

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

16-17 листопада 2017 року

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

МАТЕРІАЛИ

Миколаїв 2017

УДК 681.5:621.3
ББК 81а73
П 75

Автоматика та електротехніка: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2017. – 63 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської НТК молодих вчених "Автоматика та електротехніка".

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. Херсонська державна морська академія.

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

Комп'ютерна верстка:
Відповідальний за випуск:

О. О. Черно
О. О. Черно

© Видавництво НУК, 2017

© Національний університет кораблебудування, 2017

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ**УДК 681.5***Гайша Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент**Гайша Олена Олександрівна**Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова***ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ЗАСПОКОЮВАЧА ХИТАВИЦІ**

Як відомо, хитавиця є небезпечним та шкідливим явищем, що є причиною цілої низки негативних наслідків для морехідності, а, можливо, і для непотоплюваності судна. Відповідно, розробка ефективних рішень в частині зведення судових заспокоювачів хитавиці є актуальною задачею сучасної кораблебудівної науки. Якісна система автоматичного управління (САУ) є ядром будь-якого сучасного пристрою чи системи, адже від значення показників її роботи залежить ефективність заспокоювача в цілому.

В процесі заспокоєння хитавиці система управління має спиратися на якусь вхідну інформацію, що можна розбити на два блоки:

- інформація про поточні кінематичні характеристики корпусу судна;
- відомості про характер морського хвилювання (хвильову поверхню) навколо судна.

Якщо перелік кінематичних характеристик є порівняно простим (навіть стандартним для задач механіки недеформівного тіла: три просторових та три кутових координати, а також їхні перша та друга похідні, що, звичайно, можуть вираховуватися і на основі часових залежностей лише згаданих шести координат, а можуть і безпосередньо зніматися спеціальними давачами), то інформація про хвильову поверхню біля судна, яка до того ж має відстежуватися у динаміці (!), не може через складність враховуватися у традиційній моделі, що базується на системі диференціальних рівнянь. Пропонується використовувати систему управління на основі нечіткої логіки [1]. Навіть, якщо і не брати до уваги характеристики хвильової поверхні, все одно через досить високу складність алгоритму роботи конкретних типів заспокоювачів доцільніше виконувати їх САУ нечіткою. У якості конкретного наповнення нечіткої системи можна запропонувати алгоритм Мамдані, як такий, що є найбільш універсальним і підходить до технологічних систем.

Як висновок, можна зазначити, що побудова системи управління для такого складного технологічного об'єкту як заспокоювач хитавиці, є доцільною на основі нечіткої логіки.

Література

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.: ил.

УДК 629.12

Курчук В. В., студент

Научный руководитель: Ольшевский С. И.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

ПРИМЕНЕНИЕ RISC-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Развитие микроэлектроники и, в частности, микропроцессорной техники, позволяет строить системы управления реального времени с применением недорогих и быстродействующих RISC микроконтроллеров. По возможностям такие системы не уступают применяющимся до сих пор системам управления на базе стандартных управляющих контроллеров и микроЭВМ, а по массогабаритным, энергетическим и стоимостным показателям – превосходят их в несколько раз [1].

Большинство выпускаемых в мире микроконтроллеров и однокристальных микроЭВМ содержит на одном кристалле не только все функциональные блоки собственно ЭВМ (процессор, ОЗУ, ПЗУ, контроллер прерываний и т.д.), но и значительную часть устройств, ранее относимых к группе устройств связи с объектом управления (порты, таймеры счетчики, интерфейсы связи, АЦП и многое другое). Как правило, с завода-изготовителя микроконтроллеры выходят без заложенной в них программы – разработчик имеет возможность реализовать свою электрическую схему и соответствующую ей управляющую программу [1].

Особенно заметно преимущество применения таких микроконтроллеров в случае модернизации электромеханической части объекта управления.

В настоящее время на производстве все еще эксплуатируется оборудование с системами ЧПУ, информация в которое вводится посредством перфоленты.

Например обрабатывающий центр 2204 ВМФ4 с системой ЧПУ 2С42-65 имеет в своем составе фотосчитывающее устройство (ФСЧ), через которое в память стойки ЧПУ загружается программа для обработки изделия (турбинная лопатка) [2, 3].

Стойка ЧПУ в своем составе имеет плату ОЗУ с объемом памяти 32 кбайт.

Так как турбинная лопатка является телом сложной формы, то программа для её обработки занимает достаточно много места (50-450 кбайт). Возникает вопрос: как обрабатывать изделие? 1 метр перфоленты позволяет записать только 400 байт. При попытке записи программы объемом более 32 кбайт стойка ЧПУ выдает ошибку и отключает привода движения (главный привод и приводы осей). Разбивка обрабатываемой программы на части является неэффективной (увеличен простой станка, сбой ФСУ и т. д.). Если возникнет идея пойти простым путем, а именно заменить внутреннюю память платы ОЗУ на больший объем, то из этого просто ничего не получится, так как вся математика стойки ЧПУ рассчитана на работу только с памятью 32 кбайт. Переписать математику ЧПУ – это трудоемкая и дорогостоящая работа, более 60% от цены новой стойки ЧПУ.

Предлагается модернизировать ЧПУ для возможности решения вышеперечисленных проблем. А именно: на базе микроконтроллера ATmega16 фирмы Atmel выполнить эмулятор ФСУ [4, 5]. Блок-схема представлена на рисунке 1.

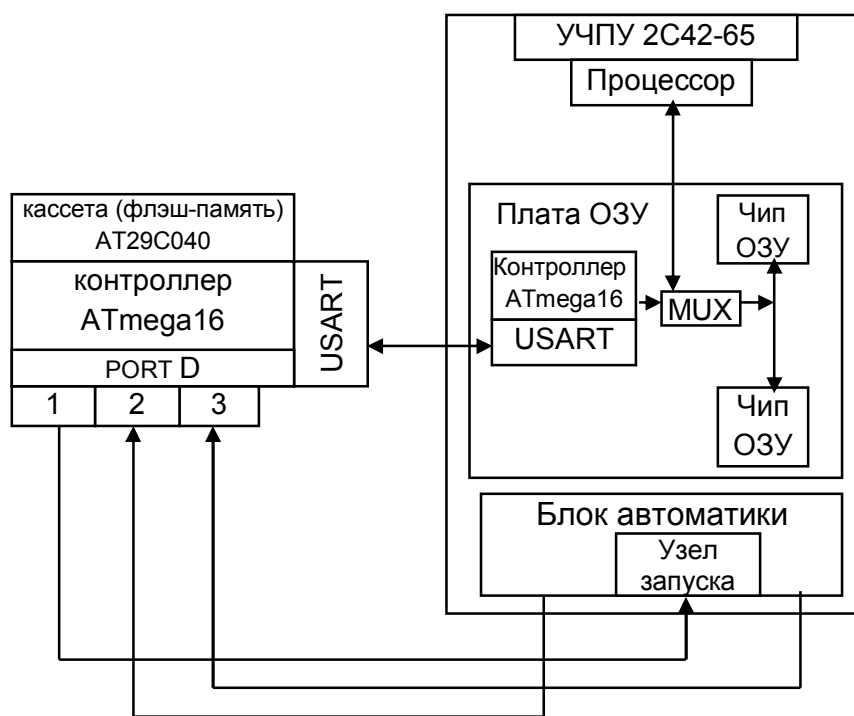


Рисунок 1 – Связь эмулятора ФСУ со стойкой ЧПУ 2С42- 65

В эмулятор ФСУ через кассету (флэш-память AT29C040) вводится программа для обработки изделия. Условно скажем, что объем составляет 300 кбайт. Программа разбивается на блоки, которые не должны превышать объем 32 кбайт. Каждый

блок по определенному алгоритму будет записываться в стойку ЧПУ, а именно в память платы ОЗУ. Для этого нужно дополнить плату ОЗУ платой с контроллером, идентичным тому, что и на эмуляторе ФСУ (с собственной управляющей программой). В конце каждого блока нужно задействовать резервную функцию программирования, которая не используется в данном станке. В нашем случае M07 (включение дополнительного насоса СОЖ). Первоначально происходит следующий цикл. Весь объем технологической программы находится в памяти микроконтроллера эмулятора ФСУ, но для отработки в стойку поступит только первый блок. Из контроллера эмулятора ФСУ через последовательный канал связи с контроллером платы ОЗУ происходит загрузка данного блока [3].

Пример.

№1G00X0Y0Z0;

№2G01S500X112.754Y50.812M8F500;

№3Z58.954;

№4Z-60;

№5G00X0Y0Z0M05;

№6M07;

При обработке станком данного блока технологической программы в момент поступлении команды M07 происходит следующий алгоритм связи эмулятора ФСУ и стойки ЧПУ. С блока автоматики ЧПУ (команда M07), который связан с контроллером эмулятора ФСУ, через линию 2 порта D поступает разрешающий импульс. Микроконтроллер переходит из режима энергосбережения в рабочий и посылает в ОЗУ очередной блок. Скорость передачи информации составляет 115200 бит в секунду. Микроконтроллер ОЗУ связан с мультиплексором и подает ему разрешающий сигнал (1) который позволяет через шины данных и адресов распределить содержимое блока по чипам памяти ОЗУ. Также в блок автоматики на узел запуска из микроконтроллера эмулятора ФСУ (линия 1 порта D) поступает дублирующий сигнал разрешающий УЧПУ обрабатывать новый блок. Финальной частью технологической программы является то, что в последнем блоке содержится функция (условно – M70), которая вместе с функцией M02 (конец программы) переводит эмулятор ФСУ на начальный блок и выполняет переход в режим ожидания до тех пор, пока оператор станка не нажмет кнопку «ПУСК».

Пример.

№1G00X0Y0Z0;

№2G01S500X112.754Y50.812M8F500;

№3Z58.954;

№4Z-60;

№5G00X0Y0Z0M05;

№6M07M70M02;

Алгоритм связи эмулятора ФСУ и стойки УЧПУ представлен на рисунке 2.

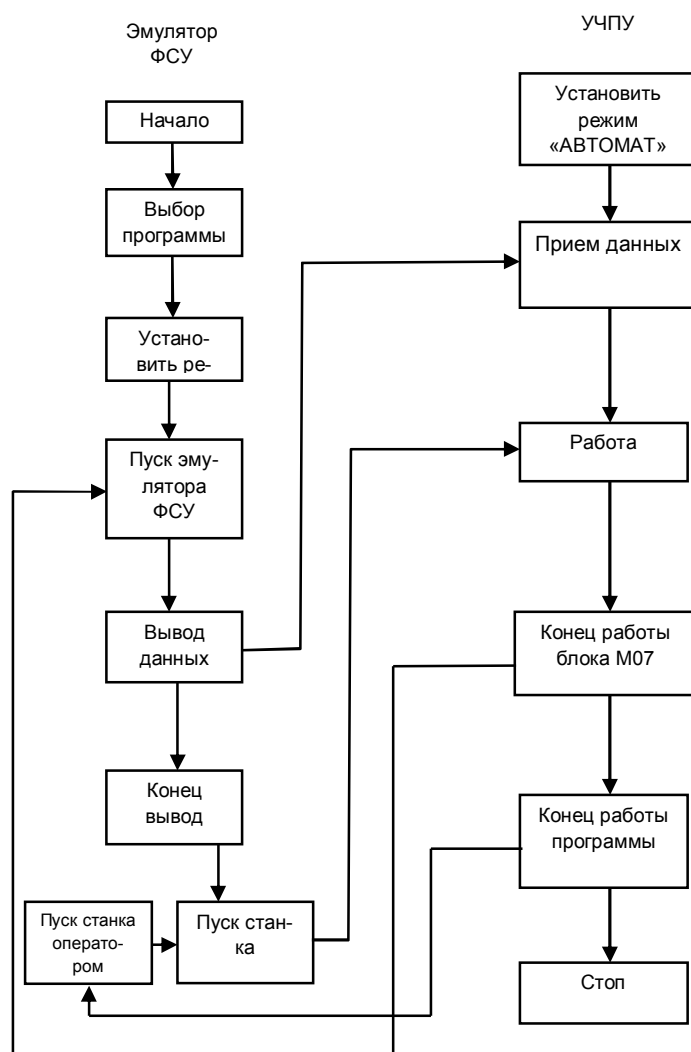


Рисунок 2 – Алгоритм связи эмулятора ФСУ и стойки УЧПУ

Внедрение предлагаемого технического решения позволит повысить надежность работы обрабатывающего комплекса и упростит процесс изменения управляющих программ для ЧПУ. При использовании контроллеров типа ATmega64A или ATmega128A появляется возможность ускорить процесс передачи информации за счет распараллеливания процесса на два аппаратных независимых канала USART.

Литература

1. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. – М.: ДОДЭКА, 2006. – 1001с.
2. Система ЧПУ 2C42-65. Техническое описание. БП1.320.012.ТО.
3. Система ЧПУ 2C42-65. Инструкция по эксплуатации. БП1.320.012.ИЭ.
4. ATmega16: 8-bit microcontroller. Техническая документация. – Atmel Corporation, 2002. – 315с.
5. Ревич Ю. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. – С-П.. БХВ-Петербург, 2008. – 383с.

