

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

СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

УДК 681.5

Білюк І.С., к.т.н., доц., Савченко О.В., викладач кафедри автоматики, Рачинський А.В., аспірант кафедри автоматики

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

СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

В нафтовій і газовій промисловості буріння проводиться за допомогою бурової установки – комплексу устаткування, що включає бурову вежу (щоглу), силовий привід, механізм пересування, устаткування для механізації спуско-піднімальних операцій і очищення свердловин та ін.

Бурова установка складається з вежі, що підтримує на вазі бурильну колону, силового приводу, устаткування для обертання і подачі бурового долота, насосного комплексу для прокачування бурового розчину, пристроїв для його приготування і очищення від вибуреної породи і газу і відновлення якості, комплексу устаткування для спуску і підйому колон для зміни зношеного долота, устаткування для герметизації гирла свердловини, контрольно-вимірних приладів та інших пристроїв[1].

Метою даної роботи є автоматизація лебідки бурової установки за допомогою заміни застарілої релейно-контакторної схеми на сучасний частотний перетворювач.

Електропривід лебідки. Бурова лебідка призначена для підйому і спуску бурильної колони, вироблених періодично для заміни породоруйнівного долота. На установках різних класів встановлена потужність привода лебідки 250...2500 кВт. Вид привода і його характеристики повинні вибиратися з урахуванням наступних вимог і технологічних особливостей роботи лебідки в режимі підйому:

- режим роботи привода – повторно-короткочасний.;
- реверс двигуна в основних робочих режимах не потрібний, він необхідний тільки в рідкісних допоміжних режимах і може здійснюватися шляхом оперативних перемикачів.;
- бажане більш повне використання потужності привода при зміні моменту навантаження в широких межах (до 20 разів);
- привід повинен мати такі пускові характеристики, щоб забезпечувався плавний, але достатньо інтенсивний розгін лебідки;
- жорсткість механічної характеристики повинна бути такою, щоб статизм не перевищував 5...8% номінальної частоти обертання;
- привід лебідки повинен забезпечувати зупинку гака талевої системи з точністю $\pm 30...40$ мм;
- на установках глибокого буріння привід лебідки повинен бути дворуховим з міркувань резервування, причому максимальне розрахункове зусилля на гаку повинне забезпечуватися при роботі одного двигуна.

Залежно від класу бурової установки для привода лебідки рекомендується застосовувати: для установок глибокого і надглибокого буріння – глибоко регульований редуктор або безредукторний електропривод з аварійною механічною передачею залежно від ряду додаткових вимог; для інших бурових установок – регульований електропривід з діапазоном регулювання до 10:1.

На буровій установці використовується асинхронний електродвигун з короткозамкнутим ротором типу А3-13-62-8УХЛ2, який має номінальну потужність 630 кВт та частоту обертання 740 об/хв. Електродвигун призначений для привода механізмів з переміжним навантаженням, частими і важкими умовами пуску, а також механізмів, що вимагають регулювання частоти обертання; використовуються для привода лебідки і ротора.

Як датчик кутової швидкості використовується кутовий енкодер RESM 125, що надходить у комплекті з двигуном. RESM 125 – це «кільцевий» енкодер (енкодер у формі кільця), безконтактного типу.

Для потужності двигуна 630 кВт обираємо перетворювач шафового виду 6SE71, межі його потужностей: 37 – 1500 кВт. з 6-ти пульсною схемою випрямлення. Обираємо привід „SIMOVERT MASTERDRIVES” тип 6SE7141-1HJ62-3BA0[2, 3] із наступними даними:

- напруга живлення 3-фазна змінна = 690 В;
- номінальна потужність $P_{ном.} = 1000$ кВт;
- номінальний вихідний струм $I_{ном.} = 1080$ А;
- базовий струм навантаження $I_b = 983$ А;
- струм перевантаження $I_{max.} = 1469$ А;
- вхідний струм $I_{вх.} = 1188$ А;
- втрати потужності при 2,5 кГц $P_{втр.} = 23,3$ кВт;

Перетворювачі шафового виконання мають єдину концепцію інтерфейсу з людиною. Перетворювачі частоти, інвертори й випрямлячі можуть управлятися як з передньої панелі блоку, так і дистанційно: з передньої панелі за допомогою РМУ блоку керування й налаштування.

