

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2025

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

29-30 квітня 2025 року

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

МАТЕРІАЛИ



Миколаїв 2025

УДК 681.5:621.3
С91

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2025: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2025. – 126 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки СПАЕ-2025".

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, 2025

Висновки. Моделювання функціонування вдосконаленого вимірювального перетворювача рівня показало, що він дозволяє вимірювати не тільки загальний рівень, але також і рівень межі розділу незмішуваних середовищ. При цьому схема генерації зонduючого імпульсу типу «перепад напруги» простіше, ніж схема генерації зонduючого імпульсу типу «відеоімпульс».

Список використаних джерел

1. Andrews J.R. Time Domain Reflectometry // Symposium and Workshop on Time Domain Reflectometry in Environmental, Infrastructure, and Mining. – Washington: Bureau of Mines, 1994. – P. 4-13.
2. Zhukov Y.D., Gordeev B.N., Greshnov A.Y., Prischepov E.O. Onboard computer aided system for monitoring and control of stability affecting parameters // Proc. of the 6-th International Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'97). – Varna (Bulgaria), 1997. – V. II. – P. 239-245.
3. Гордєєв Б.М., Прищепов Є.О. Модульний принцип побудови базового блоку рефлектометричної інформаційно-вимірювальної системи. Матеріалі Міжнар. наук. –практ. симпозиуму «Проблеми суднобудування: стан, ідеї, рішення». – Миколаїв: УДМТУ, 1997. – С. 258.
4. Zhukov Y.D., Gordeev B.N., Logvinenko Y.I., Prischepov E.O. Computerized maritime polymetric systems // Proc. of the 2-th International Conf. on Marine Industry (MARIND'98). – Varna (Bulgaria), 1998. – V. III. – P. 245-252.
5. Zang, Xiaoxuan, Jianting Zhao, Yunfeng Lu, and Qing He. 2022. "Precision Measurement System of High-Frequency Signal Based on Equivalent-Time Sampling" Electronics 11, no. 13: 2098.
6. Прищепов Є.О. Рефлектометричний перетворювач рівня на базі інтегрального перетворювача «час-код». Сучасні проблеми автоматики та електротехніки : матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2023. – С. 42-45.
7. Прищепов Є.О. Удосконалення рефлектометричного вимірювального перетворювача рівня. Сучасні проблеми автоматики та електротехніки : матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2024. – С. 31-32.

УДК 621.314.26

Верещаго Є. М., к. т. н., Єременко А. П., Джангіров М. В.

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

СИНТЕЗ ПІД-РЕГУЛЯТОРІВ ІМПУЛЬСНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ПЛАЗМОТРОНІВ ЗАСОБАМИ СИСТЕМИ MATLAB/SIMULINK

Електроплазмові технології набули широкого розповсюдження, зокрема в металообробці. Одним із важливих застосувань є плазмове різання металу. Перевагами таких систем є висока швидкість різання і якість сформованої поверхні деталей. Робочим органом систем плазмового різання є плазмотрон, який зазвичай живиться від імпульсного джерела постійного струму. Якість різання залежить від стабільності струму електричної дуги плазмотрону. Отже саме джерело живлення плазмової системи (ДЖПС) є найбільш важливим елементом, який впливає на якість і ефективність технологічних процесів різання металу. До ДЖПС висуваються вимоги високої стабільності струму дуги, ККД, низького рівня електромагнітних завад. Відповідно дослідження шляхів підвищення даних параметрів ДЖПС є актуальним.

Сучасні ДЖПС побудовані на основі імпульсного перетворювача (ІП) з системою керування, яка використовує зворотній зв'язок за струмом. Для створення сигналів керування силовими транзисторами часто використовується цифровий ПІД-регулятор [1]. Питанням проектування цифрових систем керування присвячені роботи [1-3]. У роботах [4, 5] розглянуто питання синтезу нейро-нечіткого регулятора. Однак, у означених роботах не використовуються імітаційні моделі об'єкта керування.

Метою роботи є дослідження методик синтезу ПІД-регуляторів ІП ДЖПС з використанням імітаційних моделей елементів схеми ДЖПС.

Керування ІП ДЖПС.

