

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2026

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

29-30 квітня 2026 року

Навчально-науковий Інститут автоматики і електротехніки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв 2026

УДК 681.5:621.3
С91

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2026: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2026. – 112 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2026".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також інформаційно-вимірювального обладнання.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

ОРГАНІЗАТОРИ:

1. МОН України;
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Комп'ютерна верстка:
Відповідальний за випуск:

О.О. Пальчиков
О.О. Пальчиков

© Національний університет кораблебудування, 2026

Специфічні особливості експлуатації на *MSC Shristi*.

1. Сегментація ГРЩ: Шини розподільного щита розділені секційними вимикачами. Це дозволяє працювати в режимі "*Split Bus*", що підвищує безпеку при маневруванні — аварія на одній секції не призводить до зупинки генераторів на іншій.

2. Прогнозування навантаження (*Reefer Integration*): На відміну від стандартних суден, *PMS* тут інтегрована з системою моніторингу рефрижераторів. При масовому запуску компресорів після періоду відтавання (*defrost*), *PMS* заздалегідь готує резервну потужність або запускає додатковий ДГ.

Висновки. Таким чином, електроенергетичний комплекс контейнерного судна *MSC Shristi* є складною багаторівневою системою, яка забезпечує безперебійну роботу всіх технічних систем судна. Надійність та ефективність функціонування цієї системи є важливою умовою безпечної експлуатації морського транспорту. Дослідження особливостей роботи електроенергетичних систем сучасних контейнерних суден дозволяє підвищити ефективність управління енергетичними ресурсами та забезпечити стабільну роботу суднового обладнання під час експлуатації.

Список використаних джерел

1. Бодашко В.В. Високовольтні технології в морській електроінженерії: монографія / В.В.Бодашко, О.М. Піпченко, В.В.Пономаренко, В.А. Шевченко . – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 398 с.
2. Голіков С.П., Чорний С.Г., Жук Д.О., Івановський М.В. «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи». Частина 1. «Суднові електричні станції». – Київ: Кондор, 2013. – 198 с.
3. Експлуатація електроустаткування електричних станцій та електричних мереж [Електронний ресурс] : електронний посібник / уклад. О. М. Карлова. – Режим доступу: <https://bit.ly/2Q6Thb7>. – Електрон. текст. та граф. Дані
4. Електротехнологія [Електронний ресурс] : електронний підручник / уклад.: Р. Тимошук, А. Шелест, Л. Павлюк. – Режим доступу: <https://bit.ly/31UmRDK>. – Електрон. текст. та граф. Дані
5. Проектування спеціалізованих перевантажувальних комплексів: навчальний посібник з дисципліни / В.А. Яременко, В.В. Стрельбіцький - Одеса, ОНМУ. [Електронне видання], 2023. – 117с.

УДК 621.314

Козлов М.О., PhD, Єременко А.П., Жук Д.О., д. т. н.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ НА СУДНОВУ МЕРЕЖУ

Важливим напрямком розвитку сучасних морських суден є впровадження електричних пропульсивних комплексів (ЕПК). Вони використовуються на таких судах як пасажирські лайнери, пороми, криголами, судна забезпечення офшорних платформ, бурові судна, газовози. У порівнянні з пропульсивними комплексами на основі дизельних двигунів ЕПК мають низку переваг: зменшення рівня шуму і вібрації, підвищення крутного моменту на малих обертах, відсутність викидів шкідливих речовин, покращення динамічних характеристик. Напівпровідникові перетворювачі для побудови ЕПК потужністю до десятків МВт виробляються такими фірмами як ABB, Siemens Energy, GE Power Conversion, Kongsberg, Wartsila [1-4] (рис. 1).