Функціональна блок-схема[4] системи керування приводом лебідки бурової установки зображена на рис.1.

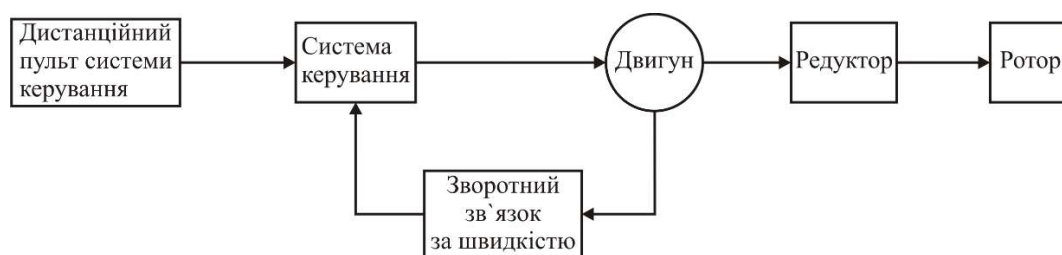


Рисунок 1 – Функціональна блок-схема системи керування

Структурна схема лінеаризованої системи з частотно-струмовим керуванням представлена на рис. 2.

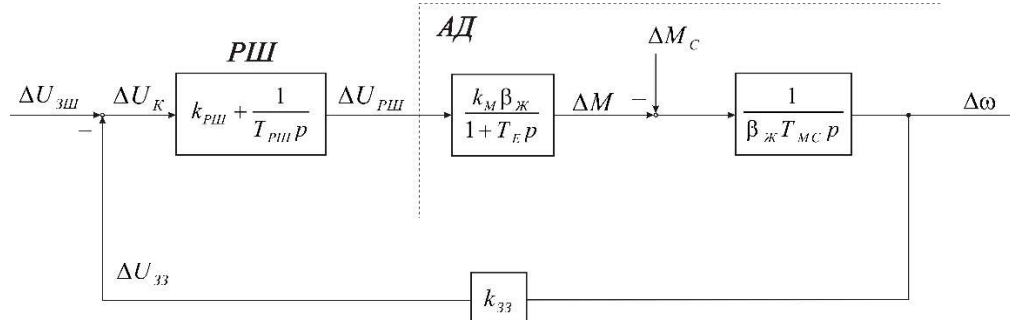


Рисунок 2 – Структурна схема системи ПЧ – АД з частотно-струмовим керуванням

Частотне керування без впливу на частоту з боку функції керування (дискрета завдання 0.001 Гц); застосовується для одно- або багатодвигунових приводів із двигунами *SIEMOSYI* і індукторними двигунами з великою точністю підтримки швидкості, тобто для цементної промисловості.

Ці види *U/f* керування містять у собі наступні функції: їх компенсація, - струмообмеження що впливає як на частоту, так і на напругу. Захисне демпфірування для захисту двигуна від ефекту резонансу й компенсація ковзання (крім *U/f* структури для цементної промисловості). Синусоїдальний фільтр дозволяє забезпечити практично синусоїдальну форму вихідної напруги й струму. При використанні синусоїдального фільтра вищі гармоніки у вихідній напрузі стосовно напруги частоти 50Гц становлять усього 5%. Рівень пікових напруг подаваних на двигун нижче чим вимагає *DIN VDE 0530*.

Після розрахунку параметрів елементів було отримано результати, частина яких наведена у таб.1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку параметрів елементів

M_{max}	T_E	$U_{ЗШ}$	$T_{РШ}$	$\beta_{Ж}$	K_M	T_M	$k_{ЗЗ}$	$W_{РШ}(p)$
20063.69 Н·м	0.0505 с	9,97	2,95 с	10142,4 Н·м/с ⁻¹	1.047 1/В·с	0.0037 с	0.127 В·с/рад	0.137

За допомогою програмного середовища MATLAB, модулю Simulink, побудуємо модель системи керування приводом ротора бурової установки.