УДК 681.5

Козлов О. В., канд. техн. наук

Шмигельська І. В., студент гр. 5341м

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

АДАПТИВНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ВУЗЛА ВИВАНТАЖЕННЯ ПІРОЛІЗНОГО РЕАКТОРУ

Для забезпечення безперервного проходження технологічного процесу утилізації автомобільних шин необхідно здійснювати керування процесом вивантаження твердого залишку з вузла вивантаження реактору (ВВР) [1], а саме керування переміщенням поршня гідроприводу з застосуванням спеціалізованої системи автоматичного керування (САК). Математична модель гідроприводу даної САК розроблена та наведена в [2].

На гідропривод в процесі його руху діє навантаження, що створене тиском на поршень автомобільних шин в реакторі. Це навантаження носить змінний характер і залежить від багатьох факторів. Дія змінного навантаження суттєво впливає на якість перехідних процесів системи [2]. Для досягнення достатньо високих показників якості процесу керування переміщенням поршня ВВР доцільно застосовувати адаптивні алгоритми керування. Регулятор адаптивної САК в процесі роботи повинен змінювати свої коефіцієнти залежно від дії зовнішнього навантаження. Навантаження на гідроциліндр пропорційне різниці тисків в порожнинах гідроциліндру ($P_1 - P_2$) [3].

Функціональна структура адаптивної САК гідроприводом ВВР піролізного реактору наведена на рис. 1, де прийнято наступні позначення: АРП – адаптивний регулятор положення; ДТ1, ДТ2 – датчики тиску в лівій та правій порожнинах гідроцилін-

дру; $u_{\text{АРП}}$ – вихідний сигнал АРП; $u_{\text{ДТ1}}$, $u_{\text{ДТ2}}$ – вихідні сигнали ДТ1, ДТ2, що відповідають дійсним значенням тиску в лівій та правій порожнинах гідроциліндру.

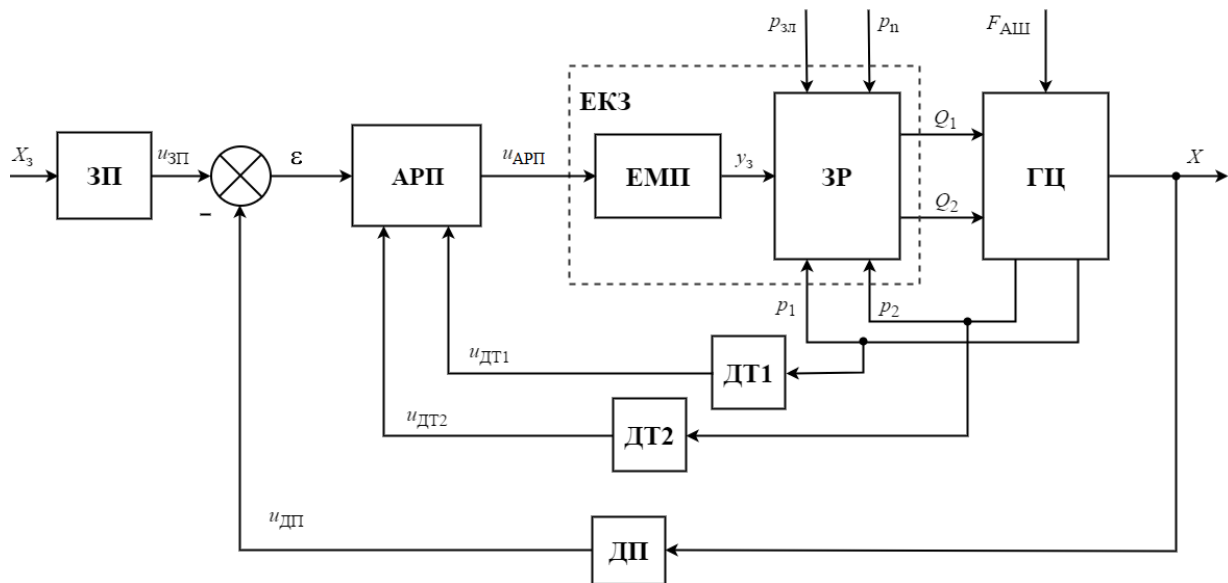


Рисунок 1 – Функціональна структура адаптивної САК гідроприводом ВВР

Передаточна функція адаптивного ПД-регулятора має вигляд:

$$W(p) = k_p(\Delta P) + k_d(\Delta P)p, \quad (1)$$

де $\Delta P = P_1 - P_2$ – різниця тисків в лівій та правій порожнинах гідроциліндру, що пропорційна навантаженню та вимірюється за допомогою датчиків тиску ДТ1 та ДТ2.

Для синтезу адаптивного ПД-регулятора переміщення поршня гідроприводу визначено оптимальні значення коефіцієнтів k_p та k_d для різних значень навантаження на гідропривод з боку автомобільних шин $F_{\text{АШ}}$, які відповідають різниці тисків в лівій та правій порожнинах гідроциліндру ΔP . Розрахунок коефіцієнтів адаптивного ПД-регулятора для кожного значення навантаження, пропорційного різниці тисків ΔP (від 0,5 МПа до 4 МПа), здійснений чисельними методами параметричної оптимізації за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Також, для подальшого підвищення показників якості керування процесом переміщення гідроприводу та зменшення негативного впливу змінного навантаження в даній роботі здійснений синтез адаптивного нечіткого регулятора Сугено-типу.

Адаптивний нечіткий ПД-регулятор Сугено-типу отримує на вхід сигнали помилки керування ε , швидкості зміни помилки $d\varepsilon/dt$ та сигнал, що відповідає різниці тисків в гідроциліндрі $u_{\Delta P}$. Правила бази знань за алгоритмом Сугено [4] мають вигляд:

$$\text{IF } " \varepsilon = x " \text{ AND } " \frac{d\varepsilon}{dt} = y " \text{ AND } " u_{\Delta P} = z " \text{ THEN } " u_{\text{АП}} = k_p \varepsilon + k_d \frac{d\varepsilon}{dt} " .$$

В нечіткому регуляторі Сугено-типу на етапі фаззифікації для першої вхідної змінної ε та для третьої вхідної змінної $u_{\Delta P}$ обрано по 5 лінгвістичних термів; для другої вхідної змінної $\frac{d\varepsilon}{dt}$ обрано 3 лінгвістичних терми.

В процесі проектування нечіткого регулятора постає завдання визначення всіх коефіцієнтів $\mathbf{K} = [\mathbf{K}_{pi}, \mathbf{K}_{di}]$ шляхом навчання Сугено-регулятора [5].

Для даного випадку база знань складається з 75 нечітких правил, які відповідають всім комбінаціям трьох вхідних змінних ε , $\frac{d\varepsilon}{dt}$ та $u_{\Delta P}$.

Для аналізу та порівняння показників якості керування САК гідроприводом ВВР з використанням адаптивних регуляторів проведено комп'ютерне моделювання перехідних процесів переміщення поршня гідроприводу. На рис. 2 наведено графіки перехідних процесів розробленої САК гідроприводом ВВР з ПД-регуляторами: адаптивним та нечітким адаптивним Сугено-типу.

Із рис. 2 видно, що САК гідроприводом ВВР з адаптивним нечітким ПД-регулятором Сугено-типу забезпечує більш високу швидкодію при нульовому значенні перерегулювання в порівнянні з САК зі звичайним адаптивним регулятором.

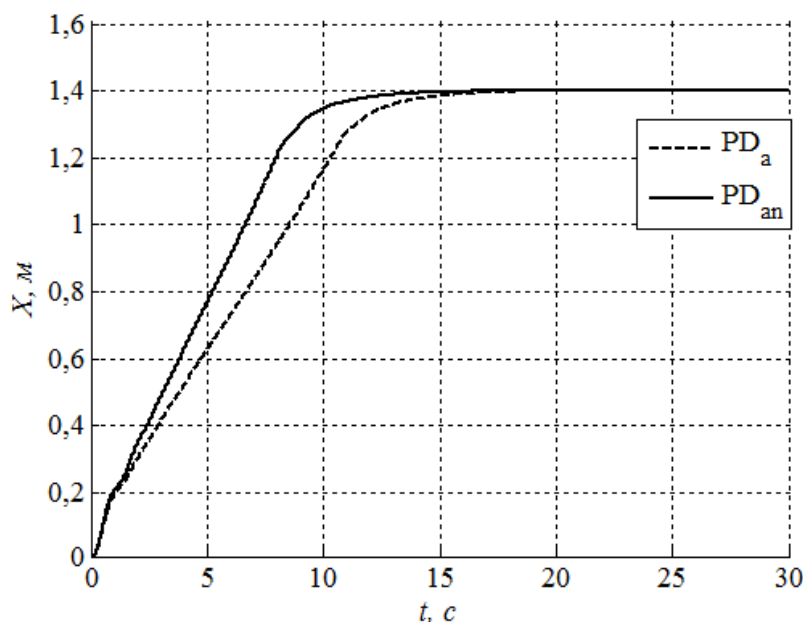


Рисунок 2 – Перехідні процеси САК гідроприводом з ПД-регуляторами: адаптивним (PD_a) та нечітким адаптивним Сугено-типу (PD_{an})

Застосування розробленої САК з нечітким адаптивним регулятором Сугено-типу дозволить здійснювати керування процесом вивантаження твердого залишку з ВВР з достатньо високою точністю та швидкодією, що, в свою чергу, забезпечить безперервне проходження технологічного процесу утилізації автомобільних шин та подальше отримання високоякісного альтернативного палива.

Література

1. Шмигельська, І. В. Комплекс задач автоматичного керування технологічним процесом безперервного піролізу цілих зношених автомобільних шин / І. В. Шмигельська, О.С. Скакодуб, О.В. Козлов // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2016. – С. 4–6.
2. Козлов, О. В. Математичне моделювання гідроприводу вузла вивантаження піролізного реактору для задач автоматичного керування / О. В. Козлов, І. В. Шмигельська // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2016. – С. 328-329.
3. Попов, Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем [Текст] / Д. Н. Попов // Учеб. для машиностроительных вузов. – М.: «Машиностроение», 1987. – 464 с.
4. Архангельский В.И. Системы функции-управления / Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А.; – К.: Техніка, 1997. – 208 с.
5. Kondratenko, Y. P. Model based development of intelligent controllers for pyrolysis reactors control systems / Y. P. Kondratenko, O. V. Kozlov, O. V. Korobko// Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв, 2014. – № 6 (456). – С. 66–74.

СЕКЦІЯ 2. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ**УДК 621.314.2***Вінниченко І. Л.**Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова***ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ НА ОСНОВІ
РЕЗОНАНСНОГО ІНВЕРТОРА З НЕЛІНІЙНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ В СЕРЕДОВИЩІ
MATLAB**

Поява на ринку перетворювачів частоти з покращеними динамічними характеристиками [1] не усуває методологічну проблему зниження втрат перемикачів і зовсім не вирішує проблему покращення спектрального складу силового струму і його впливу як на мережу живлення, так і на споживачів електроенергії. В той же час проблема електромагнітної сумісності в сучасних технічних системах значно загострюється тому, що з одного боку окремі споживачі висувають підвищені вимоги до синусоїдальності струму, а з іншого боку сучасна теле- та радіо-апаратура дуже чутлива до польової складової електромагнітної завади. Тому доцільно провести оцінку гармонічного складу польової електромагнітної завади, яку генерує запропонований в [2] перетворювач частоти на основі резонансного інвертора з нелінійним регулюванням.

Для аналізу гармонічного складу електромагнітних завад проведено імітаційне моделювання перетворювача частоти в середовищі *Matlab*. Для побудови імітаційної моделі обрано параметри елементів схеми, розрахованих на амплітудне значення вихідної напруги $U_{out_m} = U_s / 4 = 25$ В, частота вихідної напруги становить $f_{out} = 400$ Гц. Таким чином, параметри схеми наступні: ємність резонансних конденсаторів $C_{r1} = 5$ нФ та $C_{r2} = 5$ нФ, індуктивність резонансного дроселя $L_r = 12$ мкГн, індуктивність дроселя фільтра $L_f = 0,33$ мГн, ємність конденсатора вихідного фільтра $C_f = 1,8$ мкФ. Імітаційну модель силової частини резонансного інвертора, що входить до складу перетворювача частоти, наведено на рис. 1. Для зменшення часу моделювання прийнято припущення, що на вхід інвертора надходить напруга із виходу коректора коефіцієнта потужності, отже, вхідна напруга є стабільною і не змінюється з часом. Не зважаючи на це, система керування перетворювачем опитує датчик вхідної напруги на кожному кроці (вхід U_s блоку системи керування) для визначення моменту наступного керуючого імпульсу, що дозволяє промодельовати роботу системи керування при раптовій зміні цього значення. На рис. 1 показано напівмостовий інвертор з ключами $VT1$, $VT2$, кожен з яких має зустрічно-паралельний діод $Diode$ та $Diode1$ відпо-

відно, конденсатори напівмоста $C1$, $C2$, послідовний резонансний контур з елементами L_r , R_r , C_{r1} , C_{r2} та з ключем $VT5$, що відмикає конденсатор резонансного контуру C_{r2} у разі потреби збільшити власну частоту резонансного контуру, додаткові ключі $VT3$ та $VT4$, що комутують струм через діоди $Diode2$, $Diode3$ відповідно, індуктивність і ємність вихідного фільтру L_f та C_f , активно-індуктивне навантаження R_{load} та L_{load} .