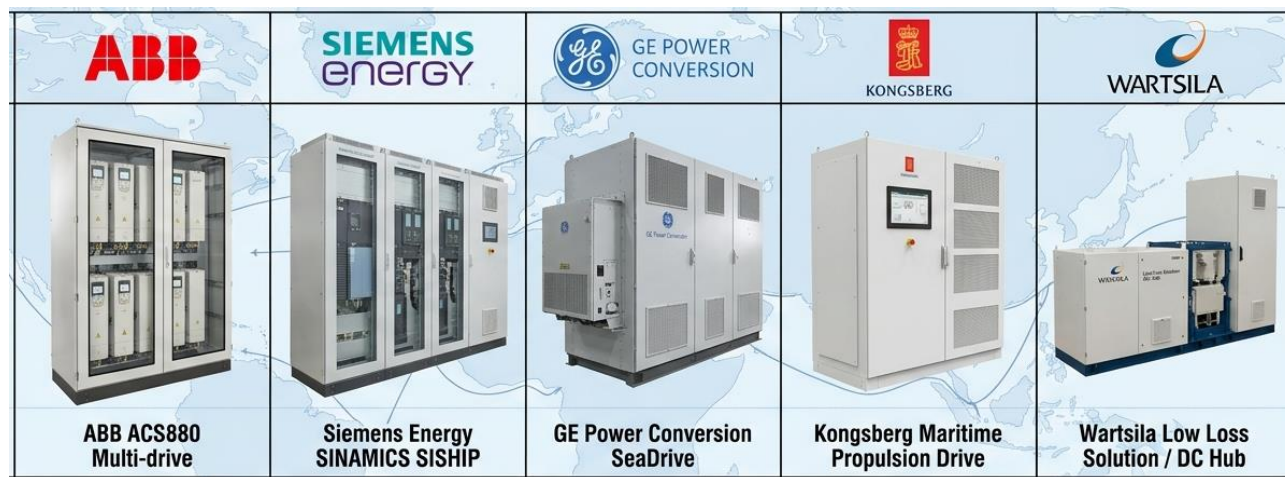


Рисунок 1 – Напівпровідникові перетворювачі для ЕПК

Внаслідок використання потужних напівпровідникових перетворювачів (керовані і некеровані випрямлячі, інвертори струму, інвертори напруги, циклоконвертори), вплив ЕПК на суднову мережу полягає у генеруванні високого рівня гармонік. Це призводить до спотворення форми напруги, додаткового нагрівання обладнання та порушення електромагнітної сумісності з чутливим судновим обладнанням, таким як навігаційні, комунікаційні системи і системи керування. Мінімізація даного впливу можлива шляхом використання багатопульсних схем напівпровідникових перетворювачів, оптимізації конструктивних параметрів ЕПК, застосування пасивних і активних фільтрів гармонік [5, 6].

Незважаючи на вдосконалення стандартів електромагнітної сумісності обладнання, зростання вимог до рівня гармонік, генерованих ЕПК [7], трапляються аварії суднових електроенергетичних систем, пов'язані з порушенням електромагнітної сумісності і якості електроенергії. Типовим прикладом є аварія на круїзному лайнері RMS Queen Mary 2, пов'язана з катастрофічним руйнуванням конденсатора фільтру гармонік з номінальною напругою 11 кВ внаслідок ймовірної роботи з перевищенням напруги або частими комутаціями [8], що призвело до пошкодження електрообладнання, вибуху з пожежею і тимчасової втрати електропостачання і руху судна.

Таким чином дослідження, спрямовані на пошук шляхів підвищення якості електроенергії і забезпечення електромагнітної сумісності суднового обладнання залишаються актуальними.

Питання підвищення якості електроенергії в ЕПК розглядаються в багатьох роботах, зокрема в [9] розглянуто заходи зі зниження рівня гармонік в ЕПК на основі синхронного електропривода з інвертором, веденим навантаженням (LCI), в роботі [10] розглянуто відповідні заходи для електроприводів інших типів. Однак типові рекомендації не дозволяють здійснити детальний аналіз впливу параметрів ЕПК на гармонійний склад напруги і струму, що споживається від суднової мережі, для розв'язання цієї задачі необхідно використання імітаційного моделювання.

Метою роботи є розробка імітаційних моделей ЕПК для визначення впливу ЕПК на суднову мережу.

Структура ЕПК.

Одним з способів зменшення впливу ЕПК на суднову мережу є використання вдосконаленої схеми вхідного випрямляча, оскільки саме через нього здійснюється генерація гармонік. Найбільш поширеними є наступні схеми (рис. 2) [11]: 12-пульсний керований тиристорний випрямляч (КВ) з фазозсувними трансформаторами (рис. 2, а); діодні некеровані випрямлячі (НВ), у тому числі з підвищеною пульсністю (рис. 2, б, в); активні випрямлячі (АВ) АФЕ з високочастотною ШІМ (рис. 2, г).