Дані для розрахунку взяті з параметрів обраних елементів системи та аналізу входів/виходів кожного ланцюга структурної схеми системи[5]. Структурна схема, створена у середовищі MATLAB, представлена на рис.3.

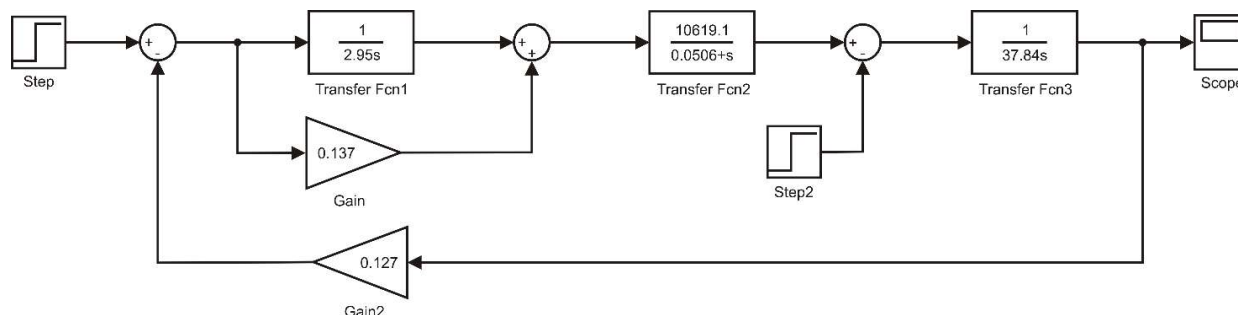


Рисунок 3 – Структурна схема системи у середовищі MATLAB

Знаючи всі параметри математичної моделі двигуна, а також системи управління зробимо її моделювання з метою оцінки стійкості системи і показників якості керування. Отриманні графіки показані на рисунках 4 та 5.

