

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ – 2015

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ

22-24 квітня 2015 року

Інститут автоматики та електротехніки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Леніна, 3

МАТЕРІАЛИ

Миколаїв 2015

УДК 681.5:621.3
Су 89

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. - Миколаїв: НУК, 2015. – 72 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської НТК з міжнародною участю "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також електротехнологічного та 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;
3. Академія наук суднобудування України;
4. Одеська національна морська академія;
5. Одеський національний морський університет;
6. Університет науки і технологій, м. Цзянсу (КНР).

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

Комп'ютерна верстка:
Відповідальний за випуск:

І. Л. Вінниченко
О. О. Черно

© Видавництво НУК, 2015

© Національний університет кораблебудування, 2015

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



<http://conference.nuos.edu.ua>

Для участі у конференції необхідно:

- На сайті конференцій НУК обрати конференцію за вашим напрямком
- На сторінці обраної конференції заповнити анкету учасника у розділі «Реєстрація»
- Пройти процедуру верифікації (для співробітників та студентів НУК даний етап пропускається)
- Завантажити тези доповідей у систему
- Оплатити участь (за допомогою платіжної системи НУК або платіжним дорученням)

На сторінці обраної конференції ви знайдете:

- Інформацію щодо організаторів
- Дату та місце проведення конференції
- Регламент та робочі мови конференції
- Напрямки роботи конференції
- Вимоги до оформлення тез доповідей
- Вартість участі у конференції
- Інформаційний лист конференції
- Сторінку конференції на **facebook**
- Архів конференцій НУК за попередні роки

Контактна інформація:

кім. 456, просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025
+(380512)70-91-04; 70-91-00; fax: +(380512)43-07-95; e-mail: conference@nuos.edu.ua

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ**УДК 621.396.6***Журавлев Ю.И.***НАДЕЖНОСТНО ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ**

Надежность является важнейшей интеграционной характеристикой критической информационной подсистемы, выход из строя которой может привести к нарушению функционирования основной системы и иметь следствием техногенные катастрофы или гибель людей (авиация, морской транспорт, химические производства и т.п.). Современная электроника характеризуется значительной плотностью компоновки компонентов, поглощающих (инфракрасные приемники излучения) или генерирующих (лазеры, процессоры, СВЧ-излучатели) тепловую энергию, которую они самостоятельно не в состоянии рассеять. Это приводит к необходимости снабжения их системами обеспечения тепловых режимов, наиболее перспективным представителем которых, по критериям надежности, массогабаритным и инерционности, являются термоэлектрические охладители.

Основа надежности термоэлектрических охлаждающих устройств закладывается на стадии проектирования, поскольку в дальнейшем при эксплуатации возможно только управление режимами работы, способствующее снижению интенсивности отказов. Стадия проектирования включает и отбор материала термоэлементов, основными показателями которых являются электро- теплопроводность и термоэлектрическая эффективность, поскольку эти показатели непосредственно входят в аналитическое выражение, связывающие показатели с относительной интенсивностью отказов термоэлектрического устройства [1].

Информационная поддержка обеспечения показателей надежности термоэлектрических охладителей при проектировании включает в себя широкий спектр работ от управления проектами, документооборотом, принятия проектных решений, синтеза математических моделей охладителей и их составных частей, моделирования внезапных и непрерывных отказов, моделирования физических процессов, топологического проектирования до оптимизации, что в комплексе является основополагающими принципами CALS-технологий [2].

В проводимых исследованиях выделен один из аспектов проектирования: анализ влияния эффективности и электропроводности термоэлектрического материала, из которого изготавливаются термоэлементы термоэлектрического охлаждающего устройства, на основные показатели надежности: интенсивность отказов и вероятность безотказной работы одно и двухкаскадных термоэлектрических охладителей.

Структура надежно-ориентированного проектирования термоэлектрических охлаждающих устройств включает следующие этапы:

- выбор критериев отказа термоэлектрических устройств, в качестве которых выбраны допустимая интенсивность отказов и время безотказной работы;
- выбор определяющей модели отказов. Отказы делятся на непрерывные и внезапные, принципы действия и, соответственно, методы описания которых разнятся. Если внезапные отказы можно описывать независимыми событиями с использованием экспоненциального распределения или распределением Вейбулла, то постепенные отказы однозначно являются зависимыми, характер проявления которых связан с предысторией процесса деградации параметров изделия;
- реализация математической модели связи показателей надежности термоэлектрического устройства с анализируемыми показателями, в частности с эффективностью термоэлектрического материала и ее разбросов в диапазоне использования для промышленного производства изделий;
- анализ полученных результатов влияния на показатели надежности разбросов эффективности термоэлектрического материала однокаскадного и двухкаскадного термоэлектрического устройства для различного перепада температур;
- анализ полученных результатов влияния на показатели надежности разбросов эффективности термоэлектрического материала однокаскадного и двухкаскадного термоэлектрического устройства для различных режимов работы;
- пересчет полученных результатов теоретических расчетов по условию целостности числа термоэлементов устройства с учетом перепада температуры и режима работы термоэлектрического устройства;
- синтез топологии термоэлектрического устройства в соответствии с требованиями технического задания;
- согласование с иными требованиями, изложенными при разработке подсистемы САПР [3], развитием которой данная подсистема является;
- Формирование отчета.

Список использованных источников:

1. Зайков, В.П. Прогнозирование показателей надежности термоэлектрических охлаждающих устройств [Текст] Книга 1. Однокаскадные устройства / В.П. Зайков, Л.А. Киншова, В.Ф. Моисеев – Одесса: Политехперіодика, 2009. – 118 с.
2. Жаднов, В.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств [Текст] / В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 462 с.

3. Гнатовская А.А. Математическое моделирование и анализ термоэлектрических устройств в САПР критических систем / URL: http://aspirant.opu.ua/upload/files/aspirantura/DW/Gnatovskaya_05_13_12_2012_1_ru.pdf

УДК 621.316

Коробко О.В., к.т.н., доцент, Дібрівна М.І.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

ПОКРАЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ НЕЧІТКИХ КОНТРОЛЕРІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ БАЗИ ПРАВИЛ

Основним рушійним фактором вдосконалення систем автоматичного регулювання (САР) технологічними процесами є постійно зростаючі вимоги, що пред'являються до показників якості регулювання. Найбільший розвиток в останні роки отримали напрями, пов'язані з альтернативними підходами до вирішення завдань регулювання. Основою актуальності дослідження таких напрямків є те, що традиційні методи регулювання, що вимагають побудови математичних моделей, реалізованих на основі теорії лінійних систем, не в змозі забезпечити необхідну якість управління технологічними параметрами багатьох промислових об'єктів, які за своєю природою є істотно нелінійними. Крім того, наявність нелінійних характеристик, складних для моделювання динамічних елементів, неконтрольованих шумів, перешкод і багатьох інших факторів ускладнює реалізацію традиційних стратегій регулювання.

Існуючі методи настройки оптимальних параметрів традиційних регуляторів і використані ними критерії адекватності, що визначають якість математичних моделей об'єктів регулювання, вичерпують резерви підвищення якості функціонування класичних САР. Для кращого вирішення завдань регулювання потрібна розробка нових систем регулювання, простих за принципами організації, налагодження та функціонування [1].

Одним з перспективних підходів підвищення показників якості регулювання технологічних процесів є перехід від традиційних систем до використання САР з технологією нечітких регуляторів.

Властивості нечіткої логіки обробляти неповну інформацію, моделювати людські знання і видавати обґрунтовані рішення обумовлюють її інтенсивне використання для спостереження в реальному часі за технологічними процесами, а також рішення проблем, пов'язаних з практичною реалізацією систем управління технологічними процесами. Використання нечіткої логіки в системах управління дозволяє зменшити втручання оператора в процес управління і, отже, дозволяє розробити нові методики управління, більш адаптовані до промислового середовища.

Регулятори, побудовані на базі нечіткої логіки, в ряді випадків здатні забезпечити більш високі показники якості перехідних процесів порівняно з класичними регуляторами. Крім того, використовуючи методи синтезу нечітких алгоритмів управління, можна виконати оптимізацію складних контурів регулювання без проведення ресурсоемних математичних досліджень.

Нечіткі регулятори представляють інтерес, насамперед, для управління об'єктами, які або не можуть бути описані або можуть бути описані з великими труднощами. Тим не менш, навіть для об'єктів управління, для яких можна було б отримати математичну модель, ці регулятори часто краще, ніж звичайні, тому що вони дозволяють одержати більш високу якість (менше помилок в перехідному і сталому режимі) автоматичного управління.

База правил є однією з головних частин процесу нечіткого логічного висновку. Вона визначає відносини між входом і виходом логічних змінних, таким чином визначаючи загальний робочий процес нечітких систем. У багатьох випадках, база правил синтезується на основі експертних оцінок керованих процесів. Таким чином, загальна ефективність таких систем з нечіткою логікою, сильно залежить від знань експертної групи. Беручи до уваги, що експерти не можуть дати точні відповіді і керуються якісними оцінками контрольованих процесів - база правил може бути неповною або надмірною. Неповна база правил може бути легко визначена нестійкістю, поганою якістю перехідного процесу керованої системи. Надмірну кількість правил складніше визначити, тому що в результаті система, як правило, має хороші характеристики і в багатьох випадках, про потрібний аналіз не може бути й мови. З іншого боку, якщо в результаті база правил має зайві правила, тоді вони будуть зменшувати загальну чутливість системи на етапі нечіткого виводу. Продуктивність системи нечіткого управління також зменшується. Таким чином, доцільним є аналіз надмірності бази правил.

Рис. 1 показує максимальні вихідні значення кожного з 125 правил, синтезованого нечіткого контролера [2]. Видно, що вихід деяких правил дорівнює нулю, так що вони не приймають участь в процесі нечіткого виводу і, таким чином, можуть бути легко видалені. Слід зазначити, що деякі правила розроблені, щоб дати відносно невелику, близьку до нуля відповідь і вони повинні залишатися в базі правил. На підставі рис. 1 і вище зазначених умов вилучимо такі правила:

{53,57,59,61,65,67,69,70,73,80,101}

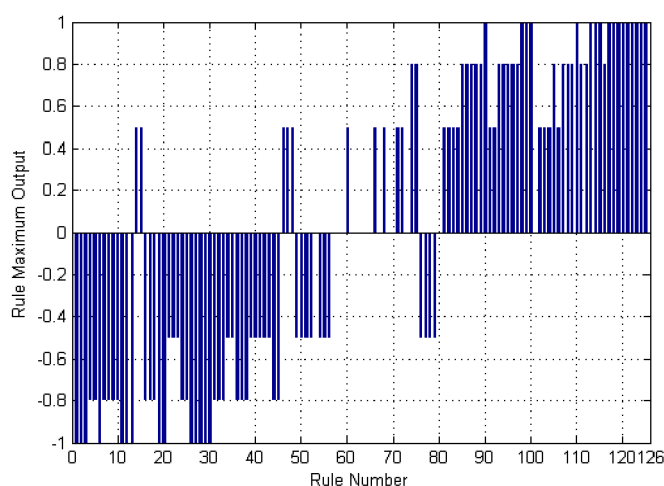


Рис. 1. Максимальні вихідні значення правил синтезованого контролеру

Перехідні характеристики нечіткого контролеру з початковою і новою базою правил наведено на рис. 2.

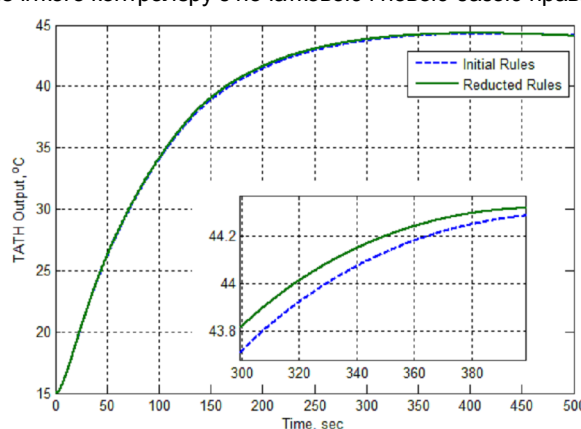


Рис. 2. Підсумкова перехідна характеристика нечіткого контролеру з початковою і новою базою правил

Можна стверджувати, що отриманий в результаті перехідний процес системи в основному залишається таким самим і навіть став більш швидким через покращений процес нечіткого логічного висновку.

Висновки: розглянувши структуру бази правил логічного виводу ми дійшли висновку, що база правил може бути надмірною та неповною, в першому випадку цей недолік складніше визначити. Таким чином, доцільним є аналіз надмірності бази правил.

Список використаних джерел:

1 Конох И.С., Найда В.В. Эмуляция сигналов объектов управления в электромеханических системах с использованием нечетких логических контроллеров. – Перша всеукраїнська науково-практична конференція «ІТ-Перспектива», 2014.

2 Yuriy Kondratenko, Volodymyr Korobko, Oleksiy Korobko, Galyna Kondratenko, and Oleksiy Kozlov. Soft Computing Methods for Optimization and Control of Thermoacoustic Plant. - Soft Computing: New Directions in Foundations and Applications, Berkeley, USA, 2014. – 23 с.

УДК 681.2.087

Пасюк Б. Б., Терешкіна Н. С.

Науковий керівник: ст. викладач Гусєва-Божаткіна В.А.

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

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ҐРУНТУ

До основних напрямків політики нашої держави в області охорони довкілля та використання природних ресурсів відноситься створення умов для екологічно безпечного існування навколишнього середовища.

У системі моніторингу виконуються три специфічні функції: спостереження, оцінка й прогноз. Мета моніторингу - це не тільки пасивна констатація фактів, але й проведення експериментів, моделювання процесів, їх прогнозування. Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення проводиться з метою

своєчасного виявлення змін, оцінки і розроблення науково обґрунтованих систем землеробства і агротехнологій. Тому задача проектування системи моніторингу ґрунту є актуальною.

Для проведення моніторингу ґрунту будемо використовувати сучасні інформаційні технології. Автоматизована інформаційна система дасть більше можливостей при проведенні робіт по збору, обробці та аналізу інформації навідміну від існуючого ведення цих робіт.

Для автоматизованої системи моніторингу ґрунту було розроблено пристрій на базі контролера Arduino Uno R3 з чіпом ATmega328, датчиками для замірів оточуючого середовища і розширенням для роботи в мережі (рисунок 1).

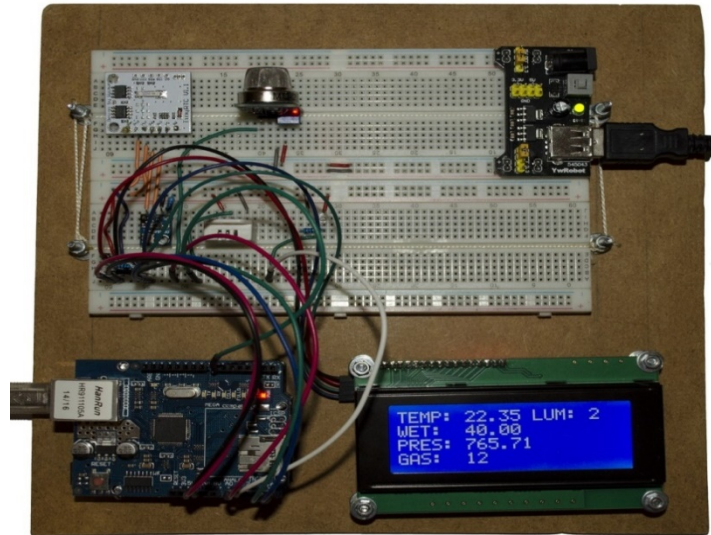


Рисунок 1 – Апаратна реалізація автоматизованої системи моніторингу

Як відомо, збір параметрів ґрунту здійснюється за допомогою датчиків температури, вологості, атмосферного тиску та освітлення, а також детектора газів. Зібрана інформація виводиться на вбудований дисплей в системі реального часу, після чого відправляється на сервер для подальшої обробки та аналізу або в сховище даних.

Для виконання автоматизованих вимірів використовують датчики та вимірювальні перетворювачі, вимірювальні модулі вводу аналогових сигналів, обробку результатів вимірів на комп'ютері або в контролері. При цьому на похибку результатів вимірів впливають наступні фактори:

- Спротив кабелів;
- Співвідношення між вхідним імпедансом засобу вимірів та вхідним імпедансом датчика;
- Якість екранування і заземлення, потужність джерел перешкод;
- Погрішність методу непрямих або загальних вимірів;
- Наявність зовнішніх факторів впливу, якщо вони не враховані в додатковій похибці засобу вимірів;
- Похибки обробки результатів вимірів програмним забезпеченням.

Всі похибки, котрі не можуть бути враховані в процесі сертифікаційних випробувань, і з'являються в конкретних умовах застосування, відносяться до методичних. Навідміну від них, інструментальні похибки нормуються в процесі виробництва вимірювального пристрою і заносяться до його експлуатаційної документації. Таким чином, якщо до складу змонтованої автоматизованої вимірювальної системи входять засоби вимірів з нормованими похибками, то похибка, викликана вищеперерахованими факторами, є методичною. Якщо ж виконується сертифікація всієї розрахункової системи, то методичні похибки можуть бути враховані в похибки всієї системи і тоді вони переходять до розряду інструментальних.

Похибка програмного забезпечення (ПЗ) оцінюється як різниця між результатами вимірів, отриманих даних ПЗ та еталонним ПЗ. Під еталонним розуміють програмне забезпечення, висока точність якого доведена багатократними випробуваннями та тестуванням. Поняття еталонного ПЗ є умовним і визначається угодою між замовником атестації та виконавцем. В якості еталонного може бути використано раніше атестоване ПЗ.

До основних джерел похибок ПЗ відносяться:

- Помилки запису початкового коду програми та помилки трансляції програми в об'єктний код;
- Помилки в алгоритмі рішення задачі виміру;
- Помилки в таблицях для лінеаризації нелінійних характеристик перетворення;
- Застосування нестійких алгоритмів при вирішенні погано обумовлених задач;
- Помилки перетворення форматів даних;
- Помилки округлення та ін.

Надійність (достовірність) ПЗ забезпечується засобами захисту від несанкціонованих змін, які можуть виявитись причиною появи невизначених при атестації похибок.

Отримані дані формалізуються шляхом побудови математичної моделі, що дає можливість зробити подальший аналіз. Автоматизована система моніторингу на основі зробленого аналізу надає рекомендації щодо подальших дій.

Випробування пристрою дозволяють зробити висновки, що автоматизована система є працездатною і може бути рекомендована для серійного виготовлення і залучена до автоматизованих систем екологічного моніторингу.

Список використаних джерел:

1 Концепція організації і створення діючої системи мікробіологічного моніторингу ґрунтів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eco.com.ua/content/kontsepsiya-organizatsii-i-stvorenniya-diyuchoi-sistemi-mikrobiologichnogo-monitoringu-grunt>

2 Сучасні технології ґрунтового та агрохімічного картографування і моніторингу ґрунтів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agrovector.com.ua/archives/275>

3 Патика В.П., Тараріко О.Г. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель [Текст] / В.П.Патика К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.

4 Зборишук Ю.Н. Дистанционные методы инвентаризации и мониторинга почвенного покрова [Текст] / – М.: Изд-во МГУ, – 1992. – 86 с.

5 Моніторинг ґрунтів. – Газета «Агробізнес сьогодні» ТОВ «Видавничий Дім Імперс-медіа», 2010. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-biuness.com.ua/component/content/article/223.htm>

УДК 621.472:629.78

Полежаева О.В., Зайцев Р.В, Кириченко М.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИМИТАТОРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Главной идеей солнечной энергетики является преобразование энергии Солнца в электрическую энергию, с помощью полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

В связи с постоянным ростом объемов производства ФЭП проведение аттестации таких приборов, как на этапе разработки, так и на этапе производства приобретают особую актуальность. Повышение количества и точности измерений приводит к необходимости автоматизации способов измерений. За последние годы наблюдается тенденция использования микроконтроллеров в составе автоматизированных измерительных комплексов, что позволяет упростить процесс измерения. Одно из направлений автоматизации – это совершенствование имитаторов солнечного излучения [1], необходимые, в первую очередь, для исследований характеристик ФЭП.

Одной из проблем создания имитаторов солнечного излучения является приближение спектрального состава их излучения к солнечному спектру. Ранее с этой целью были созданы осветители, для исследования фотоэлектрических преобразователей, на основе вольфрамовых ламп накаливания и импульсных ксеноновых ламп, главные недостатки которых: существенное несоответствие спектра имитируемого излучения солнечному, значительная инерционность и энергопотребление. В настоящий момент стало возможным существенно приблизиться к желаемым свойствам за счет использования полупроводниковых светодиодов разного цвета свечения, которые позволяют получать излучения близкие к стандартным наземным и заатмосферным солнечным спектрам [2, 3].

С учетом вышеупомянутого, была предложена конструкция светодиодного осветителя (рис. 1), который содержит в своем составе необходимый набор светодиодов для обеспечения излучения, приближенного по спектральному составу к солнечному свету. Такой осветитель состоит из следующих ключевых элементов: блока коммутации, блока питания, блока управления, светоизлучающего и микроконтроллерного блоков.

Для обеспечения связи между ключевыми узлами были разработаны и созданы две платы: коммутационная плата и плата управления. В качестве блока питания используется источник питания мощностью 100 Вт, дающий на выходе напряжение 24 В. В блоке коммутации находятся драйвера, необходимые для стабилизации тока через светодиоды, а также пьезоэлектрический генератор для звуковой индикации.

Изменение мощности излучения светодиодов происходит с помощью тактовых кнопок и индицируется на светодиодных индикаторах, находящихся на панели управления. Информация о работе светодиодного блока выводится на символьный жидкокристаллический индикатор.

В состав светодиодного блока входят: пять белых светодиодов, три из которых имеют спектральный состав, соответствующий холодному белому цвету, а оставшиеся два – теплого белому цвету; а также десять инфракрасных светодиодов, четыре из которых излучают с длиной волны равной 850 нм, а остальные – с длиной волны 940 нм. Суммарный спектральный состав наиболее приближен к режиму освещения АМ0.

Для распределения тепла, которое выделяется при работе светодиодов, установлены радиаторы, а также для дополнительного охлаждения – вентилятор, скорость вращения которого регулируется в автоматическом режиме в зависимости от температуры светодиодов.

Автоматическая работа устройства возможна с применением микроконтроллера STM32F4, для которого разработано соответствующее программное обеспечение, с использованием языка программирования C# в среде Visual Studio 2012.

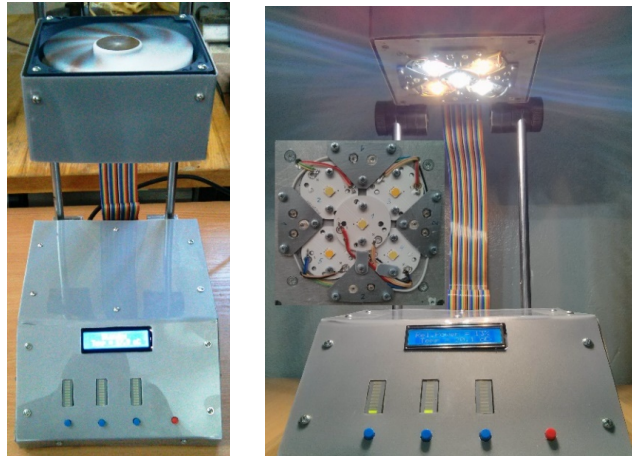


Рисунок 1 – Внешний вид универсального светодиодного осветителя

В ходе апробации были установлены некоторые зависимости: зависимость мощности излучения от расстояния между светоизлучающим блоком и образцом (рис. 2, а), зависимость температуры от времени его работы (рис. 2, б) и распределение интенсивности излучения по фокальному пятну (рис. 3).

Анализ зависимости распределения интенсивности излучения по фокальному пятну позволяет сделать вывод, что исследуемыми образцами могут быть образцы с площадью до $80 \text{ мм} \times 80 \text{ мм}$. Зависимость мощности излучения от расстояния до образца (рис. 2, а) позволяет установить, что благодаря исследователю образцу прибора можно получать интенсивности излучения от $34,5 \text{ Вт/м}^2$ до 5245 Вт/м^2 , чего достаточно для проведения широкого круга исследования ФЕП [3, 4].

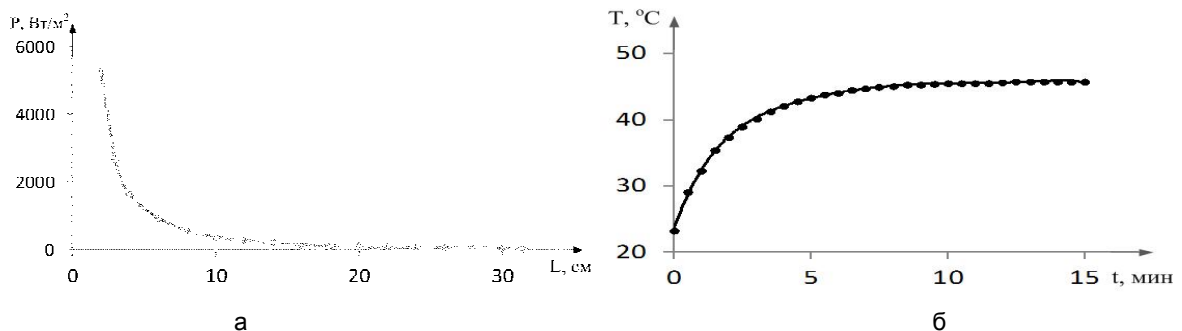


Рисунок 2 – Зависимость мощности излучения от расстояния между светоизлучающим блоком и образцом (а) и зависимость температуры от времени работы светоизлучающего блока (б)

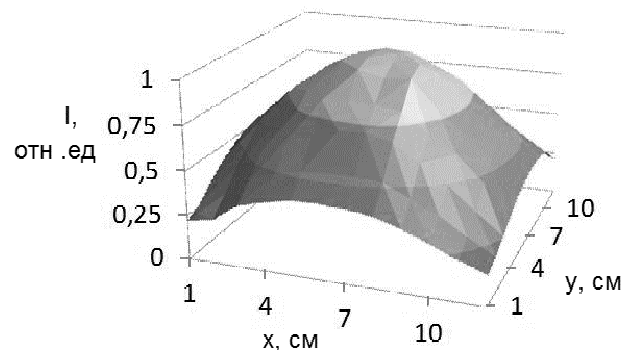


Рисунок 3 - Распределение интенсивности излучения по фокальному пятну

Исследование температурной зависимости (рис. 2, б) показало, что при долговременной работе светодиодного блока его температура не превышает 46°C. Данная температура меньше, чем критическая температура работы светодиодов, которая составляет 60°C. Поэтому светодиодный блок не требует специального ограничения времени его работы.

Список использованных источников:

1. Wang W. Simulate a Sun for Solar Research: A Literature Review of Solar Simulator Technology / W. Wang // Stockholm: Royal Institute of Technology. – 2014. – 34 p.
2. Патент на полезную модель №94622 «Светодиодно-галогеновый осветитель» / М.В. Кириченко, Р.В. Зайцев, В.Р. Копач, Г.С. Хрипунов, Е.О. Лук'янов // Номер заявки: u 2014 05147, от 15.05.2014. Зарегистрировано в Государственном реестре патентов Украины на полезные модели 25.11.2014 года.
3. International Standard IEC 60904-1:2006 Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics / International Electrotechnical Commission, 2006.
4. Polezhaeva O. Investigation the parameters of multijunction single crystal silicon solar cells with vertical diode cells test samples / O. Polezhaeva, R. Zaitsev, V. Kopach, M. Kirichenko // XIV Kharkiv Young Scientists Conference on Radiophysics, Electronics, Photonics and Biophysics 14-17 October 2014, Abstracts. – Kharkiv: IRE NASU, 2014. – P. ОРН-8.

УДК 621.472:629.78

Прокопенко Д. С., Зайцев Р. В, Кириченко М.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

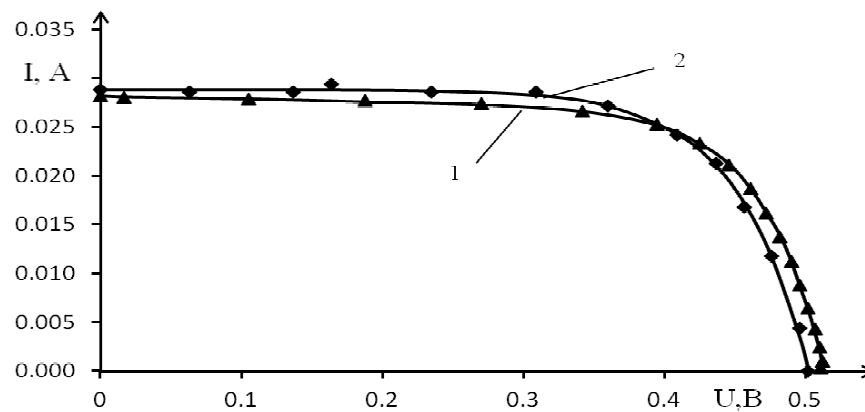
Основной и наиболее применяемой методикой аттестации ФЭП остается измерение и аналитический обработка световых вольт-амперных характеристик (ВАХ) для получения выходных параметров и КПД приборов. Поэтому автоматизация измерения основных параметров ФЭП позволит проводить измерения с более высокой точностью и с меньшей погрешностью [1].

Предложен комплекс, который позволяет проводить автоматизированные измерения и аналитическую обработку ВАХ, выполнен в виде приставки к персональному компьютеру (ПК) и схемотехнически состоит из двух блоков: управляющего и измерительного. Управляющий блок обеспечивает преобразование управляющего цифрового сигнала, поступающего от ПК, в аналоговую форму и его дальнейшую подачу на исполнительные элементы для создания необходимых физических условий проведения эксперимента. В измерительном блоке на аппаратном уровне реализованы принципы измерения физических параметров исследуемого образца, например, тока и напряжения, и их последующее превращение в цифровую форму для дальнейшей передачи на ПК [2]. Обмен цифровой информацией с установленной на ПК программы управления и обработки данных, производится по стандартному интерфейсу USB.

После завершения создания комплекса [3] была проведена его апробация на ВАХ серии фотоэлектрических преобразователей. Проведено исследование параметров серии образцов по их световыми ВАХ обычным методом и компенсационным методом с помощью автоматизированного комплекса. Полученные световые ВАХ по обоим методам были аналитически обработаны [4] с помощью программного обеспечения и получены выходные параметры исследованных фотоэлектрических преобразователей. Примеры световых ВАХ, измеренных компенсационным методом и с помощью автоматического комплекса приведены на рисунке 1.

Сравнение коэффициента полезного действия ФЭП, полученных двумя методами, для серии образцов приведены на рисунке 2.

По результатам исследования установлено, что погрешность измерений автоматизированным комплексом составляет не более 2,7%. На основе проведенных исследований установлено, что разница между световыми ВАХ, измеренными обоими методами, может быть обусловлена разницей в величине эталонного сопротивления, предназначенного для измерения тока при использовании компенсационного метода, который в случае обычного метода составляет 1 Ом, а в случае автоматического комплекса составляет 2 Ом. Также установлено, что недостатком измерительного комплекса является ограниченность максимального тока на уровне 1 А, при котором могут проходить измерения фотоэлектрических преобразователей или других исследуемых приборов.



1 – Световая ВАХ, измеренная компенсационным методом
2 – Световая ВАХ, измеренная с помощью автоматизированного комплекса

Рис. 1 – Пример СВВАХ исследуемых образцов

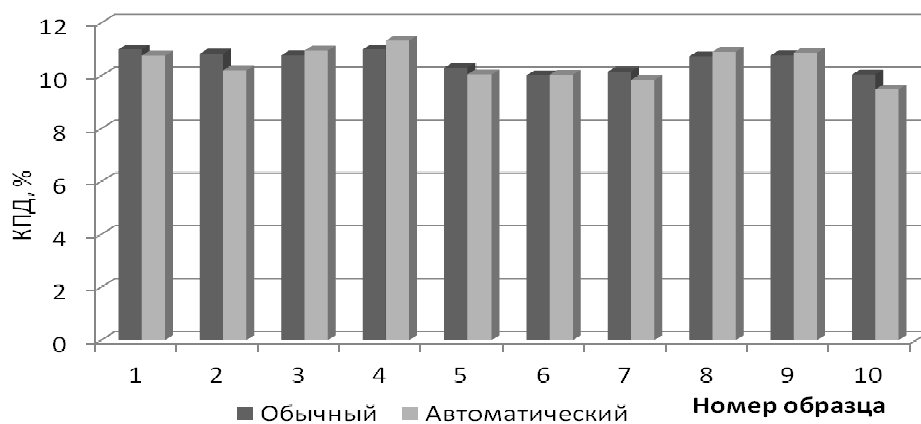


Рисунок 2 – Диаграмма сравнения КПД исследованных образцов двумя методами

Для устранения выявленных недостатков дальнейшие усовершенствования прибора и исследования будут направлены на поиск возможности повышения максимального рабочего тока и уменьшение величины эталонного сопротивления при сохранении стабильности работы прибора.