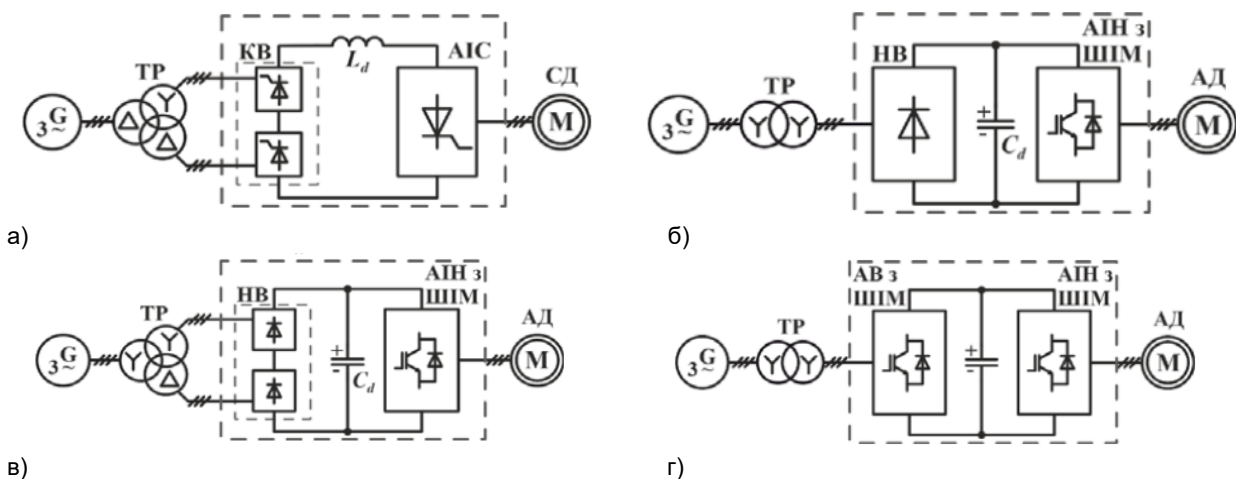


Рисунок 2 – Типові структури ЕПК

У подальшому розглядається схема ЕПК на основі керованого тиристорного випрямляча (рисунк 2, а), оскільки для них [11] менш поширеними є дослідження гармонійного впливу на суднову мережу.

Фазозсувний трансформатор забезпечує живлення КВ, який складається з двох 6-пульсних випрямних тиристорних мостів (таким чином формується 12-пульсна схема). Індуктивний елемент формує ланку постійного струму і забезпечує живлення інвертора струму АІС, який також побудований на тиристорах і відноситься до типу LCI – інвертор з комутацією навантаження. Тиристори у такому інверторі фактично керуються проти-ЕРС навантаження, тобто синхронного пропульсивного двигуна СД. Часто використовується синхронний 6-фазний двигун з безщітковим збудженням, потужність якого може досягати 20 МВт. Обмотки статора СД мають зсув 30° . Зазвичай використовується 2 або більше СД. Використання 6-фазних двигунів, які мають дві обмотки статора за схемою «зірка» дозволяє не лише покращити масо-габаритні характеристики, але і реалізувати 12-пульсну схему інвертора, який складається з двох 6-пульсних тиристорних мостів [10].

Розрахункове визначення впливу ЕПК на суднову мережу

Рівень гармонік напруги суднової мережі, зумовлених напівпровідниковими перетворювачами, можна розрахувати за методикою, наведеною в роботі [12]. Отримані формули відповідають фіксованій схемі ЕПК (рис. 2, а). Для 12-пульсного випрямляча навантаження у вигляді інвертора і СД представлено джерелом струму. Також у схемі ЕПК присутній фільтр гармонік. Вдосконалений метод оцінки гармонічних спотворень напруги в судновій мережі дозволяє визначити коефіцієнт гармонічних спотворень СМ і може бути використаний для порівняння результатів, отриманих шляхом імітаційного моделювання.

Імітаційна модель ЕПК.