Сучасні ІП ДЖПС для установок плазмового різання побудовані на основі повномостового ІП. Схема такого ІП наведена на рисунку 1. В її складі присутні елементи забезпечення м'якої комутації транзисторів, що дозволяє знизити втрати потужності в них [6].

Керування ІПДЖПС здійснюється шляхом формування широтно-імпульсно модульованих сигналів, які подаються на затвори транзисторів. Для підвищення ККД ІП може бути використаний керований вторинний випрямляч замість діодів VD5, VD6. Також, враховуючи значну потужність ДЖПС, доцільним є використання активного коректора коефіцієнта потужності і керованого первинного випрямляча.

Оскільки основним фактором, що впливає на якість різання, є стабільність струму дуги плазмотрона, зворотній зв'язок реалізовано за струмом, який може вимірюватися у вторинній або первинній обмотці трансформатора. Додатково використовується зворотній зв'язок за напругою.

Таким чином, система керування ІПДЖПС відноситься до систем класу МІМО (декілька входів і виходів). Вона будується на високошвидкісних мікроконтролерах, таких як сімейство C2000 фірми Texas Instruments. Важливим питанням у процесі проектування системи керування ІПДЖПС є вибір закону керування. Незважаючи

на застосування нечітких і нейромережевих регуляторів [4] найбільш поширеним є ПІД- або ПІ-закон керування. Таким чином, синтез регулятора зводиться до визначення коефіцієнтів складових ПІД-закону і декількох параметрів реалізації цього закону за допомогою мікроконтролера, таких як постійна часу фільтра для реалізації диференційної складової і т. і. Для вирішення цієї задачі доцільно використання моделювання на основі імітаційних моделей.

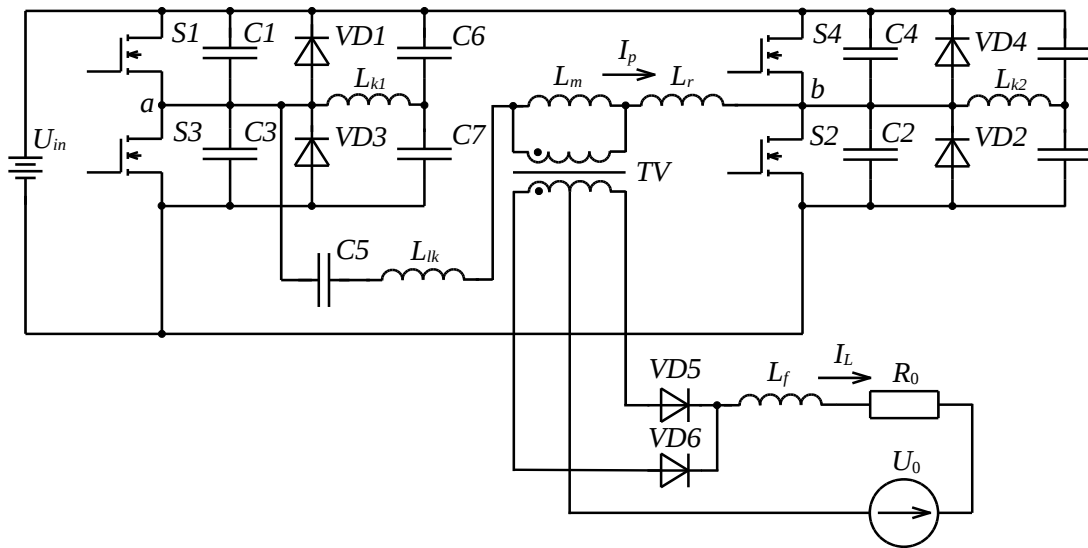


Рисунок 1 – Повномостовий ІП ДЖПС

Імітаційна модель ДЖПС.

Спрощена імітаційна модель ДЖПС, створена у середовищі Simulink, представлена на рисунку 2. Задане значення струму дуги (100 A) моделюється блоком Step. Вимірювання струму дуги здійснюється датчиком з коефіцієнтом перетворення (блок Gain) $7,5 \cdot 10^{-4}$. Блок передатної функції $\frac{82}{19,2 \cdot 10^{-6}s + 1}$ відображає затримку обрахунку вихідного сигналу регулятора. Коефіцієнт 0,4 відображає процес формування широтно-імпульсних сигналів. Кероване джерело напруги дозволяє поєднати блоки Simscape Electrical (елементи електричних кіл) і звичайні блоки Simulink. Елементи R і L відображають вихідні кола і навантаження ДЖПС.

