1(30). – 2012. – С. 144-146.

3. Теоретические основы электротехники / Под ред. Г.И. Атабекова, ч. 2 и 3. Нелинейные цепи. Электро-магнитное поле. – М. – Л., Энергия, 1966. – 280 с.

4. Кононов Б.Т. Феррорезонанс в электрических цепях с различными схемами соединения активного сопротивления, емкости и катушки с ферромагнитным сердечником / Б.Т. Кононов, А.А. Мушаров // Збірник наукових праць ХУПС, вип. 2 (31). – 2012. – С.110-114.

5. Ferracci, Ph. Ferroresonance. Application Note, [online] Cahier Technique Merlin Gerin no. 190, 1998. http://www.schneider-electric.com/cahier_technique/en/pdf/ect190.pdf, 08.12. 2004

Ципа Артем Володимирович

курсант 3 курсу ННІАтаЕМ, національний університет «Одеська морська академія», м.Одеса;
e-mail: tema.vladimirowitch2016@gmail.com

Науковий керівник Власов Віктор Борисович

ст.викладач кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: vicvlasov@yahoo.com

УДК 620.98

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СУДНОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Бічев В.І., Артюх В.О.

Актуальність досліджень. На даний момент популярна тема альтернативних джерел енергії. Так як вітер є найнадійнішим і невичерпним джерелом енергії в морі, вибираємо вітротурбіну. У цій роботі необхідно розробити та описати додаткове джерело електроенергії на судні за даними, отриманими за допомогою теоретичних розрахунків. Як приклад обраний вітрогенератор.

Матеріали та методи. Вітрогенератор або вітроелектрична установка (ВЕУ) – це механізм для перетворення енергії вітрового потоку на електричну енергію за рахунок механічного обертання ротора генератора.

Класифікують ВЕУ за:

1. Кількості лопатей:
 - двохлопатевої;
 - трилопатевої;
 - багатолопатевої.
2. Осі обертання:
 - горизонтальні;
 - вертикальні.
3. Матеріалам елементів обертання:
 - жорсткими лопатями;
 - парусні агрегати.

4. Кроку гвинта:

- фіксований;
- змінний (регульований).

Двохлопатові агрегати характеризуються наявністю двох елементів обертання. Цей варіант практично неефективний сьогодні, але досить поширений за рахунок своєї надійності, що можна сказати за трилопатові вітрогенератори.

Звичайно ось обертання турбіни розташовується паралельно до землі. Подібні вітрогенератори часто називають вітряками, у яких оберти лопатей здійснюються проти потоку вітру. Для пошуку вітрового потоку, конструкція обладнання включає систему для автоматичного прокручування головної частини. Також пристрій для повороту лопатей, щоб виробити електроенергії використовувати навіть невелику силу вітру.

Пристрої вертикального типу практично менш ефективні. Обертання лопатей турбіни здійснюється паралельно поверхні землі незалежно від сили вітру та його вектора. Напрямок потоку також не відіграють ролі, за будь-якого впливу обертальні елементи прокручуються проти нього. Внаслідок цього вітровий генератор втрачає частину потужності, що призводить до зниження енергоефективності обладнання загалом.

Основні недоліки вітрогенераторів с жорсткими лопатями полягають у тому, що ціна таких агрегатів більш висока за рахунок подорожчання виробництва деталей обертання (метал або склопластик). Але в порівнянні з парусним обладнанням, генератори з твердими лопатями надійніші і характеризуються високим ресурсом експлуатації.

Такий тип лопатей простіший у плані виробництва і менш витратний. Практика показує, що елементи обертання на парусному устаткуванні доводиться міняти частіше, якщо сила вітру висока.

Найпростіший за конструкцією вітровий агрегат з фіксованим кроком гвинта. Фіксований крок гвинта дозволяє стабільно отримувати певний обсяг енергії незалежно від сили вітру, який поступається регульованому. Змінний (регульований) шаг гвинта дозволяє збільшити діапазон ефективних робочих швидкостей механізму, але використання додаткових механізмів усередині конструкції робить її складним. Маса вітрового колеса буде більш високою, а надійність установки загалом знизиться. Тому обладнання необхідно посилити, що у результаті сприяє збільшенню ціни на агрегат та його подальше обслуговування.

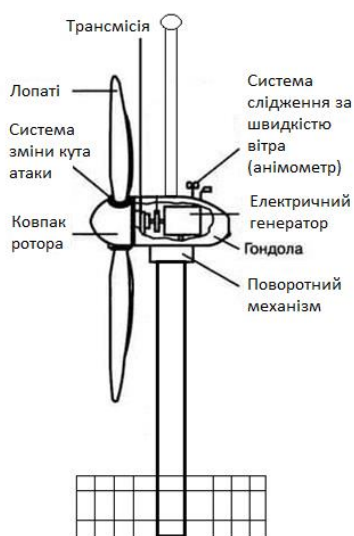


Рисунок 1 - Пристрій ВЕУ

Розглянувши всі можливі параметри ВЕУ, було використано трилопатову систему з регульованим кроком гвинта при горизонтальній осі обертання.

Спосіб застосування. Передбачається, що енергія, яка виробляється, буде використовуватися на кухонній плиті (cooking range). Так як плита має велику теплову інерцію, стрибки енергопостачання практично не будуть помітні.

Безпека експлуатації. Для забезпечення безпечної роботи передбачені такі засоби безпеки та запобіжні заходи:

- Електромагнітне гальмо у разі перевищення допустимих оборотів.
- Стопор у разі потреби фіксації вітряка.
- Установка нульового кута атаки гвинта по відношенню до потоку, що набігає, у разі шквалу.

У разі роботи на баку, вантажних, швартових операціях і тощо, погода, яка не відповідає нормальним умовам роботи, апарат повинен бути вимкнений при зафіксованому обертанні лопатей.

Розробка плану креслення судна з вітрогенератором. Місце установки на передній щоглі було обрано з метою підвищення безпеки екіпажу судна, зважаючи на частини механізму (лопати), що обертаються.

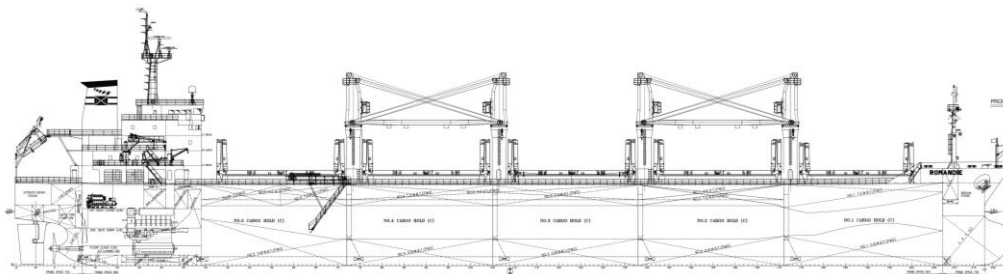


Рисунок 2 - Креслення судна з вітрогенератором

Розрахунок основних параметрів вітрогенератора. У процесі використання під дією вітрового потоку лопаті будуть обертатися, електрична енергія, що виділяється, буде пропорційна залежати від кута повороту лопатей ВРК ВЕУ. При цьому кут повороту може плавно змінюватись від мінімального до максимального значень.