Особливістю імітаційної моделі ЕПК для аналізу впливу на суднову електромережу є використання усталеного режиму роботи інвертора і СД. Це дозволяє знехтувати регулятором збудження СД. Оскільки метою моделювання є визначення гармонійного складу напруги суднової мережі, це дозволяє не використовувати детальну модель інвертора і синхронного двигуна, а замінити їх джерелом постійного струму, значення якого відповідає обраному усталеному режиму. Наявність індуктивності у ланці постійного струму забезпечує згладження пульсацій струму, що додатково обґрунтовує вказану заміну.[10]

Імітаційна модель ЕПК наведена на рисунку (рис. 3) розроблена для усталеного режиму роботи. Параметри моделі узгоджено з даними роботи [12]. Суднова мережа представлена джерелом трифазної напруги $E_n = 220$ В з урахуванням внутрішнього опору $R_s = 0,1$ Ом, $L_s = 3,466$ мГн. Окреме джерело трифазної напруги використовується для формування імпульсів відкриття тиристорів. На вході ЕПК встановлено фільтр гармонік за схемою «зірка» з параметрами фази $C_\phi = 11,96$ мкФ, $L_\phi = 7$ мГн. Фазозсувний трансформатор має первинну обмотку за схемою «зірка» і дві вторинні – «зірка» і «трикутник». Номінальна повна потужність становить $S = 50$ кВА. Параметри трьох обмоток однакові: лінійна напруга $V = 220$ В, активний опір $R_i = 0,002$ в. о., індуктивність $L_i = 0,08$ в. о. Параметри намагнічування: активний опір $R_m = 500$ в. о., індуктивність $L_m = 500$ в. о.

Для формування імпульсів відкриття тиристорів використовується синхронізований 12-пульсний генератор, ширина імпульсів якого складає 20° , а частота відповідає частоті суднової мережі $f = 50$ Гц. Кут комутації складає 60° .

Тиристорний міст має наступні значення параметрів: резистивна демпферна ланка (паралельне включення з тиристором) $R_{sn} = 100$ кОм, $C_{sn} = \text{inf}$; для тиристорів пряма напруга $V_f = 0$, активний опір відкритого стану $R_{on} = 1$ мОм, індуктивність $L_{on} = 0$. Індуктивний елемент $L = 50$ мГн і резистор $R = 100$ МОм використовуються для забезпечення роботи інвертора струму, який у даному випадку реалізований у вигляді джерела струму $I = 42,5$ А.

Параметри блоку PowerGUI для налаштування моделювання було обрано такими: тип моделювання – дискретне, період вибірки $T_s = 1$ мкс.

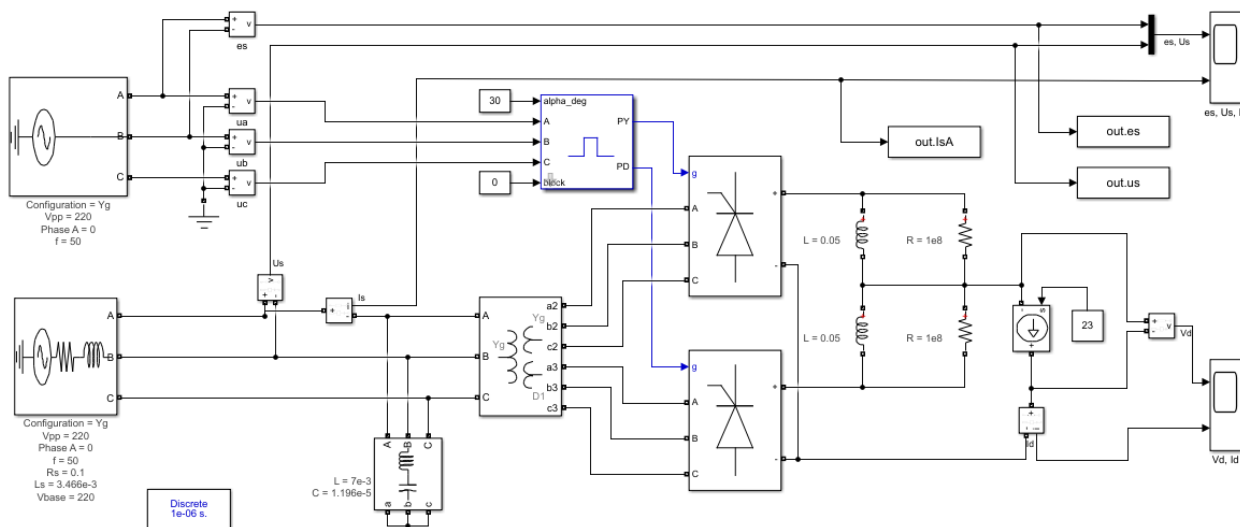


Рисунок 3 – Імітаційна модель перетворювача ЕПК

Моделювання впливу ЕПК на суднову електромережу.