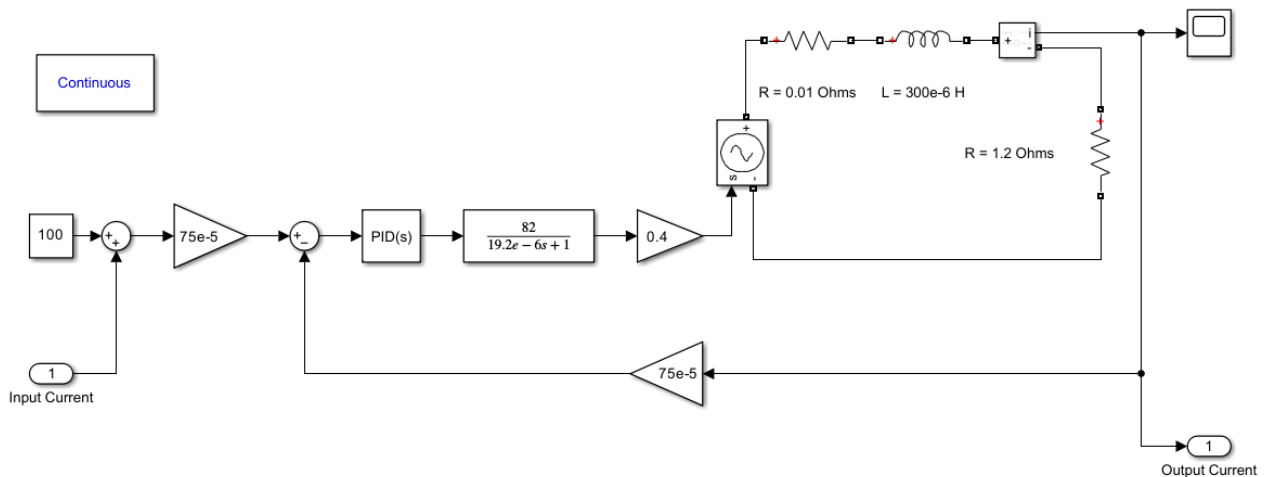


Рисунок 2 – Імітаційна модель ДЖПС

Синтез регулятора ІПДЖПС.

Узагальнюючи дані робіт [1-3], можна дійти висновку, що до регулятора струму ІПДЖПС висуваються наступні вимоги: перерегулювання до 10 %, час регулювання до 0,33 мс, запаси стійкості за амплітудою 20 дБ, за фазою 50°. Для синтезу регулятора використаємо пакет Simulink Design Optimization системи MATLAB [7, 8]. Початкові значення параметрів ПІД-регулятора обрано $K_P = K_I = 1, K_D = 0$. Вихідний струм ІП подається на блок Check Step Response Characteristics, який використовується для контролю параметрів перехідного процесу. У параметрах цього блоку вказано наступні обмеження: перерегулювання 10% (Overshoot), тривалість перехідного процесу 0,33 мс (Settling time), час зростання 0,25 мс (Rising time), припустиме відхилення від усталеного значення (% Settling) 3%, рівень сигналу для визначення часу зростання 80% (% Rise). Обмеження перехідного процесу наведено на рисунку 3.