Список использованных источников:

1. Проць Я.І. Автоматизація неперервних технологічних процесів. / Я.І. Проць, О.А. Данилюк, Т.Б. Лобур. // Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів – Тернопіль. – 2008. – 239 с.
2. Prokopenko D. Development and approbation the avtomatization complex current-voltage characteristics measurement / D. Prokopenko, R. Zaitsev, M. Kirichenko // XIV Kharkiv Young Scientists Conference on Radiophysics, Electronics, Photonics and Biophysics 14-17 October 2014, Abstracts. – Kharkiv: IRE NASU, 2014. – P. OPH-9.
3. Зайцев Р.В. Автоматизированный измерительный комплекс вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов / Р.В. Зайцев, М.В. Кириченко, Д.С. Прокопенко // VI Международная Интернет-конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Инновационные технологии: теория, инструменты, практика» (InnoTech 2014) 1-30 ноября 2014 г., Тезисы докладов. – Пермь: ПНИПУ, 2014 г.
4. Фарнебрух А. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / А. Фарнебрух, Р. Бьюб. // М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 280 с.

УДК 621.313: 621.762: 537.52: 535.421

Сизоненко О. М., д.т.н., Колесник І. А.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

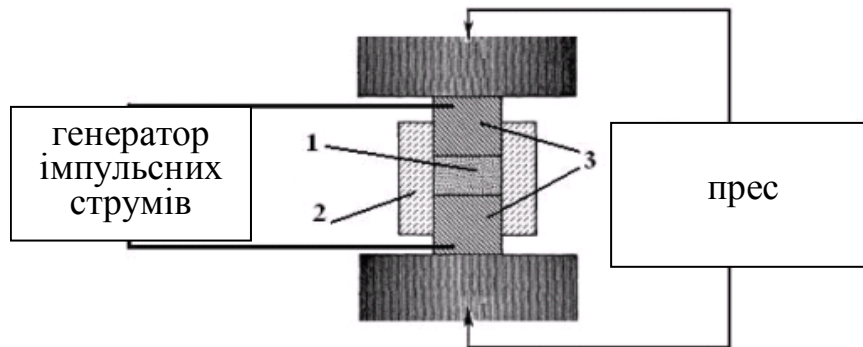
ОТРИМАННЯ ДИСПЕРСНОЗМІЩЕНИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

У наш час промисловість має потребу в конструкційних матеріалах з високими функціональними (такими як зносостійкість) та фізико-механічними властивостями (твердість та міцність), саме ці характеристики забезпечують

надійність роботи деталей, вузлів, механізмів. Консолідація окремих порошкових матеріалів потребує певного підходу та використання методів спікання, які дозволяють отримати щільні матеріали, зберігаючи дисперсність та не викликає ріст зерна. До таких технологій відноситься іскро-плазмове спікання (ІПС) - це метод спікання порошкових матеріалів під тиском, який базується на використанні суперпозиції струму з високим значенням сили струму для швидкого і рівномірного розподілу енергії іскрової плазми між частинками.

Метою роботи є визначення режиму отримання дисперснозміцненого матеріалу системи залізо-титан-вуглець ($75\%Fe+20\%Ti+5\%B_4C$).

Дослідження обробки при ІПС були проведені на експериментальному стенді потужністю 12 кВт, принципова схема представлена на рис. 1.



1 – порошковий матеріал; 2 – матриця; 3 – електроди-пуансони.

Рисунок 1 – Пристрій для ІПС матеріалів.

Порошковий матеріал 1 поміщається в матрицю 2 з графіту, яка дозволяє досягти і підтримувати високу температуру при спіканні порошку. Електроди-пуансони 3 передають тиск на порошкову заготовку від преса і одночасно служать струмопідводами від генератора імпульсів струму до пресованого порошку 1. Беручи до уваги характеристики графітової камери, максимальний тиск підпресування складав 60 МПа. Експериментальним шляхом була визначена температура спікання величиною 1400 К та оптимальний час витримки заготовки під напругою 180 с.

Використовуючи вихідні дані, були проведені розрахунки у комп'ютерній програмі Mathcad. Отримано амплітудні значення струму, швидкості зростання струму при незмінних параметрах часу зростання струму та опору навантаження. Провівши аналіз розрахунків та отриманих залежностей були побудовані графіки режимів консолидації при різних значеннях тиску підпресування.

Висновок: У результаті проведеної роботи було визначено режим отримання дисперснозміцненого порошкового матеріалу системи залізо-титан-вуглець ($75\%Fe+20\%Ti+5\%B_4C$).

Список використаних джерел:

1. Райченко, А.И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока / А.И. Райченко. - М.: Металлургия, 1987.
2. Рагуля, А.В. Консолидированные наноструктурные материалы / А.В. Рагуля, В.В. Скороход. - Киев: Наукова думка, 2007.
3. Григорьев, Е.Г. Электроимпульсная технология формирования материалов из порошков: Учебное пособие / Е.Г. Григорьев, Б.А. Калинин. - М.: МИФИ, 2008.
4. Буренков, Г.Л. Макроскопический механизм образования межчастичного контакта при спекании порошков электрическим током / Г.Л. Буренков, А.И. Райченко, А.М. Сураева // Порошковая металлургия. - 1989.

УДК 681.5

Черно А.А., к.т.н., доцент; Гуров А.П., к.т.н., профессор; Монченко М.Ю.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВИБРАЦИОННЫМ ПРИВОДОМ

Вибрационные технологии широко используются в современной промышленности [1 – 4]. Установки с электромагнитным вибрационным приводом обладают такими преимуществами, как высокая надежность, длительный срок службы, высокий КПД [1]. Но они требуют автоматического управления амплитудой и частотой колебаний. Главным требованием, предъявляемым к системе автоматического управления электромагнитным

вибрационным приводом, является устойчивость, которая зависит от схемы и динамических параметров установки, электромеханических характеристик привода, структуры и параметров регуляторов. Поэтому, исследование устойчивости систем автоматического управления вибрационными приводами является актуальной задачей.

В работе [5] рассмотрена динамика системы управления вибрационным устройством для уплотнения бетонной смеси, и показано, что при определенных значениях коэффициентов регуляторов система сохраняет устойчивость во всем диапазоне изменения механических параметров обрабатываемой смеси в процессе ее уплотнения. Но при этом не были рассмотрены случаи управления колебательной системой с минимально возможным демпфированием. Такие случаи могут иметь место при малой загрузке вибрационных установок, когда энергия, поглощаемая обрабатываемым материалом настолько мала, что ее величина соизмерима с потерями энергии в стальных пружинах. Кроме того, на сегодняшний день не были определены области устойчивости дискретных систем автоматического управления электромагнитными вибрационными приводами.

Целью данной работы является исследование динамики управления амплитудой вибрации малодемпфированной колебательной системы, определение структуры регулятора, обеспечивающей устойчивость системы управления, и определение областей устойчивости в плоскости параметров регулятора.

Для получения достоверной информации об устойчивости процессов управления амплитудой вибрации малодемпфированной колебательной системы, вначале были проведены экспериментальные исследования с вибрационной установкой, описанной в [5], в режиме холостого хода, т.е. с пустой емкостью для бетонной смеси. Для минимизации числа факторов, влияющих на результат, трехмассовая установка была преобразована в одномассовую, путем жесткого крепления промежуточной платформы к фундаменту. В цифровой системе управления был установлен режим автоматического регулирования амплитуды при постоянном значении частоты. При этом был задан следующий закон изменения предписанного значения амплитуды: линейное нарастание в течение первых 5 секунд, а затем – постоянная амплитуда, равная 0,4 мм.

Описанный эксперимент был проведен для разных значений частоты и коэффициента интегрального регулятора в контуре управления амплитудой. В результате было обнаружено, что даже при относительно малых значениях коэффициента регулятора, на частотах, близких к резонансной, система становится неустойчивой и переходит в режим автоколебаний (рис. 1, а). Результаты расчета с помощью описанной в [5] динамической модели (рис. 1, б) показывают, что система управления должна быть устойчивой (на графиках кривая 1 – предписанное значение амплитуды, а кривая 2 – ее реальное значение).

Это обусловлено тем, что используемая динамическая модель не учитывает эффект квантования сигналов по уровню во время их обработки в микропроцессоре. Поэтому, для адекватности описания рассматриваемых процессов была разработана новая динамическая модель цифровой системы автоматического управления электромагнитным вибрационным приводом, в которой учитывается процедура округления значений дискретных сигналов, т.е. их квантование. Результаты расчета с помощью этой модели (рис. 1, в) подтверждают неустойчивость системы управления.

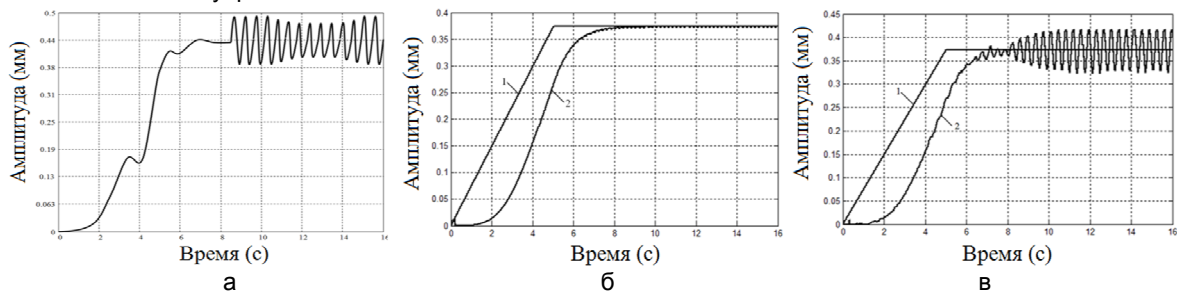


Рис. 1. Графики переходных процессов

Неустойчивость (наличие автоколебаний) цифровой системы управления амплитудой вибрации можно объяснить следующими явлениями. Амплитуда управляющего напряжения в установившемся режиме изменяется ступенчато в пределах шага квантования (рис. 2). Эти ступенчатые воздействия периодически вызывают свободные колебания механической системы. Поскольку частота возмущающей силы близка к резонансной частоте, наложение свободных и вынужденных колебаний приводит к появлению биений.

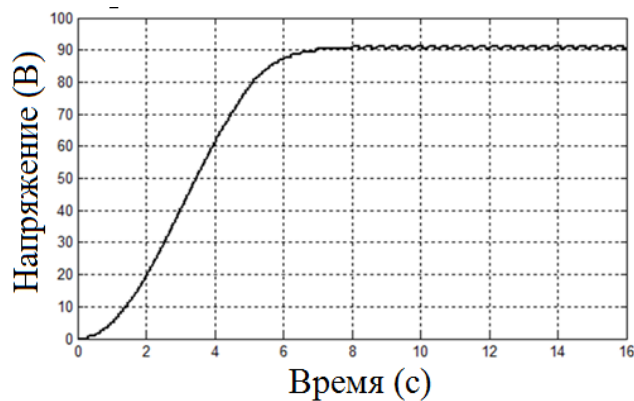


Рис. 2. Амплитуда управляющего напряжения

Для обеспечения устойчивости системы управления предлагается ввести в структуру регулятора амплитуды звено с зоной нечувствительности. Тогда закон управления будет описываться следующими уравнениями:

$$\Delta U(n) = \begin{cases} \varepsilon_x(n) - h_{DZ} & \text{при } \varepsilon_x(n) > h_{DZ}; \\ 0 & \text{при } -h_{DZ} \leq \varepsilon_x(n) \leq h_{DZ}; \\ \varepsilon_x(n) + h_{DZ} & \text{при } \varepsilon_x(n) < -h_{DZ}; \end{cases} \quad (1)$$

$$U(n) = U(n-1) + k_i \Delta U(n)T, \quad (2)$$

где n – номер отсчета; ε_x – сигнал ошибки по амплитуде; h_{DZ} – половина ширины зоны нечувствительности (dead zone); ΔU – выходной сигнал звена с зоной нечувствительности; U – амплитуда управляющего сигнала; k_i – коэффициент интегрального регулятора; T – период дискретизации.

Звено с зоной нечувствительности обеспечивает постоянство амплитуды напряжения на обмотке электромагнитного вибратора при малых отклонениях амплитуды вибрации от предписанного значения. При этом система становится устойчивой, что подтверждается результатами моделирования (рис. 3, а) и эксперимента (рис. 3, б).

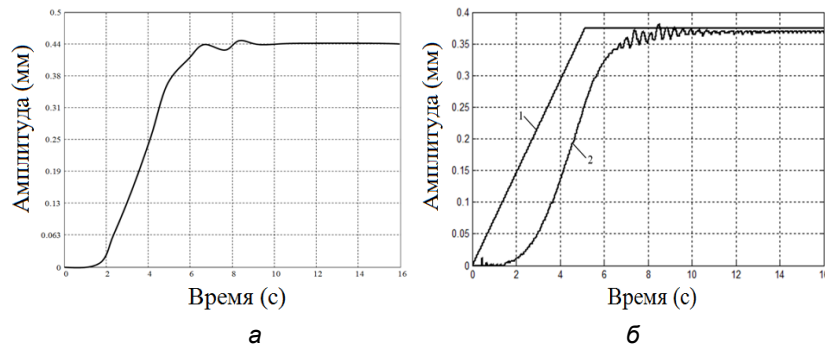


Рис. 3. Графики переходных процессов

Величину h_{DZ} необходимо выбирать из условий, что в системе должны отсутствовать автоколебания, и, в то же время, установившаяся ошибка не должна превышать допустимого значения. Если удовлетворить данным требованиям невозможно, то необходимо уменьшить коэффициент k_i , что, в свою очередь, приведет к уменьшению быстродействия системы. Для удобства выбора значений h_{DZ} и k_i были рассчитаны области устойчивости системы управления (рис. 4) при разных значениях относительной частоты вынужденных колебаний f^* (по отношению к резонансной частоте). Каждая кривая является границей между областью устойчивости (справа) и неустойчивости (слева).

Несмотря на то, что области устойчивости были получены для конкретного привода, они имеют практическое значение, поскольку отражают характер влияния параметров регулятора на устойчивость системы. Аналогичные области можно получить для любого электромагнитного вибрационного привода с цифровой системой управления, используя предложенную динамическую модель.

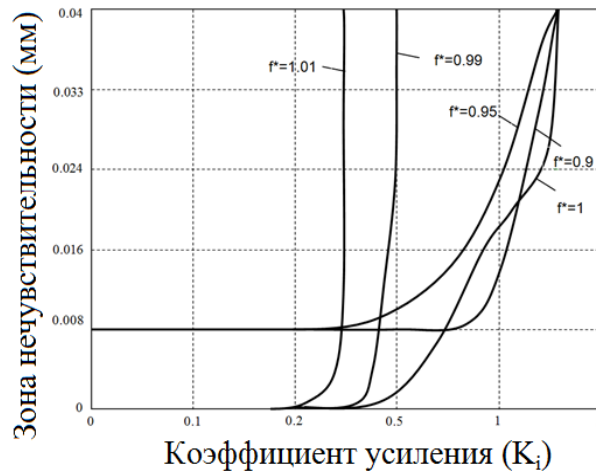


Рис. 4. Области устойчивости системы

Выводы. При работе вибрационной установки в режимах, близких к холостому ходу, на частотах, близких к резонансной, система автоматического управления амплитудой может быть неустойчивой из-за большого времени затухания свободных колебаний. Существенное влияние на устойчивость системы управления амплитудой вибрационного привода оказывает также квантование по уровню, которое необходимо учитывать при моделировании.

Предложенный закон управления (1), (2) обеспечивает устойчивость замкнутой системы. Полученные области устойчивости позволяют определить необходимую ширину зоны нечувствительности и коэффициент интегрального регулятора при настройке системы.

Список использованных источников:

1. Ланець О.С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 324 с.
2. Ратушняк Г.С., Слободян Н.М. Вибросилова технологія формування декоративних бетонних виробів. Монографія – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 161 с.
3. Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. Керовані вібраційні технологічні машини. – Вінниця.: ВНАУ, 2011. – 355 с.
4. Despotovic Z.V., Stojiljkovic Z.V. (2007). "Power Converter Control Circuits for Two-Mass Vibratory Conveying System with Electromagnetic Drive: Simulations and Experimental Results", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 54, Issue 1, 2007. – pp. 453 – 466.
5. Chernov, A.A. (2014). "Control of Resonant Electromagnetic Vibrational Drive Using a Digital Filtering Algorithm Based on Discrete Fourier Transform", Journal of Automation and Information Sciences, Vol. 46, Issue 7, pp. 53 – 68.

УДК 551.46:629.12

Ольшевский С.И.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ RISC МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЕМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ МОДЕЛИ

Исследовательская модель судна предназначена для проведения экспериментальных исследований с гидробионическим движителем плавникового типа. Этот движитель позволяет обеспечить модели как тягу так и маневренность [1-3]. Кинематика изготовленной модели рассмотрена в [6].

С применением пакета Компас был проведен расчет геометрических параметров движителя модели и определены характерные точки положения нижней (погруженной) части движителя модели с привязкой к положению выходного вала редуктора электродвигателя привода. Определено шесть характерных положений элементов движителя. Были проведены расчеты и составлена математическая модель для определения момента сопротивления, приведенного к валу электродвигателя [7].

Для управления электродвигателем модели с возможностью контроля и фиксации ряда параметров была разработана система управления на базе RISC микроконтроллера. Принципиальная схема представлена на рисунке 1.

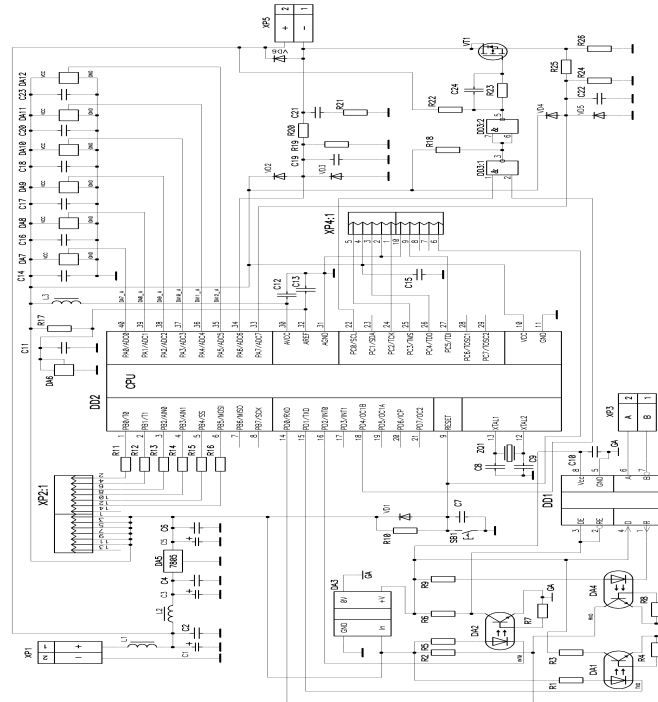


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы управления базе RISC микроконтроллера

Используется RISC микроконтроллер ATmega16 фирмы Atmel (DD2) – контроллер с развитой периферией и производительностью до 20 оп/сек. Система имеет в своем составе шесть датчиков положения выходного вала редуктора (DA7-DA12) что позволяет с достаточной точностью определять текущее положение элементов движителя и, соответственно, реализовывать нужный закон управления для каждого из шести отрезков цикла работы. Для организации полноценной системы управления имеются датчики тока якоря двигателя (R24-R26, C22) и напряжения на двигателе (R19-R21, C19, C21) – имеется возможность учета падения напряжения на кабеле питания модели. Шесть дискретных индикаторов (подключаются через разъем XP2) позволят организовать индикацию положения элементов движителя для видеорегистрации и последующей обработки для проведения траекторных испытаний. Связь с инструментальной ЭВМ – по интерфейсу RS-485 (DD1, DA1-DA4) – с гальванической развязкой до 1000 В, длина линии связи до 1200 м при скорости передачи до 38400 бод.

В настоящее время решается задача обеспечения надежной помехоустойчивой связи между RISC микроконтроллером и инструментальной ЭВМ. С аппаратной точки зрения прорабатывается вопрос возможности использования одной из двух питающих линий в качестве линии связи интерфейса ЭВМ–микроконтроллер. С программной точки зрения – адаптация промышленного протокола MODBUS для применения в модели. Использование этого протокола сделает возможным применение в составе программного обеспечения инструментальной ЭВМ такого мощного пакета как LabView фирмы National Instruments.

Литература

1. K. A. Harper, M. D. Berkemeier and S. Grace. Modeling the dynamics of spring-driven oscillating-foil propulsion. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 23(3):285–296, 1998.
2. S. D. Kelly, R. J. Mason, C. T. Anhalt, R. M. Murray, J. W. Burdick. Modeling and experimental investigation of carangiform locomotion for control. In Proceedings of the American Control Conference, pages 1271–1276, June 1998.
3. S. D. Kelly and R. M. Murray. Modelling efficient pisciform swimming for control. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 10:217–241, 2000.
4. Hirata K. Development of Experimental Fish Robot. Proceeding of the 6th International Symposium on Marine Engineering. Volume 2, p. 711-714. Tokyo, Japan, 2000.
5. Блинцов В.С., Ольшевский С.И. Моделирование движения необитаемого подводного аппарата // Зб. наук. пр. УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 1998. – № 12. – С. 109-118.
6. Блинцов В.С., Ольшевский С.И., Бойко Ю.В., Симзиков А.В. Математическое описание движения элементов гидробионического движителя плавникового типа // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2012. – с.114–118.
7. Ольшевский С.И. Система управления гидробионическим движителем плавникового типа // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2013. – с.99–101.

СЕКЦИЯ 2. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

УДК 621.314

Винниченко И. Л., аспирант

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев, Украина

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ С НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ВЫХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Преобразователи переменного тока с регулируемой частотой тока или напряжения традиционно используются в качестве вторичных источников питания для автономных судовых электроприводов. Для подобных приложений наиболее важными критериями при разработке преобразователей частоты являются массогабаритные показатели разрабатываемого устройства и его электросовместимость с другим электрооборудованием [1]. Так как импульсные преобразователи генерируют значительные помехи, то актуальной задачей является разработка такого преобразователя частоты, который бы позволил свести электромагнитные помехи к минимуму при максимально возможной компактности самого устройства.

Цель работы: разработать схему преобразователя частоты, позволяющего максимально снизить уровень электромагнитных помех.

Для сведения к минимуму электромагнитных помех предложен принцип формирования выходного низкочастотного напряжения путем сглаживания высокочастотных импульсов близкой к синусоидальной формы [2]. Основываясь на этом принципе, разработан двухзвенный преобразователь частоты на основе резонансного инвертора, схема силовой части которого представлена на рис. 1.

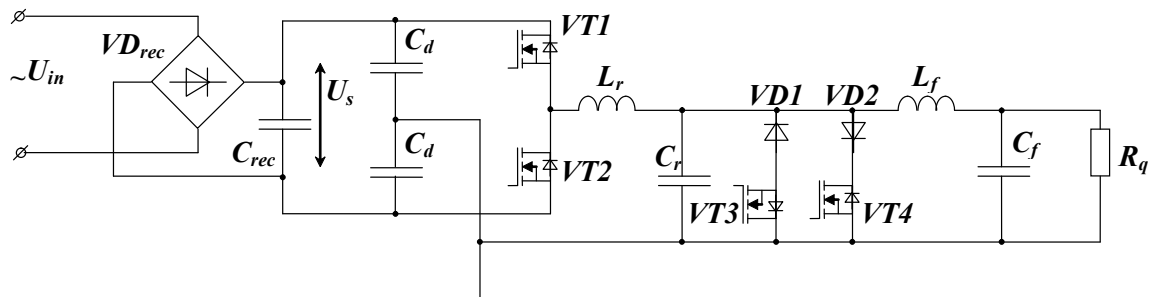


Рис. 1

Так как регулирование всех требуемых параметров выходного напряжения можно осуществить с помощью автономного инвертора, входящего в состав данного преобразователя частоты, то звено постоянного тока, входящее в его состав, представляет собой неуправляемый выпрямитель. Формирование выходного напряжения заданной частоты, формы и амплитуды (не превышающей амплитуду входного напряжения), а также требуемой близкой к синусоидальной формы однополярных на протяжении одного цикла преобразования несущих импульсов напряжения, осуществляется с помощью нелинейного регулятора (НР). НР формирует последовательность управляющих импульсов, поступающих на силовые ключи резонансного инвертора. Регулятор на основе заданных параметров резонансного инвертора и характеристик выходного напряжения формирует последовательность управляющих импульсов, отпирающих силовые ключи в моменты времени $\{n_1 T_r, \dots, n_k T_r\}$ с длительностью $t_{imp} < T_r$, где T_r – период резонансных колебаний резонансного контура инвертора, $n_1 = t_1 / T_r$ – относительное время первого замыкания ключей, а n_k – соответственно, k-го. Регулирование выходного напряжения осуществляется по принципу частотно-импульсной модуляции.

Построена имитационная модель данного предложенного преобразователя с нелинейным регулятором выходного напряжения. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

По результатам моделирования рассчитаны коэффициенты искажения синусоидальности кривых напряжения на резонансной емкости и тока ключей резонансно инвертора.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой (коэффициент гармоник) напряжения и тока рассчитаны по формулам:

$$K_u = \frac{\sqrt{U_{(2)}^2 + U_{(3)}^2 + \dots + U_{(20)}^2}}{U_{(1)}}; K_i = \frac{\sqrt{I_{(2)}^2 + I_{(3)}^2 + \dots + I_{(20)}^2}}{I_{(1)}}$$

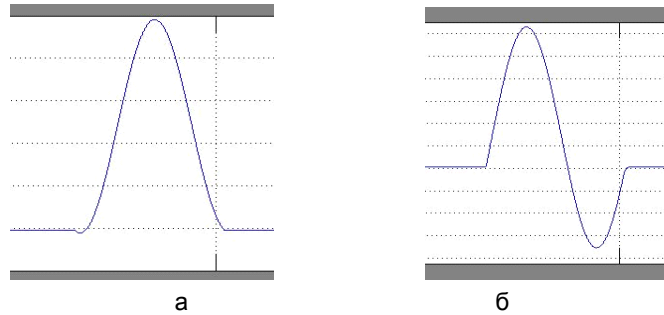


Рис. 2. Формы импульсов: а – напряжения на емкости резонансного контура; б – тока через индуктивность резонансного контура, полученные в результате имитационного моделирования преобразователя частоты с нелинейным регулированием

Для резонансного инвертора с НР значения коэффициентов гармоник следующие: $K_u = 2,58\%$, $K_i = 2,78\%$.

Выводы: Предложено схематическое решение силовой части преобразователя частоты, позволяющего максимально снизить электромагнитные помехи. Оценены коэффициенты синусоидальности тока и напряжения резонансных элементов. Низкий коэффициент гармоник импульсов тока в контуре инвертора позволит рассматривать эти импульсы как квазисинусоидальные, и описывать их уравнением синусоидальной функции с начальной фазой, определяемой фазой выходного тока, а при анализе процессов в резонансном инверторе с нелинейным регулированием использовать метод основной гармоники.

Список использованных источников:

1. Винниченко И. Л. Структура преобразователя частоты на основе резонансного инвертора с нелинейным регулированием: [Электронный ресурс] / Винниченко И. Л. // Автоматика та електротехніка (підсумки всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених з міжнародною участю). – 2014. – Режим доступу:

<http://conference.nuos.edu.ua/catalog/lectureDetail.jsessionid=6edb078f955309d9be458ba83c5c?lectureId=31750&conferenceId=26221&isProjectorView=false>

2. Chien-Ming Wang, A Series-Resonant DC/AC Inverter for Impedance-Load Drives [Text] / Chien-Ming Wang, Guan-Chyun Hsieh, Senior member, IEEE Transactions on power electronics, Vol. 16, No. 3, May 2001, pp. 325-334.

УДК 535.341:621.383

Зайцев Р.В., Кириченко М.В., Иванов А.Л., Хрипунов Г.С.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРЕМНИЕВЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

Одним из ключевых параметров базовых кремниевых кристаллов, влияющих на эффективность работы фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на их основе, является время жизни τ неосновных носителей заряда (ННЗ). Распространенной методикой исследования времени жизни ННЗ является измерение времени спада напряжения холостого хода после отсечки светового потока при освещении ФЭП прямоугольными импульсами света [1]. Ранее нами для реализации указанной методики исследования параметров ННЗ был создан светодиодный осветитель [2], главным недостатком которого стала его форма в виде сегмента сферы, ограничивающая площадь освещаемого ФЭП размерами 3 см x 3 см. Однако последние тенденции развития фотоэнергетики направлены именно на увеличение площади ФЭП, которая для находящихся в крупносерийном производстве ФЭП на основе монокристаллического кремния достигает 156 мм x 156 мм. В связи с указанным возникла необходимость усовершенствования существующего импульсного светодиодного осветителя (ИСО) с целью увеличения освещаемой им площади до размеров современных ФЭП. В конструкции усовершенствованного ИСО использованы полупроводниковые светодиоды с длинами волн излучения 380нм, 470нм, 525нм, 630нм, 880нм и 940нм (± 20 нм), которые позволяют облучать поверхность образца излучением с различной длиной волны для определения времени жизни ННЗ на различных глубинах базового кристалла кремния [3]. Использование более мощных светодиодов позволило выполнить излучающий элемент исследовательского образца ИСО в виде плоской конструкции, у которой отсутствуют ограничения при масштабировании, и которая позволила получить излучающий элемент требуемой площади (рис. 1).

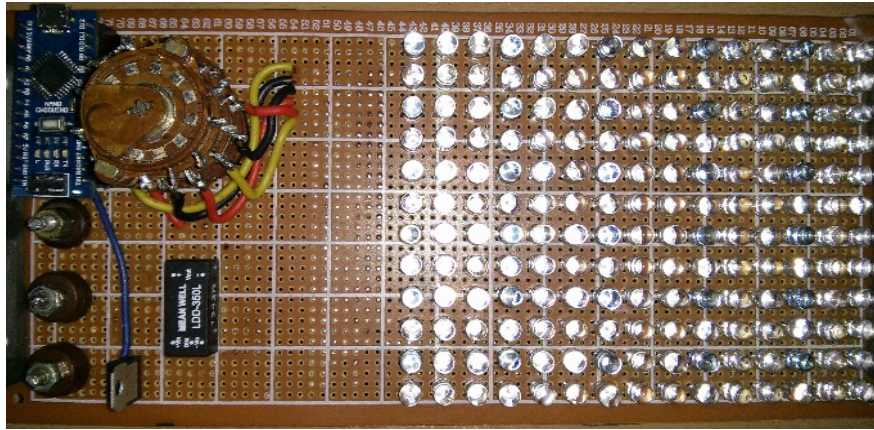
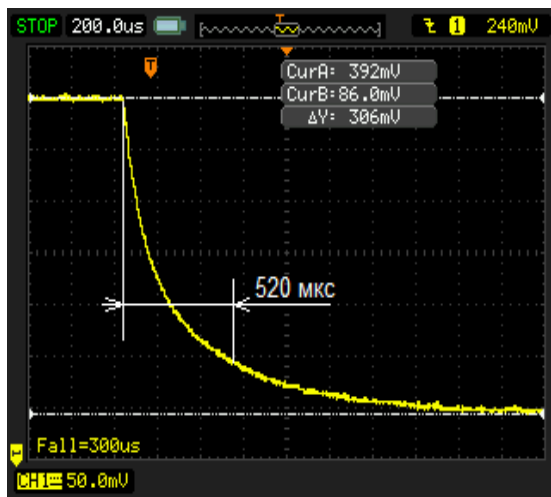


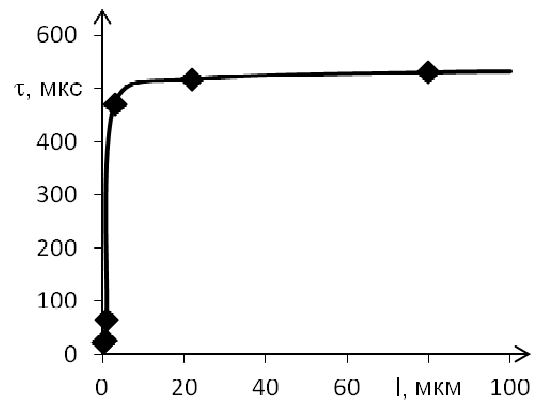
Рис. 1 – Внешний вид излучающего элемента исследовательского образца ИСО

Управляющий блок ИСО выполнен на основе микроконтроллера ATmega328 с соответствующим программным обеспечением для создания прямоугольных импульсов света с частотой около 500 Гц и драйвером светодиодов LDD-350L, обеспечивающем необходимые режимы работы светодиодов в импульсе.