Керування силовими ключами інвертору та ключами для зміни власної частоти резонансного контуру здійснюється за допомогою підсистеми *Power_Switch_Control*. Для керування силовими ключами інвертору $VT1$ – $VT2$, додатковим ключем $VT5$, що комутує додатковий конденсатор резонансного контуру C_{r2} , блок *Power_Switch_Control* має однойменні виходи. Для розрахунку керуючих послідовностей для всіх виходів на вхід блоку *Power_Switch_Control* подаються наступні параметри: f_{out} – вихідна частота, Гц; f_{r1} – частота резонансного контуру, Гц; f_{r2} – частота резонансного контуру без конденсатора C_{r2} , Гц; U_s – постійна напруга на вході, В; U_{out} – амплітуда вихідної синусоїдальної напруги, В.

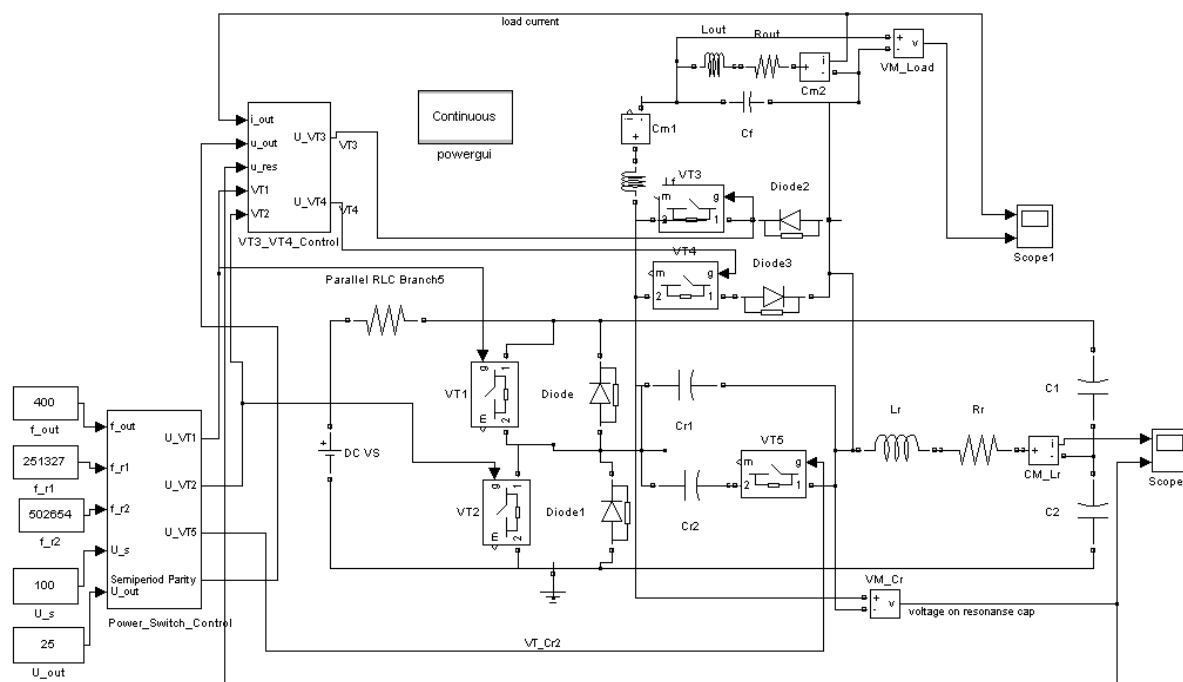


Рисунок 1

На рис. 2 наведено епюри імпульсів струму через індуктивність резонансного контуру, імпульсів напруги на ємності резонансного контуру, вихідної напруги, керуючі сигнали на основних ключах інвертору $VT1$, $VT2$, і додаткових ключах $VT3$, $VT4$ при роботі перетворювача на активно-індуктивне навантаження.

Для з'ясування питання електромагнітної сумісності пристрою із оточуючими

приладами визначено спектр польових електромагнітних завад, який відповідатиме спектру імпульсів струму в резонансному контурі. Спектр високочастотних імпульсів струму через резонансний дросель приведено на рис. 3. Коефіцієнт гармонік імпульсів струму в резонансному контурі становить 1,07 %.

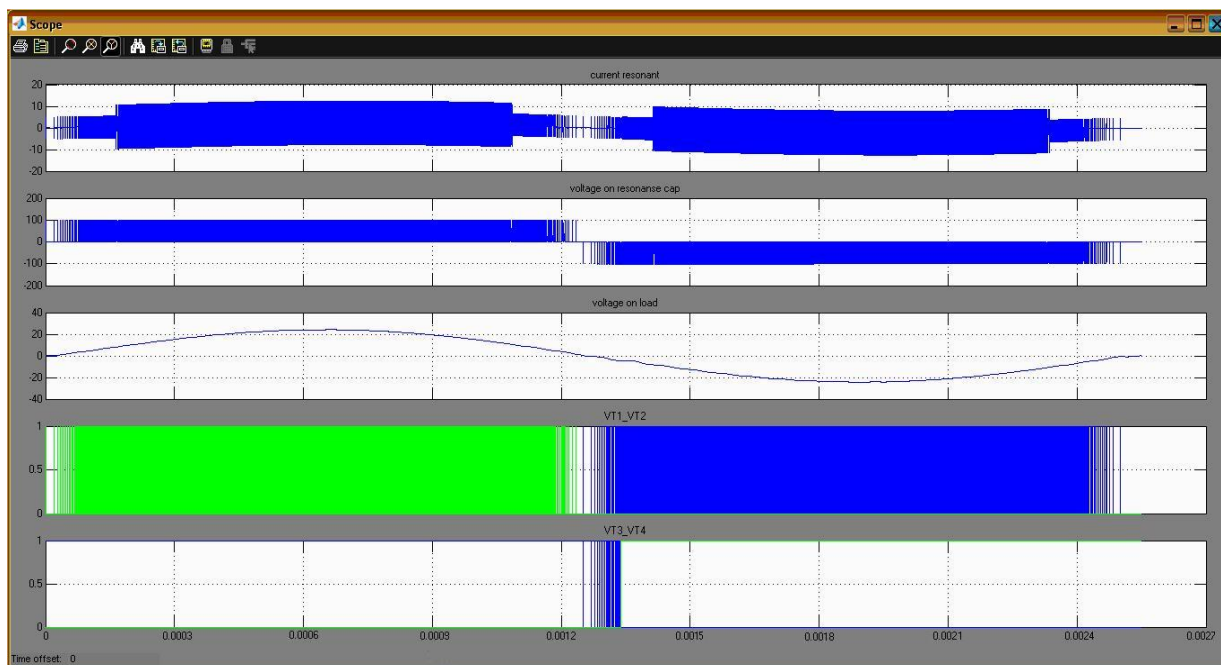


Рисунок 2 – Результати імітаційного моделювання перетворювача частоти на основі резонансного інвертора при його роботі на активно-індуктивне навантаження

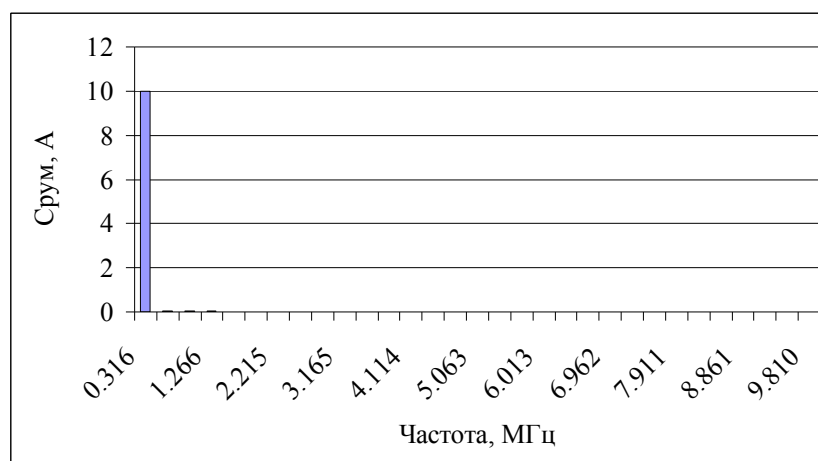


Рисунок 3 – Спектр імпульсів резонансного струму ($THD = 1,07\%$)

Гармонічний аналіз несучих імпульсів напруги на резонансному конденсаторі та струму резонансного контуру показав, що суттєвий вплив на оточуючу техніку в якості польової завади може оказувати тільки основна гармоніка резонансних струму. Таким чином, для захисту прецизійної апаратури, що може оточувати запропонований перетворювач частоти на основі резонансного інвертору з нелінійним регулю-

ванням, від польових електромагнітних завад, генерованих перетворювачем, достатньо використовувати режекторні вузькополосні послідовні LC -фільтри, розраховані на власну частоту резонансного контуру перетворювача. Отже, використання явища резонансу у поєднанні із імпульсною модуляцією дозволяє значно спростити захист оточуючих пристроїв від високочастотних польових завад у порівнянні із імпульсними перетворювачами із жорсткою комутацією.

Література

1. Григораш О. В. Преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками [Текст] / Григораш О. В., Денисенко Е. А., Корзенков П. Г., Бондарчук А. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016. – № 115. – сс. 1 – 13.
2. Павлов Г. В. Преобразователь частоты на основе резонансного инвертора с нелинейным управлением [Текст] / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко / Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ". – вип. 12 (1121), 2015. – сс. 490-494.

УДК 621

Дидан А. А., студент гр. 4651

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА AVR НА ПРИМЕРЕ ТАЙМЕРА

Традиционно, каждый начинающий радиолюбитель обязан сделать свои часы и термометр. Но даже такой простой на первый взгляд проект таит множество подводных камней на пути к решению широкоизвестной задачи.

Первым шагом к созданию нового устройства стало определение его назначения и функционала или написание технического задания. Итак, необходимо создать кухонный таймер, который будет обеспечивать корректный отсчет заданных пользователем временных интервалов на время готовки и оповещать об окончании отсчета времени. Максимальное измеряемое время – 90 минут.

Второй этап разработки – создание принципиальной схемы устройства (рис.1). Вывод информации обеспечивается четырехразрядным семисегментным индикатором с общим анодом. Управлять таймером можно с помощью двух кнопок – настройки TURN и сброса SWITCH. Предусмотрена аппаратная защита кнопок от дребезга

контактов. По окончании отсчета времени таймер подает звуковой сигнал с помощью пьезоизлучателя. Программное управление обеспечивает микроконтроллер ATmega16A.

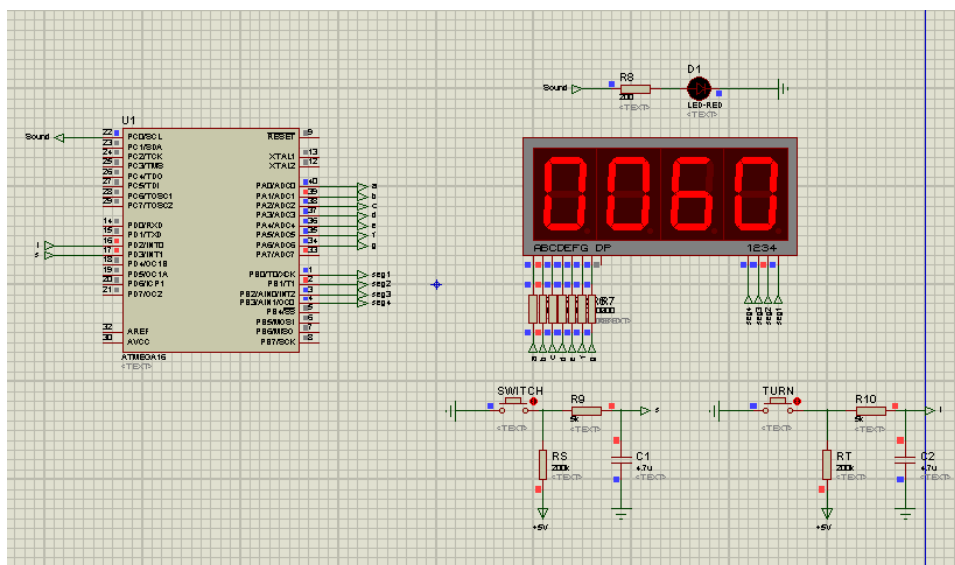


Рисунок 1 – Схема принципиальная кухонного таймера в среде моделирования Proteus 7.10

Для работы программы использованы следующие переменные:

- uint8_t Seconds – служебный счетчик секунд, по умолчанию принимает значение 60;
- uint8_t Minutes – служебный счетчик минут, значение по умолчанию 60 позволяет задать интервал времени 1 час при включении таймера. Также используется для хранения текущего значения времени в течении работы программы;
- uint8_t digH, digL, Count – служебные переменные вывода текущего значения времени на индикатор и символов обратного отсчета;
- uint8_t i – счетчик массива EEPROM Countdown.

Данные EEPROM:

- uint8_t Digit[10] – хранит символьное представление чисел, выводимых на индикатор;
- uint8_t Countdown[6] – символы индикации обратного отсчета;

Использование типа uint8_t – беззнаковое целое однобайтное число – позволяет сократить в 2 раза объем используемой FLASH- памяти.

- Enum Events Flags – перечисляемая переменная флагов событий. Используется для контроля работы прерываний, фиксирует три ключевых события –

настройку TURN, начало обратного отсчета START и конец обратного отсчета STOP.