В реальних умовах максимально ми можемо отримати 30-40% потенційної енергії повітряного потоку. Це обмеження пов'язане з технологічним та фізичним виконанням вітрогенератора. Точніший розрахунок можна зробити за такою формулою:

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0.5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} \quad (1)$$

де ξ - коефіцієнт використання енергії вітру (в номінальному режимі для швидкохідних вітряків досягає максимум $\xi_{\text{max}} = 0,4 \div 0,5$),

R - радіус ротора, м

V - швидкість повітряного потоку, м/с

ρ - густина повітря, кг/м³

$\eta_{\text{ред}}$ - ККД редуктора,

$\eta_{\text{ген}}$ - ККД генератора.

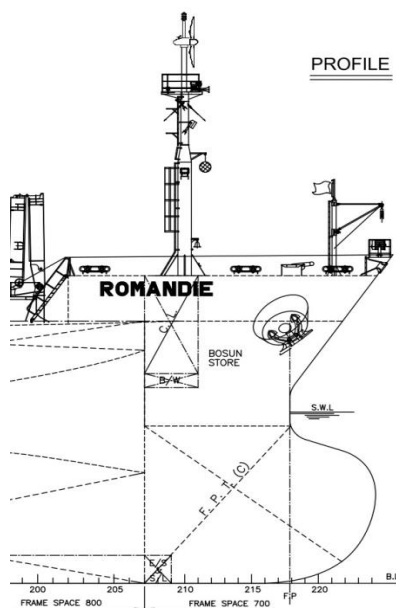


Рисунок 3 - Креслення судна з вітрогенератором (тільки носова частина)

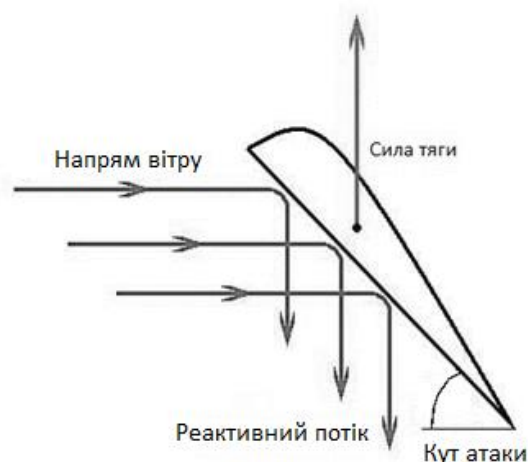


Рисунок 4 - Принцип роботи лопатей

Таблиця 1 - Вихідні дані

ξ	R, м	V, м/с	P, км/м ³	$\eta_{ред}$, %	$\eta_{ген}$, %
0,45	3	10	1,25	90	90

Таблиця 2 - Вихідна потужність

V, м/с	3	4	5	6	10	15	20	30
P _{сер} , Вт	0,383	0,837	1,45	2,209	5,036	6,756	7,01	7,01

При різних швидкостях вітру, маємо різну вихідну потужність генератора, при максимальному ККД кута повороту лопаті

Виходячи з розрахунків, при поточних параметрах вітротурбіни, що максимально видається потужність до 7кВт.

Вибір маршруту проходження судна. Маршрут проходження судна був обраний випадково, Кальярі (Cagliari, Italy) - Малага (Malaga, Spain). (Рис.5)



Рисунок 5 - Карта маршруту проходження

Збір статистичних даних вітру в регіоні проходження судна для розрахунку рентабельності установки. Для дослідження рентабельності даної споруди були взяті статистичні дані вітру в цьому регіоні плавання за останні 4 роки (початок 2018 р.)

У цій таблиці наведено середні значення сили вітру на висоті 10 метрів за кожен місяць з 2018 до 2021 року.

Таблиця 3 - Середня швидкість вітру за місяцями

Дата	V, м/с	Дата	V, м/с	Дата	V, м/с	Дата	V, м/с
2018 рік		2019 рік		2020 рік		2021 рік	
січень 18	21,7	січень 19	15,9	січень 20	15,7	січень 21	39,5
лютий 18	15,9	лютий 19	26,5	лютий 20	18,4	лютий 21	16
березень 18	18,9	березень 19	14,1	вересень 20	9,5	березень 21	30,7
квітень 18	17,1	квітень 19	14,5	квітень 20	21,9	квітень 21	14,4
травень 18	5,7	травень 19	9,1	травень 20	4,2	травень 21	7
червень 18	11,3	червень 19	13	червень 20	13,6	червень 21	13
липень 18	17,7	липень 19	16,8	липень 20	19,8	липень 21	17,9
серпень 18	14,4	серпень 19	14,5	серпень 20	14,9	серпень 21	15,7
вересень 18	5,5	вересень 19	6,1	вересень 20	6,3	вересень 21	5,9
жовтень 18	5,8	жовтень 19	13,4	жовтень 20	14,7	жовтень 21	22,1
листопад 18	11,3	листопад 19	34,1	листопад 20	19,8	листопад 21	28,7
грудень 18	28,7	грудень 19	42,3	грудень 20	57,4	V _{ср} = 17,5 м/с	

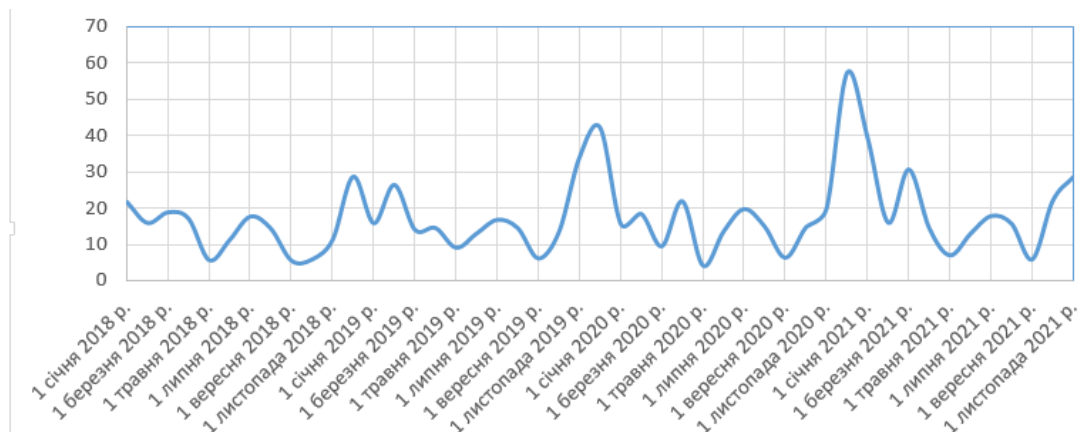


Рисунок 6 - Діаграма швидкості вітрів

Як видно з таблиці 2, мінімальне значення вітру 4.15 м/с (що дорівнює потужності 0,84 кВт) та середні значення за весь час 17.5 м/с (відповідно 7 кВт). Максимальна ефективність сягає період із осені до літа.