Для исследований распределения величины τ от глубины поглощения излучения в кристалле кремния [4] была выбрана серия наиболее эффективных промышленных образцов кремниевых ФЭП китайского производства площадью 156 мм x 156 мм с исходным КПД не менее 18%. Определение величины τ проводилось по спаду напряжения холостого хода (рис. 2, а) [3] для всех реализуемых в ИСО длин волн и, соответственно, определенных глубин поглощения излучения в кремнии [4]. По полученным данным была построена зависимость распределения времени жизни ННЗ от глубины поглощения излучения (рис. 2, б).



а)



б)

Рис. 2 – Исследование спада напряжения холостого хода в промышленных образцах кремниевых ФЭП китайского производства (а) и полученная зависимость распределения времени жизни ННЗ от глубины поглощения излучения (б)

Полученные значения времен жизни ННЗ, достигающие 520 мкс, начиная с глубины 20 мкм, хорошо соотносятся с результатами, полученными для аналогичных ФЭП в [5], что позволяет сделать вывод о возможности применения созданного ИСО для исследования параметров базовых кристаллов современных ФЭП площадью до 156 мм x 156 мм.

Для выяснения влияния величины времени жизни ННЗ на эффективность работы кремниевых ФЭП, было проведено численное моделирование указанной зависимости с использованием компьютерной программы PC-1D5.9 [6]. Моделирование работы ФЭП проводилось для температуры 25 °C и режима облучения AM1,5G при энергетической освещенности фронтальной поверхности 1000 Вт/м². Варьируемым параметром в данной модели было время жизни неосновных носителей заряда, которое изменялось от 10 мкс до 1000 мкс.

Анализ полученных данных (рис. 3) показывает, что, начиная со значений времени жизни 300 мкс, дальнейшее его увеличение практически не оказывает влияния на КПД.

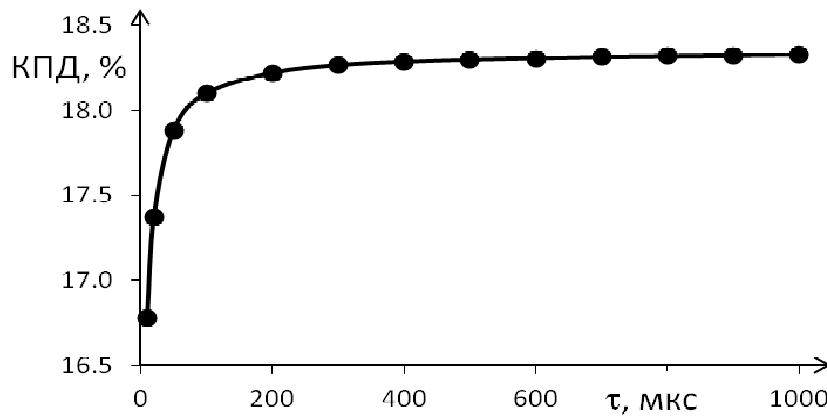


Рис. 3 – Залежність КПД ФЭП від часу життя ННЗ в базових кремнієвих кристаллах, отримана в результаті моделювання

Поскольку для исследуемых кремниевых ФЭП экспериментально определенное значение времени жизни ННЗ в объеме кристалла достигает 520 мкс, можно заключить, что качество базового кристалла не является фактором, ограничивающим КПД исследуемых кремниевых ФЭП на уровне 18%.

Список использованных источников:

1. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Г. Раушенбах – М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Патент на полезную модель №33676 «Светодиодный осветитель». Номер заявки: u 2008 01452, от 04.02.2008. Зарегистрировано в Государственном реестре Украины на изобретения 10 июля 2008 года.
3. Kirichenko M.V. Advanced methods of increasing and monitoring the lifetime of nonequilibrium minority charge carriers in master dies for high-performance silicon solar cells / M.V. Kirichenko, R.V. Zaitsev, V.R. Kopach // Telecommunications and radio engineering – 2010. - Vol.69. - No.5. – P. 441 – 450.
4. Honsberg C. Absorption Depth, Режим доступу: <http://pveducation.org/pvcdrom/pn-junction/absorption-depth>.
5. Hallam B.J. Advanced Bulk Defect Passivation for Silicon Solar Cells / B.J. Hallam, P.G. Hamer, S.R. Wenham, M.D. Abbott, A. Sugianto, A.M. Wenham, C.E. Chan, G.Q. Xu, J. Kraiem, J. Degoulange, R. Einhaus // Journal of Photovoltaics. – 2013. – Vol. 4. – No. 1 – P. 88 – 95.

УДК 621.314.58

Покровский М. В., к.т.н., доцент, Молинский О. Я.

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев, Украина

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С КОММУТАЦИЕЙ РЕЗОНАНСНОГО ТИПА

Схемы высокочастотных транзисторных преобразователей (ВЧТП) с коммутацией резонансного типа можно разделить на 4 класса: резонансные, квазирезонансные, с резонансным переключением и импульсно-резонансные.

Общим для всех типов резонансных ВЧТП является постоянство структуры РК, работающего весь период частоты преобразования. Отличительной особенностью резонансных ВЧТП является естественная возможность работы в режиме стабилизации тока, не требующая дополнительных мер.

Квазирезонансные ВЧТП характеризуются наличием РК не выше второго порядка и однонаправленной передачей энергии в нагрузку аналогично импульсным преобразователям с широтно-импульсной модуляцией. Регулирование или стабилизация выходных параметров осуществляется изменением длительности паузы для квазирезонансного ВЧТП с переключением при нуле тока, либо изменением длительности импульса для квазирезонансного ВЧТП с переключением при нуле напряжения. При этом изменяется частота переключения, поскольку интервал времени, в течение которого происходит колебательный процесс, в РК практически постоянен.

Преобразователи, в которых РК работает только во время переключения силовых ключей, называются ВЧТП с резонансным переключением. В этих преобразователях коммутация силовых ключей происходит при нуле напряжения.

Импульсно-резонансные преобразователи (ИРП) характеризуются использованием РК с переменной структурой, порядок которого выше второго. При этом индуктивные элементы контура непосредственно участвуют в процессе передачи энергии в цепь нагрузки, обеспечивая в то же время формирование резонансных траекторий

переключения силовых полупроводниковых приборов. Регулирование выходных параметров импульсно-резонансного преобразователя осуществляется на основе частотно-импульсной модуляции. Таким образом, импульсно-резонансные преобразователи сочетают особенности присущие преобразователям с РК из других классов.

Основу топологии импульсно-резонансных преобразователей составляет схема, в общем виде содержащая два ключа (управляемый и неуправляемый), которые могут иметь отдельные алгоритмы управления, а также колебательный контур мостовой структуры (рис. 1).

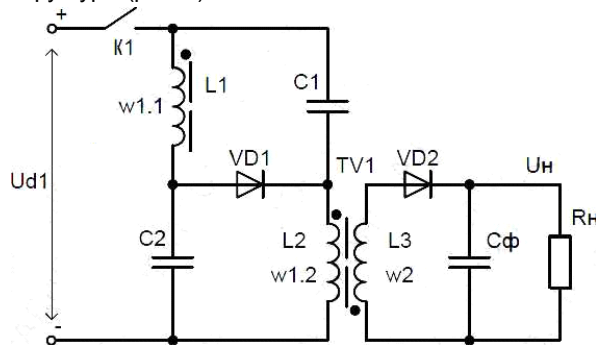


Рис. 1 Схема однофазного обратного импульсно-резонансного преобразователя напряжения с трехобмоточным трансформатором

Временные диаграммы работы преобразователя (рис. 2) можно разбить на 5 межкоммутационных интервалов. На каждом интервале основную схему преобразователя можно представить более простой схемой замещения.

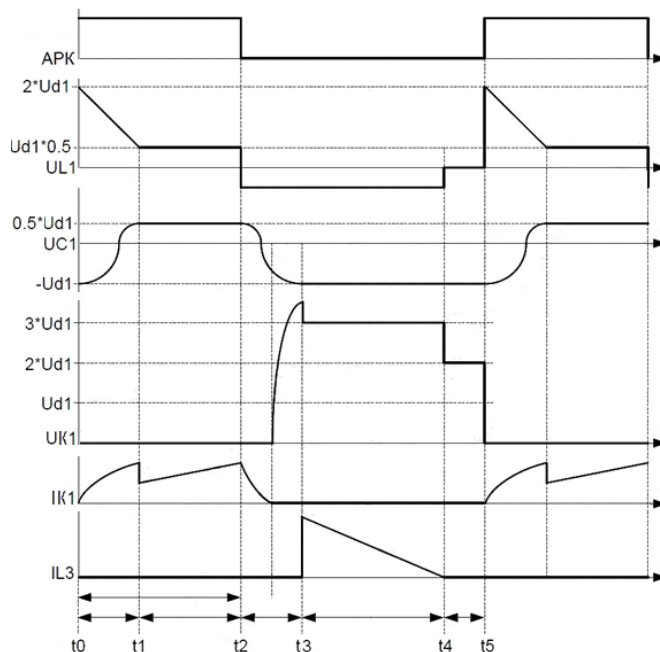


Рис. 2 Временные диаграммы работы преобразователя

Когда транзистор открывается, к каждой полуобмотке трансформатора прикладывается напряжение $2 \cdot U_{d1}$ (интервал t_0-t_1), конденсаторы C_1 , C_2 начинают перезаряжаться. После того как напряжение на конденсаторах C_1 , C_2 достигает значения, позволяющего открыть диод VD_1 , полуобмотки трансформатора коммутируются последовательно (интервал t_1-t_2). К моменту закрывания ключа K_1 конденсаторы C_1 , C_2 заряжаются до $0,5 \cdot U_{d1}$ и на каждой полуобмотке трансформатора тоже действует половина напряжения питания. После того как действие управляющего импульса прекратилось, ключ K_1 начинает закрываться. Здесь и начинается действие эффекта резонанса (интервал t_2-t_3). При закрывании ключа K_1 на полуобмотке трансформатора L_1 (рассмотрим процесс для половины схемы) происходит явление самоиндукции, стремящееся поддержать ток в том же направлении и такой же величины, при этом напряжение на полуобмотке меняет знак на противоположный, оставаясь таким же по величине. Конденсатор C_1 начинает перезаряжаться. За время разряда конденсатора C_1 напряжение на ключе K_1 еще не появится, и его закрытие произойдет при нулевом напряжении. Следовательно, потери на транзисторе существенно снижаются. После перезарядки конденсаторов C_1 , C_2 диод VD_1 закрывается, так как на нем

меняється знак напруги. На інтервалі t_3 - t_4 происходит передача енергії в навантажувач. Ток во вторичній ланці спадає по лінійному закону. В роботі перетворювача передбачається час паузи (інтервал t_4 - t_5). Воно необхідно для того, щоб забезпечити заданий ток навантажувача при зміні напруги живлення.

Таким чином, можна зробити висновки, що поряд з зниженням динамічних втрат перетворювача з використанням РК присущі наступні недоліки:

- висока габаритна потужність елементів РК;
- обмежений діапазон регулювання (для резонансних, квазирезонансних, з резонансним переключенням перетворювачів);
- низька комутаційна стійкість (квазирезонансні).

Цілесловидно виділити клас імпульсно-резонансних перетворювачів, що поєднують властивості інших типів перетворювачів з РК. Розглянуті схема і діаграма роботи зворотного імпульсно-резонансного перетворювача. Резонансні процеси по часу займають відносно невелику частину періоду роботи схеми, але вони необхідні для формування потрібної траєкторії відкриття і закриття транзистора.

Список использованных источников:

1. В. Мелешин Транзисторная преобразовательная электроника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
2. Четти Н. Проектирование ключевых источников электропитания: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 240 с

УДК 621.313.333

Хлопенко М.Я., д.т.н., професор, Гаврилов С.О., к.т.н, Хлопенко І.М., студент

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

СИНТЕЗ СТАБІЛІЗУЮЧИХ РЕГУЛЯТОРІВ СИСТЕМИ ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Розглядається задача стабілізації параметрів системи векторного керування асинхронного електропривода [1]. Зазвичай такі системи містять два канали керування. Для кожного каналу системи проводиться синтез стабілізуючих регуляторів. Оцінка змінних стану системи здійснюється спостерігачем [2]. Задача синтезу стабілізуючих регуляторів та спостерігача полягає в обчисленні коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків за станом. Її розв'язок базується на відомих підходах з теорії векторного керування, матричних нерівностей і стійкості О.М. Ляпунова [3]. Запропоновані методики синтезу стабілізуючих регуляторів та спостерігача. Побудовано структурну та принципову схеми системи векторного керування. Моделювання перехідних процесів у системі проведено в середовищі пакета MATLAB. Найважливішою властивістю отриманого рішення є стійкість за О.М. Ляпуновим замкнених за векторами станів контурів регулювання. На конкретному прикладі досліджені перехідні процеси. Побудовані графіки, які підтверджують стійкість таких процесів, що протікають в системі векторного керування.

ВИСНОВКИ. На базі розробленої методики [1] запропонована принципова схема системи векторного керування асинхронного електропривода. Вона забезпечує стійкість та стабілізацію процесів, що відбуваються в електроприводі змінного струму при векторному керуванні.

Список використаних джерел:

1. Хлопенко Н.Я. Стабилизация параметров асинхронного электропривода при векторном управлении / Н.Я. Хлопенко, С.А. Гаврилов, И.Н. Хлопенко // Электротехника і електромеханіка. – Харків: НТУ "ХПІ", 2015. – № 1. – С.46-50.
2. Хлопенко М.Я. Оптимальное управление объектами: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.Я. Хлопенко, І.С. Білюк, В.В. Шевченко. – Миколаїв: НУК, 2013. – 172 с.
3. Баландин Д.В. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств. / Д.В. Баландин, М.М. Коган. – М.: Физматлит, 2007. – 280 с.

УДК 621.3

Черно А.А., к.т.н., доцент, Монченко М.Ю.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРАЦИОННОГО ПРИВОДА

Вибрационные установки широко используются в промышленности для обеспечения многих технологических процессов, таких как вибрационное уплотнение бетонных смесей, вибрационное

транспортирование, сепарация и многих других [1]. Из известных видов вибрационных приводов наиболее перспективным является электромагнитный привод, обладающий такими преимуществами, как высокая надежность, большой рабочий ресурс, высокий КПД при работе в околорезонансном режиме, простота управления амплитудой колебаний, возможность создавать вибрации с частотами выше 100 Гц [2]. Для эффективного использования электромагнитного вибрационного привода необходимо управлять его частотой и амплитудой. Результаты исследований, проведенных в [3], показывают, что наиболее энергоэффективный режим достигается на частоте, близкой к резонансной. Но ни в одной из известных работ не были исследованы энергетические характеристики электромагнитного вибрационного привода в зависимости от частоты колебаний, поэтому получение таких характеристик является целью данной работы.

Коэффициент полезного действия (КПД) электропривода определяется как произведение КПД входящих в него устройств: преобразователя, электродвигателя и передаточного механизма [4]. Последний в электромагнитном вибрационном приводе отсутствует [1], поэтому

$$\eta = P_{out} / P_{in} = \eta_{conv} \eta_{mot}, \quad (1)$$

где P_{in} – потребляемая из сети активная мощность; P_{out} – выходная (механическая) мощность, передаваемая колебательной системе вибрационной установки; η_{conv} и η_{mot} – соответственно КПД преобразователя частоты и электромагнитного вибратора, который в рассматриваемом приводе является двигателем.

КПД преобразователя частоты:

$$\eta_{conv} = \frac{P_{el}}{P_{in}} = \frac{P_{el}}{P_{el} + P_{rect} + P_{dr} + P_{inv}}, \quad (2)$$

где P_{el} – активная электрическая мощность, потребляемая вибратором; P_{rect} , P_{dr} и P_{inv} – потери в выпрямителе, дросселе и инверторе соответственно.

Потребляемая вибратором активная мощность:

$$P_{el} = \frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} u(t)I(t)dt, \quad (3)$$

где T_I – период первой гармонической составляющей тока; u , I – мгновенные значения напряжения и тока.

Потери в инверторе определяются как сумма статических и динамических потерь в транзисторах и встречных диодах [5]:

$$P_{inv} = 2I_{av} \cdot \left(\frac{U_d f_{PWM}}{I_{st} U_{st}} (E_{on} + E_{off} + E_{rec}) + \frac{1}{2} (U_{CE} + U_{IF}) \right), \quad (4)$$

где I_{av} – среднее значение модуля тока на выходе инвертора; U_d – среднее значение напряжения на входе инвертора; f_{PWM} – частота сигнала широтно-импульсной модуляции; E_{on} , E_{off} и E_{rec} – потери энергии соответственно при открытии, закрытии транзистора и восстановлении встречного диода при стандартных значениях тока и напряжения I_{st} и U_{su} , приведенных в справочнике; U_{CE} – прямое падение напряжения на открытом транзисторе; U_{IF} – прямое падение напряжения на встречном диоде инвертора.

Потери в выпрямителе и дросселе обычно небольшие, поэтому для их определения можно использовать приближенные формулы:

$$P_{rect} = 2U_{RF} I_{in.0}; \quad P_{dr} = R_{dr} \cdot \left(I_{in.0}^2 + \frac{1}{2} I_{in.1}^2 \right), \quad (5)$$

где U_{RF} – прямое падение напряжения на диоде выпрямителя; $I_{in.0}$ и $I_{in.1}$ – постоянная составляющая и амплитуда 1-й гармоники тока на выходе выпрямителя; R_{dr} – активное сопротивление обмотки дросселя.

Величина $I_{in.0}$ может быть приближенно определена как отношение активной мощности на выходе выпрямителя к среднему выпрямленному напряжению $U_{rect.av}$:

$$I_{in.0} = (P_{el} + P_{inv}) / U_{rect.av} . \quad (6)$$

Величина $I_{in.1}$ определяется в зависимости от требуемого коэффициента пульсации входного тока при расчете дросселя [6].

КПД электромагнитного вибратора:

$$\eta_{mot} = \frac{P_{out}}{P_{el}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{Cu} + P_{Fe} + P_{spr}} , \quad (7)$$

где P_{Cu} , P_{Fe} и P_{spr} – потери в меди, стали и пружинах соответственно.

Потери в стали определяются как сумма потерь на гистерезис P_h и потерь на вихревые токи $P_{e.c}$ [7]:

$$P_{Fe} = P_h + P_{e.c} ; \quad (8)$$

$$P_h = \frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} (I_h^*(t))^2 R_h^* dt ; P_{e.c} = \frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} (I_{e.c}^*(t))^2 R_{e.c}^* dt ,$$

где I_h^* , $I_{e.c}^*$, R_h^* и $R_{e.c}^*$ – приведенные к обмотке вибратора: МДС, которой обусловлена реактивная составляющая намагниченности, МДС, создаваемая вихревыми токами, фиктивное сопротивление, характеризующее потери на гистерезис, и эквивалентное сопротивление контуров замыкания вихревых токов соответственно. Поскольку напряжение на обмотке формируется сигналом ШИМ, потери $P_{e.c}$ будут включать в себя потери от низкочастотной $I_{e.c.LF}^*$ и высокочастотной $I_{e.c.HF}^*$ составляющих вихревых токов:

$$P_{e.c} = P_{e.c.LF} + P_{e.c.HF} ; \quad (9)$$

$$P_{e.c.LF} = \frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} (I_{e.c.LF}^*(t))^2 R_{e.c}^* dt ; P_{e.c.HF} = \frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} (I_{e.c.HF}^*(t))^2 R_{e.c}^* dt . \quad (10)$$

Действующее значение тока:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_I} \int_t^{t+T_I} (I(t))^2 dt} . \quad (11)$$

Потери в меди:

$$P_{Cu} = R I_{RMS}^2 . \quad (12)$$

Полная мощность, потребляемая электромагнитным вибратором:

$$S = I_{RMS} U_{RMS} , \quad (13)$$

где U_{RMS} – действующее значение напряжения.

Коэффициент мощности вибратора:

$$\cos \varphi = \frac{P_{el}}{S}. \quad (14)$$

Потери в пружинах:

$$P_{spr} = \frac{1}{2} b_{spr} \omega^2 X^2, \quad (15)$$

где b_{spr} – коэффициент вязкого трения в пружинах, ω и X – соответственно частота и амплитуда относительных колебаний якоря и сердечника электромагнита.

Для исследования энергетических характеристик необходимо промоделировать установившиеся колебания виброустановки при разных значениях полезной мощности и частоты вибрации. При этом взаимосвязь между электромагнитной силой F и относительными перемещениями X можно описать уравнением:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + cx(t) = F(t), \quad (16)$$

где C – жесткость пружины вибратора; $m = c\omega_r^2$ – эквивалентная масса, определяющая резонансную частоту ω_r ; b – эквивалентный коэффициент вязкого трения, определяющий механическую мощность:

$$b = \frac{2P_{out}}{\omega^2 X^2} - b_{spr}. \quad (17)$$

С помощью описанной в [7] динамической модели электромагнитного вибрационного привода, с учетом (1) – (17), были рассчитаны зависимости $\eta(\omega)$ для разных величин нагрузки при фиксированной амплитуде колебаний (рис. 1). Поскольку длительная работа при нагрузке, превышающей номинальную, является недопустимой, соответствующие графики изображены пунктирными линиями.

Полученные зависимости показывают, что для рассматриваемого электромагнитного привода при номинальной нагрузке P_n КПД достигает максимума на частоте, составляющей 0,96 от резонансной. Если в качестве критерия оптимизации принять максимум КПД, то для номинального режима эту частоту можно считать оптимальной. При нагрузке, отличающейся от номинальной, значения оптимальной частоты ω_{opt} также будут другими. График зависимости оптимальной частоты от выходной мощности рассматриваемого вибрационного привода изображен на рис. 2.

Управление частотой вибрационного привода осуществляется путем подачи на вход системы фазовой автоподстройки частоты требуемого значения фазового сдвига ψ между основными гармоническими составляющими вибрационного перемещения и электромагнитной силы [8]. Для обеспечения оптимальной частоты ω_{opt} , необходимо задавать соответствующее ей оптимальное значение фазового сдвига ψ_{opt} , которое определяется с помощью полученной зависимости $\psi_{opt}(P_{out} / P_n)$, приведенной на рис. 3.

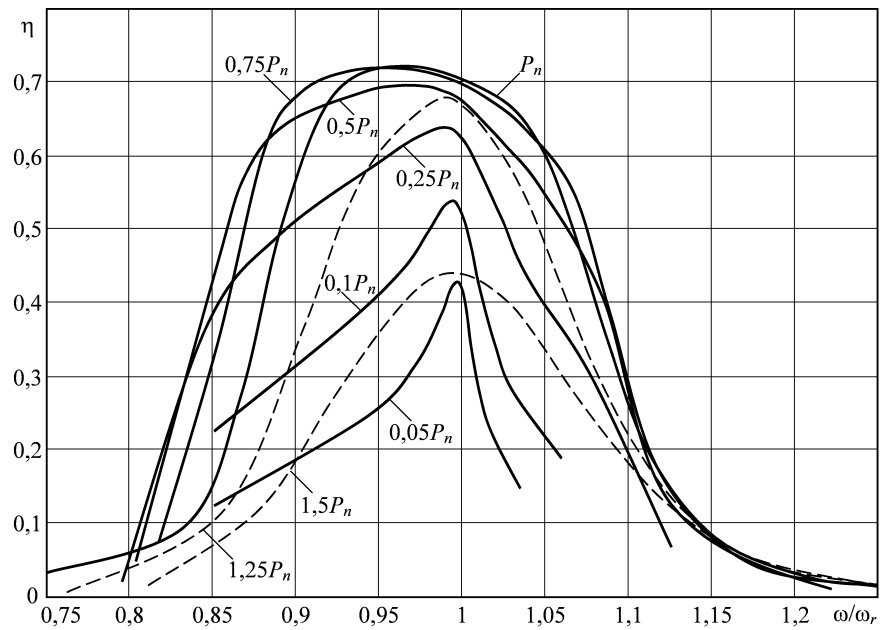


Рис. 1.

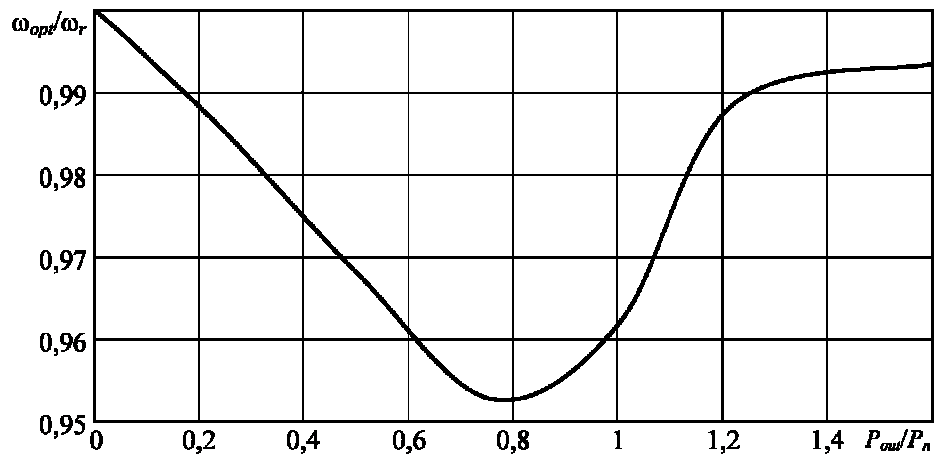


Рис. 2

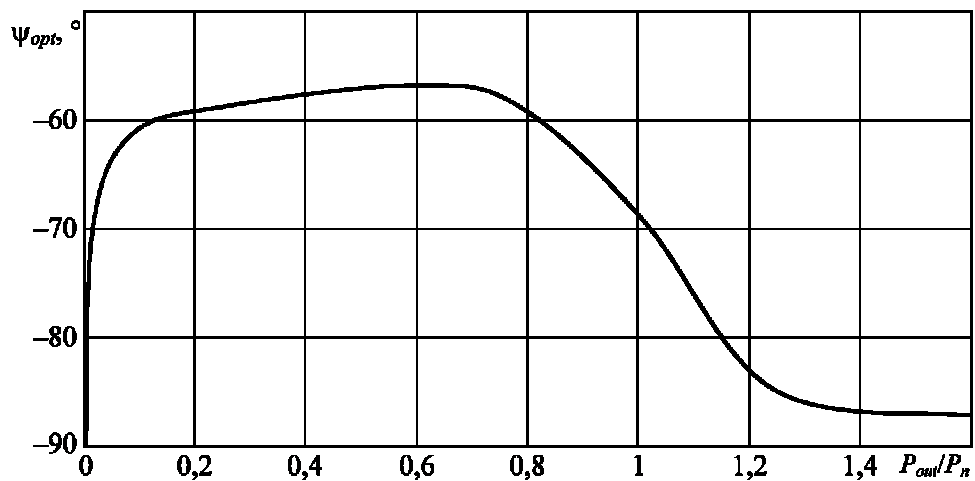


Рис. 3

Для рассматриваемого электромагнитного привода обеспечение оптимальной частоты дает возможность получить характеристики, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Энергетические характеристики электромагнитного вибрационного привода

P_{out} / P_n	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
η	0,641	0,697	0,721	0,724	0,674	0,479
η_{conv}	0,866	0,898	0,913	0,922	0,925	0,927
η_{mot}	0,740	0,776	0,789	0,786	0,728	0,516
P_{out} , Вт	62,5	125	187,5	250	312,5	375
P_{inv} , Вт	12,25	16,65	19,98	23,16	29,34	45,99
P_{rect} , Вт	0,784	1,441	2,088	2,768	3,718	6,262
P_{dr} , Вт	0,072	0,243	0,511	0,898	1,620	4,595
P_{Cu} , Вт	16,18	30,1	43,84	61,6	109,5	343,8
P_h , Вт	0,235	0,447	0,639	0,793	0,962	1,131
$P_{e.c.LF}$, Вт	0,237	0,443	0,624	0,782	0,977	1,151
$P_{e.c.HF}$, Вт	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
P_{spr} , Вт	3,761	3,632	3,520	3,587	3,799	3,822
$\cos \varphi$	0,278	0,285	0,293	0,295	0,267	0,234

Полученные результаты показывают, что КПД электромагнитного вибратора η_{mot} существенно выше, чем КПД аналогичных по мощности асинхронных двигателей, применяемых в центробежных вибрационных приводах. Причем, при нагрузке, близкой к номинальной, превышение составляет около 10%, а при 0,25 от номинальной – достигает 35%.

КПД преобразователя частоты η_{conv} в электромагнитном приводе примерно на 5% ниже, чем в центробежном. Это объясняется малым значением коэффициента мощности электромагнитного вибратора (в 2,5 раза меньше, чем у асинхронного двигателя). Несмотря на это, по результирующему КПД электромагнитный вибрационный привод значительно превосходит центробежный.

Выводы. КПД электромагнитного вибрационного привода существенно зависит от частоты колебаний. Оптимальная частота, обеспечивающая максимум КПД, составляет 0,95..0,999 от резонансной и определяется в зависимости от нагрузки. Полученная зависимость оптимального фазового сдвига между виброперемещением и электромагнитной силой от выходной мощности может быть использована для автоматического управления частотой при изменяющейся нагрузке. Сравнение энергетических характеристик центробежного и электромагнитного вибрационных приводов показало, что последний обеспечивает более высокий КПД, но существенно уступает по величине коэффициента мощности приводного двигателя.

Список использованных источников:

1. Вибрации в технике: Справочник: в 6-ти т. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4: Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела, 1981. – 509 с.
2. Ланець О.С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 324 с.
3. Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. Керовані вібраційні технологічні машини. – Вінниця.: ВНАУ, 2011. – 355 с.

4. Онищенко Г.Б. Электрический привод: Учебник для вузов. – М.: РАСХН, 2003. – 320 с.
5. Гаврилов П.Д., Лир Е.А. Проблемы определения потерь в преобразователях частоты с ШИМ при использовании транзисторных модулей различных производителей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – №6.2. – 2004. – С. 59 – 63.
6. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навчальний посібник / М.М. Казачковський. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 197 с.
7. Черно А.А. Динамическая модель электромагнитного вибрационного привода // Технічна електродинаміка. – 2014. – №2. – С. 37 – 43.
8. Chernov, A.A. (2014). "Control of Resonant Electromagnetic Vibrational Drive Using a Digital Filtering Algorithm Based on Discrete Fourier Transform", Journal of Automation and Information Sciences, Vol. 46, Issue 7, pp. 53 – 68.

СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ

УДК 621.313

Кимстач О.Ю., Кудельский Р.А.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

РАСЧЕТ ИМПУЛЬСА АСИНХРОННО-ЖИДКОСТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Постановка проблемы. Использование асинхронно-жидкостного двигателя (АЖД) [1] в качестве пропульсивного для подводного аппарата (ПА) предусматривает необходимость вычисления импульса, создаваемого АЖД. Наличие значения импульса позволяет определить скорость движения аппарата при заданной массе.

Цель работы – получение формулы для расчета импульса АЖД.

Основной материал. Для определения параметров и характеристик технических средств предпочтительнее пользоваться фундаментальными законами физики в чистом виде. Поэтому за основу берется закон сохранения, а именно законы сохранения импульса и энергии.