Объявление перечисления задает тип переменной перечисления и определяет список именованных констант, называемый списком-перечисления. Значением каждого имени списка является некоторое целое число. Переменная типа перечисления может принимать значения одной из именованных констант списка. Именованные константы списка имеют тип `int`. Таким образом, использование перечисляемого типа данных позволяет повысить читаемость программного кода.

Управление периферией таймера построено на прерываниях микроконтроллера, а именно внешних прерываний по срезу импульса INT0 и INT1 и работы таймеров-счетчиков TimerCounter0 и TimerCounter1 по событию переполнения счетного регистра TCNTx. Такой подход к построению программы позволяет освободить процессорное время для выполнения других задач в главном цикле программы. Обработчики прерываний выполняют следующие функции:

- INT0 – Циклическая настройка таймера с шагом 5 минут;
- INT1 – Старт/Стоп работы таймера;
- TimerCounter1 – Обратный отсчет времени, звуковой сигнал по завершению.

Обеспечивает временную задержку в 1 секунду;

- TimerCounter0 – Динамическая индикация. Переключение разрядов индикатора, организация задержки вывода в течении 10 мс.

Для выделения многократно повторяющихся действий используются функции:

- DisplayTime – Декодер значения времени. Выполняет деление текущего значения времени на разряды и загрузку их символьного представления из EEPROM;
- Alarm – выполняет переключение звукоизлучателя при вызове;
- EventsInd – обеспечивает блокировку кнопок в зависимости от наступившего события, запрещая соответствующее прерывание в регистре GICR и сбрасывая флаги событий в GIFR. Сброс флагов в GIFR производится записью логической единицы в соответствующий бит регистра. Это действие необходимо, чтобы избежать возможной ситуации перехода на обработчик при разрешении внешнего прерывания в GICR.

Отладка программы в AVRStudio 4.19 и моделирование в Proteus 7.10 показало исправную работу устройства. Проект отлажен на макетной плате. Все файлы, касающиеся проекта, доступны по ссылке <https://cadlab.io/project/558/master/files>.

Литература

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы Atmel– 3-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 288 с.
2. Прокопенко В.С. Программирование микроконтроллеров ATMEЛ на языке С. – К.: «МК-Пресс», 2012. – 320 с.

УДК 621.314.58

Кравацький Д. М.

Науковий керівник: д-р техн. наук, професор Павлов Г. В.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПАРАЛЕЛЬНИМ АКТИВНИМ ФІЛЬТРОМ ПРИ ФОРМУВАННІ СТРУМУ ТРИФАЗНОГО ДЖЕРЕЛА ПРОПОРЦІЙНО ФАЗНИМ НАПРУГАМ З ЧАСТКОВО ПОСЛАБЛЕНОЮ СКЛАДОВОЮ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

В останні роки з дедалі більшим розвитком і поширенням електронних та електричних пристроїв в побуті і на виробництві виникає зростаюча потреба в реалізації пристроїв, що компенсують негативний вплив цих пристроїв на мережу змінного струму. Пристрої з нелінійними характеристиками або характеристиками, які змінюються в часі, призводять до збільшення рівня вищих гармонік мережі живлення. Паралельний активний фільтр (далі ПАФ) за рахунок свого включення може виконувати наступні функції:

- корекція відхилень частоти;
- корекція несинусоїдальності напруги $K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}}, K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}}$;
- корекція несиметричності трифазної системи напруг;
- корекція коефіцієнта потужності,

де $U_{(n)}$ – діюче значення n-ої гармонійної складової напруги; n – порядок гармонійної складової напруги; N – порядок останньої з облікованих гармонійних складових напруги.

Для трьохфазної системи при несиметричному навантаженні сума струмів в різних фазах не дорівнює нулю, тому в нейтральному проводі проходить струм $i_n = i_A + i_B + i_C \neq 0$, тобто, деяка частка струму, величина котрої залежить від рів-

ня несиметричності, втрачається на нульовому проводі. Це призводить до нагріву, виходу з ладу. Через це доводиться збільшувати площу його поперечного перетину [2].

Принцип роботи ПАФ базується на оцінці існуючих в системі живлення струмі та напрузі з подальшим видаленням із нього сигналу основної частоти та поверненням різниці у мережу у протифазі, що у свою чергу призводить до зникнення паразитних гармонік у точці комутації.

Основні стратегії управління паралельними активними фільтрами можуть бути розділені на дві групи: пропорційно-векторного формування струмів трифазного джерела, побудовані на теорії потужності S . Fryze, кросс-векторній теорії та векторній стратегії формування струмів компенсації та з матричним перетворенням координат (найпоширенішими є оригінальна та модифікована pq – теорії, а також перетворення в $\alpha\beta 0$, $dq0$, pqr системах координат). Стратегії управління першої групи передбачають обчислення вектора миттєвих значень струмів трифазного джерела пропорційним вектору миттєвих значень фазних напруг чи його частині з поліпшеним спектральним складом та його віднімання від вектора струмів навантаження для формування вектора струмів компенсації. Стандартними процедурами при застосуванні стратегії управління другої групи є представлення миттєвих трифазних напруг та струмів навантаження в векторній формі, обчислення їх значень в стаціонарних чи обертових системах координат, отримання складових миттєвої потужності та їх селекція, формування перетворених сигналів компенсації та зворотний перехід до миттєвих значень струмів компенсації, які реалізуються силовою частиною ПАФ. Стратегії першої групи переважають стратегії другої групи за трудомісткістю обчислень, точністю та швидкодією, але залишається відкритим питання про повноту їх функціональних можливостей. Окрім того, на теперішній час сформувались дві основні стратегії управління паралельними компенсаторами для мінімізації активних втрат в силових кабелях: кросс-векторна та векторна стратегії. При використанні першої стратегії максимально компенсується миттєвий реактивний струм у кожному фазному проводі, що не виключає протікання струму в нейтралі за наявності складової нульової послідовності вектора фазних напруг, оскільки при застосуванні такої стратегії управління вектор миттєвих струмів джерела формується пропорційним вектору миттєвих значень фазних напруг. Друга стратегія управління використовує для завдання струмів джерела вектор миттєвих значень фазних напруг, позбавлений складової нульової послідовності, що дозволяє повністю позбутися струму в нейтральному проводі. При

другій стратегії управління миттєва потужність втрат в силовому чотирипровідному кабелі менша в порівнянні з втратами при управлінні за першою стратегією. Аналогічні результати отримано також при використанні критерію порівняння на основі значення потужності втрат, осередненого за період мережної напруги [1].

В середовищі Matlab було проведено моделювання роботи паралельного активного фільтра з системою управління, заснованою на векторній стратегії (рис. 1, 2).

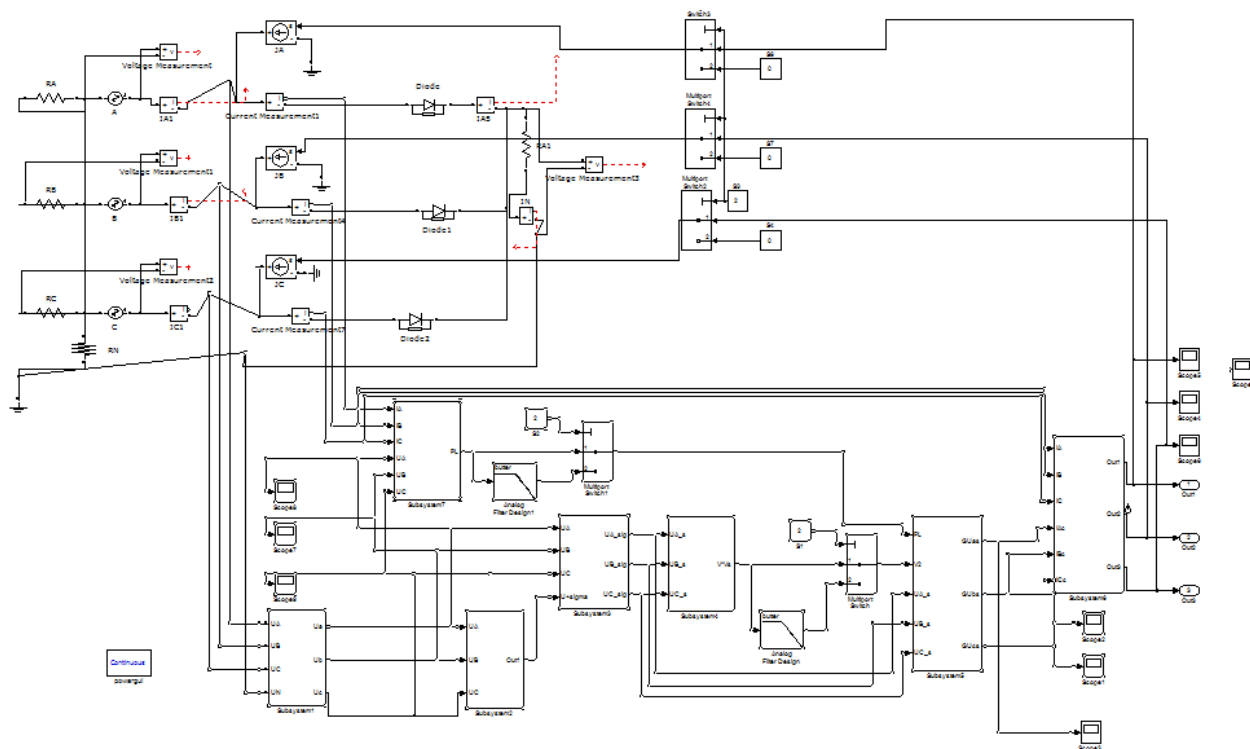


Рисунок 1 – Модель трифазної чотирипровідної системи живлення з паралельним активним фільтром

Проте залишається відкритим питання між повноцінною компенсацією струму нульового проводу та достатньою швидкістю системи для компенсації гармонічних спотворень.

Література

1. Батрак Л. М., Енергоефективне управління паралельним активним фільтром трифазної чотирипровідної системи // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук . – Київ 2016 – С. 51–54.
2. Розанов Ю.К., Рябчински М.В., Кваснюк А.А Современные методы регулирования качества электроэнергии средствами силовой электроники // Электротехника. – 1999. – № 4. – С. 28-32.

3. Артеменко М. Ю. Комбінована система управління паралельним активним фільтром чотирипровідної трифазної мережі / Артеменко М. Ю., Батрак Л. М. // Електроніка та зв'язок. – 2013. – № 6. – С. 30 -37.

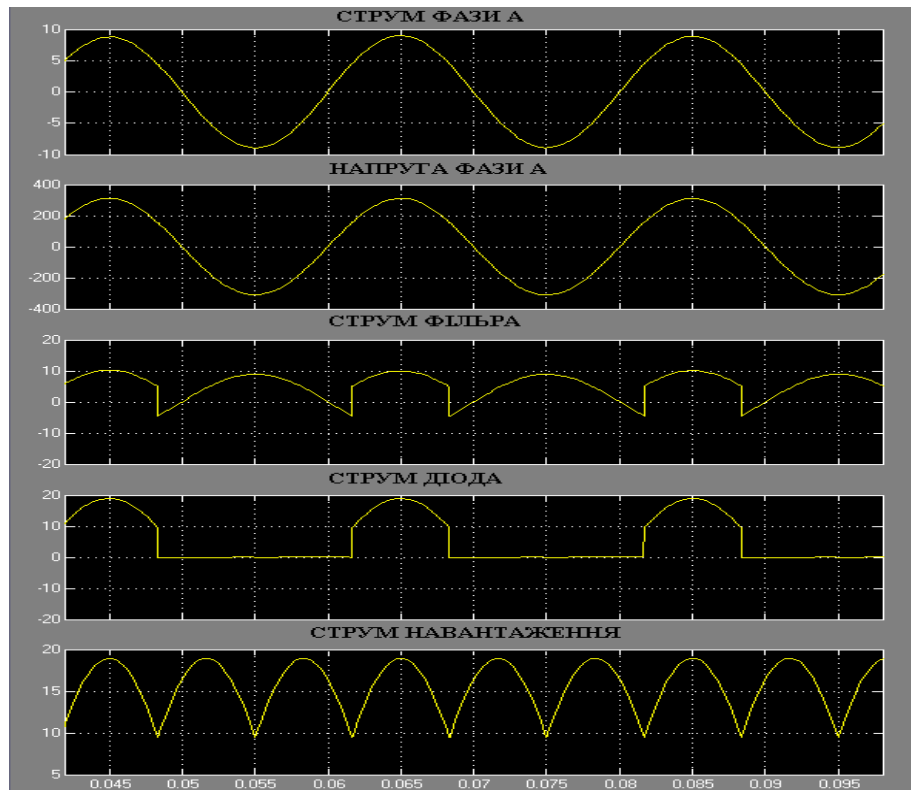


Рисунок 2 – Результати моделювання

СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

УДК 681.5

Біяк Б.О., Біяк Є.О., Гаврилов С.О., канд. техн. наук

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ГІДРОТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Одним з найбільших споживачів електроенергії в Україні є підприємства гірничо-металургійного комплексу, а в їх складі чималий відсоток споживаної електроенергії споживається системами внутрішнього транспортування [1]. Гідравлічний транспорт на підприємствах гірничої промисловості є важливою ланкою технологічного процесу видобутку і переробки мінеральної сировини. Цей вид транспортування забезпечує передачу насипних матеріалів без перевантаження по трасах складного профілю і великої протяжності [2]. Отже задача зниження споживання енергії системами гідротранспорту є важливим завданням. Особливо актуальним це завдання стає в наш час у зв'язку з неухильно зростаючими цінами на енергоносії в промисловому виробництві, коли на перший план виходить завдання раціонального використання ресурсів та їх економії. Як показують теоретичні розробки та досвід впровадження та експлуатації енергозберігаючих систем в системах гідротранспорту, економічним і надійним засобом керування режимами роботи насосних агрегатів є використання частотно-регульованого електропривода [3].