Взято дані з таблиці, для вироблення 1кВт потрібно 300 мл важкого палива. Зробивши розрахунок:

$$V_1 = V \cdot P \cdot D \cdot T = 300 \cdot 7 \cdot 365 \cdot 6 = 4599 \text{ л} \quad (2)$$

де V_1 – обсяг витраченого палива за рік роботи;

V – обсяг палива за 1 кВт електроенергії;

D – дні роботи механізму (плити);

P – потужність;

T – час роботи.

Ціна за 1 м3 важкого палива (ULSFO) за 2020 дорівнює 400 \$. Отримуємо 1840\$ економії на рік.

Отримані результати та їх обговорення. У ході роботи було розглянуто альтернативне джерело енергії, що забезпечує електроенергією побутові споживачі шляхом перетворення природної сили вітру на електричну енергію. Було продумано оптимальне місце установки вітрогенератора та передбачено всі заходи безпеки під час його експлуатації. Обрано маршрут проходження судна та розраховано енергоефективність вітрогенератора, згідно з результатами розрахунку було доведено безумовну ефективність вітрогенератора, як способу економії палива.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/81-raschet-vetrogeneratora.html>.
2. <https://www.ueex.com.ua/files/shchegolov-argusmedia.pdf>
3. <https://earth.nullschool.net/#current/wind/isobaric/10hPa/orthographic=322.28,22.06,605/loc=52.509,11.257>

Бічев Владислав Іванович

бакалавр, Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса;

e-mail: vbichev61@gmail.com

Артюх Владислав Олексійович

бакалавр, Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса;

e-mail: artiukh27@gmail.com

Науковий керівник Рябцов Олександр Васильович

к.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматики суден,
Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса;

e-mail: alex.ryabtsov@gmail.com

УДК 629.5

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ НА СУДАХ

Федорова Ю. М.

З кожним роком на судах встановлюються більш вдосконалені електростанції. В процесі вдосконалення враховується покращення надійності та якості електромережі, а також зменшення витрачених ресурсів на їх будівництво.

Основним споживачем реактивної потужності індуктивного характеру на суднах та промислових підприємствах є асинхронні двигуни (60...65 % загального її споживання), трансформатори, включаючи зварювальні (20...25%), вентильні перетворювачі, реактори та інші споживачі.

Без її компенсації виникає необхідність підключати додаткові генеруючі установки, що призводить до збільшення вироблення моторесурсу, зниження ККД і перевитрати палива. Прямий пуск потужного електродвигуна неможливий через необхідність генерувати реактивний струм, сумірний з номінальним струмом генератора.

У ході роботи було зроблено порівняльний аналіз сучасних компенсаторів реактивної потужності з огляду на тарифну політику держави.

Основними критеріями вибору найбільш відповідного КРМ стали такі показники: ступінь захисту; маса; гарантійний термін експлуатації; вид регулювання (тільки автоматичне або тільки ручне), кількість ступенів регулювання; швидкодію системи регулювання.

Застосування КРМ також дає можливість використовувати переваги асинхронних генераторів у порівнянні з синхронними з метою підвищення надійності, безпеки та зменшення вартості електроенергії.

Висновки. Використання компенсаторів реактивної потужності дозволяє:

- 1) дозволить суттєво знизити загальні витрати на електроенергію
- 2) покращити якість електроенергії за напругою у вузлах навантаження системи електропостачання споживача та в електричній мережі;
- 3) зменшити мережеві перешкоди, знизити асиметрію фаз;
- 4) продовжити термін служби розподільчого обладнання
- 5) використовувати провідники меншого діаметру.;

ЛІТЕРАТУРА

1. Ерошкин А. В., Шейкин Ю.И. Сравнительный анализ вариантов технического решения плавного пуска мощных асинхронных электродвигателей // <http://www.toroid.ru/article1.html>
2. «Компенсация реактивной мощности» Б. А. Константинов, Г. З. Зайцев. – Л., «Энергия», 1976 г., 104 с.
3. Муха Н. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в суднових автономних електроенергетичних системах: Дис докт. техн. наук.- Львів, 2018.
4. Радин В.И., Винокуров В.А. Применение асинхронных генераторов как автономных источников переменного тока // Электротехника. – 1967. - №8. – С.17 – 20.

Федорова Юлія Михайлівна

*магістр, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: fedorova@nordic-hamburg.com*

Науковий керівник Вишневський Леонід Вікторович

*д.т.н., професор кафедри автоматизації суднових енергетичних установок,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: leovikvish@gmail.com*

УДК 621.33, 621.316.71

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИСОКОВОЛЬТНИХ ПРИСТРОЯХ ПЛАВНОГО ПУСКУ

Прокопов В. Ю.

Мета роботи – модернізація системи електроприводу підрулюючих пристроїв з гвинтами фіксованого кроку для підвищення надійності, зменшення механічних ударів і струмів та покращення електромагнітної сумісності з судновою електроенергетичною мережею живлення шляхом використання повністю керованих тиристорів.

В роботі проведено аналіз основних характеристик серійного високовольтного пристрою плавного пуску з силовою частиною на базі тиристорів. Проведено математичне моделювання електроприводу в Matlab/Simulink/Simscape/Electric. Показано, що такі пристрої спотворюють як струми, так і напругу на двигуні та в мережі обмеженої потужності, якою є суднова електроенергетична система (рис. 1).