Согласно закону сохранения импульса в установившемся режиме

$$Nm_{\text{ж}}v_{\text{ж}} = m_{\text{па}}v_{\text{па}}, \quad (1)$$

где N – количество двигателей на ПА; $m_{\text{ж}}$, $m_{\text{па}}$ – массы жидкости, прокачиваемая в единицу времени через один АЖД, и ПА, соответственно; $v_{\text{ж}}$, $v_{\text{па}}$ – скорости прокачки жидкости и движения ПА, соответственно.

Масса жидкости, прокачиваемой через один АЖД,

$$m_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}V_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}S_{\text{п2}}zv_{\text{ж}}t, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность морской воды; $S_{\text{п2}}$ – площадь канала для воды в пазу АЖД; z – количество пазов АЖД; $t = 1$ с – единица времени.

Закон сохранения энергии рассматривается из условия, что вся энергия АЖД преобразуется в энергию движения жидкости

$$m_{\text{ж}}v_{\text{ж}}^2/2 = P_2t, \quad (3)$$

где P_2 – полезная мощность АЖД.

Из уравнения (3) с учетом (2) скорость движения жидкости через АЖД

$$v_{\text{ж}} = \sqrt[3]{\frac{2P_2}{\rho_{\text{ж}}S_{\text{п2}}z}}. \quad (4)$$

С учетом (2) и (4) из (1) находится скорость движения ПА

$$v_{\text{па}} = (2P_2)^{1/3}(\rho_{\text{ж}}S_{\text{п2}}z)^{2/3}tN/m_{\text{па}}.$$

Вывод. Предложенная формула расчета скорости ПА, имеющего пропульсивную установку на основе АЖД, может быть использована в практических целях.

Список використаних джерел:

1. Кимстач, О.Ю., Норенко, Г.А. Асинхронно-рідинний двигун [Текст] / О.Ю. Кимстач, Г.А. Норенко // Електротехніка і електромеханіка. Мат. Міжнародної наук.-техн. конф. студентів, аспірантів, молодих вчених – Миколаїв: НУК, 2005. – С. 99–104.

УДК 621.762.4:537.527.3:542.86

Кускова Н.И., д.т.н., профессор, Макаренко В. С.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

ПОИСК И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА С ГРАФИТОВЫМ ПРОВОДНИКОМ

Наноматериалы, как в дисперсном, так и в компактном виде, – это новое поколение материалов. Уникальные физико-химические, оптические, механические и электрические свойства углеродных наноматериалов, а также возможности их применения продолжают активно привлекать ученых и технологов.

Огромное практическое значение для масштабного и экономичного производства наноматериалов имеют продуктивные электрофизические процессы структурно-фазовых превращений углерода с образованием углеродных наноматериалов (УНМ), которые основаны на импульсных процессах с высокими скоростями

изменений термодинамических параметров. В этом смысле импульсные электровзрывные технологии стоят на переднем плане производства наноматериалов с новыми прогнозируемыми свойствами.

Синтез наноструктурных материалов при экстремальных энергетических воздействиях дает возможность исследовать связь между скоростью нарастания и плотностью электроразрядных токов и термодинамическими условиями реализации структурно-фазовых превращений углерода.

Управление процессами структурно-фазовых превращений углерода и синтеза различных УНМ даст возможность разработать новые разрядноимпульсные технологии массового производства наноматериалов. Поэтому актуальность работы определяется как научной, так и практической стороной.

Целью работы является поиск эффективных режимов электровзрыва графитовых проводников для получения различных углеродных наноматериалов (наноалмаза, фуллеренов, углеродных нанотрубок).

Решение системы уравнений, моделирующих процесс однородного нагрева проводника в электрической цепи с емкостью C и индуктивностью L [1,2], позволило найти выражения, определяющие параметры установки, необходимые для создания в веществе термодинамических условий, при которых происходят структурно-фазовые превращения углерода:

зарядное напряжение

$$U_0 = 8\alpha^2 \left(\frac{\sigma \rho c T_{m,s} \sqrt{L}}{\pi \sqrt{C^3}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

индуктивность

$$L = 0,3(\mu \sigma \rho c a^2 (T_{m,s} / P_{m,s}))^2 / C. \quad (2)$$

Используя значение удельной энергии, необходимой для синтеза определенной аллотропной формы углерода из выражения $w = CU_0^2 / 2m$, определяем значение длины графитового проводника

$$l = \frac{CU_0^2}{2\rho \pi a^2 W_s}. \quad (3)$$

Задавая термодинамические величины - давление и температуру и варьируя параметрами, которые входят в полученные выражения (1) - (3), можно целенаправленно управлять процессом электровзрыва.

Расчет параметров электровзрыва (табл. 1) проводили для графитовых проводников радиуса a и длины l , задавая значения давления P и температуры T на кривых фазового равновесия графит-газ (от $1,5 \times 10^6$ до 2×10^7 Па) и графит-жидкость (от 5×10^7 до $1,5 \times 10^9$ Па) фазовой диаграммы (рис.1).

Таблица 1 – Параметры электровзрыва графитовых проводников

$P, \text{Па}$	$a, \text{мм}$	$l, \text{см}$	$C, \text{мкФ}$	$L, \text{мкГн}$	$U_0, \text{кВ}$
$3,8 \times 10^9$	3	4,5	400	0,1013	16
$7,15 \times 10^6$	0,5	4,3	150	51,61	4,3

Используем также выражение для фазовых траекторий вещества в процессе нагрева мощным импульсом тока (P, T - условия) [2] до начала плавления или испарения проводника в зависимости от электротехнических параметров и размеров проводника

$$P(T) = \frac{k_m^2 \mu}{4} \left(\frac{\sigma_0 \rho_0 c_0 U_0 (T - T_0) a_0}{\pi L} \right)^{2/3} \left(1 - \frac{r^2}{a_0^2} \right), \quad (4)$$

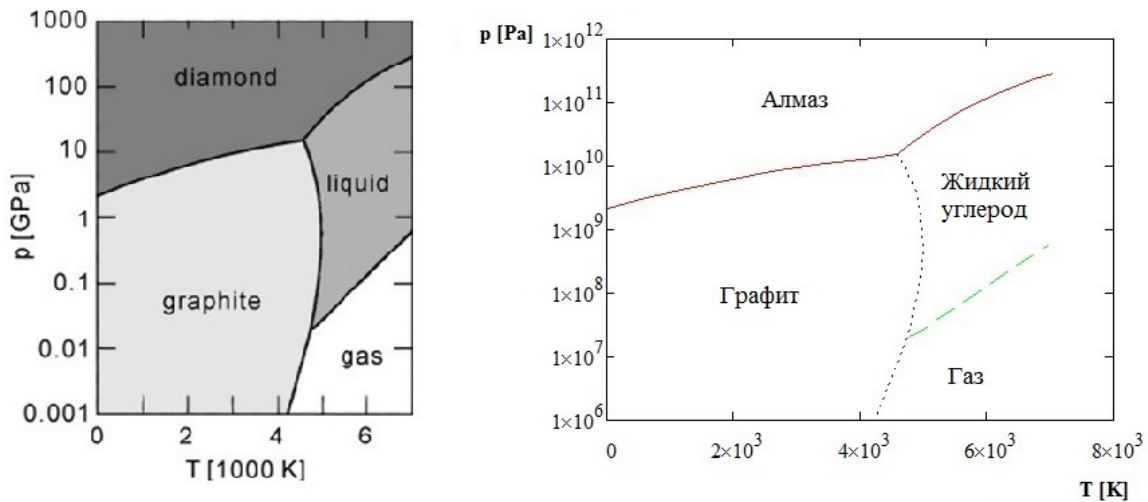


Рисунок 1 - Фазовая диаграмма углерода (а) и оцифрованные в программе GetData кривые фазового равновесия (б)

Результаты проведенного моделирования процесса начальной стадии электровзрыва графитовых проводников при рассчитанных параметрах (см. табл. 1) с помощью выражения (4) в программе Mathcad показаны на рисунке 2.

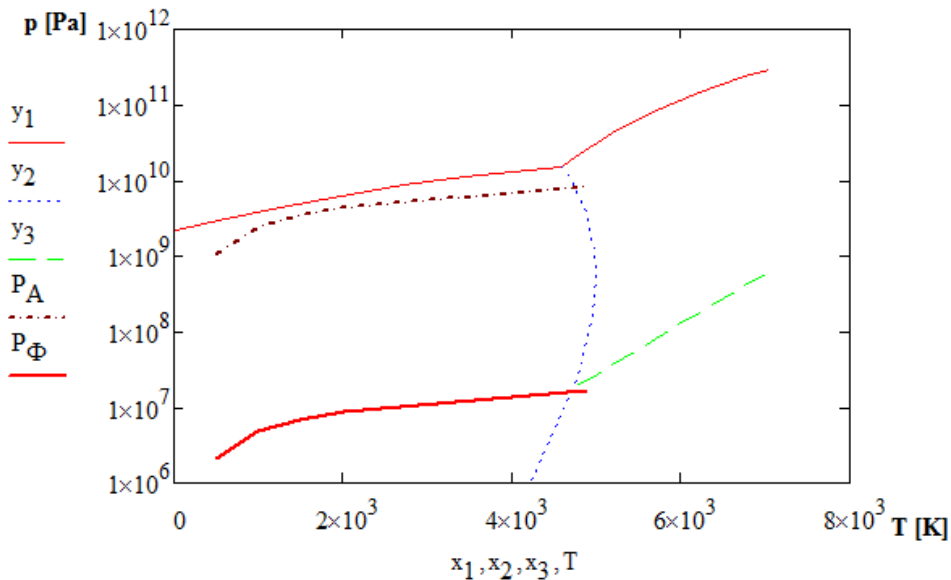


Рисунок 2 – Фазовые траектории углерода в центральной части проводника для разных режимов электровзрыва

Результаты моделирования показали, что использование полученных аналитически выражений для электротехнических параметров установки, определяющих эффективные режимы электровзрыва, позволят целенаправленно управлять процессами синтеза новых аллотропных форм углерода.

Список использованных источников:

1. Кускова, Н.И. Теоретичне дослідження динаміки фазових перетворень в результаті мікросекундних електричних вибухів провідників циліндричної форми / Н.И.Кускова, С.І.Ткаченко // Український фізичний журнал. - 1999. - Т. 44, № 3. - С. 351-356.
2. Кускова, Н.И. Фазовые превращения углерода в процессе нагрева мощным импульсом тока / Н.И. Кускова // Письма в журн. технич. физики. - 2005. - Т. 31, вып. 17. - С. 28 – 34.

УДК 621.315.615:621.319.4

*Малюшевська А.П. к.т.н., доц. кафедри ІПТ НУК, с.н.с. ІІПТ НАН України, Топоров С.О., пров. інженер ІІПТ НАН України**Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, м. Миколаїв, Україна*

ЗМІНА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОСОЧУЮЧОЇ РІДИНИ ПЛІВКОВИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ПІД ВПЛИВОМ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

У високовольтній техніці особлива увага приділяється стану внутрішньої ізоляції, яка підпадає під вплив різних факторів, що змінює, в кінцевому підсумку, її електрофізичні властивості. Внутрішня ізоляція, як правило, є комбінацією різних діелектриків (рідких і твердих, газоподібних і твердих). Неминучим для внутрішньої ізоляції електроустаткування є старіння, яке у практичному аспекті електротехніки являє собою серед іншого і погіршення електричних характеристик у процесі експлуатації. Розрізняють три основні форми старіння діелектриків - іонізаційну, теплову, електрохімічну. Загальновідомим є той факт, що при будь-яких формах старіння найбільш слабкою ланкою є просочуюча рідина. За умов відсутності початкових часткових розрядів основною причиною зниження працездатності просоченої плівкової ізоляції є процеси, які пов'язані з термоокисною деструкцією самої рідини й термостимульованою взаємодією компонентів діелектричної композиції [1, 2].

Метою дослідження було вивчення термостабільності експлуатаційних властивостей трансформаторного масла Т-1500, яке використовується, наприклад, для просочення поліпропіленово-поліетилентерефталатних діелектричних системах високовольтних імпульсних конденсаторів та плівкових діелектричних систем інших електротехнічних пристроїв.

Поява продуктів розкладання самої рідини й руйнування плівки незмінно буде впливати на експлуатаційні властивості рідини, зокрема електрофізичні. Тому необхідно контролювати такі характеристики електроізоляційних рідин, як тангенс кута діелектричних втрат, діелектрична проникність, питомий об'ємний електричний опір, короточасна електрична міцність. Для кількісної оцінки ступеня впливу полімеру на діелектричні втрати трансформаторного масла використовувався коефіцієнт дестабілізації (D) [3], який представляє собою відношення $\tan \delta$ рідкого діелектрика після його термостаріння в контакт з плівкою до аналогічної характеристики рідини після її термостаріння в ідентичних умовах без плівки.

Для діагностики стану електроізоляційних просочуючих рідин, крім традиційних методів виміру їх електрофізичних властивостей все частіше використовують методики, що базуються на вивченні оптичних властивостей рідких середовищ, тому є доцільним використання методу оцінки термостабільності плівкового просоченого діелектрика, заснованого на аналізі кінетики оптичних властивостей просочуючого складу при термостарінні в контакт з полімерною плівкою [4]. Тому як достатній критеріальний параметр, що відображає оптичні властивості просочуючої рідини, було обрано коефіцієнт відносного світлопропускання, що ілюструє зміну стану рідкого середовища з появою в ній дрібнодисперсних часток (макромолекул і фрагментів полімеру).

При дослідженні впливу полімерної плівки на експлуатаційні властивості трансформаторного масла марки Т-1500 використовувалися двостороннє шорстка поліпропіленова плівка (ПП), гладка поліпропіленова плівка (ПП*) і гладка поліетилентерефталатна плівка (ПЕТ). Зразки плівок заливалися попередньо відфільтрованим, висушеним і дегазованим трансформаторним маслом, після чого ємності встановлювалися в термостат. Температурному впливу піддавалися також зразки трансформаторного масла без полімерної плівки. Температура старіння зразків витримувалась постійною – 100 °С. Загальний час старіння модельних зразків становив 300 год, кожні 50 год проводилися виміри тангенса кута діелектричних втрат, діелектричної проникності, питомого об'ємного електричного опору, оптичних характеристик рідини.

Експериментальні дані, які отримано при термостарінні трансформаторного масла Т-1500 в складі модельних зразків плівкових просочених діелектричних систем, наведено на рис. 1. Видно, що якщо для рідини без плівок збільшення коефіцієнта дестабілізації описується практично лінійною функцією, то для зразків рідини, що зазнали старіння в контакт з полімерними плівками, зміна коефіцієнта дестабілізації носить більш складний характер.

Зростання коефіцієнта дестабілізації в процесі термостаріння модельних зразків діелектричної системи рідина - полімерна плівка свідчить про десорбцію з полімерного матеріалу іонів металів і іоногенних домішок, що має місце при розчиненні аморфних мікрооб'ємів полімеру. Процес тим інтенсивніше (D тим більше), чим вище рихлість аморфного простору й нижче ступінь чистоти плівки. Задовільна термостабільність по параметру D зазначається для модельних зразків на основі гладкої поліпропіленової плівки у порівнянні із шорсткою.

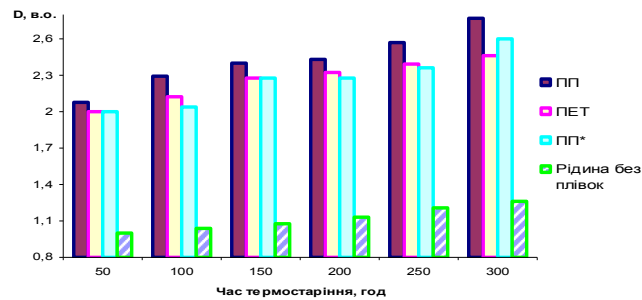


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта дестабілізації трансформаторного масла Т-1500 від часу старіння

Але з огляду на те, що механізм взаємодії плівкових полімерів і хімічно активних електроізолюючих рідин вивчено недостатньо, інтерпретація таких даних може бути різною. Тому для отримання достовірної інформації про термостабільність трансформаторного масла Т-1500 і ступінь його взаємодії з полімерними матеріалами діелектричних систем високовольтних імпульсних конденсаторів необхідним стало вивчення кінетики його відносного світлопропускання. Результати вимірювань коефіцієнта відносного світлопропускання трансформаторного масла Т-1500 наведено на рис. 2. Діаграма зміни $K_{\text{вс}}$ трансформаторного масла Т-1500 наочно ілюструє поступове зниження світлопропускання рідини в порівнянні з трансформаторним маслом в початковому стані ($K_{\text{вс}}=100\%$).

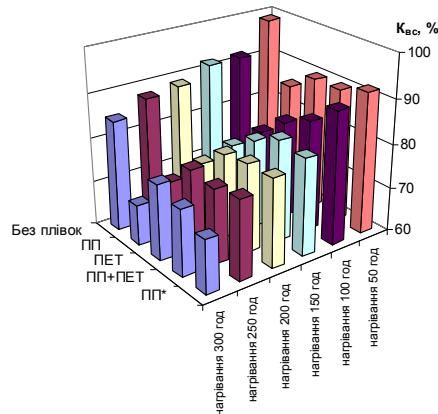


Рисунок 2 – Залежність $K_{\text{вс}}$ трансформаторного масла Т-1500, що контактує з елементами плівкової твердої ізоляції, від часу дії підвищеної температури

Наведені дані свідчать про розчинення аморфної фази полімерів у рідкому діелектрику, тобто про перехід обмеженого набухання полімерної плівки в необмежену стадію і появу в електроізоляційній рідині макромолекул полімеру. Причому простежується тенденція до значно більш інтенсивної взаємодії компонентів просоченої ізоляції у разі використання поліпропіленової плівки в порівнянні з поліетилентерефталатною. Інтерес викликають дані щодо зміни $K_{\text{вс}}$ трансформаторного масла Т-1500, що зазнало термостаріння в присутності гладкої поліпропіленової плівки в порівнянні з аналогічною шорсткою: очевидно, що морфологія поверхні поліпропіленової плівки дуже впливає на процес розчинення плівки в електроізоляційній рідині. Наявність на поверхні мікрокапілярної системи (шорстка плівка) робить цей процес більш яскраво вираженим.

Висновки. Зниження коефіцієнту відносного світлопропускання достовірно ілюструє термостимульоване взаємне розчинення полімеру в рідині, наслідком якого і є погіршення електрофізичних характеристик компонентів просоченого плівкового діелектрика. Аналіз зміни відносного світлопропускання просочуючих рідких середовищ може бути інформативним і практично корисним при порівняльних дослідженнях різних плівкових просочених діелектриків, а також для проведення експрес-діагностики стану плівкової просоченої ізоляції в ході ресурсних випробувань електротехнічних пристроїв.

Список використаних джерел:

1. Кучинский, Г.С. Выбор допустимых рабочих напряженностей в силовых конденсаторах с пропиткой экологически безопасными жидкостями / Г.С. Кучинский, Л.Н. Галахова // Электричество. – 1999. – № 1. – С. 33-39.
2. Zhuravleva, N.M. Effect of modified surface structure of impregnated polypropylene film on capacitor properties during thermal ageing / N.M. Zhuravleva, A.M. Andreev, M. Evtic // Electrical Engineering. – 1998. – Vol. 81, № 4. – P. 271-274.

3. Журавлева, Н.М. Стабилизация диэлектрических потерь конденсаторных пропитывающих синтетических жидкостей в процессе термостарения / Н.М. Журавлева, А.М. Андреев, Л.Н. Галахова // Изв. ВУЗов. Энергетика. – 1991. – № 5. – С. 64-67.

4. Высокогорец, С.П. Метод оценки эффективности восстановления ресурса трансформаторных масел в процессе работы силовых трансформаторов / С.П. Высокогорец, А.П. Васильев // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – № 2. – С. 59-65.

УДК 621.313.8

Чумак В. В., Монахов Е. А.

КОМПАКТНЫЙ ОДНОФАЗНЫЙ СИНХРОННЫЙ МИКРОГЕНЕРАТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА, РАБОТАЮЩЕГО В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Вооруженные силы нашей страны заинтересованы в создании и использовании переносных энергетических установок на базе микротурбин, которые работают в паре с синхронным генератором с возбуждением от постоянных магнитов для заряда аккумуляторов различных электронных устройств, в т.ч. средств связи, переносных дефибрилляторов и другого применения. Низкая плотность энергии существующих портативных батарей ограничивает мобильность личного состава в полевых операциях. Основными требованиями к переносным микроэнергокомплексам являются:

- минимальный вес и габариты;
- надежность и неприхотливость в эксплуатации;
- возможность безаварийной работы в экстремальных условиях (ударные воздействия, агрессивная окружающая среда, повышенные температуры и пр.).

Перспективным является применение в качестве генерирующей системы высоконадежных бесконтактных синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов с высокой степенью защиты, например, IP68, и с высокой удельной мощностью на единицу массы и объема. В таблице 1 приведено сравнение различных типов электрических микромашин, выпускаемых в странах СНГ с возбуждением от постоянных магнитов: двигатель постоянного тока с полым ротором ДПР-62, двигатель постоянного тока с железным ротором ДПМ-35, синхронные двигатели СДПМ-6, СДПМ-4, предлагаемый торцевой синхронный генератор на постоянных магнитах NdFeB (ТМГ).

Таблица 1 Сравнение микромашин

Параметр	ДПР-62	ДПМ-35	СДПМ-4	СДПМ-6	ТМГ
Диаметр, м	0,062	0,035	0,055	0,102	0,068
Длина, м	0,059	0,0245	0,025	0,02	0,05
Условный активный объем, D^2L	0,00023	3e-05	7.6e-05	0,000208	0,00023
Мощность, Вт	5,12821	5,1282	3,07692	53,846	31
Мощность на единицу объема, Вт/м ³	22611,5	170868,9	40686,6	258776,2	13408
Отношение к ТМГ	0,16864	1,2743	0,30344	1,9299	1

Из таблицы видно, что самым высоким показателем удельной мощности на единицу объема является синхронный двигатель СДПМ – 6. В конструкции СДПМ – 6 постоянные магниты расположены радиально. Более высокий массогабаритный показатель и более высокий КПД обеспечивается за счет высокочастотного питания (400 Гц) и более высокого класса напряжения (220 В) и энергетически более выгодной магнитной системой и применением 3-х фазной обмотки. Достаточно низкое соотношение имеет СДПМ – 4, в котором применяются аксиально намагниченные магниты марки ЮНДК – 15, имеющие более низкие энергетические показатели по сравнению с ЮНДК – 24. Самым низким соотношением обладает двигатель постоянного тока ДПР – 62, что объясняется применением малоинерционного полого немагнитного ротора для обеспечения быстродействия в системах автоматики. Наиболее оптимальной конструкцией с точки зрения компактности и достаточно высокой мощности на единицу объема и массы является торцевая магнитоэлектрическая машина [1].

Предложенная конструкция [2,3,4] обладает значительной степенью надежности, что обеспечивает устойчивость к ударным нагрузкам, защиту активных материалов от внешней агрессивной среды, вибрации и т.д. Был изготовлен опытный образец магнитоэлектрического торцевого синхронного генератора с односторонней магнитной системой, который прошел предварительные испытания в лаборатории микромашин кафедры электромеханики НТУУ «КПИ». Также были рассчитаны идентичные конструкции на магнитах SmCo₅ обладающих

лучшими свойствами термостабильности по сравнению с магнитами NdFeB при превышении температуры свыше 80°C.

В таблице 2 приведены параметры созданного микрогенератора с возбуждением от постоянных магнитов NdFeB марки N38 при разной частоте вращения при номинальном режиме работы.

Таблица 2 Параметры микрогенератора

Частота вращения, об/мин	Частота генератора, Гц	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт
1000	50	12	1,12	13,44
3000	150	48	0,8	38,4

Вывод. Приведенные результаты показывают, что ТМГ соизмеримы по показателям удельной мощности в близком условном объеме по отношению к традиционным цилиндрическим машинам типа ДПР-62 и СДПМ-6. При этом ТМГ обладают более выгодной геометрией для компоновки с остальными узлами автономной микроэнергоустановки. Торцевые машины могут выполняться с большим количеством полюсов в том же активном объеме, что позволяет расширить область их использования. Вышеперечисленные обстоятельства подтверждают перспективность разработки отрезка серии синхронных микрогенераторов торцевого типа на постоянных магнитах NdFeB и SmCo₅.

Список использованных источников:

1. Jacek F. Gieras Rong-Jie Wang Maarten J. Kamper "Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines" Second Edition Springer 2008 ISBN 978-1-4020-6993-2
2. Патент Украины на изобретение №106842
3. В. В. Чумак, Е.А. Монахов Торцевая магнитоэлектрическая машина// Энергия – XXI. – 2014. – №1-2
4. Торцевий магнітоелектричний генератор у системі автономного постачання - Відновлювана енергетика XXI століття. Матеріали XIV міжнар

СЕКЦІЯ 4. ПІДВОДНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ**УДК 629.58:681.5***Алоба Л. Т., аспірант; Тхы Д. Ф., аспірант**Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина***СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ**

События последних лет засвидетельствовали актуальность применения автономных подводных аппаратов (АПА) в таких разных областях, как океанология и оборона. Большинство задач, которые решаются методом группового применения АПА, в ближайшем будущем потребуют решения следующих задач:

- самоидентификация АПА;
- взаимодействие АПА;
- управляемое перемещение АПА в группе с сохранением их относительных позиций.

Обычные примеры группового применения АПА включают картографирование морского дна. отбор проб воды и даже возможность использовать алгоритмы отслеживания запаха для обнаружения подводных шлейфов, выпускаемых, например, при утечках трубопроводов или при природных гидротермальных проявлениях.

Цель группового управления - иметь несколько автономных аппаратов, чтобы эффективно работать вместе для достижения коллективного группового поведения через локальное взаимодействие. Последние достижения в области миниатюризации вычислительной техники, связи, зондирования и подводных технологий сделали возможным развернуть большое количество АПА-агентов, которые работают совместно для достижения гражданских и военных задач.

Групповое управление АПА изучалось в течение последних двух десятилетий многими исследователями роботов, используя разные подходы. Основная проблема состояла в управлении группой АПА, заставляя ее двигаться, как группа, в общем направлении.

Самоорганизация и адаптивные поведения могут быть легко замечены в стаях птиц или рыб, где каждый отдельный участник выполняет небольшое количество простых поведенческих правил, приводящих к сложным поведениям группы. Например, когда стая рыб сталкивается с препятствием, она может избежать столкновения, будучи разделенной на множество меньших групп, которые могут быть слиты после того, как они преодолеют препятствие. Поэтому стратегия группового управления получена из поведения птиц – флорирования, когда мультироботизированное формирование выступает в роли стаи.

Так как координация аппаратов не может быть достигнута каждым отдельным аппаратом независимо от других, это требует надежной коммуникации между АПА, которая в надводном положении обеспечивается по радиоканалам, а в подводном положении – с помощью гидроакустических модемов. При этом, флот АПА можно рассматривать как мультиагентную систему (МАС), в которой каждый аппарат рассматривают как агент с коммуникационными способностями. Каждый агент содержит элементы индивидуальной и групповой миссии, сохраняет длительное время в собственной памяти накопленную в результате мониторинга информацию.

Гетерогенные АПА имеют научную миссию, состоящую из нескольких фаз (поиск, исследования, опрос датчиков и пр.).

МАС имеют свои приложения к управлению формированием АПА. Они являются основными для проведения совместных задач, которые должны быть достигнуты к группе аппаратов или датчиков. У группы агентов может быть глобальная цель, которую надо решить вместе, или у них могут быть свои собственные цели индивидуальные цели преследования. Особенность здесь - то, что эти агенты должны скоординировать свои действия. Потребность в координации возникает, потому что агенты должны:

- разделить ресурсы и самодиагностироваться;
- устранить конфликты из-за их действий, или из-за конфликта интересов, чтобы достигнуть цель, которую иначе нельзя достигнуть;
- улучшить эффективность, увеличивая предсказуемость или уменьшая избыточность;
- улучшить глобальную эффективность.

Тематическое исследование группового поведения АПА сосредоточено на следующих пяти ключевых задачах:

- архитектура – необходимость скоординировать действия аппаратов по каналам с ограниченной пропускной способностью;
- управление – выбор централизованного или децентрализованного управления в зависимости от текущей задачи миссии;
- коммуникация – доступная ширина полосы пропускания гидроакустического сигнала строго ограничена (несколько бит в секунду), коммуникация подвержена длительным и переменным задержкам распространения, многолучевым, исчезающим и высоким частотам появления ошибочных битов;

- вычисления – выбор распределенного вычисления между несколькими процессорами различных АПА при решении совместных задач;

- энергетика движения АПА – энергетические ресурсы АПА должны быть поделены между различными функциями (задачами миссии).

Учитывая групповую цель, проблема группового управления АПА, в основном, состоит из трех компонентов: управление динамикой отдельного АПА, взаимодействие среди аппаратов, законы группового управления, необходимые для достижения групповой цели.

Типичные задачи группового управления включают согласие, формирование, управление, флорирование, управление покрытия, распределенную оценку, задачу и ролевое назначение конкретного аппарата среди других АПА.

Предлагается двухконтурное управление группой АПА, когда первый контур отвечает за динамику каждого отдельного АПА как агента группы аппаратов, а второй контур отвечает за выполнение задачи поиска цели и общую конфигурацию группу аппаратов (стаи).

В докладе рассматриваются возможные схемы построения двухконтурной системы автоматического управления группой АПА. ЛИТЕРАТУРА

Список использованных источников:

1. Ren, W., Beard R. W. Distributed Consensus in Multi-vehicle Cooperative Control: Theory and Applications – Springer-Verlag London, 2008. – 319 P.

2. Wernli, R. L. Recent U.S. Navy underwater vehicle projects // Space and Naval Warfare Systems Center San Diego San Diego, California, U.S.A. wernli@spawar.navy.mil.

3. Блінцов, С. В. Особливості групового керування автономними підводними апаратами при виконанні пошукових робіт / С. В. Блінцов, Д. Ф. Тхи // «Восточно-Европейский журнал передовых технологий», 2013. – № 6/9 (66). – С. 56-60.

УДК 65.012:629.58

Бабкін Г. В., старший науковий співробітник, ORCID: 0000-0001-06303-0993

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТУ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЮ ППНО

Багаторічний досвід створення засобів морської робототехніки (ЗМР) показала, що це досить наукоємний і дорогий процес. Кожен зразок ЗМР це унікальний технічний виріб, який зазвичай створюється в одиничному екземплярі і призначений для виконання цілого спектру виробничо-технологічних завдань. Актуальним питанням на сьогоднішній день ставиться завдання про серійне виробництво ЗМР, з вузькоспеціалізованим призначенням. Причому основними критеріями створення цих ЗМР є їх мінімальна ціна і терміни створення.

В даний час активно створюються ЕММ для аналізу економічного стану і потенціалу великих корпорацій, промислових підприємств, товарів широкого споживання, банківських структур, страхових компаній і підприємств що займаються виробництвом [1, 2, 4, 5]. Оскільки останніми роками, серійному виробництву ЗМР пред'являється велика увага, у зв'язку з необхідністю оснащення такими комплексами підрозділів ДСНС і ВС України, питання розробки ЕММ створення і вживання ЗМР стає актуальним.

Метою роботи є розробка економіко-математичної моделі створення засобів морської робототехніки для знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів як основи для автоматизації управління проектами їх створення.

В загальному вигляді економіко-математичне моделювання виконується у декілька етапів [3]:

- постановка економічної проблеми та її якісний аналіз;
- побудова математичної моделі, виконується формалізація економічної проблеми та викладення її у математичному вигляді;
- математичний аналіз економіко-математичної моделі при якому з'ясовуються загальні властивості моделі, виконується доказ існування рішення;
- підготовка вхідних даних моделі, з використанням методів теорії вірогідності та математичної статистики;
- підготовка алгоритмів рішення задачі, складання програм для виконання розрахунків на ЕОМ та проведення безпосередньо самих розрахунків;
- аналіз результатів моделювання, перевірка адекватності та повноти результатів моделювання, виконується зіставлення теоретичних висновків та чисельних результатів.

Процес створення ЗМР для знешкодження ППНО має не тільки якісний а і кількісний характер. Кількість варіантів досягнення мети зростає за рахунок використання різноманітних технічних рішень або їх поєднання. Необхідні характеристики створюваного ЗМР які визначають його ефективність застосування можливо отримати за рахунок використання різних матеріалів, конструкцій, обладнання тощо.