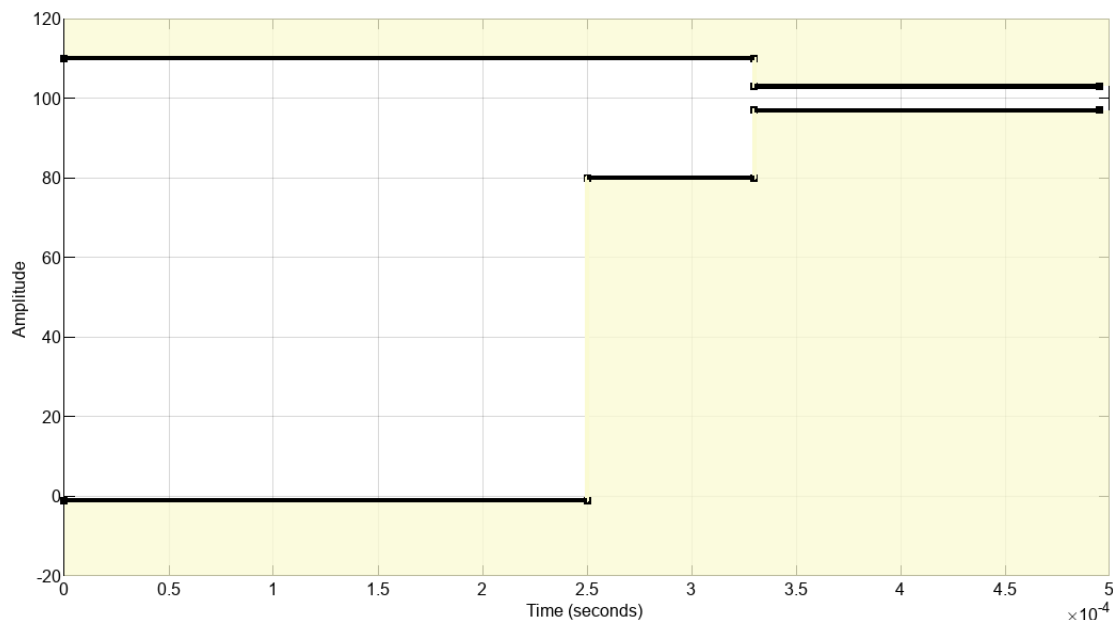


Рисунок 3 – Обмеження перехідного процесу

В результаті оптимізації було отримано значення коефіцієнтів ПІД-регулятора $K_P = 363.1$; $K_I = 11892 \cdot 10^6$; $K_D = 0$. Перехідний процес зображено на рисунку 4, він відповідає зазначеним вище вимогам.