Результати моделювання представлені на рис. 4 і 5. Тут зображено криву лінійної напруги мережі на вході фільтра і криву струму фази А. Чорним кольором на рис. 4 позначено ідеальну криву напруги, а блакитним – реальну, яка спотворюється внаслідок комутації тиристорів. Таким чином, ЕПК чинить значний вплив на форму напруги і струму у судновій електромережі. Амплітуда викидів напруги може становити до 150 В.

За допомогою інструменту FFT Analysis (блок PowerGUI) було побудовано спектр напруги U_{AB} , який представлено на рис. 6. Можна зробити висновок про значний рівень гармонік, що потребує використання додаткових фільтрів. Загальний коефіцієнт гармонік становить 16,9 %.

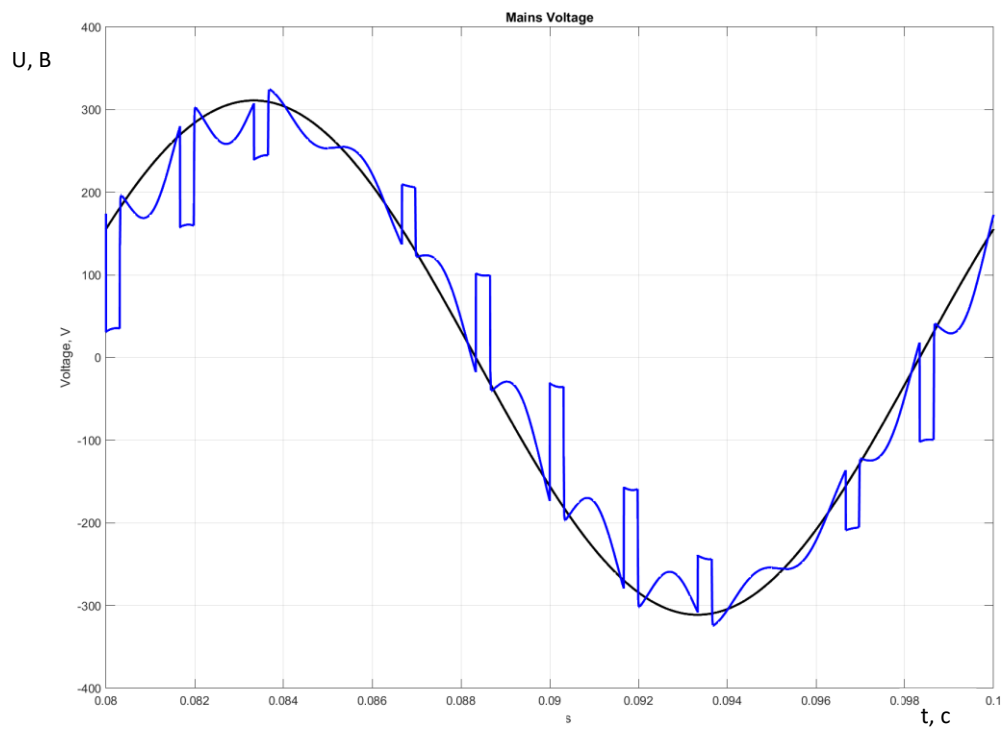


Рисунок 4 – Лінійна напруга мережі живлення

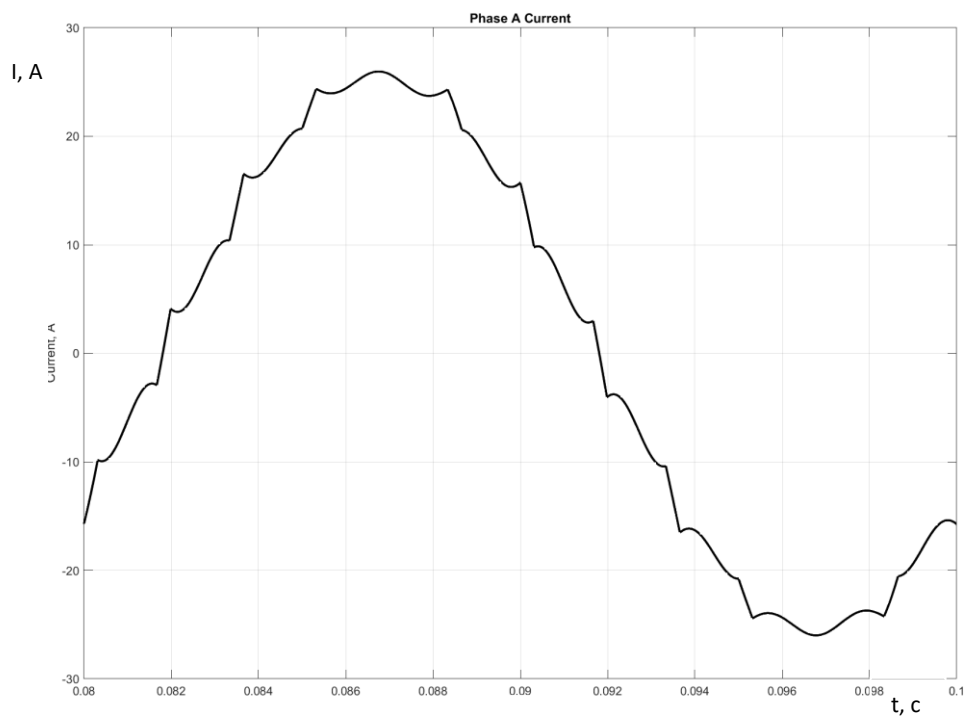