У ході реалізації проекту постійно виникає проблема багатоваріантності рішень, які відрізняються за характеристиками та вартості. Техніко-економічне обґрунтування потрібно для вибору оптимального варіанту, який буде відповідати прийнятим критеріям. В ході виконання техніко-економічного аналізу та обґрунтування робіт кожен ЗМР може бути описано сукупністю характеристик, які можливо поділити на дві групи:

- експлуатаційні характеристики (ЕХ), які визначають експлуатаційні властивості ЗМР до яких відносяться швидкість руху, максимальна глибина занурення, геометричні розміри, маса та ін.;
- параметри технічних рішень (ПТР), під якими маються на увазі механічні характеристики матеріалів, відносна змочена поверхня та ін.

Вартість розробки ЗМР ділиться на дві великі стадії – науково-дослідну роботу (НДР) та дослідно-конструкторську роботу (ДКР). В формуванні витрат на розробку ЗМР враховується, що сам процес розробки являє собою багатоетапну роботу, в ході якої виконується низка окремих НДР та ДКР як самим виконавцем так і іншими організаціями за його замовленням.

Вартості розробки ЗМР не є фіксованою і залежить від багатьох факторів. Тому для прогнозування цієї техніко-економічної характеристики проектного об'єкта користуються орієнтовними оцінками, ставлячи її в залежність від вартості головного об'єкта:

$$C_p = k_p C_r$$

де C_r – вартість головного зразка; k_p – коефіцієнт ступеня новизни та складності розробки, якій визначається експертною оцінкою.

Враховуючи об'ємом робіт, які необхідно виконати, вартість обладнання для модернізації та розширення виробничих потужностей учасників проекту:

$$C_o = \sum_{r \in I_p} \sum_{k \in I_F} v_{rki}^c \Delta F_{ki},$$

де I_p – множина типів модернізацій; I_F – множина підприємств які виконують роботи по модернізації.

Вартість підготовки кадрів які потрібні для реалізації проекту з урахуванням специфіки та їх багатопрофільності буде мати вигляд:

$$C_k = \sum_{m=1}^L w_{mi} d_{mi} \zeta_{mi},$$

де d_{mi} – час на підготовку кадрів за m -м фахом у i -го учасника проекту; w_{mi} – вартість одного часу підготовки кадрів за m -м фахом у i -го учасника проекту; ζ_{mi} – кількість кадрів що готуються за m -м фахом у i -го учасника проекту.

Вартість засобів, які необхідні для запуску виробництва:

$$C_m = \sum_{i=1}^{T_i} Z_i(t)$$

де T_i – час виходу i -го учасника проекту на плановий рівень виробництва.

Тоді загальна сума витрат має вигляд

$$C = C_p + C_o + C_k + C_m$$

де C_p – вартість розробки ЗМР; C_o – вартість обладнання для модернізації та розширення виробничих потужностей учасників проекту; C_k – вартість підготовки кадрів; C_m – вартість засобів, які необхідні для запуску виробництва та виходу на плановий рівень виробництва.

Висновки: 1. Розроблена економіко-математична модель як основи для автоматизації управління проектами створення засобів морської робототехніки для знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів. 2. Запропонована економіко-математична модель дозволяє виконати оцінювання ефективності засобів морської робототехніки на початкових етапах виконання проектних робіт.

Список використаних джерел:

1. Бреслав, Л.Б. Техніко-економічне обґрунтування засобів освоєння Мирового океана /Л.Б. Бреслав. – Л.: Судостроєння, 1982 (Техніка освоєння океана).– 240 с.
2. Давнис, В.В. Адаптивні моделі: аналіз і прогноз в економічних системах: монографія / В. В. Давнис, В. И. Тинякова. - Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2006 (Воронеж) . – 353 с.
3. Колемаев, В.А. Математична економіка / В.А. Колемаев – М.: ЮНИТИ, 1998. – 240с.

4. Коробов, П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов / П.Н. Коробов – М.: ДНК, 2006. – 376 с.

5. Красс, М.С. Математика в экономике. Математические модели и методы / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов – М.: Финансы и статистика, 2007. – 544 с.

УДК 629.58

Блінцов В. С. *, д.т.н., професор; Жолоб О. Г. **

* Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

** ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування», м. Миколаїв, Україна

БЕЗТРАНСФОРМАТОРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НАПРУГОЮ З РІЗНИМИ НОМІНАЛАМИ

Суднові силові трансформатори широко використовують для забезпечення споживачів електричною напругою різних номіналів [1]. Такий спосіб електроживлення бортових споживачів, окрім безумовної переваги – відсутності механічного обертання електричних машин, має суттєвий недолік, який полягає у збільшенні маси і габаритних розмірів суднового електрообладнання через необхідність застосування важких і високовартісних трансформаторів.

Пропонується альтернативний спосіб електроживлення суднових споживачів електричною напругою з різними номіналами, який полягає у використанні принципу векторного складання напруг живлення одного номіналу, які генеруються декількома (у мінімальному випадку – двома) стандартними бортовими генераторними агрегатами. Такий спосіб використовувався у системах подвійного струму у 60-х роках минулого століття [2, 3] та в хвильових електростанціях у наш час [4].

Проте, зазначені варіанти застосування стосувались або плавного регулювання вихідної напруги послідовно включених синхронних генераторів для керування напругою живлення гребного електродвигуна судна, або для отримання максимально можливого значення вихідної напруги хвильової електростанції для передачі електроенергії по кабель з мінімальною площею перерізу.

Сутність запропонованого авторами підходу полягає у послідовному з'єднанні синхронних генераторів, які забезпечують електроенергією судову мережу у звичайному режимі. За допомогою встановленого відповідного кута регулювання між векторами електричної напруги цих генераторів можна підтримувати додаткову напругу (підвищену або знижену) для тих суднових споживачів, які раніше живились від встановленого на судні трансформатора (відповідно, підвищуючого чи понижуючого). Наприклад, при наявності двох синхронних генераторів на 380В можна додатково забезпечити суднових споживачів трифазною напругою від 24В до 760В.

Схема включення двох синхронних генераторів для цього випадку подказана на рис. 1.

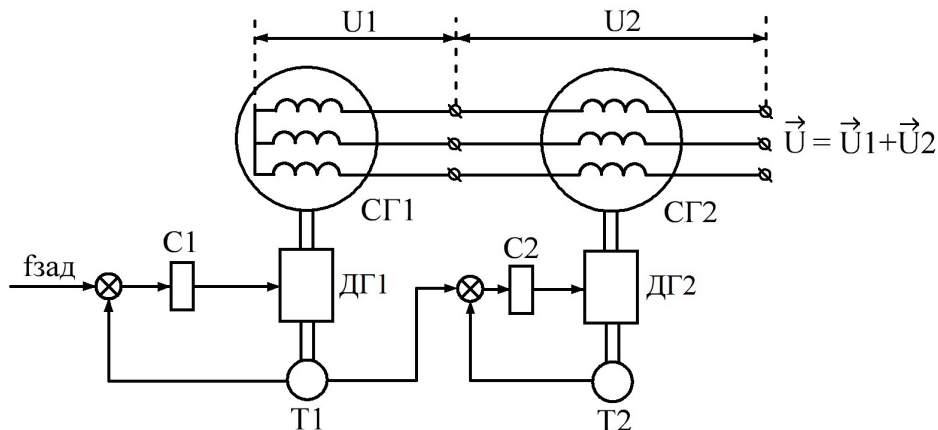


Рисунок 1 – Схема послідовного включення двох синхронних генераторів

На рисунку позначено: СГ1, СГ2 – суднові синхронні генератори; U_1 , U_2 – вихідні напруги синхронних генераторів; Т1, Т2 – тахогенератори системи автоматичного керування кутом між векторами СГ; ДГ1, ДГ2 – приводні суднові дизель-генератори; С1, С2 – регулятори системи автоматичного керування кутом між векторами СГ.

Таким чином, послідовне включення двох СГ забезпечує як живлення споживачів напругою 380В (окремо від СГ1 і СГ2), так і підвищеною або пониженою напругою у залежності від встановленого кута між векторами напруги цих генераторів (на виході послідовно включених генераторів).

У випадку, коли суднова електростанція має більше двох СГ, можливості одночасного отримання декількох проміжних значень бортової напруги збільшується за рахунок комбінації у з'єднаннях синхронних генераторів між собою.

Запропонований підхід може бути покладений у основу суттєвого зниження маси суднового електрообладнання, особливо при проектуванні малорозмірних суден та кораблів.

Список використаних джерел:

1. Судовые электрические станции и сети. / Морская Электронная Библиотека ОВИМУ // Изд-во ОВИМУ: СПб, 2010.
2. Краснов В.В., Михайлов В.С., Пискунов А.М., Чекунов К.А. Электрическая установка для судов-электроходов. Авт. Св-во СССР №306527 от 23 марта 1971 г.
3. Блинцов В.С., Краснов В.В. К вопросу о последовательной работе синхронных генераторов: «Известия высших учебных заведений. Энергетика», 1972. – С. 9-15.
4. Блинцов В.С., Нгуен Тхань Хай. Автоматизация режимов работы волновой электростанцией // Проблемы автоматизированного электропривода: теория и практика. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – С. 338-339.

УДК 681.5

Блінцов О. В., к.т.н., доцент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

КОМПЕНСАЦІЯ НЕВИЗНАЧЕНИХ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Не зважаючи на різноманітність та складність реальних об'єктів керування при синтезі систем автоматичного керування використовуються, як правило, тільки дві структури математичних моделей: модель першого порядку та модель другого порядку. При необхідності керування об'єктами високих порядків можна застосовувати принцип підпорядкованого керування [1] – математична модель об'єкта керування розділяється на складові, які описуються диференціальними рівняннями першого порядку, керування кожною складовою виконується окремим контуром.

Кожна складова об'єкта керування приводиться до виду

$$k_1 \frac{dy}{dt} = x - k_2 y + x_{33},$$

де x – керуючий вплив, y – керована величина, x_{33} – зовнішні збурення, k_1 та k_2 – коефіцієнти моделі.

Зовнішні збурення, які діють на об'єкт керування, зазвичай мають розподілений характер, проте їх інтегральний вплив на об'єкт керування представляють зосередженим параметром x_{33} , який може бути константним, лінійно або нелінійно залежати від часу, керованої величини та/або інших параметрів об'єкта керування або зовнішнього середовища. При цьому величина x_{33} зазвичай невідома.

Синтез регулятора виконується за відсутності зовнішніх збурень і в залежності від застосованих методів синтезу регулятор може керувати як лінійними, так і нелінійними об'єктами (рис. 1).

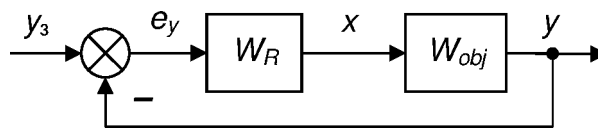


Рис. 1 – Структурна схема САК лінійним об'єктом першого порядку за відсутності зовнішніх збурень

На рисунку позначено: y_3 – задане значення керованої величини, e_y – похибка керування, W_R – передатна функція регулятора, W_{obj} – передатна функція об'єкта керування:

$$W_{obj} = \frac{y}{x} = \frac{K_{obj}}{T_{obj}p + 1};$$

$$K_{obj} = \frac{1}{k_2}; \quad T_{obj} = \frac{k_1}{k_2},$$

де K_{obj} – коефіцієнт підсилення об'єкта керування, T_{obj} – постійна часу об'єкта керування.

Для компенсації невизначених зовнішніх збурень модифікуємо підхід, запропонований в [2], суть якого полягає у використанні моделі САК для вимірювання зовнішніх збурень, і застосуємо модель об'єкта керування як складову контуру компенсації (рис. 2).

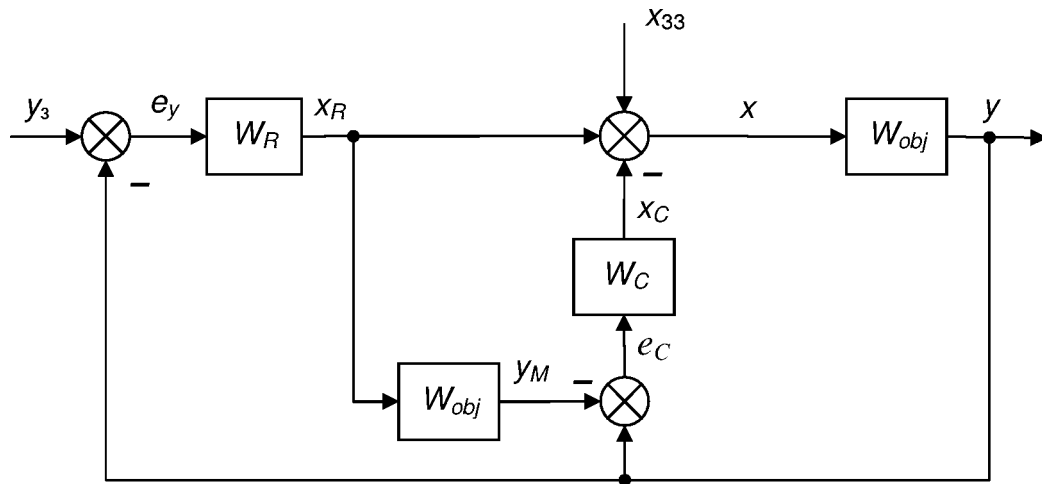


Рис. 2 – Структурна схема САК лінійним об'єктом першого порядку з компенсацією невизначених зовнішніх збурень

На рисунку позначено: x_R – сигнал керування регулятора; x_C – сигнал компенсації зовнішніх збурень; y_M – керована величина у відсутності зовнішніх збурень (модельоване значення керуючої величини); e_C – помилка компенсації; W_C – передатна функція пристрою компенсації зовнішніх збурень.

Для знаходження передатної функції пристрою компенсації виділимо контур компенсації в окрему структурну схему, зобразивши x_{33} у ролі задаючого впливу, тоді x_C опиниться в контурі від'ємного зворотного зв'язку (рис. 3).

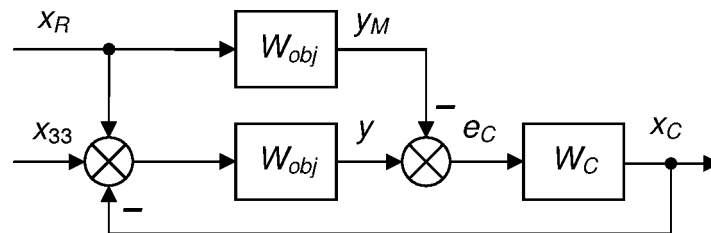


Рис. 3 – Структурна схема контуру компенсації

Нескладно довести, що структурну схему, зображену на рисунку рис. 3, можна замінити еквівалентною структурною схемою, зображеною на рис. 4, на основі якої можна знайти передатну функцію пристрою компенсації.

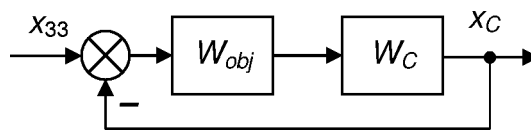


Рис. 4 – Скорочена структурна схема контуру компенсації

Як бачимо, така структурна схема аналогічна структурній схемі САК об'єктом першого порядку без впливу зовнішніх збурень (рис. 1). Тому для компенсаційної ланки W_C можна застосовувати передатну функцію аналогічну W_R .

В доповіді розглядаються особливості побудови САК за принципом підпорядкованого керування для автоматичного керування швидкістю маршового руху підводного апарата, математична модель якого розкладається на три складові першого порядку.

Список використаних джерел:

1. Попович, М.Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін.; За ред. М. Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.

2. Бобриков, С.А., Компенсация возмущений с использованием модели системы автоматического управления для измерения возмущений. [Текст] / Бобриков С.А., Пичугин Е.Д. // Электротехнические и компьютерные системы, 2011. – № 4 (80). – С. 15-18.

УДК 629.58

Блінцов О. В. , к.т.н., доцент; Корицький В. І., аспірант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

РОЗШИРЮВАЧ ІНТЕРФЕЙСІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА ПРОЕКТУ «ГІДРОГРАФ»

Сучасні задачі, які ставляться перед прив'язними підводними системами (ППС) та їх підводними апаратами (ПА), вимагають розробки нових ПА, побудованих з дотриманням концепцій модульності їх конструкції та багатоцільового призначення [1, 2]. Функціональні можливості ПА напряму залежать від розширюваності апаратних засобів, якими можна обладнати ПА, та програмних засобів, за допомоги яких керується націпне обладнання та власне ПА. Тому актуальним є питання реалізації гнучкої системи інформаційного обміну (СІО) ПА з високою швидкістю.

В ПА проекту «Гідрограф» (Національний університет кораблебудування) СІО побудовано на основі технології Ethernet, яка забезпечує високу швидкість інформаційного обміну (>100 Мб/с). Проте певні елементи виконавчого обладнання, що входять до складу ПА, можуть бути несумісними як на фізичному так і на більш високих рівнях моделі взаємодії відкритих систем OSI (Open Systems Interconnection model). Для під'єднання кожного такого пристрою до локальної мережі ПА необхідно застосовувати перетворювач інтерфейсів, що недоцільно як з економічної точки зору, так і з точки зору ефективності застосування інформаційних ресурсів ПА.

Крім того є необхідність в організації резервних каналів інформаційного обміну або створення виділених каналів для підвищення швидкодії виконавчих пристроїв (ВП) ПА при низьких швидкостях обміну даними [3].

Більшість наявних на ринку рішень з організації систем інформаційного обміну для автоматизованих систем управління орієнтовані на використання у складі комп'ютеризованих систем та являють собою перетворювачі інтерфейсів з одним або декількома портами і забезпечують базові функції обміну даними. Аналіз публікацій з питань організації систем керування обладнанням ПА показав, що на сьогоднішній день керування виконавчими пристроями організовано на базі здебільшого інтерфейсів інформаційного обміну (ІІО) з фізичною топологією «загальна шина» (CAN, RS-485 та ін.) [4]. При цьому до кожної шини СІО може бути підключеним один або декілька пристроїв, якими керує окремий контролер.

Підходам, що описані вище притаманні суттєві недоліки, а саме:

- зниження швидкодії системи керування при функціонуванні на шині пристроїв з низькою швидкістю обміну даними;

- залежність програмного забезпечення контролерів виконавчих пристроїв від особливостей інформаційних протоколів ВП;

- ускладнення структури СІО з можливим виникненням необхідності у перепрограмуванні контролерів при включенні до складу ПА додаткового виконавчого обладнання;

- ускладнення модернізації системи керування при заміні встановленого обладнання продуктами інших виробників.

Для усунення даних недоліків пропонується організовувати СІО ПА за модульним принципом з використанням розширювачів інтерфейсів (PI) інформаційного обміну. Функціональну схему PI зображено на рис. 1.

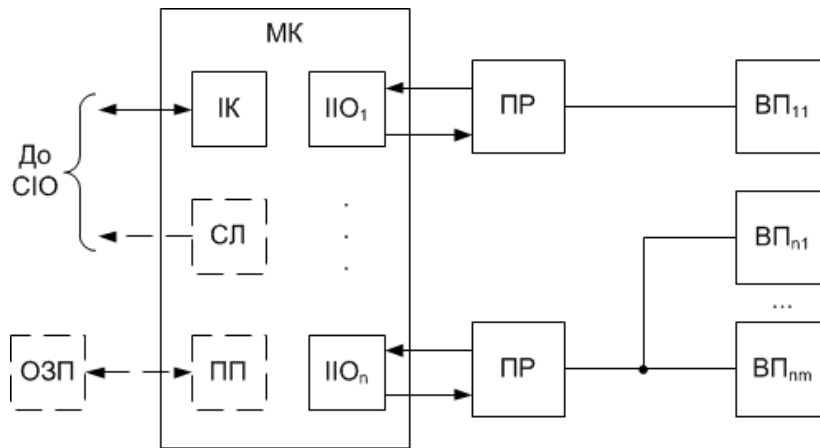


Рис. 1 – Функціональна схема розширювача інтерфейсів інформаційного обміну: ВП – виконавчий пристрій; ІІО – інтерфейс інформаційного обміну; ІК – інтерфейс керування; ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій; ПП – паралельний порт; ПР – перетворювач рівнів; СЛ – сигнальна лінія

Розширювач інтерфейсів пропонується будувати на базі мікроконтролера з декількома окремими модулями інтерфейсів інформаційного обміну (ІІО) певного типу (CAN, UART та ін.). Кожен модуль з'єднується з перетворювачем логічних сигналів модуля до рівнів, сумісних з необхідним типом інформаційного інтерфейсу (RS-485/422, CAN, Ethernet та ін.). До перетворювача рівнів в залежності від типу та фізичної топології ІІО також може бути підключений один або група ВП.

Пакети з сигналами керування для виконавчих пристроїв надходять до РІ за допомогою інтерфейсу керування (ІК), проходять процедури перевірки цілісності та допустимості керуючих величин та доставляються відповідним ІІО до необхідного виконавчого пристрою. Для усунення можливої нестачі оперативної пам'яті мікроконтролера при великих об'ємах даних пропонується розширення ОЗП контролера з використанням у якості інтерфейсу передачі даних ПП.

Розширювач підтримує конфігурацію кожного ІІО окремо в процесі функціонування. ІІО може бути налаштований на функціонування в одному з двох режимів: ретрансляції пакетів від СІО виконавчим пристроєм або циклічного формування пакетів-команд. Перший режим є зручним для організації з'єднання стороннього програмного забезпечення з виконавчими пристроями з невідомою реалізацією інформаційного протоколу, наприклад, з гідролокатором, дані якого оброблюються програмним забезпеченням виробника пристрою.

В режимі циклічного формування пакетів-команд ІІО формує пакет-команду для виконавчого пристрою з черги команд, яка налаштовується відповідним пакетом конфігурації від СІО. При цьому можливим є керування виконавчим пристроєм або групою пристроїв з однотипними інформаційним інтерфейсом та протоколом інформаційного обміну. Формати пакетів-команд зберігаються в оперативній пам'яті РІ на етапі конфігурації. Таке рішення дозволяє у більшості випадків скоротити об'єми даних, що передаються від СІО до РІ до переліку та значень робочих параметрів кожного окремого ВП.

В доповіді розглядаються особливості реалізації РІ та його інтеграції до СІО ПА проекту «Гідрограф».

Список використаних джерел:

1. Блінцов, О.В. Концепція створення багатоцільових прив'язних підводних систем з централізованим інформаційним обміном [Текст] / Блінцов О.В. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2013. – Вып. 6/9 (66). – С. 31-35.
2. Блінцов, О.В. Модульна структура підводного апарата-робота багатоцільового призначення [Текст] / О.В. Блінцов // «Підводна техніка і технологія»: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 53-56.
3. Корицький, В. І. Система інформаційного обміну самохідної прив'язної підводної технологічної платформи [Текст] / В. І. Корицький // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 131-133.
4. Ваулин, Ю. В. Особенности навигационного и алгоритмического обеспечения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата [Текст] / Ю. В. Ваулин, В. В. Костенко, А. М. Павин // Подводные исследования и робототехника. – 2013. – № 2(16). – С. 4-16.

УДК 681.5

*Блінцов С. В. , к.т.н., доцент**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна***КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ**

Автономні ненаселені підводні апарати (АПА) являють собою працюючі по заданій програмі самохідні, дрейфуючі або стаціонарно встановлювані на дні підводні апарати-роботи – носії пошуково-вимірювальної апаратури й військової техніки при виконанні широкого кола дослідницьких, господарських і військово-прикладних робіт: моніторингу підводної обстановки, гідрографічної й гідроакустичної розвідки, пошукових і протимінних операцій, охорони акваторій, контролю стану навколишнього середовища, картографування, розвідки, наукових досліджень.

Військове використання АПА:

- протичовнові, протимінні, пошукові й рятувальні військово-морські операції;
- висвітлення підводної обстановки на охоронюваних акваторіях;
- приховане ведення розвідки акваторій і підводних об'єктів;
- прихована доставка військових вантажів і розгортання підводних комунікацій;
- охорона кораблів, якірних стоянок і прибережних об'єктів;
- обстеження підводної частини кораблів на плаву й оперативна оцінка ушкоджень.

Живлення АПА здійснюється від акумуляторів або інших типів бортових джерел енергії, а керування їхніми виконавчими механізмами – від бортовий ЕОМ.

Інформаційний обмін між АПА й базою може бути безперервним (по гідроакустичному або оптичному каналах у підводному положенні), періодичним (по радіо- або супутниковому каналам при спливанні АПА на поверхню) і одноразовим після повернення на базу.

Корисний вантаж АПА – гідроакустична й вимірювальна апаратура, військове встаткування.

Класифікація АПА, як і інших типів підводних апаратів, ведеться за наступними ознаками [1, 2]:

- за призначенням – пошукові, інспекційні, аварійно-рятувальні, робочі, дослідницькі;
- за рівнем автоматизації – з ручним керуванням, автоматизовані (частина функцій керування виконується без участі людини-оператора) та автоматичні (усі функції керування виконуються без участі людини);
- за глибиною занурення АПА діляться на апарати для малих (до 200 м), середніх (до 2000 м) і більших глибин (більше 2000 м);
- за масою АПА діляться на мікро (масою до 20 кг), міні (масою 20-100 кг), малі (масою 100-500 кг), середні (масою до 500-2000 кг) і великі (масою більше 2000 кг);
- за кратністю застосування – АПА, що повертаються на судно-носії для повторного використання (багаторазового застосування) та АПА одноразового застосування.

Зовнішній вигляд деяких АПА наведено на рис. 1.1.

На рисунку зображено: **а** – АПА мінікласу «MicroHunter» фірми «Nekton Research» (США); **б** – АПА мінікласу «Spray Glider» фірми «Spray Glider» фірми «Woods Hole Oceanographic Institution» (США); **в** – АПА малого класу «REMUS» фірми «Kongsberg» (Норвегія); **г** – АПА середнього класу «Explorer» фірми «International Submarine Engineering Ltd.» (Канада); **д** – АПА великого класу «Скарус» виробництва Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова (СРСР-Україна); **е** – АПА великого класу «LDUUV» фірми «Boeing» (США)

Самохідні АПА використовуються автономно й групами.

Спуск АПА на воду й підйом на базу виконується вручну (для мікро- і міні-АПА) і за допомогою вантажних пристроїв або нахилених напрямних суден-носіїв. Можлива доставка АПА в район робіт авіатранспортом зі скиданням у море на парашутах.

Керування рухом АПА здійснюється з бази, розташованої на судні забезпечення, на авіатранспорті або на березі. Перед початком роботи в бортову ЕОМ АПА завантажуються робочі програми підводних місій, які запускаються автоматично за графіком, по командах оператора бази з використанням радіо-, гідроакустичного або супутникового каналів.

АПА з інтелектуальним керуванням автоматично оцінюють підводну обстановку й діагностують свій технічний стан, на підставі чого самостійно коректують поточну місію.

Типовий цикл роботи АПА містить етапи: занурення в початкову точку місії, виконання підводної місії й повернення до бази.

Перший етап виконується шляхом руху АПА з поверхні моря в початкову точку роботи по найкоротшій прямій або по спіралі.



а



Б



В



г



Д



Е

Рис. 1.1 – Зовнішній вигляд типових АПА

Другий етап має низку модифікацій і залежить від завдання місії:

- прямолінійний рух зі стабілізацією курсу, траєкторії, глибини або висоти над ґрунтом;
- рух по криволінійних траєкторіях;
- автоматичний обхід перешкод;
- позиціонування в точці;
- періодичне спливання на поверхню для сеансів зв'язку з базою.

Третій етап виконується шляхом спливання АПА на поверхню по прямій або по спіралі з наступним поверненням на судно-носії.

Зміст типової місії АПА: вимір гідрофізичних і гідрохімічних параметрів середовища, гідроакустичне обстеження водних акваторій, фото- і відеозйомка донної поверхні й підводних об'єктів, доставка корисного вантажу, постановка агідроакустичних перешкод.

Самохідні АПА мають дальність ходу більше 300 миль зі швидкістю до 10 м/с, автономність – від десятків і сотень годин (аккумуляторні) до року (планери).

Стационарні АПА використовуються для створення систем висвітлення підводної обстановки шляхом пасивного й активного гідроакустичного сканування водного середовища.

Дрейфуючі АПА стабілізуються на заданій глибині або роблять циклічні занурення-спливання з виміром параметрів середовища. Результати вимірів характеристик середовища дрейфуючі та стаціонарні АПА передають на базу по радіо-, гідроакустичному або супутниковому каналам зв'язку.

У ролі сенсорів просторового руху на АПА застосовуються: системи магнітного і гіроскопічного вказування курсу; сенсори глибини гідроакустичного і гідростатичного типу; сенсори крену і диференту; сенсори швидкості руху (абсолютні й відносні); відеосистеми реального часу; акселерометри тощо.

Аналіз показує, що ускладнення підводних операцій та підвищення загальних вимог до АПА дозволяє відносити їх до морських рухомих об'єктів, що працюють в умовах невизначеності параметрів зовнішнього середовища та мають змінні власні експлуатаційні характеристики. Створення високоефективних систем автоматичного керування такими об'єктами можливе за умов застосування сучасних досягнень в області штучного інтелекту та з урахуванням особливостей їх просторового руху.

Список використаних джерел:

1. Tall J. Submarines & Deep-Sea Vehicles. – London: Amber Books Ltd, 2002.
2. Подводные технологии и средства освоения Мирового океана. [Текст] – М. : Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. – 780 с.

УДК 681.5

Войтасик А. М., аспірант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УСТАНОВКИ ВАНТАЖУ НА МОРСЬКЕ ДНО

Одною з розповсюджених морських операцій є установка приладів на морське дно [1]. Такі роботи, зазвичай, виконуються за допомогою підводних апаратів-роботів (ПАР) і у більшості випадків труднощів не викликають [2].

Однак, останнім часом з'явилися задачі, які вимагають виконувати контроль якості установки вантажу на морське дно та виконувати повторну його установку у випадках, коли якість установки не відповідає вимогам до підводної технології (наприклад, коли кут нахилу встановленого на дно обладнання перевищує допустимий). Крім того, часто такі задачі передбачають повернення вантажу на судно після його тривалої експлуатації на дні, що обумовлює необхідність його пошуку та захоплення спеціальними маніпуляторами для виконання підйому.

Таким чином, актуальним є наукове завдання автоматизації всього комплексу підводних робіт з вантажем – від контрольованої установки на дно до підйому на пверхню. Для успішного розв'язку такого завдання спочатку необхідно визначитись з типом ПАР та технологією його застосування, для чого необхідно відповісти на наступні запитання:

автономний (АПАР) чи прив'язний (ППАР) підводний апарат-робот треба застосовувати для операцій з вантажем?

чи передбачається повернення ПАР на судно забезпечення після вдалої установки вантажу на дно, чи АПА залишається на дні моря разом з вантажем до завершення роботи вантажу?

Розглянемо можливі технічні рішення, на підставі яких оцінимо переваги і недоліки кожного з варіантів реалізації підводної технології, після чого оцінимо можливість і доцільність її повної або часткової автоматизації. Очевидно, що поле можливих технічних рішень охоплює чотири основні варіанти застосування ПАР, зображені на рис. 1.

Попередній аналіз показує, що застосування прив'язного ПАР у варіанті повертання на судно забезпечення дає наступні переваги: можливість у реальному часі перевірити якість установки вантажу на морське дно і, за необхідністю, виконати його переустановку, забезпечивши тим самим його проектне функціонування; можливість ручного режиму допошуку, ідентифікації та захоплення вантажу перед його підйомом на судно забезпечення, що підвищує надійність морської операції.

До недоліків цього технічного рішення слід віднести необхідність позиціонування чи навіть постановку на якорі судна забезпечення під час виконання морської операції, що вимагає застосування спеціальних суден або збільшує витрати часу на проведення морської операції. Крім того, автоматизація всього процесу установки і повернення вантажу можлива в обмеженому обсязі, що ускладнює процес її виконання

Тип ПАР Режим роботи	ППАР	АПАР
Повертається на судно	1	1
Залишається на дні	1	1

Рисунок 1 – Варіанти застосування ПАР у задачах установки вантажу на морське дно

У випадку, коли ППАР залишається на морському дні на весь час функціонування вантажу, до недоліків цієї технології можна віднести необхідність конструювання ППАР як такого, обладнання, яке не обслуговується, а також передбачити можливості відключення його від судна на період автономного перебування на дні та повторного підключення по судна перед підйомом вантажу. Це значно ускладнює конструкцію ППАР.