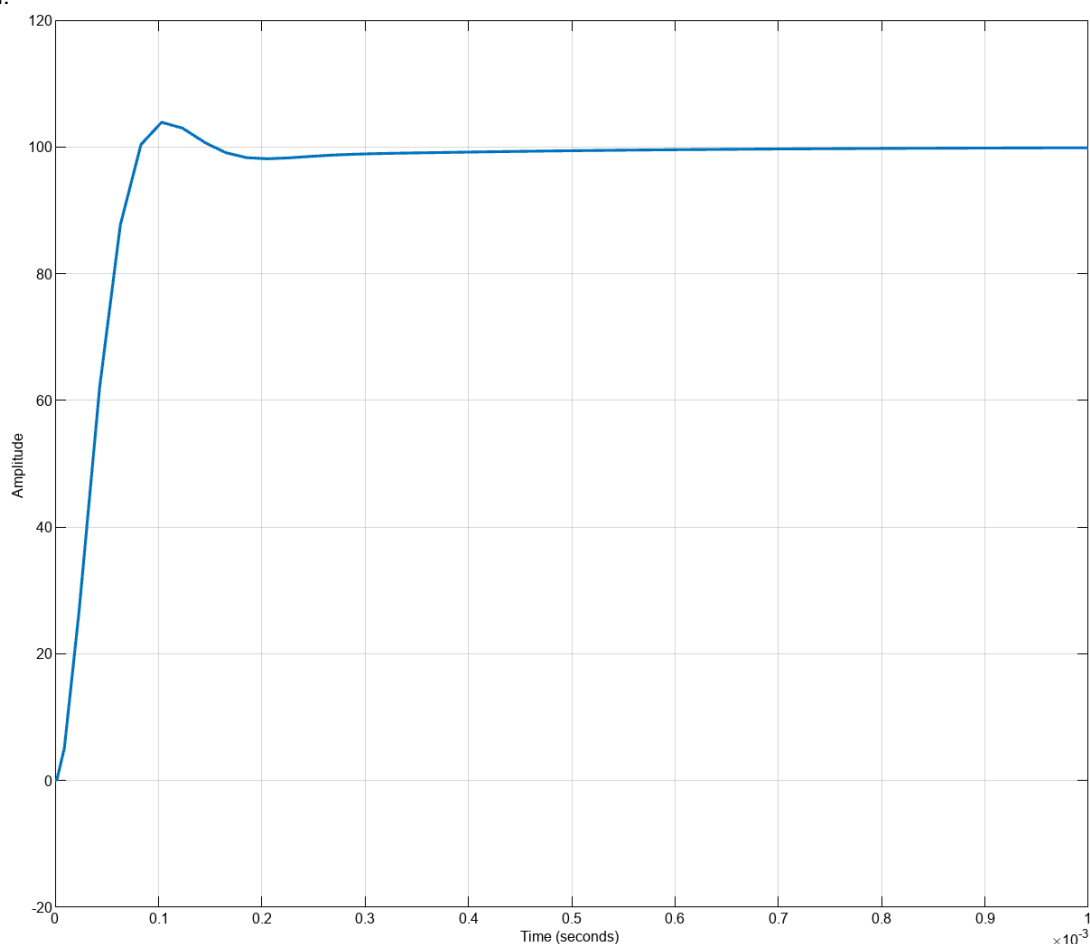


Рисунок 4 – Оптимізований перехідний процес

Висновки. Використання імітаційних моделей і числової оптимізації для синтезу системи керування ІП ДЖПС спрощує процес синтезу, оскільки не вимагає визначення передаточних функцій. Напрямами подальших досліджень можуть бути вдосконалення моделей шляхом врахування нелінійних процесів роботи напівпровідникових приладів, врахування елементів, які забезпечують м'яку комутацію напівпровідникових приладів (ZVS) і перехід до дискретних імітаційних моделей ДЖПС.

Список використаних джерел

1. Vereshchago E. Digital Control System of a Pulsed Power Supply for the Plasmatron / E. Vereshchago, V. Kostiuchenko, S. Novogretskyi // 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System. – Kremenchuk : KNU, 2023. – P. 30–34. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402495>
2. Верещаго, Є. М. Цифрова система керування імпульсного пристрою електроживлення плазматрону = Digital control system of a pulsed power supply for the plasmatron / Є. М. Верещаго, В. І. Костюченко, С. М. Новогорецький // Матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф. "Інновації в суднобудуванні та океанотехніці". – Миколаїв : НУК, 2023. – С. 363–368.
3. Верещаго Є. М. Цифрове керування імпульсними джерелами живлення для плазматронів: синтез та оптимізація. / Є. М. Верещаго, Є. В. Стогнієнко, В. С. Маслик, А. П. Єременко // Автоматика та електротехніка : матеріали всеукр. наук-техн. конф. студ., асп. та молодих вчених / відп. за вип. О. О. Пальчиков. – Миколаїв : НУК, 2024. – С. 59–62.
4. Верещаго Є. М. Створення нейро-нечіткого контролера для керування джерелом живлення / Є. М. Верещаго, Є. В. Стогнієнко, О. В. Зівенко, А. П. Єременко // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2024. – С. 52–59.
5. Deli J. An intelligent control strategy for plasma arc cutting technology/ J. Deli, Y. Bo // Journal of Manufacturing Processes. – 2011. – Vol. 13, no. 1. – P. 1-7.
6. Верещаго Є. М. Моделювання імпульсного джерела живлення для електроплазмових технологій / Є. М. Верещаго, М. В. Джангиров, А. П. Єременко // Автоматика та електротехніка : матеріали всеукр. наук-техн. конф. студ., асп. та молодих вчених / відп. за вип. О. О. Пальчиков. – Миколаїв : НУК, 2024. – С. 5–7.
7. MATLAB 2024b. Simulink Design Optimisation User's Guide. – The MathWorks, Inc, 2024. – 1016 p.
8. MATLAB 2024b. Simulink Control Design User's Guide. – The MathWorks, Inc, 2024. – 2954 p.