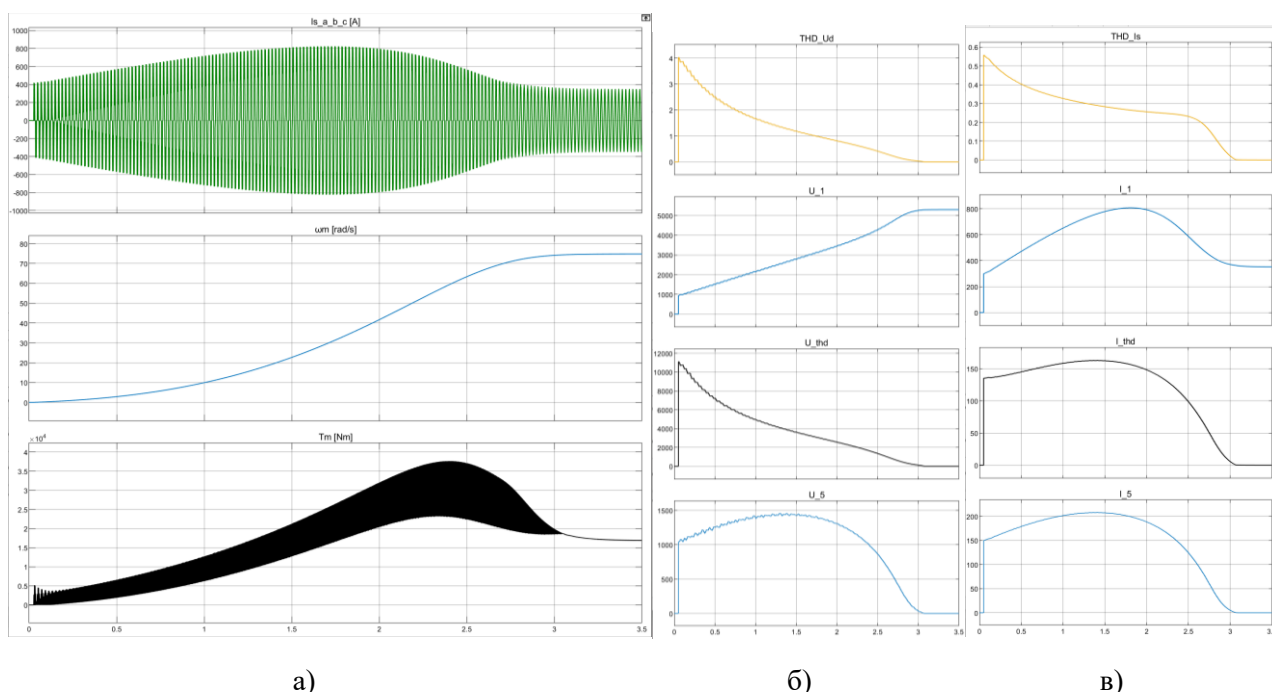


Рисунок 1 – Графіки перехідних процесів в ТПН при лінійному зростанні напруги (а) та показники електромагнітної сумісності за напругою (б) та струмом (в)

Запропоновано використання ГТО з шунтуючим конденсатором, яке забезпечує високу точність регулювання 1-ї гармоніки напруги. Вперше знайдено мінімальну величину ємності конденсатора – $150...200\mu F$ – і залежності коефіцієнту гармонічних спотворень струму в фазі статора від частоти комутації ГТО при дотриманні фізичних характеристик ГТО (500–1000 Hz).

$$\begin{aligned} f_{C=150\mu F} &= 289.13(THD)^{-0.413}, \\ f_{C=200\mu F} &= 244.63(THD)^{-0.426}, \\ f_{C=250\mu F} &= 213.35(THD)^{-0.433}. \end{aligned}$$

За таких умов експлуатаційні характеристики пристрою плавного пуску практично не відрізняються від ідеального регулятора фазної напруги асинхронного двигуна (рис. 2).

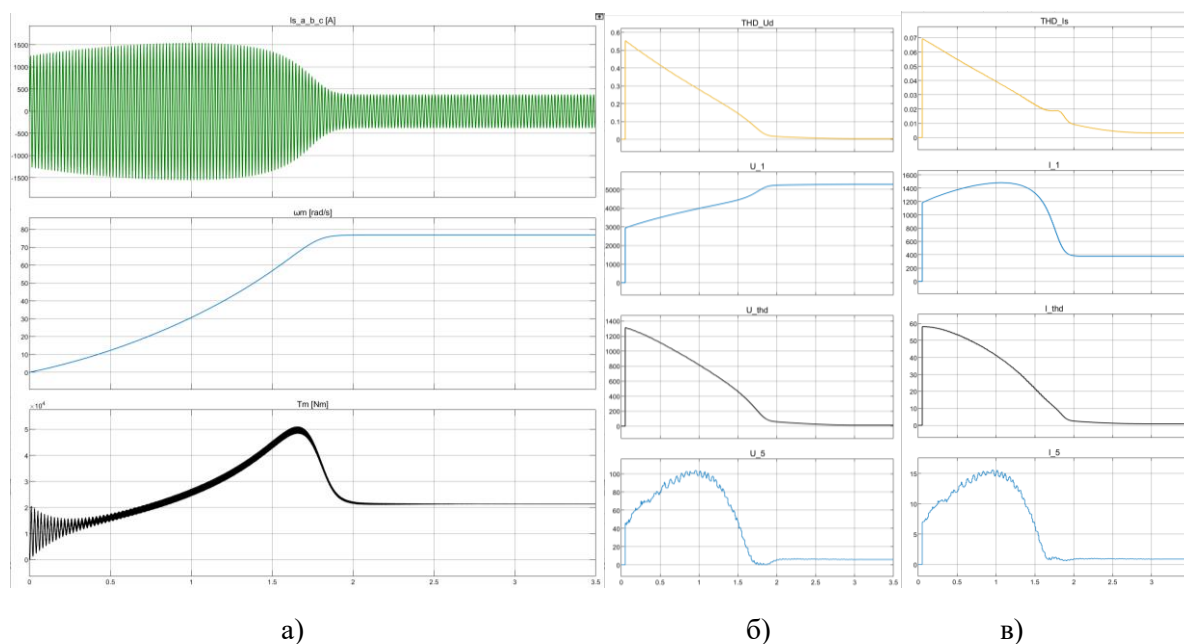


Рисунок 2 – Графіки перехідних процесів в пристрої плавного пуску з GTO з конденсаторами $200\mu F$ при лінійному зростанні напруги (а) та показники електромагнітної сумісності за напругою (б) та струмом (в)

Отримані показники задовольняють всім вимогам якості електричної енергії. Перш за все, звертаємо увагу на THD за струмом не перевищує 0.07, THD за напругою на двигуні – менше 0.6, в мережі – менше 0.2. Пристрій плавного пуску з GTO забезпечив точне зростання напруги за заданим законом, відповідно амплітуда 1-ї гармоніки струму більше, ніж в ТПН, що і призводить до більшого моменту та прискорення в процесі пуску. Важливо також, що пульсації електромагнітного моменту з частотою комутації GTO 600 Hz не перевищують 20 % номінального моменту двигуна, а при 1000 Hz – 7 %.