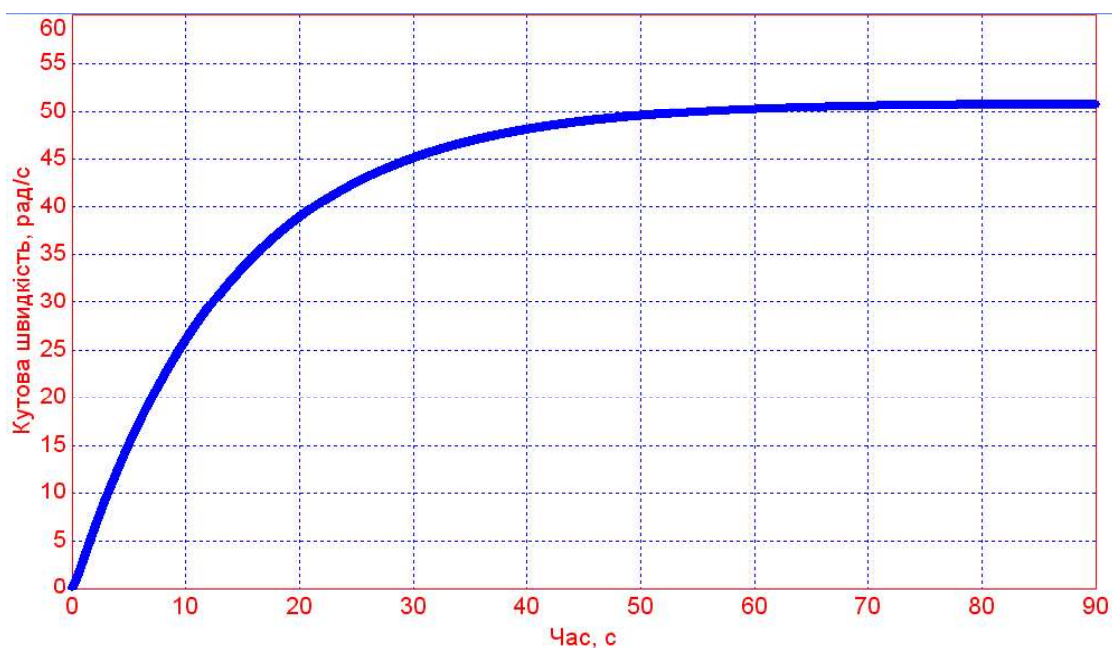


Рисунок 4 – Перехідний процес швидкості електропривода

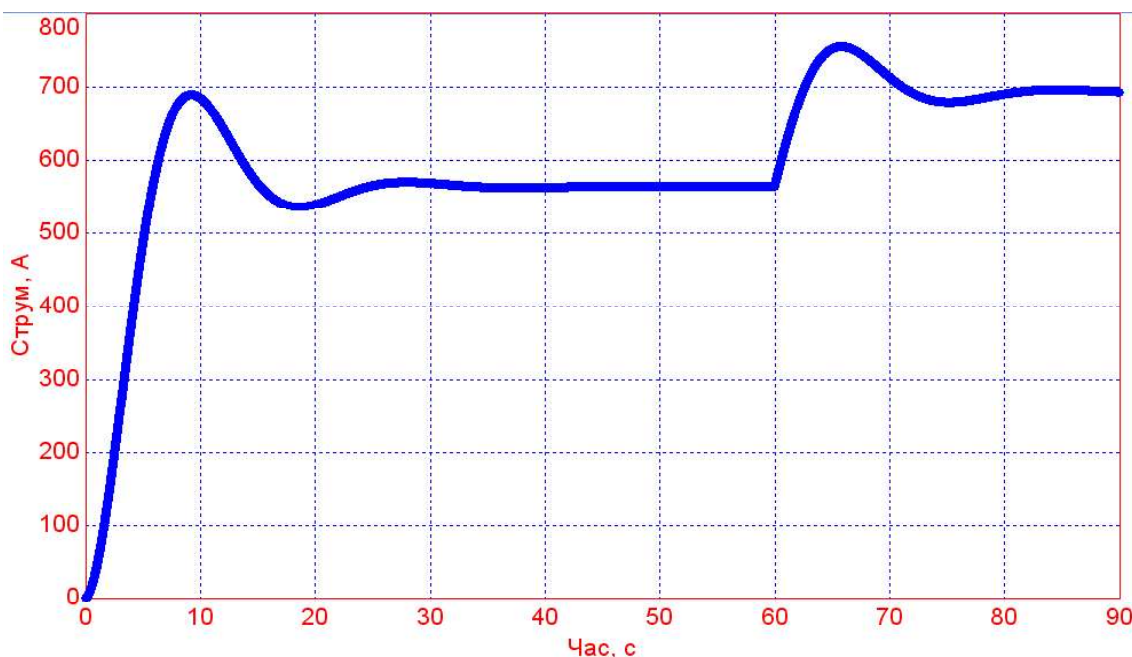


Рисунок 5 - Перехідний процес струму електропривода при стрибкоподібній зміні навантаження

Розглядаючи рисунок 4, можна прийти до висновку, що пуск привода при повній загрузці ($T_{\max} = 76$ секунд). Статична похибка в режимі пуску під навантаженням $\Delta = 0\%$. Тобто система керування забезпечує таке регулювання двигуном, що час перехідного процесу збільшується, перерегулювання, а також статична похибка практично однакові, при впливі збуджувального моменту, а також без нього.

На рис.5 показані перехідні процеси струму електропривода, які відповідають перехідним процесам кутової швидкості. При пуску система має наступні показники якості: перерегулювання $\sigma_{\max} = 8,6\%$, час перехідного процесу $T_{\max} = 76$ секунд.

Ці процеси задовольняють вимогам діючої мережі.

З отриманих вище характеристик системи, можна зробити висновок, що вона забезпечує показники якості керування, які задовольняють вимогам. З цього випливає наступне: можна робити заміну існуючої системи на спроектовану систему[6].

Висновок. В роботі розроблено систему керування електроприводом лебідки бурової установки. В ході роботи було виконано синтез системи керування на базі перетворювача частоти. Використання перетворювача частоти в складі системи керування бурової установки дозволило спростити структуру системи керування електроприводом лебідки, покращити її характеристики.

Результатом проектування є автоматизований електропривод, система керування якого заснована на програмованих мікроконтролерах. На сьогодні ефективність використання програмованих систем є найбільшою, окупність коштів, що вкладені в такі системи, є найбільш швидкою.