Другий варіант технології установки вантажу передбачає використання автономного ПАР і характеризується високим рівнем автоматизації, оскільки вимагає повної автоматизації режимів установки та повторного пошуку, захоплення і підйому вантажу.

У доповіді розглядаються все варіанти реалізації підводних технологій установки вантажу на морське дно та ступінь їх автоматизації. Матеріали доповіді можуть бути корисними на стадіях попереднього проектування підводних апаратів.

Список використаних джерел:

1. Автономные подводные роботы: системы и технологии / Под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. - М.: Наука, 2003. – 398 с.
2. Блінцов С. В. Теоретичні основи автоматичного керування автономними підводними апаратами // – Миколаїв: Вид-во НУК, 2014. – 242 с.

УДК 629

Войтасик А.М., аспірант

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

РОЗРОБКА СПУСКО-ПІДЙОМНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО СУДНА «ДЕЛЬТА»

Для виконання підводних робіт морська лабораторія (МЛ) «Дельта» в якості надводного судно-носія (СН) використовує науково-дослідне судно (НДС) «Дельта». Це спеціалізоване судно, яке здатне виконувати унікальні підводні роботи – пошукові, аварійно-рятувальні, науково-дослідницькі та археологічні [1].

Особливості проведення спуско-підйомних операцій з борту СН «Дельта» полягають в наступному. Оператор підводного апарата (ПА) і відповідальний керівник під час проведення підводних операцій знаходяться в трюмі лабораторії. Прямий контакт з палубної командою відсутній. Спуско-підйомні операції виконуються або з лівого, або з правого борту судна (процес виконання з лівого борту СН наведено на рис.1).

На сьогоднішній день спуск апарата на воду проходить за допомогою спуско-підйомної балки (вручну та за небезпечних умов, коли палубна команда під час виконання вимушена стояти під навантаженою балкою) і не закінчується контактом його з водною поверхнею, а продовжується до занурення на деяку глибину, після чого гак віддають. Відповідно до цього спуско-підйомні операції діляться на два етапи: спуск апарату з палуби на водну поверхню або підйом його з поверхні на палубу (надводний етап); спуск апарату з поверхні на деяку глибину або підйом його з деякої глибини до поверхні (підводний етап). Кожен з цих етапів має свої особливості, що в тій чи іншій мірі здатні впливати на безпеку апарату [2].

Для покращення ефективності проведення робіт з залученням ПА та для вирішення однієї з основних задач модернізації МЛ «Дельта» необхідно розробити автоматизований спуско-підйомний пристрій (СПП) [3]. Його виконання запропоновано виготовити у вигляді стаціонарної поворотної конструкції з змінним вильотом стріли (рис. 2). Це надасть можливість:

- автоматизувати виконання спуско-підйомних операцій, що позначиться на зменшенні втомлюваності палубної команди;



а)



б)

Рисунок 1 – Спуско-підйомні операції під час експедиції:
а) ПА знаходиться на палубі; б) ПА в момент посадки на воду

- підвищити безпеку виконання спуско-підйомних робіт;
- надати можливість переміщення ПА по палубі носової частини судна;
- при штормових умовах ПА та додаткове палубне обладнання (трансформатор, бензоагрегат і т.п.) спускати в трюм МЛ «Дельта»;
- виконувати завантаження експедиційного обладнання з причалу на борт СН та розвантаження з борту СН на причал (або за необхідністю на катер чи надувний човен).

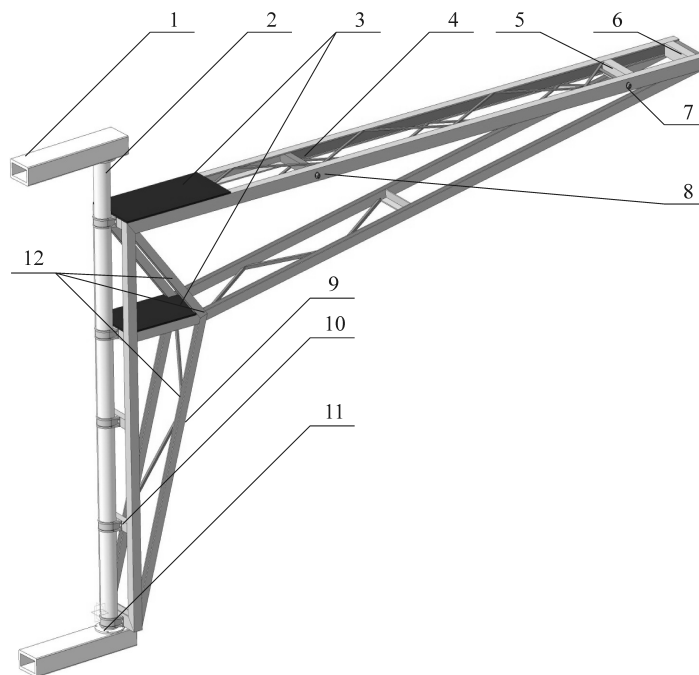


Рисунок 2 – 3D-модель рамної конструкції СПП:

- 1 – профільна труба; 2 – стержень; 3 – полки для розміщення АД та редукторів;
- 4 – стріла; 5, 6 – обмежувачі довжини вильоту стріли; 7, 8 – шпильки-фіксатори руху висувної стріли; 9 – металеві посилення; 10 – кріплення стержня;
- 11 – захисна кришка підшипника; 12 – основа вантажонесучої конструкції

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики СПП

Вантажопідйомність, кг	1250	Довжина вильоту стріли, м:	
Висота підйому, м	5,5	– мінімальна	2,8
Діаметр барабана, м	0,1	– максимальна	4,3
Швидкість спуску/підйому, м/с	0,4	Габарити рамної конструкції, мм:	
Швидкість повороту, м/с	0,8	– довжина	4335
Маса гака, кг	50	– ширина	250
Маса СПП, кг	550	– висота	1600

Керуючись практичними навичками колективу МЛ «Дельта» відомо, що вплив різних видів качки на роботу спуско-підйомного пристрою може бути різний. В певній мірі це залежить від місця установки пристрою на судні.

При установці СПП в кормовій частині судна основний вплив має кильова хитація, а при розміщенні в середній частині – бортова і вертикальна. Спираючись на той факт, що трюмна лабораторія знаходиться в носовій частині СН і має люк для завантаження та розвантаження трюмного приміщення, прийнято рішення спроектувати конструкцію СПП для НДС «Дельта», яка буде установлена над лабораторією (рис. 2), замість штатної балки.

Висновки. Надано розраховані основні технічні характеристики спуско-підйомного пристрою для науково-дослідного судна «Дельта» та розроблено 3D-модель його рамної конструкції.

Список використаних джерел:

1. Блінцов В.С. Програма «Підводні апарати НУК – на службу Миколаївщині» перші результати та перспективи // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали III-ї всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю присвяченої 75-річчю Миколаївської області. – Миколаїв: НУК, 2012. – с. 499-502
2. Грицюк І.С. Особливості проведення спуско-підйомних операцій. // Підводна техніка і технологія: матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2011. – с. 180-182
3. Блінцов О.В. Задачі модернізації морської лабораторії «Дельта» // Підводна техніка і технологія: матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2011. – с. 171-173

УДК 62-83:629.584

Волянський С.М. асистент.

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев, Украина

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДРК ПА

В настоящее время большая часть исследований систем автоматического управления (САУ) электроприводом производится путем математического моделирования с использованием прикладных пакетов MATLAB, Mathcad [1]. Известно, что в этом случае, допущения, принятые при описании блоков системы управления, приводят к снижению ее точности, устойчивости и т.д. [2]. Для сведения к минимуму влияния допущений на качество управления системой, необходимо проводить эксперименты на конкретном электроприводе, что не всегда возможно, или на его натурной имитационной модели.

Разработан специализированный моделирующий комплекс (СМК), в состав которого входит учебно-исследовательское лабораторное средство «Стенд испытательный СВ-1» [3], предназначенное для исследования эффективности систем автоматического управления электроприводами любого рода тока движительно-рулевых комплексов подводных аппаратов и специализированное программное обеспечение. Фотографии СМК представлены на рис. 1.

Прогресс в программировании, электронике и схемотехнике позволяет с меньшими затратами и с большей точностью производить исследования систем автоматического управления (САУ) электроприводом. Одним из возможных вариантов проведения таких исследований – использование мощных прикладных пакетов математического моделирования MATLAB, Mathcad совместно с аппаратными блоками связи с натурными моделями в режиме реального времени [1].

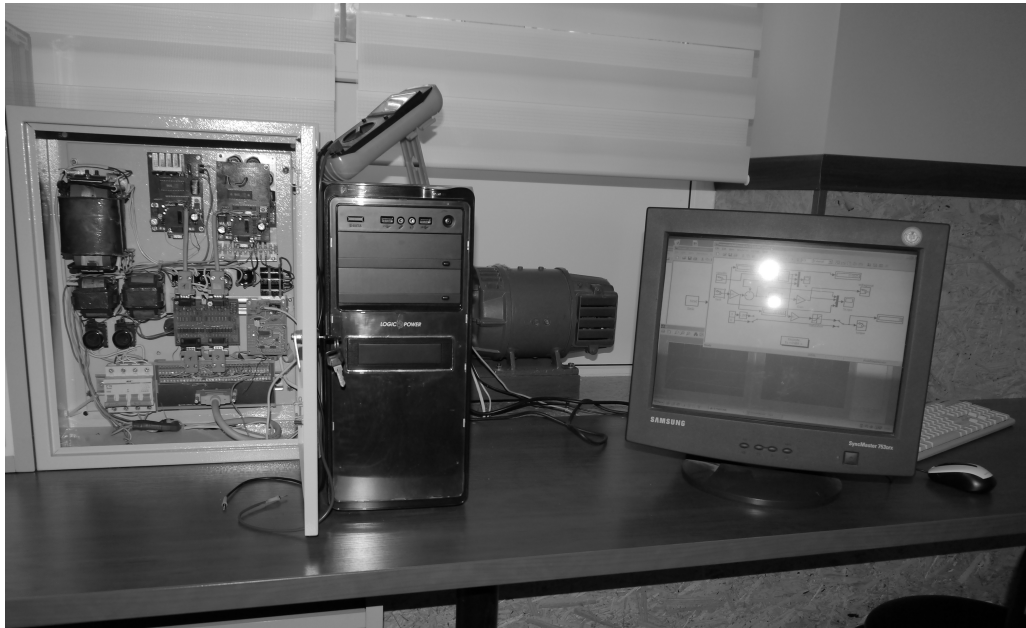


Рис. 1. Специализированный моделирующий комплекс

Применение платы PCI 1711L совместно с пакетом Real-Time Windows Target среды MATLAB [4] позволило производить измерение необходимых величин, обрабатывать их (фильтрация, преобразование) и вырабатывать управляющее воздействие в режиме реального времени, с одновременной визуализацией всех происходящих процессов в модели на мониторе компьютера.

А применение системного блок с процессором Intel Core I5 (4 ядра, частота 3ГГц), оперативной памятью 8Гб, частота дискретизации платы PCI-1711L составляет 100кГц, что соответствует шагу квантования в пакете Simulink 0,00001 с, позволило повысить количество сигналов и скорость обработки, улучшить отладку программы и внесение корректировок. Кроме того, повысить применяемых программных продуктов.

Для исследований в плату ввода-вывода подавались сигналы с датчиков скорости, токовых трансформаторов, трансформаторов напряжения, температурных датчиков. Все сигналы обрабатывались в режиме реального времени, выводились на экран монитора и записывались в память компьютера. Для сравнения также повторялись ранее проведенные исследования [5], но с меньшим шагом квантования. Выполнены сравнительные тесты по сходимости результатов исследований, а также тесты длительность, безотказность, повторяемость работы системы управления электроприводом с использованием аппаратной и программной составляющих СМК.

Проведенные исследования показали, что при шаге квантования 0.00001, соответствующем максимальной частоте дискретизации платы ввода-вывода PCI 1711L, программы, разработанные в пакете Simulink среды MATLAB, выполняются в полном объеме и без потерь в скорости расчетов.

Выводы: Разработан и создан специализированный моделирующий комплекс для исследования эффективности САУ электроприводами, предназначенный для отработки в лабораторных условиях алгоритмов и принципов управления, измерения энергетических и динамических характеристик электроприводов. Экспериментально доказана его работоспособность. Отличительной особенностью СМК является возможность синтеза САУ ДРК ПА с различными типами регуляторов и последующей их коррекцией. Применение в СМК платы PCI 1711L совместно с пакетом Real-Time Windows Target среды MATLAB позволяет проводить исследования эффективности САУ электроприводами в большем объеме и с большей точностью.

Список использованных источников:

1. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
2. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы: Пер с нем./ Под ред. Борцова Ю.А. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 464 с.
3. Блинцов В.С., Волянский С.М. Проверка эффективности работы стенда для натурных исследований регуляторов в электроприводах постоянного тока // Проблемы сучасної електротехніки-2008: Труды десятої міжнародної науково-технічної конференції, 3-5 червня 2008 р. – Київ: НТУУ «КПІ», 2008. – С. 35-38.
4. www.mathworks.com.
5. Волянский С.М. Разработка совмещенной модели для верификации математической модели ДРК подводного аппарата // Электротехника и электромеханика: Материалы международной научно-технической конференции, 24-25 ноября 2011 г. – Николаев: НУК, 2011. – С. 42-46.

УДК УДК 629

Грудініна Г.С., аспірант кафедри ЕОС та ІБ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

ПРОБЛЕМАТИКА СТВОРЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ В УМОВАХ НЕСТАЦІОНАРНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

За експертними даними, на даний час, великий відсоток промислових автоматичних систем регулювання побудовані на основі ПІД-регуляторів. Це переконання підкріплюється тим, що алгоритм їх функціонування вдало імітує роботу досвідченого фахівця-оператора, який враховує не лише відхилення регульованої величини, але й напрям та швидкість її зміни. Водночас проблемою є досить низька якість їх налаштування. Необхідно врахувати той факт, що останнім часом, задачі які необхідно вирішувати без втручання людини значно ускладнюються. Наприклад, завдання керування просторовим рухом автономного підводного апарата (АПА) в умовах нестационарності його параметрів належить до задач, які неможливо вирішити з необхідною точністю з використанням лише ПІД-регулятора [1].

Взагалі, задача керування будь-яким складним динамічним об'єктом може бути сформульована в такий спосіб. Є деякий динамічний об'єкт, поведінку якого описується вектором виходів (керуваних змінних): $y = (y_1, y_2 \dots y_n)^T$ й вектором змінні стану $x = (x_1, x_2 \dots x_n)^T$, (рис.1). Потрібно перевести даний об'єкт із початкового стану $x(t_0)$, у якому він перебуває в момент часу $t = t_0$, у заданий кінцевий стан x^* , якому відповідає певне значення вектору виходів y^* [2].

Для вирішення цього завдання, тобто для керування станом об'єкта, використовується керуючий пристрій (регулятор), до функцій якого належить формування вектора керуючих впливів (тобто входів об'єкта) $u = (u_1, u_2 \dots u_n)^T$ у відповідності із заданою програмою, обумовленою значеннями вектора керуючих впливів $g = (g_1, g_2 \dots g_n)^T$, й поточними (виміреними) значеннями компонентів вектора виходів y , вектора стану об'єкта x та вектора зовнішніх збурень $f = (f_1, f_2 \dots f_n)^T$.



Рисунок 1 – Загальна структура системи керування

Процедура синтезу керуючого пристрою, як правило, містить у собі наступні етапи:

- побудова або одержання математичної моделі об'єкта керування (у вигляді диференціальних, різницевих або інтегральних рівнянь, частотних характеристик);
- завдання вимог до якості процесів керування, тобто до поведінки системи автоматичного керування (САК) у цілому;
- визначення структури й параметрів керуючого пристрою (у вигляді деякої аналітичної залежності, що виражає вектор u через вектори g , x , y , f).

Разом з тим застосування даного підходу до АПА має багато серйозних ускладнень. Так, точна математична модель реального об'єкта часто виявляється занадто складною або зовсім невідомою. Зміни навколишнього середовища приводять до дії на об'єкт різного роду збурень – сигнальних, параметричних і структурних, що є додатковим джерелом невизначеності його параметрів. Складність рішення даного завдання обумовлена й тим, що самі вимоги до системи найчастіше можуть бути задані лише приблизно.

Враховуючи те, що АПА належить до категорії складних динамічних об'єктів, тобто він є багатомірним (має кілька входів й виходів), описується диференціальними рівняннями високого порядку, має істотно нелінійні

характеристики й т.п., то вибір алгоритму адаптації різко ускладнюється, оскільки виникає проблема збіжності (стійкості) процесів адаптації в системі.

Вихід зі сформованої ситуації – використання алгоритмів інтелектуального керування (*Intelligent control*), що дозволяють відмовитись від необхідності одержання точної математичної моделі об'єкта, орієнтації на застосування «твердих» (найпростіших, як правило, лінійних) алгоритмів формування керуючих впливів, прагнення скористатися відомими розроблювачеві методами синтезу, що раніше позитивно зарекомендували себе для інших, більш простих класів об'єктів. В основі інтелектуального керування лежить ідея побудови високоорганізованих САК з виконанням таких, традиційно властивих людині функцій як прийняття рішень, планування поведінки, навчання й самонавчання в умовах змінного зовнішнього середовища.

В основу створення інтелектуальних СК покладено два узагальнені принципи:

- керування на основі аналізу зовнішніх даних, ситуацій та подій (ситуаційне керування);
- використання сучасних інформаційних технологій оброблення знань.

Розрізняють декілька сучасних інформаційних технологій, що дозволяють створювати інтелектуальні СК:

- експертні системи;
- штучні нейронні мережі (*artificial neural networks*);
- нечітка логіка (*fuzzy logic*);
- еволюційні методи і генетичні алгоритми (*genetic algorithms*).

Перераховані методи називають «*Soft computing*», підкреслюючи їх відмінність від «*hard computing*», що виражається в можливості оперувати з неповними і неточними даними. При створенні системи керування АПА в одному контролері можуть застосовуватися комбінації перерахованих методів (фазі-ПІД, нейрон-ПІД, нейрон-фазі-ПІД-регулятори). Що дозволить значно покращити якість керування об'єктом при нестаціонарності його параметрів [3].

Список використаних джерел:

1. Ставинський, А.А. Удосконалення математичної моделі самохідного підводного апарата для дослідження просторового руху / А.А.Ставинський, С.В.Блінцов // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. – Миколаїв: НУК, 2004. – № 3 (396). – С. 161–166.
2. Искусственный интеллект: справочник / под ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – Т.1. – 461 с., Т.2. – 304 с., Т.3 – 363 с.
3. Грудніна, Г.С. Розробка ПІД-регулятора швидкості руху підводного апарата / Г.С. Грудніна // ІКСК Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 88–90.

УДК 629.58

Клочков О.П.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО ВАНТАЖНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ

Проведення підводно-технічних робіт (ПТР) з залученням прив'язної підводної системи (ППС) будь-якого типу для потреб морського господарства вимагає, у першу чергу, її мобільності та варіативності носіїв. Це передбачає наявність бази морського, автомобільного транспорту, що спеціалізований для такого виду роботи, а також рухомого вантажного пристрою за відсутності стаціонарного на місці перевантаження.

Такий підхід до експлуатації ППС є виправданим лише у випадку, коли вона виконана у вигляді єдиного комплексу з наявністю всього обладнання для виконання певного виду ПТР та потребує лише оперативного перевезення у місце роботи та підключення до джерела електроживлення носія.

Створення єдиного комплексу для ППС виробництва НУК пропонується базувати на використанні 20-футового морського вантажного контейнера (МВК) з технічними характеристиками наведеними у табл.1.

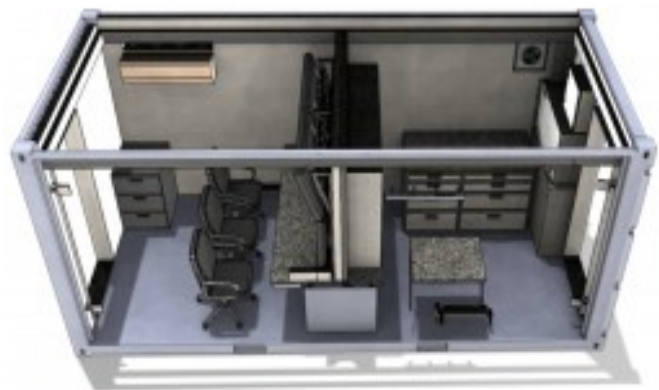
Таблиця 1 – Технічні характеристики морського вантажного контейнера

Характеристика	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм
Зовнішні	6058	2438	2591
Внутрішні	5887	2330	2350
Двері	-	2335	2292
Максимальне бруто, кг	24000		
Тара, кг	2080		
Вантаж, кг	21920		
Місткість, м ³	33,9		

Морські компанії за кордоном вже значний час використовують MBK у своїй повсякденній діяльності. Таким чином, кожне судно-носії (СН) побудоване чи переобладнане з передбаченням спеціального місця на відкритій палубі, де розташовується ППС у вигляді єдиного комплексу. Приблизний вигляд ППС на базі MBK представлено на рис. 1.



а)



б)

Рисунок 1 – Вигляд морського вантажного контейнера для потреб прив'язної підводної системи:

а) зовнішній вигляд; б) розташування обладнання всередині

При використанні MBK прив'язну підводну систему можливо буде застосовувати не тільки зі спеціалізованих СН, але і з причальної стінки та більш складних гідротехнічних споруд.

Так як ППС виробництва НУК базуються на прив'язному підводному апараті (ППА) легкого класу, то конфігурація MBK передбачається такою, що всередині розділена на дві окремі технологічні зони – операторську та робочу. В операторській формуються пости керування і моніторингу ПТР з розташуванням відповідного обладнання та створенням певного кліматичного контролю для персоналу. У робочій технологічній зоні розміщуються ППА, кабель-трос (КТ), лебідка КТ та робоче місце для обслуговування та експлуатації апарата з наявними засобами й інструментальним забезпеченням.

При переобладнанні MBK для розташування ППС також повинно бути передбачено захищене місце підключення кабелю електроживлення, захист електрообладнання, наявність розподільчого щита, автономного джерела електроживлення, достатнього освітлення і заходів пожежної безпеки.

Підсумовуючи загальну картину використання MBK для потреб створення єдиного комплексу ППС, необхідно зазначити, що такий підхід є ефективним з огляду на зручність та тривалість проведення ПТР, включаючи перевезення ППС з одного місця на інше, її перевантаження, розгортку та безпосередню підготовку до роботи.

Список використаних джерел:

1. Seaeye Control Cabins & Workshop Containers. – Режим доступу до сторінки: <http://www.seaeye.com/controlcabins.html>
2. ROVCC – ROV Control Container. – Режим доступу до сторінки: <http://www.seascope.nl/portfolio/rovcc/>

УДК 681.5

Клочков О. П., викладач, Надточій В. А., викладач

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

КОМБІНОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ САМОХІДНОЇ ПРИВ'ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НЕЮ

Самохідні прив'язні підводні системи (СППС) належать до високоефективних засобів морської пошукової та інспекційної техніки [1]. Такі системи, зазвичай, розгортаються на судні-носії (СН). Кожна система складається з самохідного телекерованого підводного апарата (ПА), який за допомогою кабель-троса (КТ) та його кабельної лебідки з'єднаний з постом енергетики і керування (ПЕК), який розташований на СН.

Традиційним для морської практики є застосування СППС для пошуку і обстеження підводних об'єктів у такій послідовності:

- пошук ПО гідроакустичними засобами СН;
- допошук виявленого ПО бортовими пошуковими засобами ПА (відео- гідроакустичне чи іншою апаратурою);
- фото- чи відеодокументування знайденого ПО шляхом його обзоду підводним апаратом.

Недоліком такої технології є низька її продуктивність, оскільки для допошуку й обстеження ПО необхідно ставити СН на якорі або дрейфувати [2].

У випадках, коли необхідно вести пошук багатьох ПО на великих за площею акваторіях, питання продуктивності СППС постає на перший план.

У роботі пропонується підвищити традиційну підводну технологію застосування СППС шляхом її поєднання з іншою високопродуктивною технологією – буксируванням ПА у спеціальному контейнері – привантажувачі (П) у режимі пошуку ПО. У випадку виявлення ПО апаратурою СН підводний апарат переходить у самохідний режим допошуку та обстеження ПО, а СН при цьому продовжує пошук наступного ПО з незмінною швидкістю ходу [3]. Необхідне збільшення довжини попущеної частини КТ забезпечується малогабаритною підводною лебідкою (МПЛ) КТ, яка розташована у контейнері-привантажувачі П, рис. 1.

Контейнер-привантажувач при цьому виконано у вигляді буксированого підводного апарата, глибина занурення якого регулюється несучими поверхнями та хвостовим оперенням [4].

У випадку, коли довжини КТ на МПЛ виявляється недостатньо для повного обстеження виявленого ПО, пропонується зменшувати висоту ходу контейнера-привантажувача П, тоді просторова форма «гнучкої нитки» у складі КБ і КТ дасть змогу збільшити дистанцію від ПО до СН і, таким чином, збільшити загальний час обстеження ПО. Як резервний, передбачається варіант додаткового попускання КБ за допомогою буксирної лебідки СН.

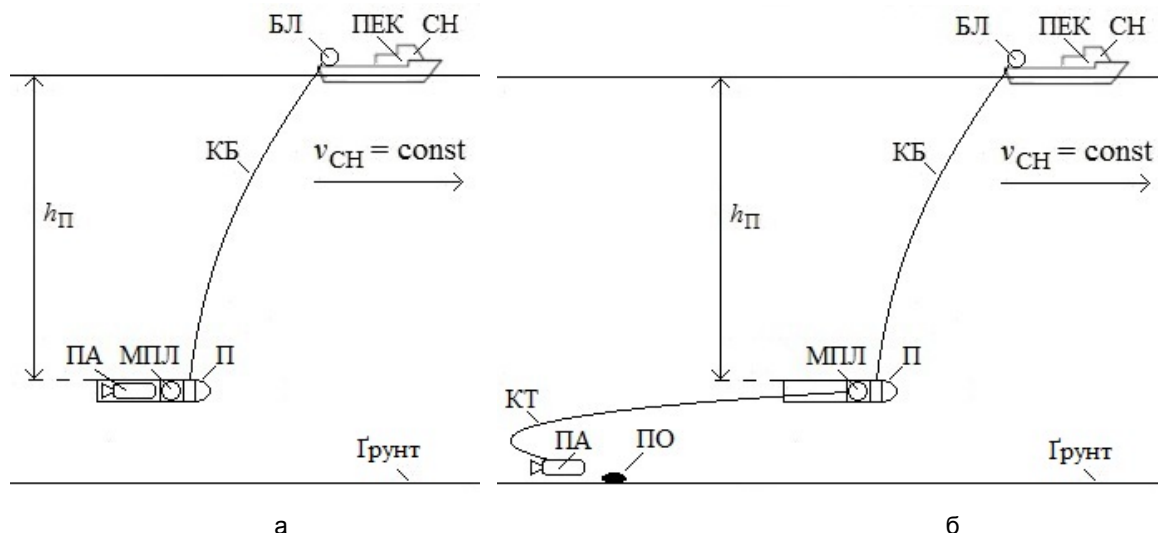


Рисунок 1 – Комбіноване застосування самохідної прив'язної підводної системи в задачах пошуку та обстеження підводних об'єктів

При реалізації описаної технології ключову роль відіграє система автоматичного керування (САК) всіма складовими СППС – твердими тілами (ПА, МПЛ, П) і гнучкими тілами (КБ, КТ).

Робота такої САК зазвичай, мусить забезпечити функціонування СППС у трьох основних етапах:

пошук ПО гідроакустичними приладами СН (в окремих випадках – власними пошуковими приладами ПА), рис. 1,а (режим буксирування ПА, коли $V_{\text{СН}} = v_{\text{П}} = v_{\text{ПА}} = \text{const}$ і $h_{\text{ПА}} = \text{const}$, $h_{\text{П}} = \text{const}$);

допошук ПО пошуковими приладами ПА та обстеження ПО відеозасобами ПА, рис. 1,б-в (самохідний режим руху ПА, коли $v_{CH} = v_{PA} = const$, $v_{PA} = var$, $h_{PA} = var$);

самостійний рух ПА до привантажувача П та автоматична пристиківка до нього (самохідний режим руху ПА з наведенням по маяку) з метою продовження пошуку наступного ПО.

З позицій автоматизації керування перший етап не викликає труднощів, тому більш детально розглянемо другий і третій етапи.

Попередні дослідження показують, що з позицій автоматичного керування для другого етапу роботи можливі наступні три основні режими керування:

режим однорівневого керування, коли керуванню підлягає самостійний рух ПА по дообстеженню ПО при зміні довжини k_{CT} попущеної частини його КТ за допомогою МПЛ;

режим дворівневого керування, коли на додаток до першого режиму, керуванню підлягає також глибина ходу привантажувача h_P , що дає змогу дещо збільшити час обстеження знайденого ПО підводним апаратом за рахунок оптимізації конфігурації гнучкого зв'язку «КБ – КТ»;

режим тривірневого керування, коли, на додаток до вищезазначених режимів керуванню підлягає довжина k_B за допомогою розташованої на СН буксирної лебідки СППС, що дає змогу максимально збільшити час обстеження ПО підводним апаратом за рахунок збільшення загальної довжини гнучкого зв'язку «КТ – КБ».

Третій етап роботи виконується у зворотній послідовності. Найбільш складною його фазою є автоматичне пристикування ПА до привантажувача. Це вимагає наявності.

Попередні розрахунки свідчать про очікуване підвищення продуктивності пошуково-обстежувальних робіт СППС до рівня продуктивності буксированих підводних систем.

Висновок. Запропоновано нову високопродуктивну технологію пошуку та обстеження підводних об'єктів за допомогою самохідної прив'язної підводної системи та сформульовано основні принципи побудови системи автоматичного керування нею.

Список використаних джерел:

1. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы – К. : Наукова думка, 1998. – 232 с.
2. Блінцов, О. В. Система автоматичного керування кабельною лебідкою прив'язної підводної системи О.В. Блінцов, В. А. Надточій // «Збірник наукових праць НУК». – Миколаїв: НУК, 2013. – №1. – С. 77-82.
3. Костенко, Д. В. Вплив конструктивних параметрів прив'язних підводних систем на їхні експлуатаційні характеристики. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 – механіка та конструювання суден. Український державний морський технічний університет, Миколаїв, 2003.
4. Блинцов, А. В. Система автоматического управления специализированным морским комплексом с буксируемым подводным аппаратом [Текст] / А. В. Блинцов, Т. Д. Чан // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков : ЧП «Технологический Центр», 2013. № 5/4 (65). – С. 23-27.

УДК 681.5

Майданюк П. В.

Миколаївське обласне управління Державної служби спеціального зв'язку і захисту інформації України,
м. Миколаїв, Україна

КЕРУВАННЯ МОНІТОРИНГ НАДВОДНОЇ, ПІДВОДНОЇ ТА ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИМОРСЬКОГО ОБ'ЄКТУ ЯК ЗАДАЧА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ

Приморські об'єкти на цей час відіграють важливу роль у комплексній задачі забезпечення безпеки держави. Проте, їх захист у більшості випадків організується за старими уявленнями про загрози та про можливості боротьби з ними. Тому актуальною є наукова задача керування моніторингом безпеки приморського об'єкту в усіх середовищах – надводному, підводному, повітряному та сухопутному, у яких функціонує об'єкт такого виду.

Для побудови комплексної системи моніторингу слід виділити наступні об'єкти захисту: підводні транспортні трубопроводи; морські стаціонарні платформи; гідротехнічні споруди; водні транспортні шляхи; порти; акваторії приморських об'єктів енергетики та промисловості; рекреаційні зони; приморські споруди; інформаційно-телекомунікаційні системи; зразки озброєння та військової техніки.

При цьому виділимо наступні зони моніторингу: надводна; підводна; поверхня дна; приморська територія; повітряний простір.