Таким чином, використання GTO з шунтуючим конденсатором в блоці керування тиристорами може суттєво покращити показники пристроїв плавного пуску.

Показано можливість синтезу замкнених систем зі стабілізацією струму, моменту, швидкості, а також двоконтурної системи з формуванням заданої тахограми при обмеженні моменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. MEDIUM VOLTAGE SOFTSTARTERS. DESCRIPTION ABB SSM-60400-E // https://abbsales.com/type/ssm_medium_voltage_softstarters.htm
2. Busher, V., Chornyi, O., Glazeva, O., Tytiuk, V., Kuznetsov, V. G. and Tryputen, N. Optimal Control Method of High-Voltage Frequency Converters with Damaged Cells / PRTM2020 – DIIT, 2020, Sci. Eng. 985 012021 – pp.1–10 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012021>.
3. V. Busher, A. Shestaka, O. Chornyi, O. Glazeva, L. Melnikova and V. Tytiuk, "Method of Space Vector Pulse Width Modulation in High Voltage Cascaded Frequency Converter with Damaged H-cells," 2021 MEES, 2021, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598782>

Прокопов Владислав Юрійович

магістр, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: prokopov_v_u@gmail.com

Науковий керівник Бушер Віктор Володимирович

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: victor.v.bousher@gmail.com

УДК 629.5

ЦИФРОВИЙ ДАТЧИК НАПРУГИ СУДНОВОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Литвак О.В.

Дана робота присвячена реалізації цифрового датчика напруги, який входить в склад регулятора напруги, робота та швидкодія якого будуть задовольняти сучасним вимогам до якості електроенергії на судні.

Спотворення синусоїдальної форми напруги та струму в перехідних режимах вимагають фільтрації, а це означає, що будуть затримки отримання інформації. В існуючих системах стабілізації напруги автономних генераторів керування відбувається після загасання електромагнітних процесів в контурах розсіювання електричних машин та індуктивного навантаження, що збільшує динамічні відхилення напруги і знижує швидкодію системи.

На відміну від стаціонарних систем в автономних системах електропостачання від генераторних установок з приводом від двигуна внутрішнього згорання в перехідних режимах і при паралельній роботі допускається значне відхилення частоти обертання генератора і частоти струму. Тому дуже важливо застосовувати датчик напруги, вихідний сигнал якого не залежатиме від частоти струму ω і від вищих гармонійних спотворень форми напруги. Для виміру трифазного змінного струму використовується датчик, який складається з двох частин – аналогової та цифрової. Аналогова частина перетворює синусоїдальний сигнал з кожної фази у пилообразний вигляд. У такому вигляді він подається на АЦП мікроконтролера Arduino. Отримане значення оброблюється програмою.

Програма працює наступним чином: знімаються значення напруги на аналогових портах A0 і A4. На клему A0 приходить сигнал з датчика напруги, на клему A4 - із задаючого потенціометра. Аналого-цифровий перетворювач мікроконтролера переводить значення напруги в число від 0 до 1023 (0В - 0; 5В - 1023). Дані зберігаються в змінні. Далі слідує цикл в ході якого знаходиться максимальне значення напруги отриманого з датчика за період (0.02 с при частоті 50 Гц). Коли значення досягає максимуму за період запускається розрахунок.

В ході розрахунку обчислюється різниця між сигналами, отриманими з датчика і потенціометра. Після цього перевіряється умова для зони нечутливості. Якщо вона не виконується, то обчислюється номер зони А, в якій знаходиться отримане значення. Далі слідує розрахунок зони C_n , яка визначає кількість світлодіодів (конденсаторів), які треба підключити. Також перевіряються умови для форсировки. Після цього реалізовані сітка C_n (підключення конденсаторів і А допоміжна. Залежно від номера зони C_n підключаються конденсатори певних розрядів двійкового числа, які відповідають конденсаторам різної місткості на реальній машині.

В роботі також розглянуті технічні вимоги до суднових електроагрегатів з приводом від двигуна внутрішнього згорання та правила безпеки при експлуатації суднового електрообладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вишнеvский Л.В. Оптимальное управление напряжением асинхронного генератора/ Л.В. Вишнеvский, И.А. Новосад // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. -1993. - Вып. 1. - Одесса: ОГМА. - С. 19-28.
2. Булатов Р.Ф. Совершенствование датчиков несимметрии напряжений трехфазных электромашиных генераторных агрегатов// Вестник УлГТУ. - №4. – 2011. – С. 40-41.

Литвак Олександр Володимирович
магістр, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: litvaksasha24129817@gmail.com

Науковий керівник Вишнеvський Леонід Вікторович
д.т.н., професор кафедри автоматизації суднових енергетичних установок,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: leovikvish@gmail.com

УДК 681.3.057

ФОРМУЛА КАРДАНО ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КУБІЧНИХ РІВНЯНЬ

Марчук Д.В.

Сучасні методи керування та моделювання складних електротехнічних об'єктів використовують різноманітні розділи математики. Серед них важливе місце займає теорія алгебраїчних рівнянь. Кожен з методів розв'язання (визначення коренів рівнянь) має свої плюси і мінуси, і дуже часто методи перетинаються та доповнюють один одного.

В електротехніці широко використовуються формули розрахунку коренів квадратних рівнянь. Але є задачі, де об'єкт може бути більш точно описаний кубічними рівняннями, наприклад, при моделюванні петлі гістерезису. Проблема полягає в тому, що пошук коренів кубічного рівняння за добре і з давнини відомим методами вимагає використання громіздких формул, які, крім всього іншого, містять під знаком кубічного кореня операції з квадратними коренями. Саме тому відстежити залежність коренів рівняння від коефіцієнтів виявляється складно.

Сучасній науці відомо безліч способів розв'язання кубічних рівнянь, серед яких слід відмітити:

- числовий;
- зниження степені рівнянь (теорема Безу, схема Горнера);
- симетричні чи поворотні рівняння;
- метод невизначених коефіцієнтів;
- теорема Вієта для кубічних рівнянь;
- метод заміни тобто зведення рівняння до найпростішого;
- метод тригонометричних підстановок;
- метод використання монотонності функцій;
- графічний метод;
- формула Кардано.

Мета роботи – вивчити властивості коренів кубічних рівнянь і пов'язати та з'ясувати можливості їх використання для розв'язання прикладних задач електротехніки.