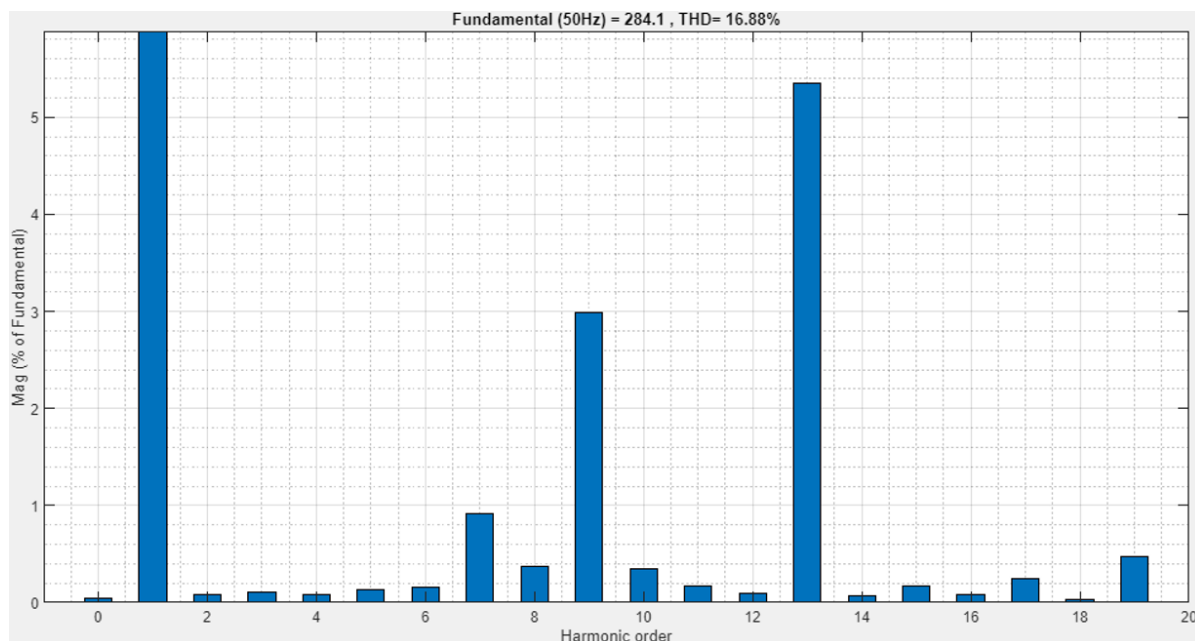


Рисунок 5 – Крива струму фази А

Рисунок 6 – Спектр лінійної напруги U_{AB}

Висновки. Використання імітаційних моделей для аналізу впливу ЕПК на суднову мережу дозволяє визначити гармонійний склад напруги, не використовуючи додаткових припущень, необхідних для використання розрахункових методів. Отримані моделі дозволяють визначити форму кривих струму і напруги, результати узгоджуються з даними роботи [12], які отримані розрахунковим методом. Напрямами подальших досліджень можуть бути використання імітаційної моделі інвертора і синхронного двигуна для усталеного режиму у якості навантаження керованого випрямляча, що дозволить отримати більш точні оцінки впливу інвертора і синхронного двигуна через ланку постійного струму і керований випрямляч на суднову мережу.