При побудові системи моніторингу враховуємо наступні особливості об'єктів моніторингу: природні явища (крига, хвилі, вітер, хмарність, прозорість води...); рельєф приморської території та морського дна; оточення об'єкту (щільність забудови, інфраструктура, властивості місцевості...).

Будемо враховувати також наступні види загроз приморському об'єкту:

водним (приморським) об'єктам: піратські напади; диверсійно-терористичні дії; угон суден; викрадення ресурсів та майна; захоплення заручників;

безпеці інформаційним і телекомунікаційним системам та об'єктам інфраструктури: несанкціонований збір інформації про об'єкти водного транспорту й морської інфраструктури, про рельєф дна й гідрологію морського району; впровадження в апаратні й програмні засоби комунікацій водного транспорту елементів, що реалізують функції, не передбачені документацією на ці засоби; впровадження в засоби комунікації водного транспорту апаратних і програмних засобів, що порушують стале функціонування їхніх інформаційно-телекомунікаційних систем; знищення, пошкодження, радіоелектронне й гідроакустичне придушення або фізичне руйнування морських засобів і систем телекомунікації зв'язку; витік інформації про об'єкти водного транспорту й морської інфраструктури по технічних каналах; впровадження електронних, гідроакустичних і інших пристроїв для перехоплення інформації в технічні засоби обробки, зберігання й передачі інформації з каналів зв'язку, а також у службові приміщення суден та споруд; перехоплення інформації в мережах передачі даних і на лініях зв'язку, дешифрування цієї інформації й навіязування хибної інформації.

Пропонуються наступні заходи по забезпеченню інформаційної безпеки: моніторинг; контроль; захист; протидія.

Для здійснення моніторингу та охорони території та акваторії приморського об'єкту пропонується використовувати всепогодні безпілотні автономні малогабаритні апарати (літальні, надводні, підводні) та наземні технічні засоби.

Маршрути патрулювання зазначених апаратів здійснюється по закладених алгоритмах, що змінюються при проведенні регламентних робіт.

Електроживлення стаціонарних технічних засобів здійснюється від трансформаторної підстанції, що знаходиться в межах зони, що охороняється, та не має сторонніх споживачів на низьковольтній стороні.

Провідні інформаційно-телекомунікаційні лінії, які використовуються для функціонування стаціонарних технічних засобів охорони та моніторингу, не мають виходу за межі зони, що охороняється.

Керування системою моніторингу та охорони приморського об'єкту здійснюється з пункту управління (далі – ПУ), що знаходиться в межах зони, що охороняється, до якого передається інформація щодо наземної, повітряної, надводної та підводної обстановки.

Для визначення меж зон дії системи моніторингу та контролю пропонується наступна умовна схема (рис. 1), яка містить наступні зони: R1 – зону, що охороняється; R2 – зону, що контролюється; R3 – зону, що перевіряється.

Для охорони наземної території використовується система сигналізації та система відеоспостереження, які підключені до пульта керування та сигналізації, що знаходиться на пункті управління. Лінії зв'язку вказаних систем не мають виходу за межі зони, що охороняється.

Контроль за перебуванням в межах зон дії системи моніторингу та прилеглої акваторії сторонніх суден, кораблів, катерів, літаків та безпілотних літальних апаратів здійснюється за допомогою стаціонарної радіолокаційної станції та безпілотних малогабаритних літальних апаратів із встановленою на них оптико-електронною апаратурою.

Контроль за перебуванням в межах зон дії системи моніторингу сторонніх суден, кораблів, катерів, підводних розвідувальних човнів, підводних безпілотних апаратів, засобів доставки плавців здійснюється за допомогою системи гідроакустичного моніторингу, станції якої встановлено на надводних та підводних безпілотних апаратах, оптико-електронної апаратури встановленої на надводних та підводних безпілотних апаратах та системи датчиків сейсмічної активності, рис. 2.

На рисунку позначено: 1 – радіолокаційна станція; 2 – безпілотний літальний апарат; 3 – безпілотний надводний апарат; 4 – безпілотний підводний апарат; 5 – датчик сейсмічної активності; 6 – буй; ПК – пункт керування.

Зв'язок між складовими системи моніторингу та контролю здійснюється за допомогою провідних, радіорелейних та гідроакустичних каналів зв'язку. Зв'язок апаратів між собою та з пунктом управління може здійснюватись напряму, при знаходженні в одному середовищі, або через інші апарати.

Для забезпечення надійного та безпечного функціонування системи, при передачі даних (команд управління, результатів спостереження, тощо) між складовими системи моніторингу та контролю застосовуються засоби криптографічного захисту інформації, з використанням криптоалгоритмів з гарантованою стійкістю та з можливістю переходу на інші частоти зв'язку при переведенні системи у інші режими функціонування.

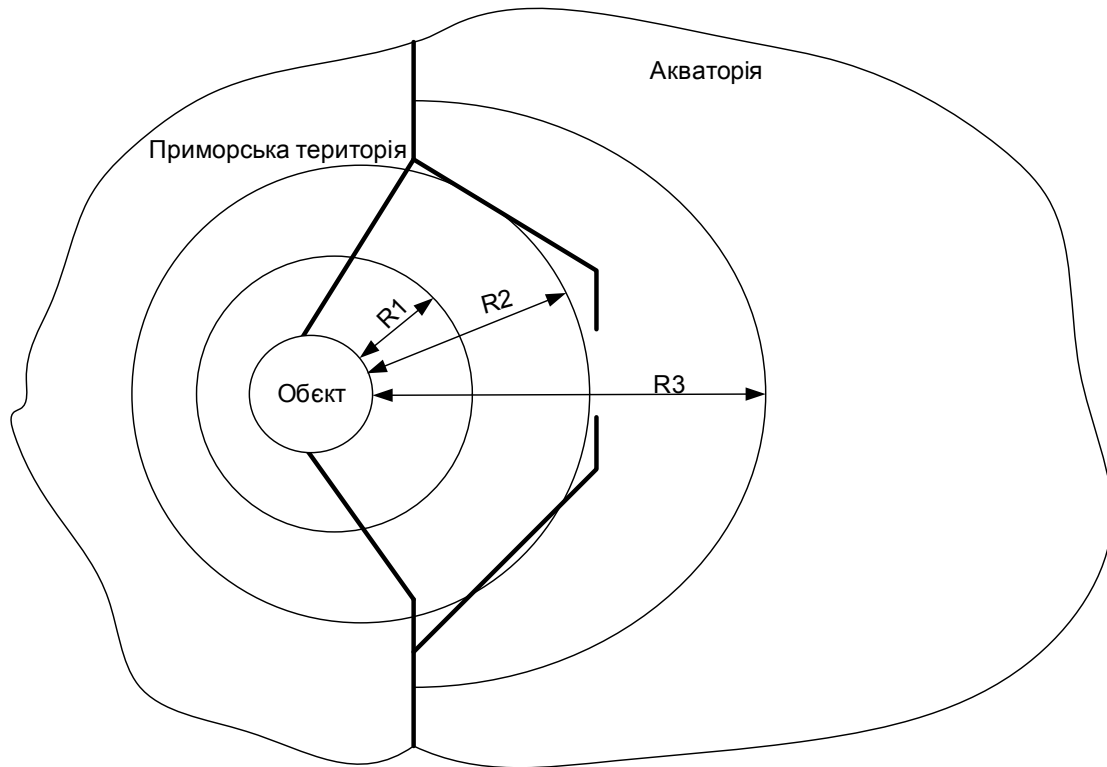


Рисунок 1 – Зони дії системи моніторингу

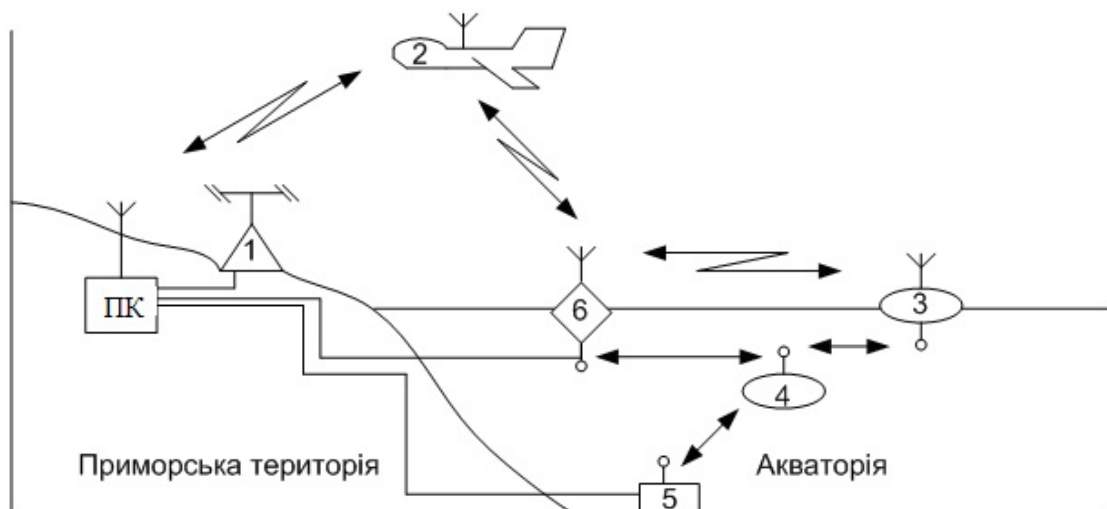


Рисунок 2 – Схема контролю за перебуванням в межах зон дії системи моніторингу сторонніх рухомих об'єктів

Для унеможливлення хибного спрацювання системи по проникненню на контрольовану зону, безпілотні апарати моніторингу та охорони та плавзасоби приморської бази необхідно оснащувати системою розпізнавання "свій-чужий", в якій також застосовуються криптографічні засоби захисту.

Вказаний підхід до побудови системи моніторингу приморських об'єктів може слугувати основою для розробки режимів автоматизованого та автоматичного її функціонування, що дасть змогу їх будувати як уніфіковані системи контролю загальнодержавного значення.

УДК 629.584

Сірівчук А. С., асистент кафедри ЕОС та ІБ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

РОЗРОБКА МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ ТРАЕКТОРІЄЮ РУХУ ДЛЯ СИМУЛЯТОРА ТРИВИМІРНОГО РУХУ ПІДВОДНОГО АПАРАТА

В наш час телекеровані підводні апарати (ПА) мають автоматичну або автоматизовану систему керування, що дозволяє більш ефективно виконувати поставлені перед ним задачі без високої кваліфікації оператора. В свою чергу деякі задачі, що виконує підводний апарат, не можуть бути реалізовані в повному обсязі людиною-оператором. Тому кожний підводний апарат має систему керування, що забезпечує виконання поставлених перед ним завдань.

Найбільш складною задачею для автоматичної або автоматизованої системи керування ПА є керування його рухом, оскільки на ПА завжди діють зовнішні збурення, а також в зоні роботи знаходяться перешкоди. В якості перешкод можуть виступати статичні (рельєф дна, гідротехнічні споруди, підводне сміття тощо) та рухомі (інші ПА, водолази, підводні агрегати) об'єкти. Тому система автоматичного керування (САК) повинна вміти не тільки забезпечувати проходження ПА по завчасно визначеному маршруту, а й мати можливість самостійно змінювати траєкторію руху ПА в залежності від ситуації.

В роботі [1] описана математичну модель підсистеми огинання перешкод на основі удосконаленого методу потенційних полів.

В якості удосконалення методу пропонується використання відштовхуючої дії лише тих перешкод, що лежать на шляху руху ПА. Для визначення чи лежить перешкода на шляху ПА використовується промінь який направлений до цілі (основний промінь). При такому підході до огинання перешкод свою чергу виникає можливість зіткнення ПА та перешкоди при невеликій відстані від маршруту руху та краю перешкоди за рахунок власних розмірів ПА.

Таким чином необхідно ввести допоміжні промені, що будуть враховувати дану можливість та будуть розташовані на деякому куті від основного направляючого променя (рис. 1). Допоміжні промені в свою чергу поділяються на горизонтальні та вертикальні. Горизонтальні допоміжні промені корегують відстань від краю перешкоди до ПА коли основний промінь не перетинає дану перешкоду. Задачею вертикальних допоміжних променів є корекція висоти руху над ґрунтом, над або під перешкодами, а також можливість огинання невисокої перешкоди.

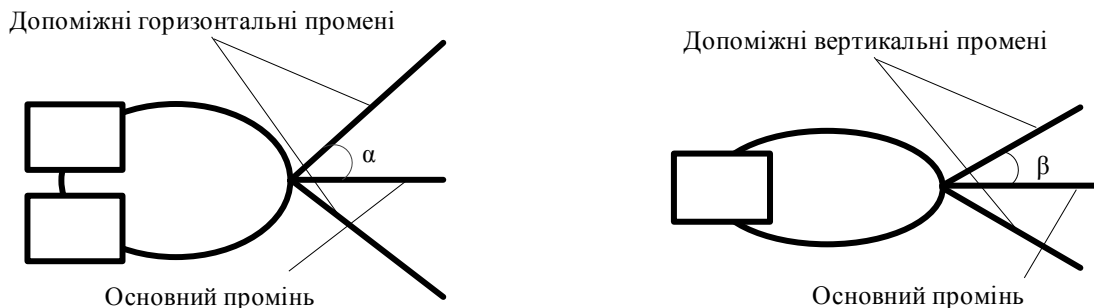


Рис. 1 Схематичне розміщення допоміжних променів відносно основного

Для перевірки працездатності математичної моделі було створено модуль для симулятора руху ПА. Простір, що знаходиться навколо ПА представимо замість ґрунту дна плоский диск з необмеженим радіусом на якому знаходяться перешкоди (рельєф, гідротехнічні споруди тощо), що представлені в моделі циліндрами, таку ж саму форму мають рухомі об'єкти, що знаходяться в товщі води, на поверхні або на дні. Таким чином перешкода матиме лише невелику кількість необхідних параметрів: координати центру основи (x_i , y_i) та глибину на якій вона знаходиться (z_i), висоту (h_i) та радіус перешкоди (R_i).

Було створено алгоритм роботи даного модуля (рис 2). Даний модуль перш за все отримує данні про положення перешкод в просторі, поточне місцезнаходження ПА та точку куди він має дійти.

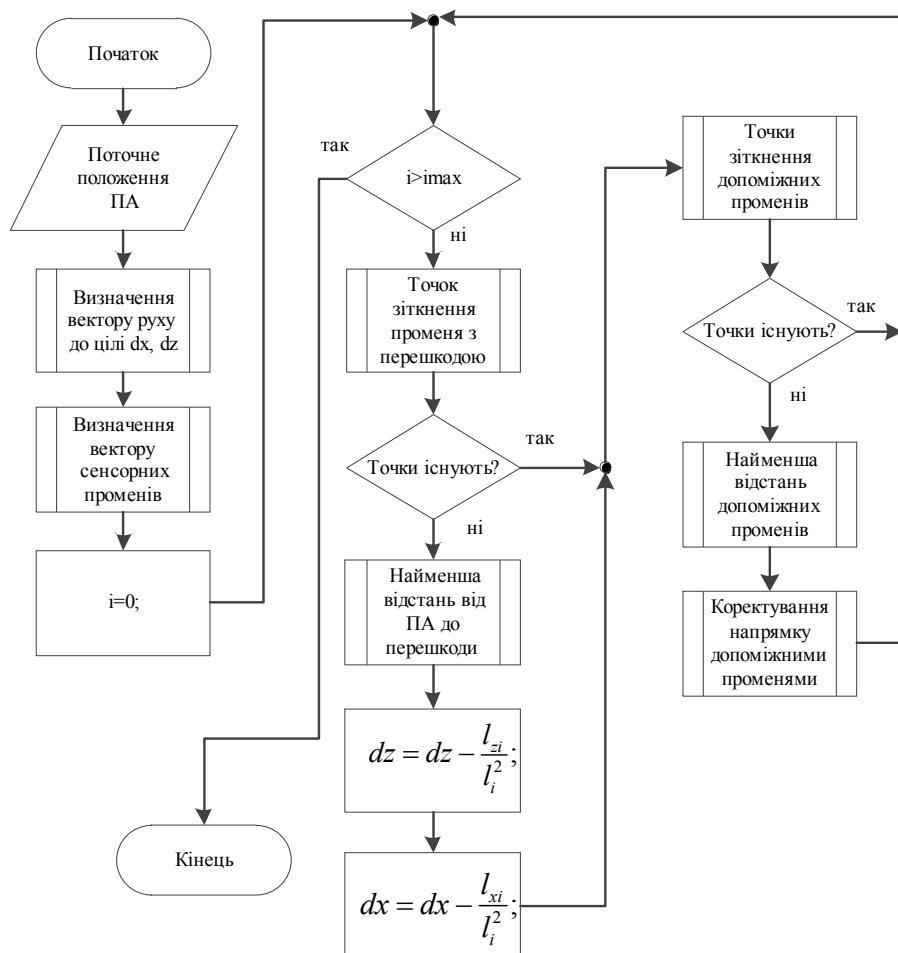


Рис 2. Алгоритм роботи модулю огинання перешкод

Потім визначається одиничний вектор напрямку руху ПА dx та dz . Вданому модулі огинання перешкод використовуємо шість променів, які будуть вимірювати дальність. Перший промінь буде направлений по напрямку до цілі та матиме приріст dx та dz , два відхилені на $\pm 60^\circ$ від першого по горизонталі та два відхилені по вертикалі.

Після цього визначаємо, чи лежить проекція перешкоди і на курсі руху ПА, якщо лежить то визначаються точки перетину променем перешкоди за допомогою розв'язання квадратного рівняння. Якщо існують точки перетину то розраховується відстань між ними та ПА, та обирається найменша лі.

Далі визначається чи лежить перешкода на одній горизонталі з апаратом. Якщо так то розраховується вплив перешкоди по основному промені, в противному разі розраховується лише вертикальний вплив перешкоди на траєкторію руху ПА.

Останніми розраховуються впливи на траєкторію руху показники допоміжних горизонтальних променів.

Для формування корегованого вектору швидкості перевіряються всі перешкоди $i_{\max}$ в зоні роботи ПА.

Висновок. Моделювання побудови траєкторії руху в симуляторі руху ПА показало ефективність роботи математичної моделі при русі ПА в полі статичних та рухомих перешкод.

Список використаних джерел:

1. Сірівчук, А. С. Розробка підсистеми огинання перешкод для самохідного підводного апарата [Текст] / А. С. Сірівчук // Підводна техніка і технологія : Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю: В 2 ч. - Миколаїв: НУК, 2014. – Ч.2- С. 44-45. (Для службового користування).

СЕКЦІЯ 5. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З АВТОМАТИКИ, КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**УДК 621.314:629.503-83**

Блінцов В.С., д.т.н., проф.; Жук О.К., к.т.н., доцент; Жук Д.О. к.т.н., доцент; Бондаренко С.М., Криворучко Д.В.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЛАБОРАТОРІЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ СУДНОВИХ

Досвід, накопичений Інститутом автоматики і електротехніки НУК ім. адмірала Макарова, забезпечує глибоку теоретичну підготовку фахівців електротехнічного спрямування, в тому числі електромеханіків з експлуатації суднового електроустаткування і засобів автоматики. Суднові електромеханіки після закінчення ВНЗ отримують міжнародне визнання і користуються попитом у працевластувачів.

Безперервне технічне удосконалення суднового силового електрообладнання та засобів комплексної автоматизації суден, застосування на судах сучасних інформаційних технологій і засобів комп'ютерної техніки, вимагають постійного підвищення рівня знань та практичних навичок обслуговуючого персоналу.

Зрозуміло, що лабораторна база підготовки електромеханіків потребує регулярного оновлення згідно з поточними тенденціями технічного оснащення флоту.

Актуальним є створення лабораторії із суміщенням функцій навчально-практичної підготовки фахівців та можливостями виконання наукових досліджень.

До складу лабораторного обладнання мають бути включені такі основні сегменти – апаратна модель суднової електростанції з головним розподільчим щитом, центральний пост керування, групи навантажень; конструктивна і функціональна схожість з реальними судновими аналогами; використання елементної бази аналогічної суднової; технічна реалізація із врахуванням типових схемних рішень, запроваджених на сучасних судах; забезпечення можливості відпрацювання всіх основних технічних функцій електромеханіка за змістом його підготовки згідно ПДНВ.

Сегменти суднової електростанції у складі лабораторії може бути виконано за схемою (рис.1), де прийнято наступні позначення: ТР1, ТР2 – підвищувальний і знижувальний трансформатори, G1 – G5 – генератори синхронні, АД1 – АД4 – асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором; СВН – секція високої напруги (високовольтна секція), СГЛБ – секція генераторна (лівий борт), СГПРБ – секція генераторна (правий борт), СВГ – секція валогенератора, САГ – секція аварійного генератора, СКРП – секція компенсатора реактивної потужності, БМ – берегова мережа; ГРЩ – головний розподільчий щит, ЩВГ – щит валогенератора, ЩАГ – щит аварійного генератора, ЩВН – щит високовольтний; РЩН ЛБ, РЩН ПрБ – щити розподілу навантажень (лівий і правий борт); ЗП АБ – зарядний пристрій акумуляторних батарей; МДП – моделі дизельних приводів на базі за схемою «перетворювач частоти – асинхронний двигун»; ПЧ – перетворювач частоти за схемою «некерований випрямляч – автономний інвертор напруги»; ДД – дизельний двигун; ГЕД, ПП – гребні електродвигуни, підрулюючі пристрої; Q1 – Q15 – автоматичні вимикачі (АВ), К1 – К11 – контактори, S1 – S3 – комутатори АБ.

ГРЩ (MSB) складається із однотипних за габаритами секцій-шкафів 600x1800x600 мм: ЩВН (HVSБ), ЩВГ (SGSB), 3-х ідентичних щитів допоміжних дизель-генераторів (DGSB), ЩАГ (EDG SB), щитів керування і синхронізації (MSB CONTROL), живлення з берега БМ (SCSB), КРП (RPC), вторинного живлення та зарядного пристрою акумуляторних батарей аварійного освітлення і пускових акумуляторів. Розподільчі щити, щит компенсатора і вторинного електроживлення на рис.2 не наведені.

Відповідно до скелетної схеми СЕС (рис.2) головна шина ГРЩ виконана за кільцевим принципом та розділена на чотири секції: ЛБ, ПрБ, ВГ (SGSB) і АДГ (EDG SB). Основні секції живлять ЩРН 2-ї групи ЛБ і ПрБ відповідно. Секція SGSB призначена для живлення потужних споживачів, наприклад ГЕД, ПП, крани і т.і.. Відповідальні споживачі підключені до секції EDG SB. Такий розподіл шин дозволяє імітувати різні режими роботи СЕС, а також аварійні ситуації будь-якої складності.

Керування ГРЩ і СЕС у цілому передбачається в ручному і автоматичному режимах, що дозволить моделювати СЕС різних класів автоматизації. Автоматичний режим реалізується із використанням центрального контролера (наприклад на базі PLC) в секції MSB CONTROL та комп'ютера верхнього рівня на пульті ЦПК.

Локальне (міське) керування секціями реалізується окремими контролерами із функціями аварійної сигналізації секційного обладнання і генераторних агрегатів. Використання PLC дає гнучкість з погляду на апаратного моделювання наявних і перспективних систем керування СЭС.

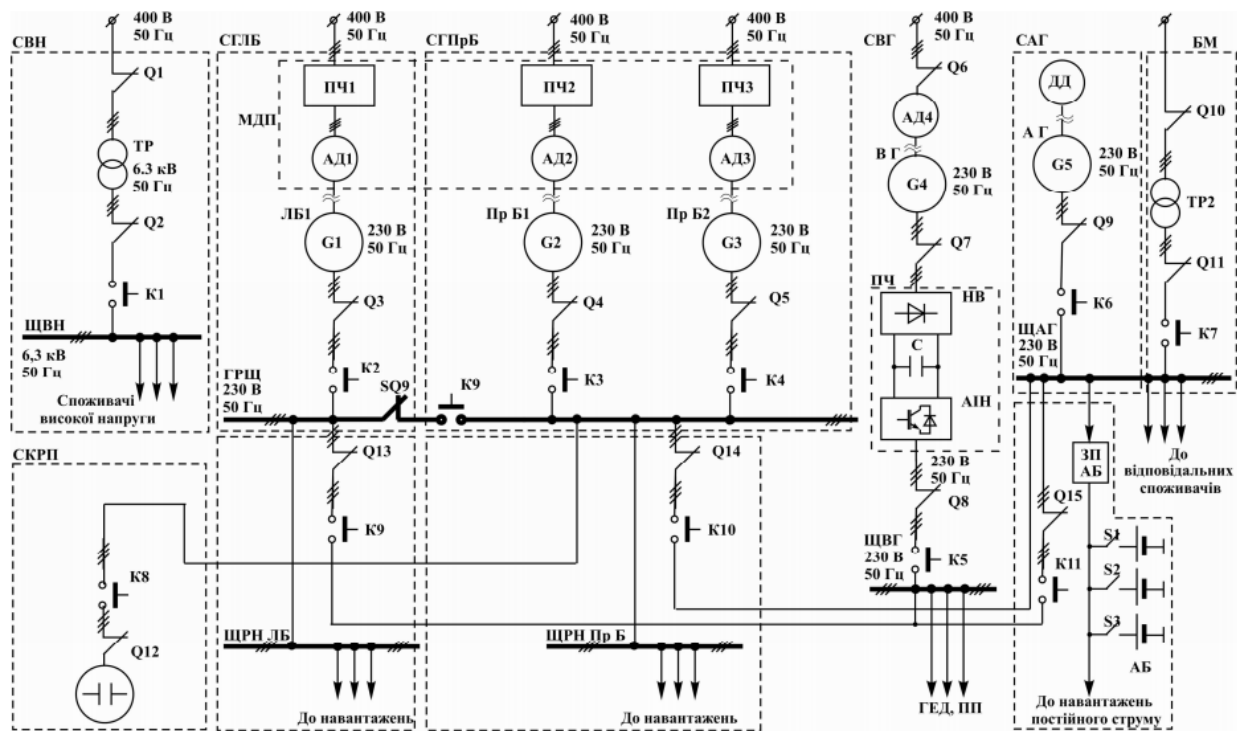


Рисунок 1 – Схема електрична принципова сегменту суднової електростанції у складі лабораторії для суднових електромеханіків

Конструкція (лицеві панелі) щитів ГРЩ реалізованого за схемою, наведеною на рис.2, представлена на рис.2.

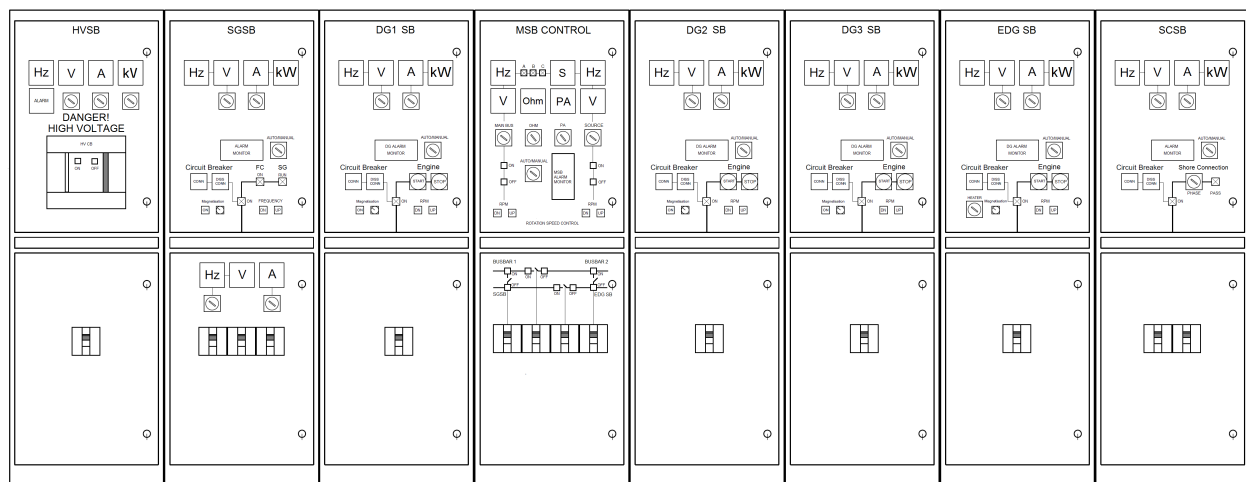


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд панелей головного розподільного щита у складі апаратної моделі суднової електростанції

На щиті MSB CONTROL містяться панель керування і сигналізації центрального контролера (MSB Alarm Monitor), перемикач режимів секції «Auto/Manual», вимірювальні прилади з перемикачами для пофазного контролю, кнопки керування АВ (або контакторами) джерел і обертками головних двигунів. В нижній частині секції розміщена мнемосхема секціонування головної шини з кнопками керування і секційні автомати. Використовуються кнопки з вбудованою світловою сигналізацією.

Перемикачі MAIN BUS і SOURCE призначені для комутації світлодіодного синхроскопа з мікропроцесорним керуванням, пар вольтметр-частотомір (підключених до відповідних боків синхроскопа), кнопок керування АВ джерел (СГ та МБ) і кнопками регулювання обертів їх приводів. Перемикач MAIN BUS обирає одну з чотирьох секцій головної шини та передбачає п'ять положень «вимкнено». Перемикач SOURCE має шість положень, які відповідають кількості джерел, що можуть бути введені на головну шину і положення «вимкнено». Світлодіодний синхроскоп дублюється ламповим (з джерелами світла на загасання) (А, В, С).

На щиті також знаходиться аналізатор якості електроенергії та його перемикач. Перемикач комутує аналізатор з трансформаторами струму і лініями одного з шести джерел електроенергії або відключає прилад, т.ч. має 7 положень. Аналізатор вимірює всі види потужності, коефіцієнт потужності та інші показники якості електроенергії (ПЯЕ). Стаціонарний мегомметр Ohm підключається відповідним перемикачем до будь-якої секції головної шини, до мережі вторинного живлення. Його перемикач має шість положень в т.ч. «вимкнено».

Секція валогенератора SGSB містить АВ живлення привода генератора, АВ в колі генератор-ПЧ, і АВ підключення на головну шину. Автоматичні вимикачі розміщені в нижній частині секційного щита поряд з ПЧ валогенератора. Вихідні параметри ВГ контролюються частотоміром, вольтметром і амперметром, розміщеними також в нижній секції щита. Вольтметр і частотомір підключені паралельно один до одного і комутуються лінійним перемикачем з четвертим положенням «вимкнено». Амперметр комутується з трансформатором струму трипозиційним перемикачем.

Верхня частина секції містить лінійний вольтметр і частотомір, амперметр і кіловатметр для контролю вихідних параметрів ПЧ ВГ. Відповідні пари приладів комутуються перемикачами на чотири і три положення тощо. Нижче розміщується пульт секційного контролера, перемикач режиму керування «Auto/Manual», кнопки керування генераторними АВ (контакторами) «Connect, Disconnect», кнопки регулювання частоти «Up, Down», а також індикатори роботи ВГ «SG Run», ПЧ «FC On» та індикатор підключення на головну шину «CB On». Ввімкнення струму збудження «Magnetisation» здійснюється кнопкою «On», а підстроювання його величини – розміщеним поряд регулятором.

Щити допоміжних генераторів (DG SB) оснащені аналогічно секції валогенератора крім відмінності верхньої частини секції у функціях секційного контролера і наявності кнопок пуску-останову приводного двигуна. Нижня частина секції містить генераторний АВ.

Щит АДГ (EDG SB) аналогічний щитам допоміжних генераторів за виключенням наявності вимикача системи прогрівання приводного двигуна замість вимикача струму збудження. Генераторний агрегат винесений за межі приміщення, оскільки приводом є реальний дизельний двигун.

Щит живлення з берега підключений з одного боку до зовнішньої мережі 400В через понижувальний трансформатор. Тому перемикач вольтметра і частотоміра має сім положень – для контролю лінійної напруги до і після трансформатора. Вимірювання струму і споживаної потужності реалізовано аналогічно секціям допоміжних генераторів. Алгоритм роботи секційного контролера відрізняється відсутністю функцій контролю приводного двигуна і кнопок керування частотою обертання. Додатково уведена функція контролю чергуванням фаз джерела і індикатор «Pass», а також ручний перемикач чергування фаз «Phase». Автоматичні вимикачі зовнішньої мережі і введення на головну шину, понижувальний трансформатор розташовані в нижній частині секційного щита. Щит зв'язаний із шиною щита АДГ.