Будь-яке кубічне рівняння може бути приведено до виду неповного кубічного рівняння:

$$y^3 + py + q = 0. \quad (1)$$

Аналітичний розв'язок даного канонічного кубічного рівняння виконують за допомогою формули Кардано (2):

$$y = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \frac{p^3}{27}}}. \quad (2)$$

Для кубічних рівнянь, також як і для квадратних, існує дискримінант ($D = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}$), який

є індикатором типів коренів кубічного рівняння:

якщо $D > 0$ – рівняння має три різних кореня, один з яких дійсний, а два інших – комплексно-спряжені (саме при вирішенні рівнянь третього ступеня комплексні числа вперше набули свого застосування);

якщо $D = 0$ – всі три кореня дійсні, два з них рівні;

якщо $D < 0$ – всі три кореня дійсні та різні.

Формула Кардано (2) є достатньо громіздкою і не дає повного уявлення про характер залежності коренів рівняння від його коефіцієнтів. Тому краще зрозуміти властивості коренів кубічного рівняння, якщо скористатися графічним відображенням. При цьому розглядатимемо

кубічні рівняння з дійсними коефіцієнтами. Спочатку проаналізуємо, які з трьох дійсних коренів переходять в комплексну площину, коли коефіцієнти рівняння змінюються таким чином, що від випадку трьох дійсних коренів ми переходимо до одного дійсного і двох комплексно спряжених.

У випадку $\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \frac{p^3}{27} < 0$ (це може бути тільки у випадку $p < 0$ тобто $p = -|p|$), три

дійсні корені рівняння (1) можуть бути представлені у вигляді:

$$y_1 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3}\right), y_2 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{2\pi}{3}\right), y_3 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{4\pi}{3}\right), \quad (3)$$

де $\varphi = \arccos\left(-\frac{q}{2}\sqrt{\frac{27}{|p|^3}}\right).$ (4)

При цьому графік залежності $f(y) = y^3 + py + q$ може бути схематично представлений у вигляді (рис.1):

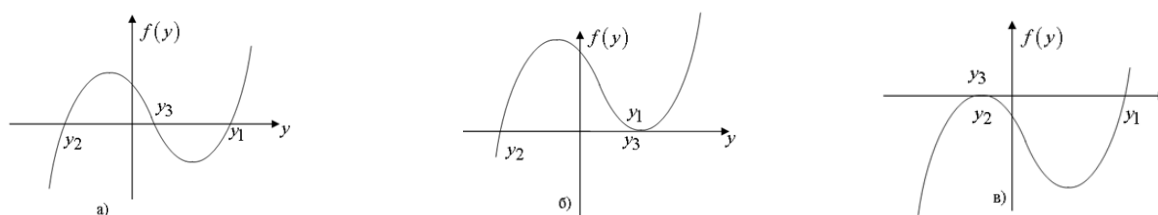


Рисунок 1 – Схематичний графік залежності лівої частини рівняння (1) від змінної y для випадку трьох різних дійсних коренів (а) і для випадку трьох дійсних коренів, з яких два співпадають при $q > 0$ (б) і при $q < 0$ (в)

При $\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \frac{p^3}{27} = \left(\frac{q}{2}\right)^2 - \frac{|p|^3}{27} = 0$ і $\frac{q}{2} = \sqrt{\frac{|p|^3}{27}}$ $\varphi = \arccos(-1) = \pi$.

Тоді з формул (3) отримаємо

$$y_1 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\pi}{3}\right), y_2 = -2\sqrt{\frac{|p|}{3}}, y_3 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{4\pi}{3}\right) = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{\pi}{3}\right). \quad (5)$$

З формул (5) видно, що $y_1 = y_3$ (рис.1,б). Звідси видно, що при подальшому збільшенні q корінь y_2 залишиться на дійсній осі, а y_1 і y_3 змістяться в комплексну площину.

При $\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \frac{p^3}{27} = \left(\frac{q}{2}\right)^2 - \frac{|p|^3}{27} = 0$ і $\frac{q}{2} = -\sqrt{\frac{|p|^3}{27}}$ $\varphi = \arccos(1) = 0$.

Тоді з формул (3) отримаємо

$$y_1 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}}, y_2 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right), y_3 = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{(6-2)\pi}{3}\right) = 2\sqrt{\frac{|p|}{3}} \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)$$

З вищенаведених формул видно, що при подальшому зменшенні q у комплексну площину змістяться корені y_3 і y_2 , а корінь y_1 залишиться на дійсній осі.

Побудуємо графіки залежності коренів від коефіцієнтів за допомогою програми MATHCAD. З урахуванням вище отриманих результатів, графіки залежності коренів рівняння (1) від його коефіцієнтів можуть бути представлені у вигляді (рис.2).

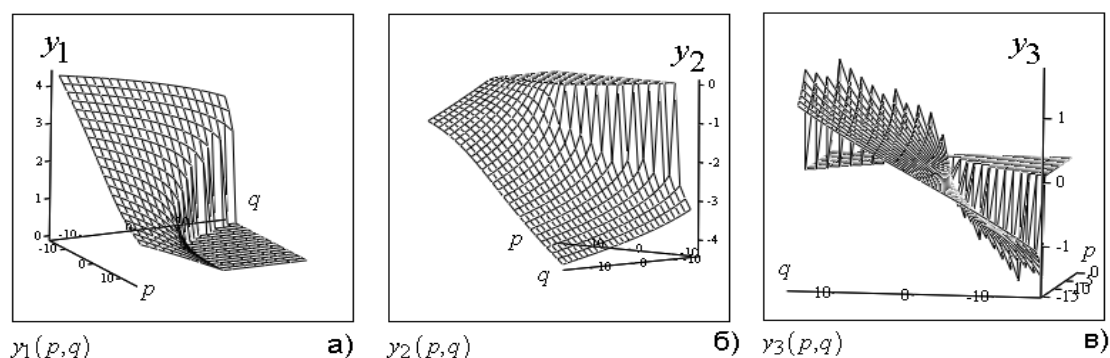


Рисунок 2 – Залежність першого (а), другого (б) і третього (в) коренів рівняння (1.7.) від коефіцієнтів цього рівняння p і q .

На рис.3 представлені області значень коефіцієнтів p і q рівняння $y^3 + py + q = 0$ при яких це рівняння має три дійсні корені (біла область) і один дійсний і два комплексно-зв'язані корені (темно-синя область).