Список використаних джерел

1. ABB Marine Solutions and Services [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://new.abb.com/marine> (дата звернення: 24.04.2026). — Назва з екрана.
2. Marine Electric Power & Propulsion [Електронний ресурс] / GE Vernova. — Режим доступу: <https://www.gevernova.com/power-conversion/product-solutions/Commercial-Marine-Electric-Power-and-Propulsion> (дата звернення: 24.04.2026). — Назва з екрана.
3. Low and Media Voltage Drive Solutions from Siemens [Електронний ресурс] / Riviera Newsletters. — 2011. — 22 June. — Режим доступу: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/low-and-medium-voltage-drive-solutions-from-siemens-43752> (дата звернення: 24.04.2026). — Назва з екрана.
4. Propulsion Drive [Електронний ресурс] / Kongsberg Maritime. — Режим доступу: <https://www.kongsbergmaritime.com/products/electrical-power-system/energy-products/low-voltage-drive/propulsion-drive/> (дата звернення: 28.04.2026). — Назва з екрана.
5. Hansen J. F. History and State of the Art in Commercial Electric Ship Propulsion, Integrated Power Systems, and Future Trends / J. F. Hansen, F. Wendt // Proceedings of the IEEE. — 2015. — Vol. 103, no. 12. — P. 2229–2242. — DOI: 10.1109/JPROC.2015.2458990.
6. Past, Present, and Future Challenges of the Marine Vessel's Electrical Power System / E. Skjong, R. Volden, E. Rodskar [et al.] // IEEE Transactions on Transportation Electrification. — 2016. — Vol. 2, no. 4. — P. 522–537. — DOI: 10.1109/TTE.2016.2552720.
7. Hoevenaars T. New marine harmonic standards / T. Hoevenaars, I. C. Evans, A. Larson // IEEE Industry Applications Magazine. — 2010. — Vol. 16, no. 1. — P. 16–25. — DOI: 10.1109/MIAS.2009.934965.
8. Report on the investigation of the catastrophic failure of a capacitor in the aft harmonic filter room on board RMS Queen Mary 2 while approaching Barcelona 23 September 2010 : Report no. 28/2011. — Southampton, UK : Marine Accident Investigation Branch, 2011. — 60 p.
9. Singh B. Harmonics Mitigation in LCI-Fed Synchronous Motor Drives / B. Singh, S. Singh, S. P. H. Chender // IEEE Transactions on Energy Conversion. — 2010. — Vol. 25, No. 2. — P. 369–380.
10. Wu B. High-Power Converters and AC Drives / B. Wu, M. Narimani. — 2nd ed. — Hoboken : IEEE Press ; John Wiley & Sons, 2017. — 456 p.
11. Жук Д. О. Удосконалення засобів забезпечення якості електроенергії в суднових ЕЕС з напівпровідниковими пропульсивними комплексами / Д. О. Жук, О. К. Жук, М. О. Козлов // Праці Інституту електродинаміки НАН України. — 2024. — Вип. 68. — С. 29–36.
12. Жук О. К. Удосконалення методу оцінки гармонічних спотворень напруги в суднових електроенергетичних системах з потужними тиристорними пропульсивними комплексами та мережними фільтрами / О. К. Жук, Д. О. Жук, С. Л. Трибулькевич // Збірник наукових праць НУК. — 2023. — № 1. — С. 143–155.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ	3
Махнов А.О., Вінниченко І.Л., Обрубов А.В. Методи керування резонансним перетворювачем для системи електроживлення суден на електричній тязі.....	3
Єгоров О.П. Розробка алгоритму оптимального за швидкістю керування триланковим зварювальним маніпулятором	7
Дьяконов О.С. Навчально-дослідницький стенд з сонячної енергетики.....	11
Баришник Ю.М., Новогрецький С.М. Динаміка обмінних коливань активної потужності між синхронними генераторами при несправностях ДВЗ та АРШ	16
Онуфрієв Ю.І., Черно О.О. Математичне та імітаційне моделювання динамічних процесів у двомасового гвинтовому вібраційному підйомнику з керованим електромагнітним приводом	19
СЕКЦІЯ 1. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ	22
Гунько В.І., Танасова О.Д., Фещук Т.А. Оцінка можливості зниження масогабаритних характеристик існуючих занурювальних високовольних імпульсних конденсаторів	22