В роботі проведено модернізацію системи керування електропривода насосного агрегату гідротранспортувальної системи. Частотне регулювання продуктивності насосного агрегату дозволить забезпечити зниження споживання електроенергії, виключення гідро- і електродинамічних ударів в пускових режимах і при інших перехідних процесах. Крім того, регульований електропривод дозволить гнучко застосовувати комп'ютерне керування та оптимізувати процеси в гідротранспортувальній системі.

Література

1. Приходченко С. Д. Анализ современных моделей гидротранспортных систем // Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ, НГУ, 2007 – вип 78. – с. 56-62

2. Модернизация системы управления и автоматике электропривода насосного агрегата при гидротранспортировании минерального сырья в условиях ГРО «Катока» // «Библиофонд» – Электронная библиотека. – Режим доступа:

<http://bibliofond.ru/view.aspx?id=795988>

3. Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

УДК 621.865.8

Ключник А. В., студент гр.6371м, Мороз М. М., студент гр.6371

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Васильев А. Г.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Привод робота можно определить как устройство для преобразования сигналов, поступающих от системы управления, в механическое перемещение исполнительных звеньев. Привод в значительной мере определяет структуру и параметры как системы управления, так и механической системы.

Привод исследуемого робота МП10П.62.01 – комбинированный. Электродвигатели, применяемые в приводе робота – двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Они отличаются широким диапазоном регулирования скорости при небольших потерях энергии, что очень важно для манипуляционных роботов.

Схема электропривода промышленного робота (ПР) М10П.62.01 содержит электродвигатель постоянного тока, механическую передачу, элементы обратных связей по положению и скорости, блок позиционирования, включающий в себя схемы управления, устройство ограничения скорости и усилитель мощности.

Уравнение механического равновесия системы можно записать в виде [1]

$$M - M_{cm} = J \frac{d\omega}{dt},$$

где M – электромагнитный момент, развиваемый двигателем;

M_{cm} – момент сопротивления на валу рабочего органа;

J – момент инерции.

Электромагнитный момент двигателя постоянного тока определяется из выражения

$$M = K_{\omega} \cdot I_a,$$

где I_a - ток якоря электродвигателя;

K_{ω} - коэффициент постоянного потока.

Напряжение, приложенное к зажимам электродвигателя, определяется по формуле

$$U_a = I_a \cdot R_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + K_{\omega} \cdot \omega,$$

где L_a и R_a - индуктивность и сопротивление якорной цепи соответственно;

ω - угловая скорость двигателя.

Так как индуктивность якоря двигателя очень мала, будем считать, что $L_a = 0$.

Электропривод манипулятора содержит механическую передачу. С учетом этого напряжение на якоре двигателя каждого звена

$$U_{ai} = R_{ai} \cdot I_{ai} + \frac{j_i}{\rho_i} K_{\omega i} \dot{g}_i, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$\rho_{1,2} = \infty$$

Для каждого звена определим выражение тока якорной цепи

$$I_{ai} = (U_{ai} - \frac{j_i}{\rho_i} K_{\omega i} \dot{g}_i) / R_{ai}, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

Подставив выражения, получим уравнения моментов, развиваемых двигателями звеньев

$$M_{\partial \epsilon i} = K_{\omega i} (U_{ai} - \frac{j_i}{\rho_i} K_{\omega i} \dot{g}_i) / R_{ai}, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Таким образом математическую модель динамики манипулятора с учетом моментов, развиваемых двигателями можно представить в следующем виде [2]:

$$\ddot{g}_1 (J_1 + J_2 + J_3 + j_1^2 J_{\partial \epsilon 1}) = \frac{j_1 K_{\omega 1} U_{a1}}{R_{a1}} - \dot{g}_1 \left(\frac{j_1^2 K_{\omega 1}}{R_{a1}} + f_{\epsilon mp} \right) -$$

$$- G g_4 \cos g_1 (m_2 + m_3 + m_4) - |M_{1cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_1;$$

$$\ddot{g}_2 (J_2 + J_3 + J_4 + j_2^2 J_{\partial \epsilon 2}) = \frac{j_2 K_{\omega 2} U_{a2}}{R_{a2}} - \dot{g}_2 \left(\frac{j_2^2 K_{\omega 2}}{R_{a2}} + f_{\epsilon mp} \right) -$$

$$- G \cos g_2 (0,5 m_3 l_2 + m_4 l_2 + m_4 g_3) - |M_{2cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_2 - m_2 G \lambda_2;$$

$$\ddot{g}_3 \left(m_4 + \left(\frac{j_3}{\rho_3} \right)^2 J_{\partial \epsilon 3} \right) = \frac{j_3 K_{\omega 3} U_{a3}}{\rho_3 R_{a3}} - \dot{g}_3 \left(\frac{j_3^2 K_{\omega 3}}{\rho_3^2 R_{a3}} + f_{\epsilon mp 3} \right) -$$

$$\begin{aligned}
& -Gm_4 \sin g_2 - |F_{3cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_3 - m_3 G ; \\
& \ddot{g}_4 (m_3 + m_4 + \left(\frac{j_4}{\rho_4} \right)^2 J_{\partial \epsilon 4}) = \frac{j_4 K_{\omega 4} U_{a4}}{\rho_4 R_{a4}} - \dot{g}_4 \left(\frac{j_4^2 K_{\omega 4}}{\rho_4^2 R_{a4}} + v_{emp3} \right) - \\
& -G(m_2 + m_3 + m_4) \sin g_1 - |F_{4cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_4 - m_4 G .
\end{aligned}$$

Введя ряд обозначений, получим:

$$\begin{aligned}
a_{01} \ddot{g}_1 &= \epsilon_1 U_{a1} + a_{01} \dot{g}_1 - f_{emp} \dot{g}_1 - G g_4 \cos g_1 (m_2 + m_3 + m_4) - |M_{1cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_1 ; \\
a_{02} \ddot{g}_2 &= \epsilon_2 U_{a2} + a_{12} \dot{g}_2 - f_{emp} \dot{g}_2 - G \cos g_2 (0,5 m_3 l_2 + m_4 l_2 + m_4 g_3) - |M_{2cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_2 + a_2 ; \\
a_{03} \ddot{g}_3 &= \epsilon_3 U_{a3} + a_{13} \dot{g}_3 - v_{emp} \dot{g}_3 - G \operatorname{sign} \dot{g}_2 m_4 + a_3 - |F_{3cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_3 ; \\
a_{04} \ddot{g}_4 &= \epsilon_4 U_{a4} + a_{14} \dot{g}_4 - v_{emp} \dot{g}_4 - G \operatorname{sign} \dot{g}_2 (m_4 + m_3 + m_4) + a_4 - |F_{4cmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_4 .
\end{aligned}$$

Из полученных выражений очевидно, что величина $|F_{icmp}| \operatorname{sign} \dot{g}_i$ не оказывает существенного влияния ввиду малости, поэтому в дальнейшем ею можно пренебречь.

В общем виде уравнения динамики манипулятора ПР М10П.62.01 с учетом электропривода имеют вид

$$\ddot{g}_i = (a_{1i} \dot{g}_i + a_{2i} g_i + a_i + \epsilon_i u_i) / a_{0i}, \quad i = 1 \dots 4,$$

где i – номер канала управления.

Структурная схема динамики ПР М10П.62.01 приведена на рисунке 1.

Литература

1. Ключев В. И. Теория электропривода: Учеб. для вузов / В.И.Ключев. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2001 — 704 с: ил.
2. Кулешов, В. С. Динамика систем управления манипуляторами / В. С. Кулешов, Н. А. Лакота. — М.: Энергия, 1971. — 304 с.

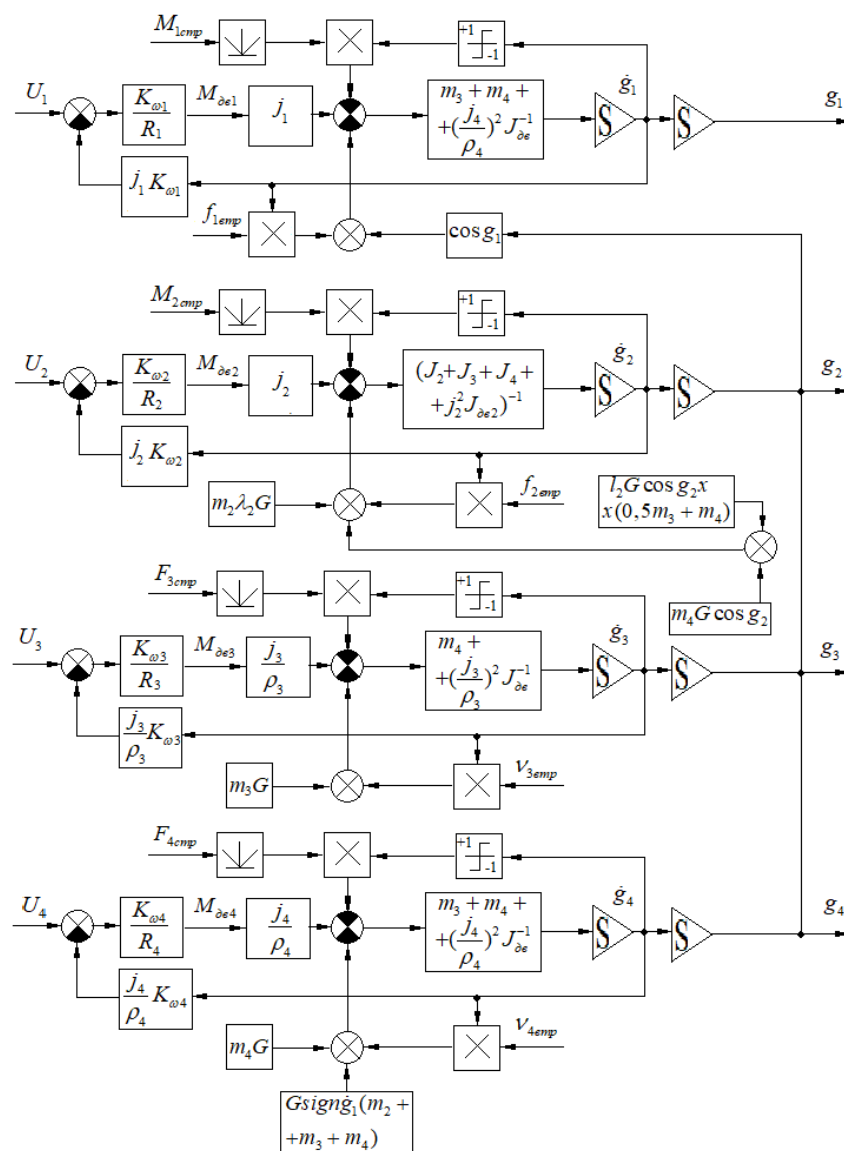


Рисунок 1 – Структурная схема динамики ПР М10П.62.01

УДК 681.5

Макогонов Д.А., Гаврилов С.О., канд. техн. наук

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

АЛГОРИТМИ СУЧАСНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

В теперішній час поява нової елементної бази та використання сучасних засобів мікропроцесорної техніки дозволяє розробникам створювати компактні, багатofункціональні і високоефективні системи керування асинхронних електроприводів, які задовольняють вимогам більшості технологічних процесів.

Алгоритмічне забезпечення систем керування електроприводів різних виробників розвивається в одному напрямку. На першому етапі розвитку (70-ті роки) використовувалися, переважно, алгоритми частотного керування типу закону М.П. Костенка з корекцією по напрузі в області низьких частот, а на другому етапі (80-ті роки) визнання отримали алгоритми векторного керування [1]. Згодом, в середині 80-х років минулого століття, для усунення недоліків, які характерні для алгоритмів попередніх етапів [2], були запропоновані алгоритми керування, що отримали назву Direct Torque Control (пряме керування моментом). Алгоритми DTC відрізняє відносна простота, робастність по відношенню до невизначеності параметрів і висока швидкодія. Однак ці алгоритми також не позбавлені недоліків [2], одним з яких є наявність пульсацій в електромагнітному моменті і потокозчепленні, що знижує точність регулювання, підвищує електроспоживання. Останнім часом розробці, вдосконаленню і дослідженню подібних систем приділяється пильна увага у багатьох країнах світу, про що свідчить велика кількість публікацій з цієї теми. Подальше вдосконалення алгоритмів керування для електроприводів різного призначення викликало необхідність дослідження і розробки алгоритмів на базі нових підходів теорії керування, наприклад, на основі методів FUZZY-логіки.

Розроблені на сьогодні алгоритми керування надійним і простим асинхронним двигуном, дозволили створити системи електроприводів для різних сфер застосування з оптимальними вартісними і експлуатаційними показниками, що визначило їх найбільше поширення.

Література

1. Козярук А.Е. Системы прямого управления моментом в частотно-регулируемых приводах переменного тока. Под редакцией Народицкого А.Г. // А.Е. Козярук, В.В. Рудаков. – С-Петербург. Изд. Санкт-Петербургской Электротехнической компании, 2005.
2. Гуляев И.В. Системы векторного управления электроприводом на основе асинхронизированного вентильного двигателя: монография / И.В. Гуляев, Г.М. Тутаев. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. – 200 с.