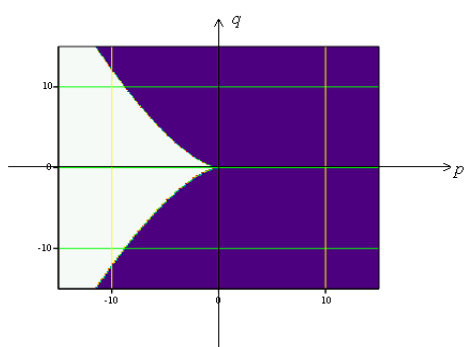


Рисунок 3 – Области значень коефіцієнтів p і q кубічного рівняння

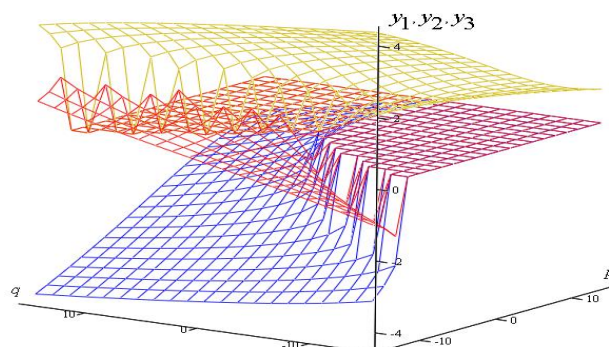


Рисунок 4 – Залежності всіх трьох коренів рівняння $y^3 + py + q = 0$ від його коефіцієнтів.

Представляє інтерес розглянути, як змінюються корені кубічного рівняння, показані на рис. 4, якщо коефіцієнти цього рівняння змінювати так, щоб вони описали в площині (p, q) яку-небудь замкнуту лінію і повернулися до свого первинного значення. Крім того, цікаво порівняти це з тим, як змінюються корені квадратного рівняння $x^2 + px + q = 0$ при зміні коефіцієнтів цього рівняння уздовж замкнутої лінії. Результати таких перетворень можна побачити на рис.5.

Задаємо коефіцієнти рівняння (1) як p і q – координати точки A і вирішимо рівняння за допомогою формули Кардано. Оскільки точка A узята в тій області, в якій рівняння має три дійсні корені, то виберемо один з них. З рис.5 (а) видно, що, якщо міняти коефіцієнти так, щоб вони описали замкнуту лінію від точки A до точки B і далі від точки B знову до точки A , то в результаті такого обходу по замкнутій лінії коефіцієнти рівняння повернуться до свого первинного значення, а корінь – не повернеться. З рис.5(б) видно, що якщо такий же обхід зробити у разі квадратного рівняння, то повернення коефіцієнтів до первинного значення приводить до того, що і корінь повернеться до свого первинного значення.

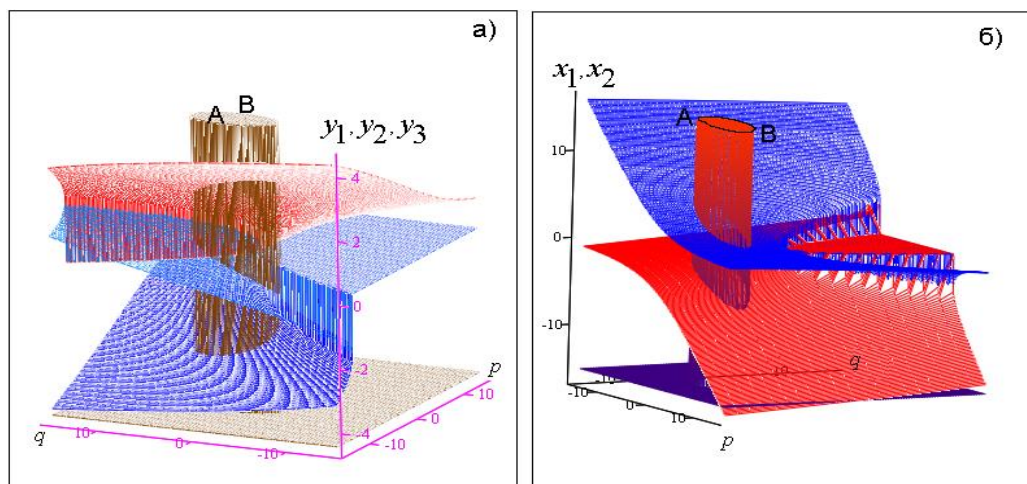


Рисунок 5 – Порівняння залежності коренів неповного кубічного рівняння на замкнутому контурі (а) і приведенного квадратного рівняння $x^2 + px + q = 0$ (б).

Це властивість коренів кубічного рівняння відповідає відомому з фізики явищу гістерезису. Воно полягає в тому, що якщо систему піддати якій-небудь дії, а потім зняти цю дію, то система не повертається до початкового стану. Типовим прикладом в електротехніці є намагнічення металів.

Висновок: Різні способи розв'язання одного рівняння показують універсальність кожного методу, його оригінальність та раціональність. Не всі вони зручні для вирішення, але кожен, як мінімум, цікавий своїм підходом.

В роботі було показано зв'язок коефіцієнтів кубічного рівняння з його коренями.

Графічне зображення властивостей коренів кубічних рівнянь показало, що вони можуть бути використані для опису таких явищ при яких система яку вивели з початкового стану не повернеться в нього при відтворенні тих же умов, зокрема явище гістерезису.

В цілому можна зробити висновок, що формули коренів кубічного рівняння виявляються корисними для аналітичного розв'язання як фізичних, так і математичних завдань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гасанов, И. Р. О корнях кубического уравнения. Молодой ученый. – 2018.– № 39 (225).
2. Roger Cooke. Classical Algebra: Its Nature, Origins, and Uses. – John Wiley & Sons, 2008. – P. 64. – ISBN 978-0-470-27797-3

Марчук Данило Віталійович

курсант 4 курсу ННІН, національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
 e-mail: dannnmark@gmail.com

Науковий керівник Глазева Оксана Володимирівна

к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії та електроніки національного університету
 «Одеська морська академія», м. Одеса;
 e-mail: o.glazeva@gmail.com

УДК 629.5

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СУДНОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Іванов Д.С.

Кожного року структура судових електростанцій удосконалюється з метою збільшення їх надійності, покращення якості електроенергії і заощадження коштів на побудову і експлуатацію.

Головними споживачами електроенергії на судах являються електричні двигуни. Основною відмінністю електричних двигунів від звичайних споживачів електроенергії є те, що окрім активної потужності, двигуни споживають реактивну, яка обумовлена наявністю зсуву фаз між струмом і напругою які споживаються обмотками електродвигуна. Таке навантаження робить необхідним збільшувати розміри і потужності генераторів та споживачів, що призводить до збільшення витрат при будівництві судна.

В ході роботи була розроблена автоматична система динамічної компенсації реактивної потужності, в якій регулятор на основі мікроконтролера ATmega328 за допомогою тиристорів комутує конденсаторні секції, для того щоб компенсувати реактивні токи, які виникають через індуктивності, які присутні в електромережі. В залежності від величини реактивної потужності, яка вимірюється контролером за допомогою двох трансформаторів, запрограмований контролер відкриває один чи більше тиристорів, які в свою чергу підключають конденсатори паралельно до навантаження, тим самим компенсуючи реактивну потужність.