УДК 621.381.2

Горбов В.Ю., аспірант

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

ПІДХІД ДО ГЕНЕРАЦІЇ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ ДЛЯ РУХУ КВАДРОКОПТЕРА

Квадрокоптери широко застосовуються в різних галузях діяльності людини: для задач моніторингу, інспекції, картографування, в військовій сфері та рятувальних операціях. Успішне виконання цих завдань значною мірою залежить від точності та оптимальності траєкторії руху безпілотного літального апарату. При цьому важливо забезпечити не лише економію енергоресурсів і високу точність руху, а й здатність до маневрування в умовах перешкод та непередбачуваних зовнішніх збурень. Задача генерації оптимальної траєкторії для руху квадрокоптера є актуальною та вимагає аналізу та систематизації існуючих методів і пошуку нових ефективних рішень.

Метою роботи здійснення аналізу сучасних підходів до генерації оптимальної тривимірної траєкторії, виявлення суттєвих недоліків, проблем застосування, обмежень існуючих методів та окреслення шляхів подальших досліджень з метою підвищення ефективності керування квадрокоптером в складних умовах експлуатації.

Задача генерації оптимальної траєкторії для руху квадрокоптера полягає в потребі формування такої траєкторії для кожної координати квадрокоптера $[x(t), y(t), z(t), \varphi(t), \theta(t), \psi(t)]$ та відповідних контролюючих впливів $[\tau_1(t), \dots, \tau_4(t)]$, що початкові та кінцеві умови виконуються з врахуванням всіх обмежень, а функція вартості мінімізована. Типовими функціями вартості виступають мінімум часу, мінімум шляху або мінімум витрат енергії, остання є значно складнішою.

Керуючими впливами на квадрокоптер є швидкості його роторів. Маючи спрощені рівняння динаміки квадрокоптера на кшталт рівняння (1) та застосовуючи обернений підхід [1] можна розрахувати керуючі впливи як функцію кінематики системи.

$$\begin{cases} \ddot{x} = u_1 (\cos \varphi \sin \theta \cos \psi + \sin \varphi \sin \psi) \\ \ddot{y} = u_1 (\sin \varphi \sin \theta \cos \psi - \cos \varphi \sin \psi) \\ \ddot{z} = u_1 (\cos \theta \cos \psi) - g \\ \ddot{\theta} = u_2 l \\ \ddot{\psi} = u_3 l \\ \ddot{\varphi} = u_4 \end{cases} \quad (1)$$