Щит компенсатора реактивної потужності містить керований фільтрокомпенсуючий пристрій (КФКП) з напівпровідниковими ключами і мікроконтролерним керуванням. Система керування КФКП використовує як вхідні сигнали показники якості електроенергії (ПЯЕ), які вимірюються аналізатором якості електроенергії РА, розміщеним на щиті керування. Верхня частина щита містить пульт керування і сигналізації контролера компенсатора, перемикач режиму «Auto/Manual» і кнопки керування секційним АВ.

Щит вторинного живлення і зарядного пристрою акумуляторних батарей підключений до шин секції АДГ. Щит містить понижувальний трансформатор 230/24В, АВ в колі первинної обмотки ТР, випрямляч, автоматичний зарядний пристрій акумуляторів аварійного освітлення, вольтметр і амперметр постійного струму з перемикачами. Перемикач вольтметра має чотири положення: мережа 24В; напруга акумуляторної батареї 1 і 2; «вимкнено». Амперметр перемикається між виходом випрямляча, колами АКБ1 і АКБ2, а також входом РЩ 24В – чотири положення перемикача. РЩ24 В розташований в нижній частині щита. АКБ винесені в окреме вентильоване приміщення поряд з АДГ і використовуються для пуску стартера приводного дизеля. Щит обладнаний пультом сигналізації і контролює напругу мережі 24В, АКБ1 і 2. В щиті знаходиться схема ввімкнення аварійного освітлення від АКБ.

Високовольтна секція HVSB не має підключення до головної шини. Джерелом високої напруги є підвищувальний трансформатор 400/6300В. Трансформатор зв'язаний через АВ із місцевою трифазною мережею 400В. На боці високої напруги передбачається установка вакуумного або елегазового АВ, контрольного амперметра і кіловольтметра, підключених через вимірювальні трансформатори. Вхідна напруга контролюється парою вольтметр/частотомір, аналогічно секціям DG SB. Щит оснащено захисною сигналізацією несанкціонованого відкриття дверей з функцією відключення уведеного в роботу трансформатора і попереджувальними написами. Для роботи з високою напругою передбачені засоби захисту відповідно техніці безпеки і переносний високовольтний вимірювальний інструмент. Секція дозволяє під спостереженням інструктора відпрацьовувати прийоми роботи з колами високої напруги і отримати наочне уявлення про техніку високої напруги.

Передбачена попереджувальна і захисна звукова та світлова сигналізація при будь-яких режимах керування. Робота системи спрямована перш за все на безпеку курсантів, а потім на захист стенового устаткування.

Для запропонованого в роботі сегменту СЕС у складі лабораторії можна виділити наступні основні режими роботи ГРЩ:

1. Живлення від одного, двох, або трьох допоміжних генераторів і аварійного генератора ввімкнених паралельно. Синхронізація і розподіл потужності в ручному і автоматичному режимах. Програмування пріоритету (черги) ввімкнення генераторів. Резервування потужності. Режим самосинхронізації. Роздільна робота секцій головної шини.

2. Роздільна і синхронна робота валогенератора. Ручна і автоматична синхронізація ВГ з шинами ГРЩ. Автоматичний і ручний розподіл потужності. Перехід живлення суднової мережі з ДГ на ВГ і навпаки

3. Синхронний і несинхронний перехід живлення суднової мережі на берегове джерело і назад. Облік споживаної потужності від берегового джерела.

4. Автоматичний запуск АДГ при знеструмленні ГРЩ. Моделювання аварійних сценаріїв на головній шині, генераторних агрегатах. Керування навантаженням СЕС в аварійних ситуаціях в автоматичному і ручному режимах.

Крім функції навчально-практичної підготовки суднових електромеханіків, запропонована модель лабораторії за складом і змістом є повноцінним об'єктом для виконання науково-дослідницьких робіт. Зокрема, наявність в лабораторній установці напівпровідникових перетворювачів і електроприводів на їх основі, КФКП та аналізаторів ПЯЕ дозволяє використовувати її при виконанні наукових досліджень у галузі електромагнітної сумісності і якості електроенергії в автономних (суднових) електроенергетичних системах.

Експерименти при різноманітних режимах СЕС та її навантаженнях можуть проводитися вже при використанні штатних щитових вимірювальних приладів відповідного призначення – аналізатори якості електроенергії РМ710 (з комп'ютерним інтерфейсом), LOVATO DMK 30 та ін..

Оснащення лабораторії невеликою кількістю додаткового вимірювального обладнання (цифровий осцилограф, аналізатор спектра) з USB інтерфейсами у комплексі із сучасними засобами забезпечення ЕМС і підвищення ЯЕ, наприклад запропонованим в [2], надасть можливість проведення повноцінних науково-дослідних робіт з автоматизацією обробки інформації на ПЕОМ при дослідженні електромагнітних процесів.

Висновки

Реалізація всіх сегментів запропонованої в роботі моделі лабораторії надасть змогу значно підвищити якість підготовки фахівців-електромеханіків суднового спрямування та виконання основних вимог ПДНВ щодо їх знань і вмінь, а також забезпечить їх адаптацію до майбутнього робочого місця і функції.

Лабораторія є корисною для проведення широкого спектра наукових досліджень у галузі електромагнітної сумісності і якості електроенергії в автономних (суднових) електроенергетичних системах з напівпровідниковими перетворювачами

Список використаної літератури:

1. Блінцов В.С., Жук Д.О., Жук О.К., Подлубний О.Г., Бондаренко С.М. Проблеми і задачі практичної підготовки електромеханіків суднових. Інновації в суднобудуванні та океанотехніці IV Міжнародна науково-технічна конференція. – Миколаїв: НУК, 2013.

2. Жук А.К., Жук Д.А., Криворучко Д.В. Моделирование электроэнергетической системы с тиристорным преобразователем и фильтрокомпенсирующим устройством // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» – 2014, С. 76-82.

УДК 681.5

Блінцов В. С., д.т.н., професор

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

РОЗВИТОК НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО СПЕЦІАЛЬНОСТІ 8.05070202 «ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»

На середину 20-го сторіччя прийшовся бурхливий розвиток суднобудівної галузі колишнього СРСР. Країна активно будувала судна рибпромислового, транспортного та технічного флоту, створювала інженерні споруди для освоєння шельфу, надводні та підводні кораблі для Військово-морського флоту.

Час вимагав будувати судна з високим рівнем електроенергообладнання та автоматизації. За таких умов у МКІ імені адмірала С.О.Макарова у 1953 р. було створено кафедру електрообладнання суден, а у 1965 році – факультет електрообладнання суден, сьогодні – інститут автоматики і електротехніки.

Першим завідувачем кафедри було призначено д.т.н., професора Аронова Р.Л., першим деканом факультету – к.т.н., доцента Михайлова В.С., у подальшому - д.т.н., професора, Заслуженого працівника освіти України, академіка Академії вищої школи України, відомого науковця у галузі суднової електроавтоматики.



Професор Аронов Р.Л.



Професор Михайлов В.С.

Розвиток організаційної структури факультету-інституту показано на рис. 1, а розвиток науково-виробничої діяльності – на рис. 2

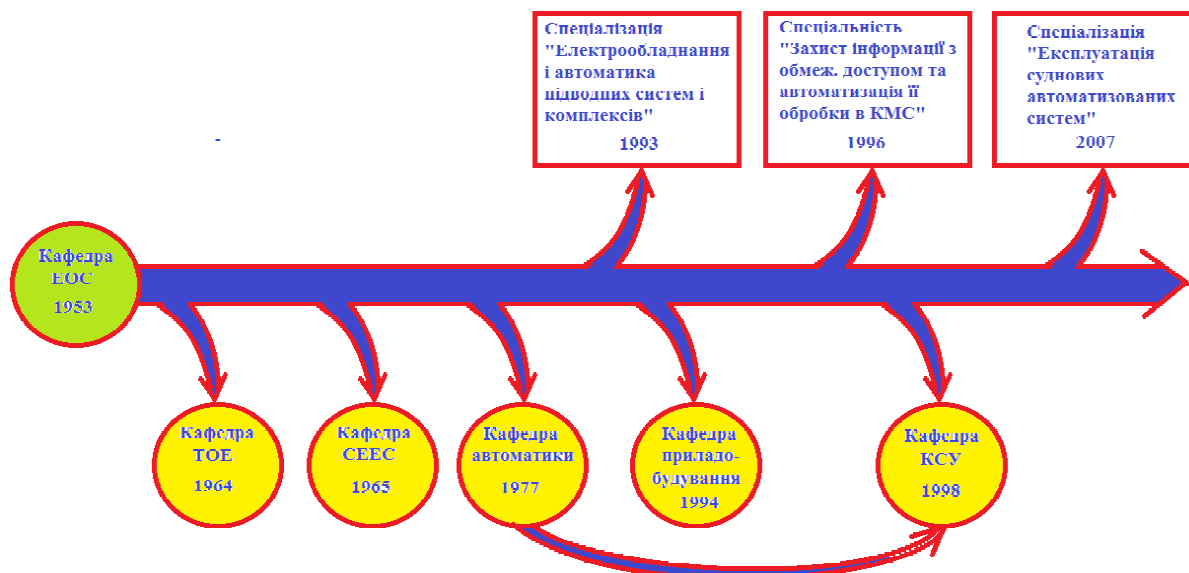


Рисунок 1 - Розвиток організаційної структури факультету електрообладнання суден – інституту автоматики і електротехніки НУК



Рисунок 2 - Розвиток науково-виробничої діяльності факультету електрообладнання суден – інституту автоматики і електротехніки НУК

Сьогодні фахівців та магістрів за вказаною спеціальністю готують кафедри «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» та «Суднові електроенергетичні системи».

Окрім базової спеціальності, підготовка фахівців проводиться також за двома спеціалізаціями:

- за спеціалізацією 8.05070202 «Електрообладнання і автоматика підводно-технічних систем і комплексів»;
- за спеціалізацією 7.092201.03 «Експлуатація суднових автоматизованих систем».

Це гарантує затребуваність і працевлаштування випускників кафедри у багатьох галузях промисловості України, інших країн, а також на судах закордонного плавання.

Випускники кафедр, які мають нахил до дослідницької діяльності, мають можливість продовжити навчання в аспірантурі. Так, за період 2010-2014 р.р. до аспірантури НУК вступили випускники кафедри «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» Авдеєва О.А., Войтасик А.М., Нгуен Т.Х., Клочков О.П., Сірівчук А.С., Тхи Д.Ф.

Крім того, кафедра «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» є також випускаючою у галузі знань «Інформаційна безпека» (спеціальність 7.17010201 "Системи технічного захисту інформації, автоматизація її обробки"), у рамках якої готує інженерно-технічні кадри професіоналів з організації захисту інформації з обмеженим доступом для державних установ та приватних підприємств. Наукове спрямування цієї спеціальності у поєднанні з науковими здобутками напрямку «Електромеханіка» дало змогу створити в Україні новий прикладний науково-технічний напрямок «Роботизований контроль доступу на захищені акваторії», де об'єднуються інженерні та наукові знання для побудови електромеханічних систем і пристроїв охорони морських акваторій держави.

Навчальна діяльність кафедр «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» та «Суднові електроенергетичні системи» характеризується власними інноваційними розробками членів кафедр і ґрунтується на наукових дослідженнях, які проводяться у рамках наукових шкіл під керівництвом її провідних науковців.

На кафедрі «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» створено наукові школи «Підводна техніка» (керівник – проф. В. С. Блінцов) та «Енергозбереження в електроприводі» (керівник – д.т.н., проф. В. І. Локарев).

На кафедрі суднових електроенергетичних систем створено наукову школу «Енергоресурсозбереження у електромашинобудуванні і судновій силовій електротехніці» (керівник – д.т.н., проф. Ставинський А.А.)

На протязі останніх 3-х років під науковим керівництвом зав. кафедри д.т.н., професора Блінцова В.С. започатковано новий науковий напрямок «Створення безекіпажних морських систем», який визнано пріоритетним для ВМС ЗС України та за яким затверджено відповідні тематичні картки ДРЗ ОБТ МО України.

Вказані наукові напрямки характеризують затребуваність спеціальності 8.05070202 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» для вітчизняних підприємств і організацій суднобудування, водного транспорту, Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) України, Міністерства оборони (МО) України, Національної академії наук (НАН) України, а також визначають подальший розвиток України як морської держави. Це підтверджується низкою держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт, виконаних фахівцями кафедри на протязі останніх років, та успішним проведенням унікальних морських підводних експедицій за замовленням ДСНС, МО та НАН України.

Крім того, наукові здобутки кафедри «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» за науковим напрямком «Підводна техніка» є затребуваним на зовнішньому ринку освітянських та наукових послуг, зокрема, у Росії, Польщі, Китаї, В'єтнамі, Ірані.

Кафедра електрообладнання суден була створена в 1953 р. З 2007 р. вона має назву «Електрообладнання суден та інформаційної безпеки». За час існування кафедри її очолювали: д.т.н., проф. Р. Л. Аронов, кандидати технічних наук, доценти П. О. Мещанінов, В. С. Михайлов, В. В. Краснов. З 1984 р. завідувачем є к.т.н., доцент (у подальшому – д.т.н., проф.) В. С. Блінцов.

У складі кафедри сьогодні працюють: д.т.н., проф. В. С. Блінцов, д.т.н., проф. В. І. Локарев, кандидати технічних наук, доценти Я. Б. Волянська, Д. О. Жук, П. Г. Клименко, В. В. Краснов, С. С. Козирев, Д. В. Костенко, С. М. Нужний, В. М. Овсянников, Д. М. Самойленко, М. В. Турти, Е. А. Швець, старший викладач О. О. Щелконогов, викладачі С. М. Волянський, О.П. Клочков, С. Л. Трибулькевич, а також аспіранти А. А. Авдеєва, Л. Т. Алоба, А. М. Войтасик, Г. С. Грудініна, В. І. Корицький.

На базі кафедри «Електрообладнання суден та інформаційна безпека» функціонує три навчально-науково-виробничі підрозділи:

- учбово-науково-методичний комплекс із ВПУ-21 і ВАТ «МП ЕРА» для підготовки фахівців за інтегрованими навчальними планами;
- науково-дослідний інститут підводної техніки;
- морська лабораторія «Дельта».

Кафедра «Суднові електроенергетичні системи» була створена у лютому 1965 року і спочатку мала назву «Кафедра електричних машин і апаратів». Кафедра забезпечує викладання дисциплін за напрямками підготовки Інституту автоматики та електротехніки (ІАЕ) та Машинобудівного інституту.

Першим завідувачем був призначений кандидат технічних наук, доцент Мещанінов П. О., який керував кафедрою до 1986 року. З 1986 по 1994 роки та з 1994 по 1997 роки кафедрою завідували відповідно канд. техн. наук, доц. Подимака В. І. та д.т.н., проф. Кутковецький В. Я. З 1997 року по теперішній час кафедрою завідує відмінник освіти України, нагороджений нагрудним знаком «За наукові досягнення», д.т.н., проф. Ставинський Андрій Андрійович.

На кафедрі «Суднові електроенергетичні системи» створено наукову школу «Енергоресурсозбереження у електромашинобудуванні і судновій силовій електротехніці» (керівник – д.т.н., проф. Ставинський А.А.), яка веде дослідження і вдосконалення спеціальних електродвигунів, трансформаторів і генераторів, зокрема судового і

підводно-технічного призначення. За вказаними напрямками у період з 2000 року в аспірантурі НУК імені адмірала Макарова вивчалися п'ять випускників кафедри. Усі вказані випускники, а саме Блінцов С.В., Кімстач О.Ю., Новогрецький С.М., Плахтир О.О., Радченко А.М. захистили кандидатські дисертації та четверо з них на даний час є викладачами кафедри.

Завідувач кафедри «Суднові електроенергетичні системи» Ставинський А.А. є членом вченої ради К41.052.05 по захисту кандидатських дисертацій за науковими спеціальностями електромеханічного напрямку з шифрами 05.09.01 «Електричні машини і апарати» і 05.09.03 «Електротехнічні системи і комплекси» при Одеському національному політехнічному університеті (ОНПУ).

Результати наукових досліджень кафедри кожен рік публікуються у статтях, що розміщуються у фахових збірниках наукових праць та журналах, зокрема в центральних наукометричних міжнародних журналах України «Електротехнічні та комп'ютерні системи» і «Електротехніка і електромеханіка» та деяких провідних закордонних електротехнічних журналах, наприклад російських «Судостроение» (Санкт Петербург), «Электротехника», «Электричество» (Москва). Вказані результати також патентуються і доповідаються на українських науково-технічних конференціях з міжнародною участю.

Викладачі кафедри підтримують науково-практичні зв'язки з підприємствами Миколаєва та інших міст України, на яких здійснюється проектна або виробнича діяльність, що пов'язана з електромеханікою та судновою електротехнікою. До таких підприємств відносяться ВАТ «Чорноморсуднопроект», ПАТ «Інгул» (трансформаторний завод), ВАТ «Екватор», ВАТ «Ера» (м. Миколаїв), відділення УкрЦНДІ вибухозахищеного і рудничного електрообладнання (м. Нова Каховка).

Кращі студенти обох кафедр приймають активну участь у науковій роботі та у конкурсах студентських наукових робіт. Зокрема, за результатами других турів щорічного Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук за напрямом «Суднобудування та водний транспорт» студенти кафедр «Електрообладнання суден і інформаційна безпека» та «Суднові електроенергетичні системи» у 2012 році за профільними секціями заняли одне 1 та одне 3 місце, у 2013 році – два 1 місця, два 2 місця і одне 3 місце, у 2014 році – одне 1 місце, два 2 місця і два 3 місця та відзначені наказом МОН України.

Видатні випускники спеціальності «Електрообладнання суден» (після 2004 р. – спеціальність «Електричні системи і комплекси транспортних засобів»):

Вадатурський А.О. (випуск 1996 р.) – Народний депутат України;

Вільський Г.Б. (випуск 1971 р.) – ректор Миколаївського політехнічного інституту;

Горбачев В.С. (випуск 1984 р.) – заступник голови правління «Райффайзен Банк Аваль»;

Запорожець Ю.М. (випуск 1973 р.) – Народний депутат України;

Ісаков С.М. (випуск 1985 р.) – заступник голови Миколаївської ОДА;

Ляковський Г.Д. (випуск 1965 р.) – директор МП «ЕРА»;

Мещанінов О.П. (випуск 1972 р.) – Перший проректор Чорноморського державного університету імені Петра Могили;

Семенов Ю.О. (випуск 1972 р.) – генерал-майор Служби безпеки України;

Скороходов В.А. (випуск 1973 р.) – ректор Славистичного університету Києво-Могилянської академії.

Сьогодні, незважаючи на складні умови існування, спеціальність 8.05070202 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» постійно розвивається, а її випускники впевнено дивляться у своє майбутнє.

УДК 62-83:629.584

Волянська Я.Б., к.т.н., Волянський С.М., асистент.

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

СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРІЇ «ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА СИЛОВОЇ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ»

Тенденції сучасної вищої освіти говорять про те, що учбовий процес нині потребує переорієнтації: із запам'ятовування готових знань необхідно переходити на формування умінь критично, творчо мислити, обробляти наукові знання. Методи й засоби навчання розкриваються у формах організації навчального процесу, в основних видах навчальної діяльності (лекцій, семінарів, практичних занять, лабораторних робіт). Так, наприклад, лабораторні роботи спрямовані на об'єднання теоретико-методологічних знань і практичних навичок студентів шляхом роботи студентів з матеріальними об'єктами або моделями предметної області курсу. На лабораторному занятті доцільно використовувати спеціалізовані електронні тренажери, що імітують реальні установки, об'єкти дослідження й умови проведення експерименту та містять вбудовані засоби автоматизації контролю знань, умінь і навичок студентів. Вони особливо потрібні, коли в реальних умовах експеримент ускладнений або взагалі неможливий для виконання [1].

На кафедрі електрообладнання суден та інформаційної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова створено сучасну інноваційну науково-дослідницьку лабораторію

«Теоретичних основ електропривода та силової перетворювальної техніки», діяльність якої направлена на вивчення курсів «Теорія електропривода», «Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів», «Енергозбереження в електроприводі». Останні розробки фахівців лабораторії дозволяють виконувати більшість лабораторних робіт з використанням комп'ютерної техніки. Лабораторія оснащена сучасним обладнанням – це лабораторні стенди НТЦ-02.000 «Автоматизоване управління електроприводами», комп'ютери.

Лабораторний стенд НТЦ-02.000 у своєму складі має (рис. 1):

Лабораторний стіл.

2. Функціонально лицьова панель розбита на шість блоків:

1) схеми управління електродвигуном постійного струму.

Блок дозволяє досліджувати пуск двигуна постійного струму у функції часу, у функції ЕРС, у функції струму, гальмування у функції часу, у функції ЕРС, гальмування противовключенням;

2) схеми управління асинхронним електродвигуном.

Блок дозволяє досліджувати пуск, реверс, гальмування противовключенням і динамічне гальмування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Також у блоці розташовується регулятор струму динамічного гальмування;

3) блок перетворювача тиристора і замкнутої системи управління ДПС.

Регулятор тиристора забезпечує плавну зміну вихідної напруги від 0 до 80В. Замкнута система управління має зворотні зв'язки по струму і за швидкістю

4) блок електричних машин, в якому встановлені: електродвигун постійного струму, асинхронний двигун з короткозамкненим ротором і тахогенератор. Вали електричних машин пов'язані між собою гумовим пасиком;

5) блок регуляторів і секундоміра.

У блоці розташовані регулятори витримок реле часу, реле струму, рівня спрацьовування компараторів, регулятор рівня струму динамічного гальмування, регульовані пускові резистори в ланцюзі якоря двигуна. Також у блоці розташовується цифровий індикатор секундоміра і його органи управління;

6) блок вимірювальних приладів і джерел живлення. У блоці розташований мережний вимикач і світлодіодна індикація включення живлення в кожній фазі, мережні запобіжники.

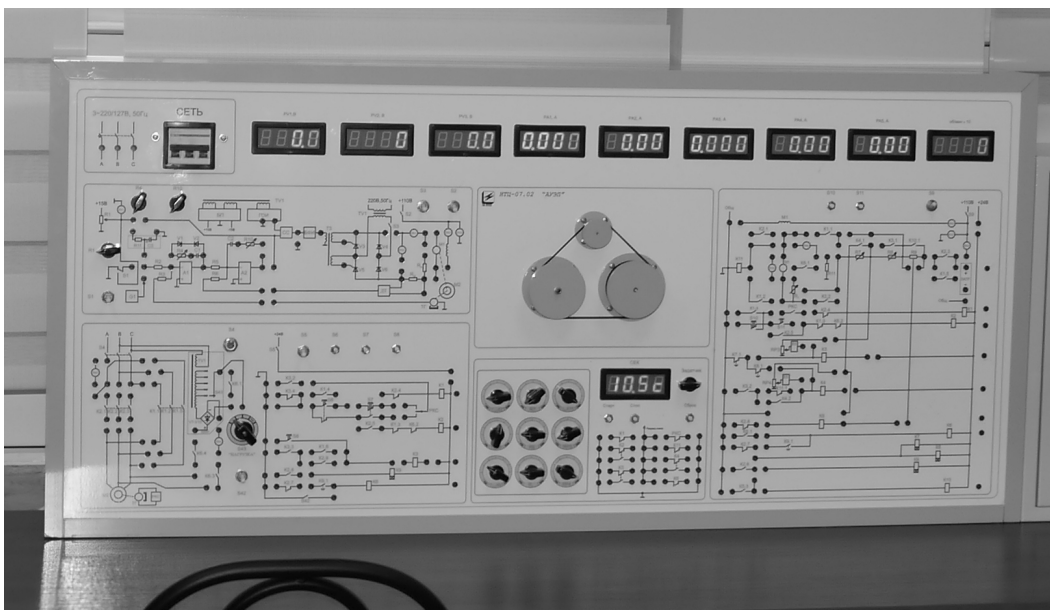


Рис. 1. Лабораторний стенд НТЦ-02.000

Для проведення роботи необхідно зібрати схему об'єкту дослідження за допомогою уніфікованих перемичок, що дозволяють збирати схеми без втрати їх наочності.

За допомогою лабораторного стенда можна виконувати 13 лабораторних робіт: пуск і гальмування двигуна постійного струму (ДПС); пуск та гальмування АД з короткозамкненим ротором; реверс АД; дослідження роботи однофазного перетворювача тиристора та ін.

Отже, силами викладачів кафедри ЕОСталБ створено навчально-дослідницьку лабораторію, що дозволяє проводити повний курс лабораторних і практичних робіт по дисциплінах «Теорія електроприводу», «Силові перетворювачі електромеханічних систем», «Елементи автоматизованого електроприводу», «Системи автоматизованого управління електроприводами», а також ряд робіт з дисципліни «Енергозбереження в електроприводі». Застосування інноваційного лабораторного обладнання дозволяє побудувати таку схему навчання, в якій розумне поєднання теоретичних знань і практичних вмінь студентів підвищує якість передачі й

засвоєння ними системи знань. Лабораторія є багатофункціональною, оснащена сучасним обладнанням, відповідає європейським стандартам, не має аналогів в університеті.

Список використаних джерел:

1. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
2. Волянская Я.Б., Волянский С.М., Использование современных ресурсосберегающих технологий при подготовке специалистов по электромеханике // Проблемы автоматики и электрооборудования транспортных средств: Материалы Всеукраинской научно-технической конференции с международным участием, 14-15 мая 2014 г. – Николаев: НУК, 2014. – С. 49-51.
3. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем: Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім «Слово», 2004. – 352 с.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ.....	4
<i>Журавлев Ю.И.</i> Надежно ориентированное проектирование термоэлектрических устройств обеспечения тепловых режимов	4
<i>Коробко О.В., Дібрівна М.І.</i> Покращення швидкодії нечітких контролерів за рахунок оптимізації бази правил	5
<i>Пасюк Б. Б., Терешкіна Н. С.</i> Автоматизована система моніторингу ґрунту	6
<i>Полежаева О.В., Зайцев Р.В., Кириченко М.В.</i> Исследование рабочих характеристик автоматизированного имитатора солнечного излучения	8
<i>Прокопенко Д. С., Зайцев Р. В., Кириченко М.В.</i> Компьютеризированный измерительный комплекс вольт-амперных характеристик	10
<i>Сизоненко О. М., Колесник І. А.</i> Отримання дисперснозміцнених порошкових матеріалів.....	11
<i>Черно А.А., Гуров А.П., Монченко М.Ю.</i> Исследование устойчивости цифровой системы автоматического управления электромагнитным вибрационным приводом	12
СЕКЦІЯ 2. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	17
<i>Винниченко І. Л.</i> Преобразователи частоты с нелинейным регулированием выходного напряжения....	17
<i>Зайцев Р.В., Кириченко М.В., Иванов А.Л., Хрипунов Г.С.</i> Применение импульсного осветителя для контроля пространственного распределения времени жизни неосновных носителей заряда в кремниевых фотоэлектрических преобразователях	18
<i>Покровский М. В., Молинский О. Я.</i> Высокочастотные транзисторные преобразователи с коммутацией резонансного типа	20
<i>Хлопенко М. Я., Гаврилов С. О., Хлопенко І. М.</i> Синтез стабілізуючих регуляторів системи векторного керування асинхронного електропривода	22
<i>Черно А. А., Монченко М. Ю.</i> Исследование энергетических характеристик электромагнитного вибрационного привода.....	22
СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ.....	29
<i>Кимстач О.Ю., Кудельский Р.А.</i> Расчет импульса асинхронно-жидкостного двигателя	29
<i>Кускова Н. И., Макаренко В. С.</i> Поиск и обоснование эффективных режимов взаимодействия импульсного тока с графитовым проводником.....	29
<i>Малюшевська А. П., Топоров С. О.</i> Зміна експлуатаційних властивостей просочуючої рідини плівкових діелектричних систем високовольтних електротехнічних пристроїв під впливом підвищеної температури	32
<i>Чумак В. В., Монахов Е. А.</i> Компактный однофазный синхронный микрогенератор с постоянными магнитами для мобильного энергокомплекса, работающего в полевых условиях	34
СЕКЦІЯ 4. ПІДВОДНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ	36
<i>Алоба Л. Т., Тхы Д. Ф.</i> Современные проблемы группового управления автономными подводными аппаратами.....	36
<i>Бабкін Г. В.</i> Математичне моделювання проекту створення засобів морської робототехніки для знешкодження ППНО	
<i>Блінцов В. С., Жолоб О. Г.</i> Безтрансформаторне забезпечення суднового електрообладнання напругою з різними номіналами	39
<i>Блінцов О. В.</i> Компенсація невизначених зовнішніх збурень в системі автоматичного керування об'єктом першого порядку.....	40
<i>Блінцов О. В. Корицький В. І.</i> Розширювач інтерфейсів інформаційного обміну прив'язного підводного апарата проекту «Гідрограф».....	42

<i>Блінцов С. В.</i> Класифікація та області застосування автономних підводних апаратів	44
<i>Войтасик А. М.</i> Автоматизація процесу установки вантажу на морське дно.....	46
<i>Войтасик А.М.</i> Розробка спуско-підйомного пристрою для науково-дослідного судна «ДЕЛЬТА».....	47
<i>Волянский С.М.</i> Специализированный моделирующий комплекс для экспериментальных исследований систем управления ДРК ПА.....	49
<i>Грудініна Г.С.</i> Проблематика створення систем керування просторовим рухом в умовах нестаціонарності параметрів об'єкту керування.....	51
<i>Клочков О.П.</i> Використання морського вантажного контейнера для створення єдиного комплексу прив'язної підводної системи.....	52
<i>Клочков О. П., Надточій В. А.</i> Комбіноване застосування самохідної прив'язної підводної системи та автоматизація керування нею	54
<i>Майданюк П. В.</i> Керування моніторинг надводної, підводної та повітряної обстановки приморського об'єкту як задача загальнодержавного значення.....	55
<i>Сірієчук А. С.</i> Розробка модуля керування траєкторією руху для симулятора тривимірного руху підводного апарата.....	58
СЕКЦІЯ 5. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З АВТОМАТИКИ, КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ	60
<i>Блінцов В.С., Жук О.К., Жук Д.О. Бондаренко С.М., Криворучко Д.В.</i> Навчально-дослідницька лабораторія для підготовки електромеханіків суднових	60
<i>Блінцов В. С.</i> Розвиток навчального процесу та наукових досліджень по спеціальності 8.05070202 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів»	63
<i>Волянська Я.Б., Волянський С.М.</i> Створення навчально-дослідницької лабораторії «Теоретичних основ електропривода та силової перетворювальної техніки».....	66

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



Згідно з бюлетенем ВАК України № 12 від 2009 року (с. 5); № 5 від 2010 року (с. 15); № 6 від 2010 року (с. 13) електронне видання «Вісник НУК» внесене до переліку електронних наукових фахових видань.

Видання виходить до 6 разів на рік в електронному вигляді та 1 раз на рік — у друкованому.

Матеріали, опубліковані у «Віснику НУК», зараховуються як фахові у галузях технічних та економічних наук.

Видання містить статті з результатами досліджень за групами спеціальностей: кораблебудування; обробка матеріалів у машинобудуванні; галузеве машинобудування; електротехніка; інформатика; обчислювальна техніка та автоматизація; техногенна безпека; енергетика; машинобудування; економіка та управління підприємствами.

<http://ev.nuos.edu.ua>

Для подання статті необхідні:

- експертний висновок про можливість опублікування;
- протокол засідання експертної комісії;
- витяг із протоколу засідання кафедри;
- рецензія на статтю;
- відомості про авторів (анкета автора);
- 2 примірники роздрукованої статті на папері формату А4;
- електронний варіант статті.

Статті приймаються за адресою:

каб. 551, просп. Героїв Сталінграда, 9,
м. Миколаїв, 54025

тел.: (+380512) 42-32-71

e-mail: ev@nuos.edu.ua

Контактна особа:

Крива Маргарита Сергіївна

Мова збірника: українська, російська,
англійська

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ – 2015

ВСЕУКРАЇНЬСКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ

22-24 квітня 2015 року

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

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською і російською)

Відповідальний за випуск: О. О. Черно
Комп'ютерна верстка: І. Л. Вінниченко

Формат 60×84/8 Ум. друк. арк.8,4. Тираж 100. Зам. № 50
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
проспект Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail: publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.