Головна задача – підібрати оптимальні налаштувальні параметри системи динамічного регулювання реактивної потужності за допомогою моделювання.

Вимірювання реактивної потужності, яке відбувається протягом кожного періоду коливання змінного струму, ґрунтується на принципі – величина реактивного струму в момент переходу напруги через нуль дорівнює його амплітуді. Знаючи амплітуду струму можна визначити керуючий вплив, тобто скільки конденсаторних секцій потрібно підключити, щоб компенсувати виміряну реактивну потужність.

За допомогою середовища для візуального програмування FLProg була складена програма за допомогою функціональних блоків, і завантажена до мікроконтролера. Ця програма розраховує величину ємності яку потрібно підключити, щоб компенсувати індуктивність.

В програмі використовується дискретний інтегруючий закон управління. Для того щоб не було коливань введена зона нечутливості. Були визначені параметри – величина зони нечутливості і коефіцієнт часу інтегрування в залежності від заданої величини навантаження.

Висновки. Таким чином, використання компенсаторів реактивної потужності дозволяє:

- 1) зменшити грошові витрати на електроенергію;
- 2) зменшити навантаженість мережі та збільшити її надійність;
- 3) полегшити запуск потужного обладнання;
- 4) не допустити перегрівання ізоляції;
- 5) використовувати провідники меншого діаметру.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Компенсация реактивной мощности» Б. А. Константинов, Г. З. Зайцев. – Л., «Энергия», 1976 г., 104 с.
2. Муха Н. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в судових автономних електроенергетичних системах: Дис докт. техн. наук. – Львів, 2018.
3. Радин В.И., Винокуров В.А. Применение асинхронных генераторов как автономных источников переменного тока // Электротехника. – 1967. - №8. – С.17 – 20.

Іванов Дмитро Сергійович

магістр, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: ivanowdima1999@gmail.com

Науковий керівник Вишневський Леонід Вікторович

д.т.н., професор кафедри автоматизації судових енергетичних установок,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: leovikvish@gmail.com

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

Ду Сінь Дослідження аварійних режимів в високовольтних каскадних перетворювачах частоти в асинхронних електроприводах [Текст] / Ду Сінь // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.7-9

Собченко В.В. Перспективи використання інтелектуальних технологій у суднової автоматики [Текст] / Собченко В.В. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.9-11

Глушко І.С., Осадчий Г.А. Розробка елементів схеми квазісинхронного перетворювача «напруга – частота» для суднових тензометричних датчиків / Глушко І.С., Осадчий Г.А. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.12-13

Мринський О.І. Перспективи використання автономних кораблів / Мринський О.І. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.14-15

Глушко І.С., Осадчий Г.А. Розробка перетворювачів «напруга – частота» для суднових тензометричних датчиків / Глушко І.С., Осадчий Г.А. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С. 15-17

Маргуца Д. Р. Проблеми експлуатації засобів автоматики суднових парових котлів / Маргуца Д. Р. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.17-19

Пащенко О.О. Гібридні кораблі як майбутнє індустрії / Пащенко О.О. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.19-21

Петков І.В. Алгоритмічний підхід швидкодiючого вимiрювання електричних величин / Петков І.В. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.21-23

Сурилова А.О. Організаційно-правові аспекти застосування автоматизованої системи подачі, перевірки та оформлення суднозаходу / Сурилова А.О. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.23-25

Шевцова Д.В. Правове регулювання безпечного перевезення вантажу морським транспортом / Шевцова Д.В. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.25-26

Широких К.С. Бізнес планування судноплавних компаній в умовах циркулярної економіки / Широких К.С. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.27-28

Захаров І.С. Дослідження високовольтних каскадних перетворювачів частоти в суднових асинхронних електроприводах / Захаров І.С. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.29-30

Олейнік О.С., Морозовський Д.С. Система берегового енергопостачання пасажирського судна водотонажністю 1900 тонн / Олейнік О.С., Морозовський Д.С. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.31-32

Habuniia A.P. All electric ships: comparison to the traditional diesel engine propulsion / Habuniia A.P. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.33-35

Войнорович М.Р. Удосконалення стратегії стабілізації напруги генераторних агрегатів суднових електроенергетичних систем / Войнорович М.Р. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.36-39

Авер'янов А.І. Дослідження процесів регулювання тиску пари в судової котельної установці / Авер'янов А.І. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.39-40

Цзян Хайлун Дослідження високовольтних каскадних перетворювачів частоти в потужному асинхронному електроприводі / Цзян Хайлун // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.41-42

Червяков С. Дослідження високовольтних каскадних перетворювачів частоти з векторним керуванням / Червяков С. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.43-44

Назаренко А.О. Гібридні енергосистеми на судах з електрорухом / Назаренко А.О. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.45-46

Захаров І.С. Обґрунтування методів зниження коефіцієнта нелінійних спотворень напруги суднових автоматизованих електроенергетичних систем / Захаров І.С. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.47-49

Умніков М.О. Спосіб визначення внутрішнього повного опору активного багатополюсника при узгодженому режимі роботи / Умніков М.О. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.50-52

Ципа А.В. Феррорезонанс в системах електропостачання об'єктів морської індустрії / Ципа А.В. // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.53-55

Бічев В.І., Артюх В.О. Розробка і дослідження альтернативних суднових джерел електроенергії / *Бічев В.І., Артюх В.О.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.55-59

Федорова Ю.М. Аналіз доцільності використання компенсації реактивної енергії на судах / *Федорова Ю.М.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.60

Прокопов В.С. Дослідження електромагнітних та електромеханічних процесів у високовольтних пристроях плавного пуску / *Прокопов В.С.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.61-62

Литвак О.В. Цифровий датчик напруги суднового дизель-генератора / *Литвак О.В.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.63

Марчук Д.В. Формула кардано для вирішення кубічних рівнянь / *Марчук Д.В.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.64-67

Іванов Д.С. Автоматична система динамічної компенсації реактивної потужності суднових споживачів / *Іванов Д.С.* // І науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 24.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. – С.68



І науково-технічна конференція молодих вчених
«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»
24 листопада 2021 року

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

І науково-технічна конференція молодих вчених
«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ
ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»
24 листопада 2021 року

Комп'ютерна верстка: *Глазева О.В.*

Підписано до друку 28.01.2019. Формат 60×84/16.
Ум. друк, арк. 13,25. Наклад 300. Зам. № И19-02-64.

НУ «ОМА»
Свідоцтво ДК № 1292 от 20.03.2003
65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8
тел./факс: (0482) 34-14-12
publish@ma.odessa.ua