Гунько В.І., Танасова О.Д., Перекупка І.А. Аналіз існуючих конструкцій занурювальних високовольних імпульсних конденсаторів і визначення шляхів підвищення їх енергоємності	25
Буряк В.С., Мельнікова І.О., Черкасов А.О. Генератор синусоїди частоти на основі ланки Віна	28
Ясенко Д.А., Дьяконов О.С. Дослідження характеристик датчиків температури DS18B20	33
Косоріженко І.С., Жук О.К. Удосконалений безконтактний цифровий показник довжини витравленого якірного ланцюга	37
Козлов М.О. Вимірювання струму за допомогою друкованої котушки Роговського.....	40
Прищепов Є.О. Рефлектометричний вимірювальний перетворювач температури	43
СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ	46
Волянський Ю.С., Мицик А.І., Волянська Я.Б. Оцінка ефективності та управління потоками потужності децентралізованих сонячних електростанцій в умовах технічних обмежень	46
Рачинський А.В., Білюк І.С., Козлов А.Ю. Дослідження експлуатаційних характеристик хвильової електростанції	47
Льовкін В.С., Білюк І.С., Іванов А.В. Аналіз ефективності перетворювачів енергії морських хвиль в умовах Чорного та Азовського морів	49
Александровський С.Ю., Бандура С.І., Чекунов В.К. Побудова і дослідження системи захисту суднового синхронного генератора	51
Хабуденко А.Д., Костюченко В.І. Особливості функціонування електроенергетичного комплексу контейнерного судна MSC SHRISTI	55
Козлов М.О., Єременко А.П., Жук Д.О. Моделювання впливу електричного пропульсивного комплексу на суднову мережу.....	59
Обрубов А.В., Обрубов В.А. Передавальна функція резонансного інвертору на основі єдино-імпульсної моделі	64
СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ	70
Гайдай Г.Ю., Грешнов А.Ю. Алгоритмічна реалізація системи віддаленого навчання	70
Гайдай Г.Ю., Івженко О.В. Комп'ютерна система управління інформаційними потоками к навчальному процесі	72
Демідов І.А. Інтеграція схоластичних параметрів руху МРО в оптичну систему прийняття рішень для адаптивного керування	75
Амірханов А.Р., Лещенко О.О., Ушкаренко О.О. Компетентісно-орієнтований підхід до навчання програмування в галузі телекомунікацій на основі моделювання	78
Стогнієнко Є.В. Дослідження нейро-нечіткого-ПІД регулятора для керування джерелом живлення плазмового різання	81
Черкасов А.О., Дьяконов О.С. Реалізація кінцевого автомату на мові релейних діаграм (LD).....	86
Грудініна Г.С. Напрямки удосконалення систем автоматичного керування автономними морськими рухомими об'єктами в умовах зовнішніх збурень	91
Волошин А.Ю. Підвищення ефективності керування технічними засобами	93
Стогнієнко Є.В., Маслик В.С. Порівняльний аналіз лінійних та нечітких регуляторів для джерела живлення плазмового різання	94
СЕКЦІЯ 4. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	99
Войтасик А.М., Козлов М.О., Жук Д.О. Розробка гібридного безпілотного підводного апарата проекту «UXV»	99
Білюк І.С., Савченко О.В., Козлов А.Ю., Іванов А.В., Чубчик С.С. Керований електропривод для системи водопостачання	102
Білюк І.С., Савченко О.В., Васильєв О.Г., Фоменко А.М., Чубчик М.С. Автоматизований електропривод транспортера стружки восьмишпиндельного токарного автомата	104
Джангіров М.В., Черно О.О. Моделювання віброустановки з керованим електро-магнітним приводом при ущільненні бетонної суміші	106
Серго І.С., Черно О.О. Моделювання керованого за частотою електромагнітного динамічного віброгасника	107
Тимченко А.С., Федоров А.Д., Білюк І.С., Савченко О.В. Система керування електропривода подач багатоцільового верстата	109

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2026

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

29-30 квітня 2026 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск:

О.О. Пальчиков

Комп'ютерна верстка:

О.О. Пальчиков

Видавець Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007

E-mail: publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.