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ	3
Верецаго Є.М., Джангіров М.В., Єременко А.П. Моделювання датчиків струму у джерелах живлення з цифровим керуванням для плазмотронів	3
Демідов І.А., Черно О.О. Алгоритм побудови передаточної функції для вібраційних конвеєрів із врахуванням хвильових ефектів	5
Льовкін В.С., Білюк І.С., Савченко О.В. Електромеханічний перетворювач хвильової електростанції.....	7
Пальчиков О.О. Динаміка синхронного двигуна в складі електромеханічної системи робота циліндричної системи координат	9
СЕКЦІЯ 1. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ	14
Малюшевська А.П., Гулько В.І., Перекупка І.А., Танасова О.Д. Адаптація занурювальної частини електророзрядного пристрою для обробки вертикальних нафтових свердловин до умов роботи в горизонтальних свердловинах.....	14
Козирев С.С. Забезпечення максимальної ефективності екзотермічного перетворення енергії при високовольтному електрохімічному вибуху	16
Гулько В.І., Танасова О.Д., Фещук Т.А. Створення свердловинних високовольтних імпульсних конденсаторів, призначених для експлуатації при високих температурах навколишнього середовища	19
СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ	22
Стрункін Г.М. Моделювання роботи електромеханічної системи автономної ВЕУ з АДМ на базі АГФР зі збудженням від інвертора напруги при рекупруючому навантаженні	22
Волянський Ю.С., Яценко В.С., Волянська Я.Б., Волянський С.М. Оцінка впливу кавітації на ефективність експлуатації пропульсивних комплексів об'єктів морської робототехніки	24
Чекунов В.К., Костюченко В.І. Сучасні аспекти розвитку електрорушійних систем судна	26
Онищенко О.В., Смалієвський В.Ю., Красюк О.М., Волянський С.М. Перспективи використання багаторівневих інверторів у системах автоматизованого електропривода	32
Гетманцева В.С., Черніков М.О., Волянська Я.Б. Порівняльний аналіз методів моделювання електромеханічних систем у середовищах MATLAB/ SIMULINK та SCILAB/XCOS	36
Козлов О.І., Лебідь О.О., Волянський С.М. Дослідження впливу коливань напруги живлення на динаміку електроприводу.....	39
Новогрецький С.М., Барішник Ю.М. Вплив демпферної обмотки на статичну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів.....	43
Новогрецький С.М., Меліхов Д.С. Розрахунок потоку розсіювання в обмотковому вікні керованого підмагнічування реактора.....	47
Пальчиков О.О. Моделювання роботи електропривода повороту колони робота з регуляторами швидкості і положення на базі синхронного двигуна	50
СЕКЦІЯ 3. МОРСЬКЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ	54
Грудініна Г.С. Штучний інтелект в судових автоматизованих системах	54
Прищепов Є.О., Грешинов А.Ю. Пристрій для прийому та відтворення поточкових аудіо даних	56
Клочков О.П., Овсянников В.М. Комунікаційна система «Судно – небезпека для судноплавства»	58
Угольніков Г.Г., Герасін О.С. Кінематична модель робота-маніпулятора у рухливій підвісній системі	60
Стогнієнко Є.В. Порівняння нечітких систем керування джерелом живлення для плазмового різання	62
Костенко Д.В., Трибулькевич С.Л., Трибулькевич В.В. Розподілена система збирання даних та телекерування	65
Трешнюк А.І., Дьяконов О.С. Інтерактивна карта України як інструмент оперативного інформування населення в умовах війни та змін погодних умов	69
Прищепов Є.О., Грешинов А.Ю. Моделювання рефлектометричного вимірювального перетворювача рівня на базі інтегрального перетворювача «ЧАС-КОД»	71
Верецаго Є.М., Єременко А.П., Джангіров М.В. Синтез ПІД-регуляторів імпульсних джерел живлення плазмотронів засобами системи MATLAB/SIMULINK	73
Горбов В.Ю. Підхід до генерації оптимальної траєкторії для руху квадрокоптера	76
Топалов А.М. Структури та засоби безпеки безпроводних мереж Wi-Fi в задачах автоматизації.....	79
СЕКЦІЯ 4. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ	82
Рябенський В.М., Худякова І.М. Генератор синусоїдальних коливань з одним часо-задаючим конденсатором	82
Буряк В.С. Моделювання високоякісного джерела напруги на базі мікросхеми TL431.....	84
Махнов А.О., Вінниченко І.Л. Моделювання резонансного перетворювача для системи електроживлення суден на електричній тязі	89
СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	92
Білюк І.С., Савченко О.В., Рачинський А.В. Спосіб модернізації електропривода бурової установки ..	92
Білюк І.С., Савченко О.В., Льовкін В.С. Удосконалення системи керування деревообробного верстата	95

<i>Дьяконов О.С., Іхсанов Ш.М., Воскобоєнко В. І., Федорук Д. Л.</i> Особливості підготовки керуючих програм для фрезерних верстатів при гравіруванні пояснювальних табличок для суднової електротехнічної продукції	98
<i>Войтасик А.М., Бессараб Н.М.</i> Особливості розробки електропривода похилого стрічкового конвеєра з довжиною транспортування вантажу 12 м	102
<i>Войтасик А.М., Буравченко В.Є.</i> Особливості розробки електропривода суднової лебідки вантажопідйомністю 3 т	105
<i>Войтасик А.М., Гоцуленко Я.В.</i> Особливості розробки електропривода мостового крана вантажопідйомністю 5 т	107
<i>Войтасик А.М., Клименко В.С.</i> Особливості розробки електропривода консольно-поворотного крана вантажопідйомністю 2,5 т	110
<i>Рачинський А.В., Білюк І.С., Савченко О.В.</i> Особливості моделювання процесів перетворення енергії у хвильових електростанціях	112
<i>Васильєв О.Г., Олейніченко В.О.</i> Автоматизований електропривод насоса водопостачання питної і технічної води	114
<i>Писарєв О.С., Васильєв О.Г.</i> Автоматизований електропривод водяних насосів котельної установки	119

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ СПАЕ-2025

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

29-30 квітня 2025 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.