УДК 681.5

*Покин'є-Черета С.В., Кляцький А.С., Гаврилов С.О., канд. техн. наук
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова*

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПИЛОЖИВИЛЬНИКА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Як відомо, для підтримки рівномірного горіння полум'я в топці котла необхідно забезпечити рівномірну, і в той же час регульовану подачу пилу в котел. Дозування і подача вугільного пилу по пилопроводах до пальників котла здійснюється за рахунок пиложивильників. В якості приводів дозуючих коліс пиложивильників на котлах, що працюють на вугільному паливі, донині здебільшого використовуються регульовані електроприводи постійного струму. І як показує практика експлуатації, такі системи мають чимало суттєвих недоліків [1]. У зв'язку з цим постає питання їх модернізації для забезпечення достатньої якості регулювання технологічних параметрів роботи котельного агрегату. Одним з ефективних рішень є заміна привода постійного струму на сучасний частотно-регульований асинхронний електропривод, через те що двигуни постійного струму по економічних і експлуатаційних показниках багато в чому поступаються асинхронним двигунам [2].

У представленій роботі проведено модернізацію електропривода пиложивильника котельного агрегату. Розроблено функціональну та структурну схеми модернізованої системи. В пакеті MATLAB досліджено динаміку такої системи. В результаті модернізації досягається: розширення діапазону регулювання швидкостей, підвищення точності регулювання, синхронізація і стабілізація частоти обертання пиложивильників. Крім того, впровадження частотно-регульованого електропривода і інтеграція системи керування пиложивильників в автоматизовану систему керування енергетичної установки, дозволяє оптимізувати технологічні параметри котельного агрегату в процесі експлуатації з економічних, екологічних, ергономічних та інших показників.

Література

1. Модернизация системы управления пылепитателями котлоагрегатов на угольном топливе // © 1991-2017 ГК «Ракурс». – Режим доступу: <http://www.rakurs.com/schrp/pylepitateli/>
2. Исследование и модернизация пылепитателей // Алматинский университет энергетики и связи. – Режим доступу: http://www2.aipet.kz/student/mag_disser/2014/Bvoronov.pdf

СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ

УДК 621.313

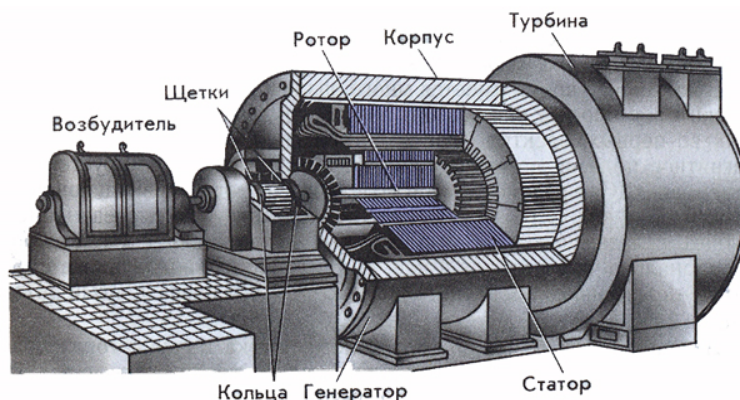
Буханец А. С., Усенко Р. В., студенти гр. 6371

Научный руководитель: д-р. техн. наук, профессор Хлопенко Н. Я.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРАЗИТНОЙ МОДУЛЯЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ ВИБРАЦИИ ЩЕТОК

Известно, что вибрации щеток синхронного генератора, показанного на рисунке, порождают пульсацию тока возбуждения и, как следствие, паразитную амплитудную модуляцию напряжения. Это обстоятельство может приводить к длительной остановке генератора и оборачивается существенными ремонтными затратами.



Особую остроту эта проблема приобрела в настоящее время в связи с увеличением сроков эксплуатации изделия и уменьшением количества планово-профилактических ремонтов. Ее решение до сих пор осуществляется практическим путем, а теоретические исследования для анализа уровня паразитной модуляции напряжения отсутствуют.

Целью работы является построение математической модели паразитной модуляции напряжения синхронного генератора при вибрации щеток.

Для описания движения системы «щетка-пружина-кольцо» использовалась известная из теоретической механики модель линейного осциллятора. Вынуждающая сила, приложенная к каждой щетке, описывалась гармонической функцией вследствие периодичности процесса механических колебаний. Зависимость пульсации тока возбуждения от амплитуды вынужденных колебаний щетки описывалась гармонической функцией с амплитудой, зависящей от амплитуды колебаний щетки. По ней определялось паразитное модулированное напряжение генератора.

Таким образом, построена математическая модель паразитной модуляции напряжения синхронного генератора при вибрации щеток.

УДК 621.316

Билык Т. Ю., студент гр. 5365м

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

ОБМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

В настоящее время существует проблема отрицательного влияния обменных колебаний мощности между параллельно работающими генераторными агрегатами на качество вырабатываемой электрической энергии и на работу электротехнических комплексов [1, 2]. В связи с этим актуальным является разработка способов выявления наличия и уровня обменных колебаний мощности в электротехнических комплексах.

В качестве источников электрической энергии на современных судах морского флота чаще всего используются дизель-генераторные агрегаты переменного тока на основе трехфазного синхронного генератора. Количество дизель-генераторных агрегатов в составе электростанции на большинстве судов не ограничивается одним, а может достигать пяти и более единиц, и зависит от типа судна и от суммарной мощности электропотребителей.

Основным режимом работы для генераторных агрегатов является их параллельная работа на общие шины главного распределительного щита. Параллельная работа генераторных агрегатов дает следующие преимущества: рациональное использование вырабатываемой электроэнергии, обеспечение надежности электростанции, работу агрегатов с наивысшими коэффициентами полезного действия и возможности ремонта отдельных агрегатов, экономия топлива и ресурса агрегатов.

Основными недостатками параллельной работы генераторных агрегатов является увеличение токов короткого замыкания и соответствующее повышение требований к разрывной способности коммутационной и защитной аппаратуры размещенной на ГРЩ, однако важнее всего становится необходимость решения задач, связанных с обеспечением соответствующего распределения нагрузки между генераторами и устойчивости их работы.

Обеспечение качественной параллельной работы генераторных агрегатов переменного тока представляет собой достаточно сложную задачу, прежде всего из-за необходимости распределения между ними активной и реактивной мощностей. Точ-

ность распределения активной и реактивной мощностей при параллельной работе судовых дизель-генераторных агрегатов необходима в первую очередь для устойчивой работы электростанции.

В требованиях классификационных обществ, морских конвенций, международного стандарта ISO 8528 отсутствуют требования по обеспечению показателей качества параллельной работы дизель-электрических агрегатов переменного тока. Однако, как показывает опыт эксплуатации современных морских судов, кроме общего требования о том, что параллельно работающие агрегаты не должны выпадать из синхронизма, необходимы критерии или нормы качества работы в параллель. Это связано с тем, что проблема обеспечения устойчивой параллельной работы имеет высокую степень сложности из-за существования обменных колебаний мощности (“перетекание мощности”) между параллельно работающими дизель-генераторными агрегатами переменного тока.

На устойчивость параллельной работы ДГ влияет величина обменных колебаний активной мощности, которая в обычных условиях не должна превышать $\pm 10 \dots 12,5\%$ от номинальной мощности большего из параллельно работающих ДГ.

Обменные колебания мощности – это переход мощности от одного ДГ к другому с частотой в несколько Гц. Внешне они сопровождаются колебаниями силы тока и напряжения генераторов, колебаниями реек топливных насосов и вызванными колебаниями звеньев регуляторов частоты вращения дизелей.

При недопустимых обменных колебаниях величины перетекаемой мощности могут составлять 100% и более. При этом ДГ несколько раз в секунду (при частоте 2...4 Гц) переходят в двигательный режим работы с величиной обратной мощности до 100%. Колебания хода рейки топливных насосов при этом тоже могут быть от 0% до 110%. Нормальная параллельная работа в этих случаях невозможна.

Причины этого явления разнообразны и часто носят конструктивный характер.

Обменные колебания носят околорезонансный характер из-за близости вынужденных колебаний из-за возмущающих сил от дизеля, а также возмущений, вызванных работой топливной аппаратуры или регулятора и собственных колебаний системы параллельно работающих ДГ. Настройка системы регулирования напряжения, демпфирование также влияют на развитие этих колебаний.

Нестабильность впрыска топлива, несоответствие величины остаточного давления топлива в трубопроводе высокого давления, несвоевременная отсечка подачи топлива могут вызвать возникновение значительных обменных колебаний мощно-

сти, особливо на малых нагрузках, поэтому необходимо обеспечить надлежащее техническое состояние топливной аппаратуры, а также правильную настройку и исправность регулятора частоты вращения.

Изменение частоты собственных колебаний измерителя скорости регулятора из-за изменения жесткости настроечной пружины или массы грузов могут быть одной из причин неустойчивой параллельной работы. В некоторых случаях это является препятствием к нормальному функционированию судовой электростанции.

Проблема существования обменных колебаний мощности между синхронными генераторами была обнаружена давно, но она не решена и до сегодняшнего дня.

Как известно, каждый дизель-генераторный агрегат имеет в своем составе регулятор частоты вращения дизеля и регулятор напряжения генератора, воздействуя на которые с помощью систем автоматического управления добиваются равномерного распределения мощностей. При параллельной работе генераторных агрегатов идеальное распределение активной нагрузки можно создать только в случае совпадения их регуляторных характеристик, однако добиться этого, не смотря на многообразие регуляторов частоты вращения, практически невозможно. Это связано с тем, что жесткости пружин одностипных регуляторов различны, отличаются характеристики топливной аппаратуры и, самое главное, каждый регулятор имеет зазор, в пределах которого частота может произвольным образом отклоняться от заданной, нелинейными оказываются и характеристики других элементов системы автоматического регулирования частоты вращения, в том числе из-за люфтов, механического износа соприкасающихся частей и технологической разницы параметров.

Одним из методов уменьшения амплитуды обменных колебаний мощности при параллельной работе дизель-генераторных агрегатов судового электротехнического комплекса является уменьшение коэффициентов передачи регуляторов частоты вращения дизель-генераторных агрегатов.

Судовой электротехнический комплекс, например, может иметь в своем составе адаптивную самонастраивающуюся систему автоматического управления, обеспечивающую уменьшение амплитуд обменных колебаний мощности. При обнаружении обменных колебаний мощности устройство адаптивно изменяет коэффициенты передачи регуляторов частоты вращения и уставки задания по частоте вращения дизель-генераторных агрегатов.

Топливные насосы также могут быть снабжены корректирующими клапанами, которые обеспечивают регулярный впрыск топлива, тем самым уменьшая амплитуду

обменных колебаний. Такого же результата можно добиться и увеличением постоянной времени демпферных контуров или маховых масс агрегата. Общеизвестными путями увеличения постоянной времени демпферных контуров является увеличение сечения стержней и замыкающего кольца демпферной клетки.

В любом случае, необходимы устройства оценки амплитуды и частоты обменных колебаний для мониторинга состояния электростанции и выработки соответствующих управляющих воздействий

Литература

1. Толшин В. И. Устойчивость параллельной работы дизель-генераторов / В. И. Толшин. – Л.: Машиностроение, 1970. – 200 с.
2. Мелешкин Г. А. Переходные режимы судовых электроэнергетических систем / Г. А. Мелешкин. – Л.: Судостроение, 1971. – 344 с.

УДК 621.314

Буркун Т. В., студент

Науковий керівник: Ставинський Р. А., канд. техн. наук, доцент

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРИФАЗНИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ З ВИТИМ ТРИСЕКЦІЙНИМ МАГНІТОПРОВОДОМ

Головним напрямом розвитку електромеханіки у ХХІ сторіччі є комплексне збереження енергетичних і матеріальних ресурсів при виробництві електромеханічних рухомих та статичних пристроїв. «Традиційними» способами рішення задач підвищення технічного рівня рухомих і статичних електричних машин є використання удосконалених електротехнічних матеріалів, методик оптимізаційних розрахунків та систем охолодження [1]. Однак можливості подальшого розвитку електромеханічних пристроїв вказаними способами в рамках традиційних («класичних») структур і конструкцій електромагнітних систем (ЕМС) є обмеженими. Згідно [1], необхідні нові нетрадиційні підходи до удосконалення електричних машин на основі системного підходу, структурних перетворень і структурної оптимізації їх ЕМС при використанні математичних моделей (ММ) з цільовими функціями (ЦФ), що містять універсальні та відносні керовані змінні (КЗ) [2]. На основі викладеного, пошук нових структур і утворюючих контурів (УК) елементів магнітопроводів, виткових фазних котушок та обмоткових вікон, що забезпечують зниження втрат, матеріаломісткості і трудомісткості ви-

робництва, а також підвищення компактності і надійності трифазних трансформаторів (ТТ) різного призначення, має особливу актуальність.

Робота направлена на вирішення питання можливості удосконалення трифазних розподільних трансформаторів з витим трисекційним магнітопроводом на основі заміни традиційних кругових утворюючих контурів стрижнів на шестигранні (рис.1).