Дана модернізація не погіршила характеристик системи керування та повністю відповідає цілям роботи

Список використаних джерел

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 632с.
2. Білюк, І. С., Савченко, О. В., Гаврилов, С. О., Іваницький, А. Б., & Теремов, С. В. (2021, November). АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ВІЗКА МОСТОВОГО КРАНУ. In *The XI International Science Conference «Modern aspects of science and practice», November 30–December 03, 2021, Melbourne, Australia*. 590 p. ISBN-978-1-68564-520-5 (p. 521).
3. SIMOVERT MASTERDRIVES Vector Control приводи від 2.2 до 2300 кВт DA 65.10 · 2001, 302p.
4. German-Galkin S.G. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. - СПб: KORONA print, 2001. - 320 p.
5. Terekhov V.M. Системы управления электроприводов. - М.: Академия, 2004. - 296 p.
6. Білюк, І., Савченко, О., Руденко, К., Малиновський, С., & Філоненко, Р. (2023). Спосіб модернізації електропривода насосного агрегату водопостачання. *Scientific Collection «InterConf»*, (182), 201-207.

УДК 681.5

Білюк І.С., к.т.н., доц., Савченко О.В., викладач кафедри автоматики, Льовкін В.С., аспірант кафедри автоматики

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

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЕРЕВОБРОБНОГО ВЕРСТАТА

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є модернізація системи керування приводу рейсмусового верстату. В роботі проведено синтез системи автоматичного керування, а також розрахунок параметрів електропривода. Розроблена математична модель системи керування швидкістю електроприводу. Досліджено вплив параметрів регулятора на показники якості перехідних процесів.

В роботі потрібно розглянуто наступні завдання:

- призначення та область застосування рейсмусових верстатів
- вибрати та розглянуто перетворювач частоти
- скласти функціональну схему системи керування електропривода подачі верстата. Обґрунтувати вибір елементів системи керування електропривода;
- побудувати структурну схему системи керування електропривода верстата та виконати розрахунок параметрів її елементів;
- провести моделювання системи керування електропривода в *MATLAB* та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Об'єкт дослідження. Перехідні процеси в електроприводі подачі рейсмусового верстата на основі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором.

Предмет дослідження. Параметри регуляторів системи керування електропривода верстата, які впливають на якість керування.

Методи дослідження. Заміна застарілої системи керування на основі релейно-контакторної схеми на сучасний частотний перетворювач[2]. Теоретичні дослідження виконані із залученням сучасної теорії електропривода, методів теорії автоматичного керування та комп'ютерного моделювання у *MATLAB*.

Рейсмусовий однобічний верстат СР-6-9 призначений для поздовжнього, одностороннього стругання в розмір по товщині від 5 до 200 мм поверхонь плоских заготовок шириною до 630 мм, з деревини хвойних і листяних порід з вологістю не більше 15%. Верстат СР-6-9[1] відноситься до універсального обладнання і застосовується в серійному і дрібносерійному виробництві столярних виробів в будівельній галузі, меблевої, суднобудуванні, вагонобудуванні.

Для модернізації привода подачі рейсмусового верстата було обрано чистотний перетворювач *Simphoenix E500-4T0015B* [3], який має наступні характеристики:

- Номінальна вхідна напруга, частота три фази, 380 В, 50/60 Гц;
- Номінальна потужність 1,5кВт;
- Вихідна частота 0,0 – 1000 Гц;
- Режим керування: Скалярний, векторний, *VWF*;

Для модернізації привода подачі рейсмусового верстата було обрано електродвигун *Siemens 1LA7090-4AA10*[4].

Електродвигуни *Siemens* серії *1LA* застосовують для промислових приводів. Вони охоплюють широку область застосування приводної техніки з живленням, як від мережі, так і від частотних перетворювачів і

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., Фежук 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 рекуперуючому навантаженні	22
Волянський Ю.С., Ященко 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
Новогорецький С.М., Барішник Ю.М. Вплив демпферної обмотки на статичну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів.....	43
Новогорецький 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., Грешнов 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., Грешнов 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