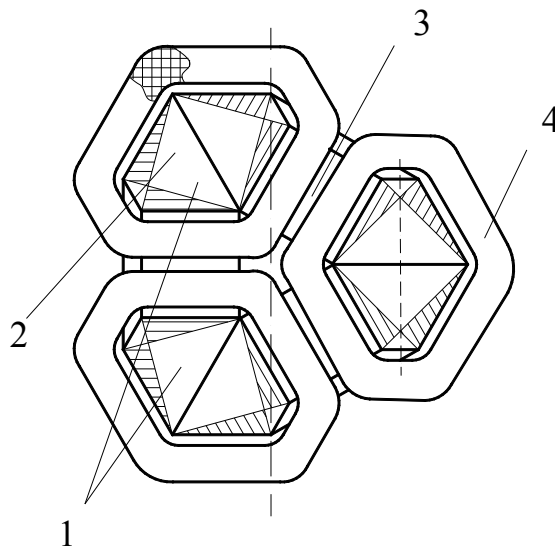


Рисунок 1 – Конструктивна схема аксіальної електромагнітної системи з трисекційним магнітопроводом: 1 – стрижень; 2 – стрижнева ділянка секції; 3 – яремна ділянка секції; 4 – котушка обмотки.

Задача порівняльного аналізу ЕМС вирішується на основі визначення і зіставлення екстремумів «унімодальних» ЦФ, які відповідають основним ПТР і універсальним КЗ. Основними ПТР є показники маси, вартості та втрат активної потужності. Універсальними КЗ є такі, які прийнятні і ідентичні як для варіантів, що порівнюються, так і для будь-яких з різноманітних існуючих та майбутніх нетрадиційних пропозицій конструкцій ЕМС. Викладеним умовам електромагнітної еквівалентності і універсальності відповідає метод оптимізації на основі безрозмірних показників технічного рівня та універсальних геометричних керованих змінних. Згідно вказаному методу будь-яка структура будь-якого варіанту однофазної або многофазної ЕМС з певним ii -м позначенням, зокрема ТТ, може бути подана сукупністю ЦФ, що містять безрозмірні ПТР

$$F_{ii} = \left(\sqrt[4]{\Pi_{\text{ТТ}}} \right)^3 K_{\text{Ці}} \Pi_{iii}^*,$$

де $\Pi_{\text{ТТ}}$ – показник вихідних даних і ЕМН ТТ; $K_{\text{Ці}}$ – складова питомих характеристик (маси, вартості або втрат) використаної ЕТС, що відповідає F_{ii} ; Π_{iii}^* – складова повної

ЦФ одного з трьох основних ПТР ЕМС у вигляді безрозмірних коефіцієнтів – показників відповідно маси Π_{1ii}^* , вартості Π_{2ii}^* і втрат активної потужності Π_{3ii}^* [2].

На основі вказаної ЦФ визначено вплив конструктивно-структурних перетворень аксіальної електромагнітної системи з витим трисекційним магнітопроводом на основні показники технічного рівня трифазного трансформатора потужністю 100 кВ·А.

На основі виконаних досліджень та оптимізаційних (за критерієм мінімуму маси) проектних розрахунків встановлене наступне.

Заміна вмотаної конструкції аналогу на стикову забезпечує зменшення маси на 57 кг при зменшенні габаритних розмірів на 9...12 %. Заміна кругових УК стикового прототипу на шестигранні УК (рис. 1) при зменшенні маси на 60 кг додатково знижує габаритні розміри на 10...15 %.

Висновки. Електромагнітні системи з традиційними УК наближаються до певної межі розвитку і мають технологічні та експлуатаційні недоліки. В роботі показано, що заміна традиційних УК на шестигранні УК в аксіальних просторових ЕМС уявляється суттєвим фактором та резервом енергоресурсозбереження.

Література

1. Ставинский, А.А. Проблема и направления дальнейшей эволюции устройств электромеханики / А.А. Ставинский // Электротехника і електромеханіка. – 2004. – №1. – с. 57-61.
2. Ставинский, Р.А. Нетрадиционные технические решения, постановка задачи и метод структурной оптимизации индукционных статических устройств / Р.А. Ставинский // Вісник КДУ. – Кременчук: КДУ, 2010. – вип. 4, ч. 2 – с. 91-94.

УДК 621.316

Прудников А. А., аспирант, Федоренчук А. Д., студент гр. 5365м

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО РЕАКТОРА С ПОПЕРЕЧНЫМ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ЯРМА

Регулируемый источник реактивной мощности является неотъемлемой частью многих электроэнергетических систем. Регулирование реактивной мощности может осуществляться как импульсной коммутацией реактора с сетью, так и подмагничиванием сердечника реактора. Последнее может быть выполнено постоянным или переменным магнитным полем в продольном или поперечном направлении относи-

тельно основного магнитного потока. В [1] предложена радиальная конструкция трехфазного реактора с витым магнитопроводом и поперечным подмагничиванием внешнего ярма, а также теоретически показано, что такая конструкция позволяет получить широкий диапазон регулирования при приемлемом процентном содержании гармоник в токе основной обмотки. Для экспериментального исследования ввиду финансовой сложности реализации единичного экземпляра было предложено изготовить три однофазных реактора с подмагничиванием ярма. В качестве основы однофазного реактора использован трансформатор ТС-180-2, который легкодоступен ввиду широкого использования в старой телерадиоаппаратуре и имеет тоже витой магнитопровод. Трансформатор с предварительно вырезанной частью магнитопровода был использован в качестве индуктора и установлен на ярмо второго трансформатора, как это показано на рисунке 1.

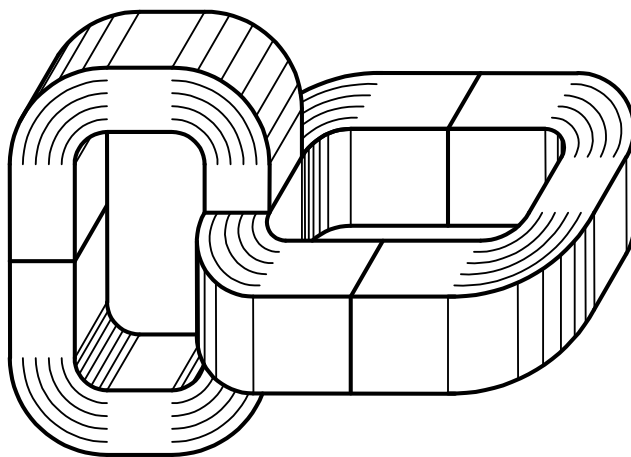


Рисунок 1 – Взаимное размещение магнитопроводов трансформаторов для организации поперечного подмагничивания

Для исключения короткозамкнутого витка, организованного токопроводящей конструкцией для стягивания магнитной системы, часть конструкции заменена текстолитовой планкой. В качестве обмотки подмагничивания и силовой обмотки использованы обмотки трансформатора ТС-180-2, соединенные в соответствии со схемами, представленными на рисунках 2 и 3.

Параметры обмоток трансформатора ТС-180-2 представлены в таблице 1. При подаче переменного напряжения $U = 110$ В потребляемый силовой обмоткой ток:

– при отсутствии подмагничивания составляет $I = 135$ мА (мощность обмотки переменного тока – 14,85 Вт);

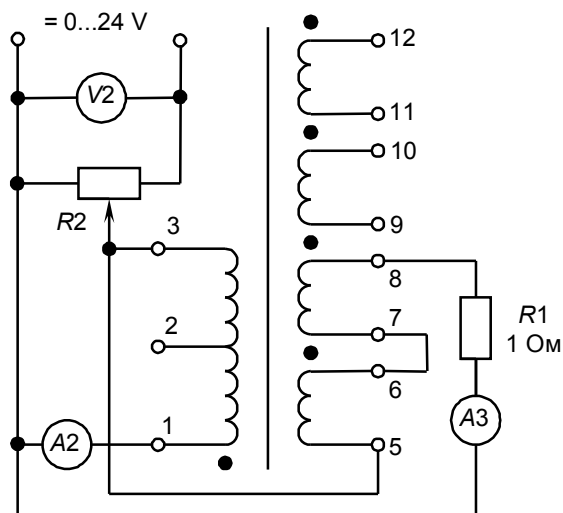


Рисунок 2 – Схема питания обмотки подмагничивания постоянного тока

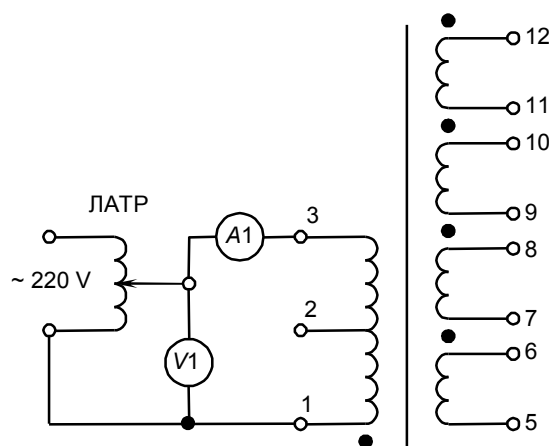


Рисунок 3 – Схема питания силовой обмотки переменного тока

– при токах подмагничивания $I_{1-3} = 1100$ мА и $I_{5-8} = 520$ мА составляет $I = 540$ мА (кратность регулирования 4, намагничивающая сила подмагничивания – 608 Ампер-витков; мощность подмагничивания – 7 Вт; мощность обмотки переменного тока – 59,4 ВА);

– при токах подмагничивания $I_{1-3} = 1760$ мА и $I_{5-8} = 830$ мА составляет $I = 750$ мА (кратность регулирования 5,56, намагничивающая сила подмагничивания – 972 Ампер-витков; мощность подмагничивания – 11,2 Вт; мощность обмотки переменного тока – 82,5 ВА).

Таблица 1

Параметры обмоток трансформатора ТС-180-2

Обмотка	Сопротивление, Ом	Количество витков
1-2-3	$2,9 + 0,5 = 3,4$	$340 + 53 = 393$
5-6+7-8	$3,5 + 2,8 = 6,3$	$195 + 143 = 338$

Литература

1. Ставинский А. А. Трехфазный реактор с радиальным симметричным магнитопроводом управляемый поперечным подмагничиванием ярма. [Текст] / А. А. Ставинский, С. Н. Новогрецкий, А. А. Прудников // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 2/2016 (34). – С. 71 – 77.

СЕКЦІЯ 5. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.314.5

Брагін Д. С., студент гр. 2317ст, Драган Г. С., студент гр. 4311

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ПЕРСПЕКТИВНІ ІМПУЛЬСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ АЛЮМІНІЄВИХ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ

Інтенсифікація виробництва вимагає розробки нових прогресивних технологій, що дозволяють забезпечувати високоефективні методи обробки матеріалів і виробів. Це обумовлює застосування в промисловості імпульсних методів обробки, що дозволяють здійснювати керований концентрований вплив у певних точках з досягненням при цьому високих питомих енергетичних показників. При обробці алюмінієвих ливарних сплавів актуальною задачею є забезпечити рівномірність подрібнення структури в усьому об'ємі виливків. Аналіз робіт, проведених в Інституті імпульсних процесів і технологій НАН України [1], показав, що до перспективних імпульсних способів обробки алюмінієвих ливарних сплавів відноситься метод обробки імпульсними магнітними полями індуктором, розташованим над поверхнею розплаву [2].

Суть методу обробки розплаву металу (рис. 1) включає осьову дію на розплав імпульсними магнітними полями індуктором, розташованим над поверхнею розплаву, яку здійснюють з періодом власних коливань імпульсів магнітного поля від 10 до 20 мкс протягом визначеного часу обробки. Дію імпульсними магнітними полями здійснюють при максимальній амплітуді розрядної напруги від 5 до 20 кВ. Індуктор розташовують на відстані від 1 до 2 мм над поверхнею розплаву.

Функціональна схема для реалізації способу осьової магнітно-імпульсної обробки містить генератор імпульсних струмів (ГІС) 1, розплав 2, індуктор 3, тигельну плавильну піч опору 4 та тигель 5. Індуктор 3 розташований співвісно з тиглем 5 на відстані А від поверхні розплаву.

Використання цього способу дозволяє за рахунок визначення оптимальних параметрів обробки при мінімальних енерговитратах отримати технічний результат, що полягає в збільшенні значення електромагнітних сил, які діють на розплав, та забезпечити рівномірність подрібнення структури в усьому об'ємі виливків, і за рахунок цього підвищити їх службові властивості. Крім того, спосіб дозволяє зменшити енерговитрати на виконання за допомогою індуктора осьової магнітно-імпульсної обробки розплаву.

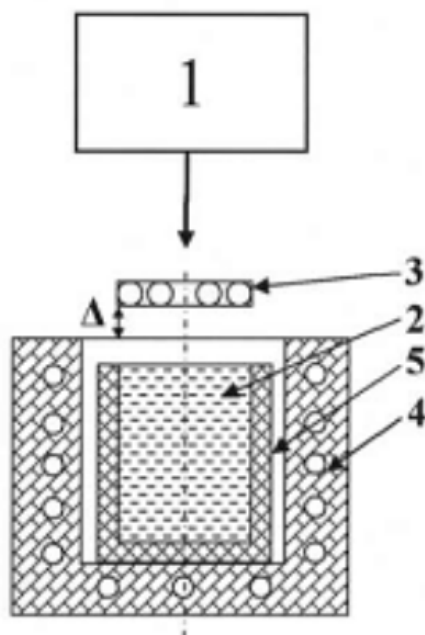


Рисунок 1 – Функціональна схема реалізації способу

Проаналізовано результати випробування даного способу, застосованого для обробки у печі розплаву силуміну АК5М2. Сплав силуміну АК5М2 виплавляли при температурі $750 \pm 10^\circ\text{C}$. Після цього його було піддано магнітно-імпульсній обробці індуктором, який підводили до поверхні розплаву через отвір печі опору. З ГІС подавали імпульси розрядного струму та формували в розплаві імпульси 35 магнітного поля з періодом власних коливань 10 мкс протягом часу $t_{\text{обр}}$ визначеного за формулою $t_{\text{обр}} \geq V/(f \cdot V_t)$, частота f дорівнювала 6 Гц, величина максимальної розрядної напруги становила 15 кВ. Дослідження довели, що розплав силуміну, оброблений імпульсами магнітного поля, згідно з параметрами, що заявляються, має показники структури за різними перерізами більш позитивні ніж без обробки. Так, різниця розмірів а зерна у 1-му та 5-му перерізах без обробки складає 2,5 рази, після обробки – 1,35 разів; інтерметалідів CuAl_2 – у 2 рази, та в 1,7 рази відповідно; кремнію вевтектиці – практично без зміни. Слід також відмітити, що структура евтектики після МІО змінює свою морфологію від частково модифікованої до модифікованої практично повністю, що сприяє підвищенню пластичних властивостей литого металовиробу. Енергетичні показники даної обробки у порівнянні з існуючими аналогами при практично однаковому металургійному ефекті мають у 2-3 рази менше значення енерговитрат на обробку. Це можливо лише у випадку інтенсивної електросилової дії, яка при менших

енергіях розряду та енерговитратах на обробку може бути підвищена за допомогою раціонально вибраних параметрів обробки.

Висновки. Розглянутий спосіб імпульсної обробки є перспективним тому що дає змогу ефективно енергетично модифікувати оброблений метал, одержувати дрібну та рівномірну в об'ємі структуру оброблених виливків, підвищити завдяки цьому їх механічні та експлуатаційні властивості.

Литература

1. Интернет-ресурс <http://science4technology.com/company/iip/technology/>
2. Патент на корисну модель 114908 Україна МПК B22D 27/02 (2006.01) B22D 27/08 (2006.01) СПОСІБ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ МЕТАЛУ / Автори Цуркін Володимир Миколайович (UA), Череповський Сергій Сергійович (UA), Іванов Артем Володимирович (UA) . – № u 2016 10157; Заявлено 06.10.2016; Опубл. 27.03.2017, Бюл.№ 6.

УДК 681.51:621.314.5

Золина А. В., студент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Интенсификация производства требует разработки новых прогрессивных технологий, позволяющих обеспечивать высокоэффективные методы обработки материалов и изделий. Это обуславливает применение в промышленности импульсных методов обработки, позволяющих осуществлять управляемое концентрированное воздействие в определенных точках с достижением при этом высоких удельных энергетических показателей. В данной работе представлен анализ перспективных импульсных технологий, которые разрабатываются в Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины.

1. Технология электрогидроимпульсной обработки расплава в ковше на предразливочной стадии [1]

Технология обеспечивает:

- а) дегазацию расплава и удаление неметаллических включений;
- б) увеличение жидкотекучести расплава и наполняемости форм;
- в) устранение дефектов газоусадочного происхождения;
- г) получение благоприятной структуры в литом металле, влияя на его структурные уровни, от атомарного до макро;

д) положительное влияние на свойства литого металла.

Сущность технологии. В ковш с расплавом специальным волноводом от электроразрядного генератора упругих колебаний подаются импульсы давления широкого спектра частот (от 0,1 Гц до 100 кГц). Это существенным образом ускоряет тепло-, массообменные, физико-химические процессы на макро- и микроуровнях, изменяет структуру и свойства жидкого металла, формируя благоприятные условия для его эффективной кристаллизации.

Преимущества технологии:

- а) экологическая чистота в сочетании с успешностью обработки;
- б) исключительно низкие удельные затраты электрической энергии по сравнению с другими методами внепечной обработки: $< 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$;
- в) кратковременность обработки: < 5 минут;
- г) простота обслуживания и высокая надежность используемого высоковольтного оборудования;
- д) возможность самостоятельного использования способа и комплексирования его с другими технологическими приемами внепечной обработки (модифицирование, легирование, продувка, МГДО и т.п.).

Эффективность технологии:

- а) повышение жидкотекучести расплава;
- б) удаление свободного водорода, не менее 30%;
- в) уменьшение количества неметаллических включений, на 15%;
- г) измельчение макро и микроструктуры;
- д) снижение порога хладноломкости, на 20°C ;
- е) уменьшение разброса значений механических характеристик, не менее 15% (отливки из судостроительных сталей и сталей общего назначения);
- ж) повышение износостойкости, не менее 50% (отливки из высокоуглеродистых сплавов, работающих в условиях гидроабразивного износа);
- з) снижение магнитной проницаемости в высокоуглеродистых сплавах для электротехнических целей на 4-10%;
- и) увеличение герметичности отливок сложной конфигурации из алюминиевых сплавов, работающих в условиях высоких давлений, на 10%;
- к) снижение вредного влияния примесей железа и структурной наследственности при переплаве вторичных алюминиевых сплавов.

2. Электрогидравлическая очистка литья от стержней и остатков формовочной смеси [2]

Выбивка стержней и остатков формовочных смесей из тонко- и толстостенных стальных, чугунных, алюминиевых, титановых и других отливок массой от десятков граммов до сотен тонн (в т.ч. точное литье) независимо от их сложности в условиях индивидуального, серийного, крупносерийного и массового производства.

Сущность технологии. Технология основана на использовании высоковольтного разряда, возникающего между специальным электродом и отливкой в жидкости (рис. 1). В результате в жидкости формируются и распространяются волны давления высокой интенсивности и гидропотоки, воздействующие на тело отливки и стержневую смесь и вызывающие разрушение и удаление последней.

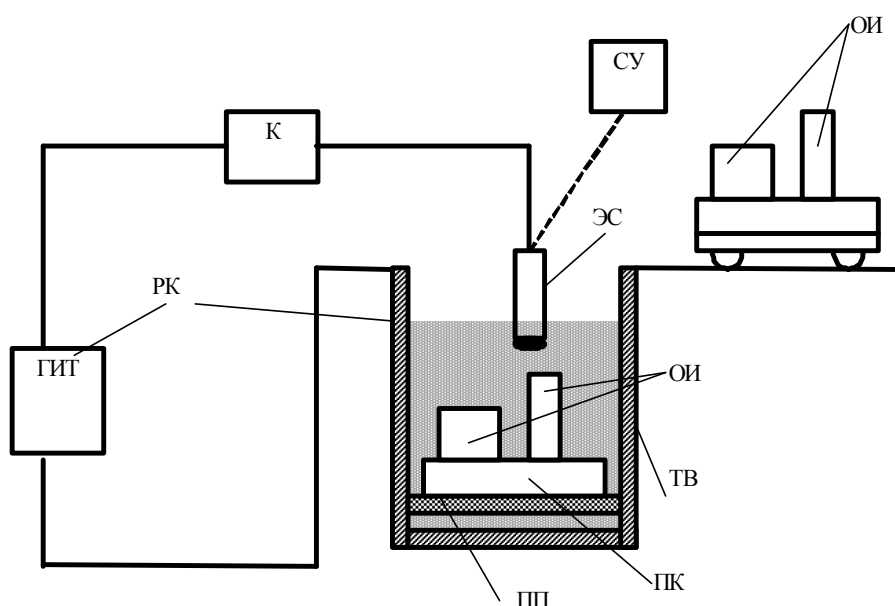


Рисунок 1 – Блок-схема электрогидроимпульсной установки по очистке отливок

Преимущества технологии:

- а) существенное повышение производительности (в 2-4 раза);
- б) снижение себестоимости и энергоемкости при обеспечении высокого качества удаления стержней даже из самых сложных отливок;
- в) коренное улучшение условий труда и экологической обстановки на обрубном участке;
- г) механизация тяжелого ручного труда;
- д) исключение условий для возникновения профессиональных заболеваний (виброблезнь, силикоз и др.).

Эффективность:

- а) удаление стержневых и формовочных смесей практически любой прочности;
- б) исключение операции доочистки отливок;
- в) уменьшение остаточных напряжений в отливках без термической обработки;
- г) стабилизация геометрических размеров отливок;
- д) уменьшение в 2...2,5 раза занимаемых производственных площадей.

3. Электроразрядная технология обработки призабойных зон нефтяных и водозаборных скважин [3, 4]

Технология реализует высокоэффективную обработку призабойных зон нефтяных, нагнетательных и водозаборных скважин для повышения их продуктивности.

Сущность технологии. В скважине, заполненной жидкостью (рис. 2), высоковольтным импульсным разрядом возбуждают циклически волны сжатия и гидротоки, которые разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий, развивают старые и образуют новые трещины в породе, что приводит к перемещению жидкости в зону активного дренирования. Реализуется мобильным скважинным устройством.

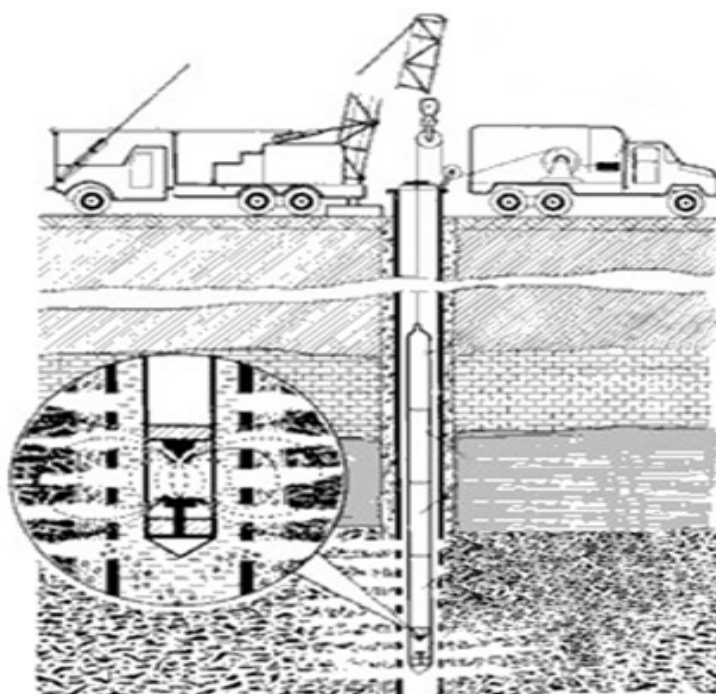


Рисунок 2 – Схема электроразрядного метода обработки призабойных зон нефтяных и водозаборных скважин с целью повышения их дебита

4. Электрогидроимпульсная обработка металлических конструкций для снятия остаточных напряжений [5]

Технология реализует высокоэффективное снижение (на 50-70%) остаточных напряжений в сварных и литых металлоконструкциях и структурное упрочнение металла сварного соединения.

Сущность технологии. Заключается в обработке металлических конструкций многократными импульсами давления, генерируемыми высоковольтными электрическими разрядами в воде.

Преимущества технологии:

- а) экологическая чистота метода в сочетании с успешностью обработки;
- б) обеспечивается повышение структурно-чувствительных характеристик металлоконструкций (длительной прочности, выносливости, сопротивления коррозионному растрескиванию;
- в) производительность до 2... 6 т/ч;
- г) на порядок ниже энергозатраты, чем при термообработке;
- д) не теряется прочность металла;
- е) повышается на 30% предел усталости металла сварных соединений.

Техническим средством для реализации импульсной обработки в конкретных технологиях являются электрогидроимпульсные установки (ЭГУ).

Установка включает в себя генератор импульсов тока (ГИТ), который разрядным контуром (РК) через высоковольтный коммутатор (ВК) подключен к технологическому узлу установки (ТУ). ГИТ является основным узлом установки, который должен обеспечивать воспроизводство электрических разрядов и совместно с электродной системой (ЭС), помещенной в жидкость, является оборудованием для преобразования электрической энергии в энергию ударных волн посредством высоковольтного разряда.

Генераторы состоят из зарядного устройства (ЗУ), накопителя энергии (НЭ) и устройств преобразования энергии (УПЭ).

Зарядное устройство обеспечивает заряд НЭ (конденсаторной батареи) до требуемого напряжения и состоит из повышающего трансформатора (Тр), высоковольтного выпрямителя (ВВ) и токоограничивающего элемента (ТЭ).

Кроме зарядного устройства генератор содержит устройство преобразования энергии, которое состоит из высоковольтного коммутатора (ВК) и линии передачи

энергии, электродной системы (ЭС), размещенной в технологическом узле установки. Нагрузкой генератора служит канал разряда в межэлектродном промежутке.

Сходство электрооборудования для различных импульсных технологий позволяет обобщить и выделить следующие задачи управления для различного типа ЭГУ:

- для ЭГУ по очистке: а) управление вспомогательными операциями; б) управление зарядными процессами; в) управление движением рабочего органа; г) управление режимом обработки [6, 7];
- для ЭГУ по электрогидроимпульсной обработке расплава в ковше на предразливочной стадии: а) управление вспомогательными операциями; б) управление зарядными процессами; в) управление режимом обработки;
- для ЭГУ по штамповке [8]: а) управление вспомогательными операциями; б) управление зарядными процессами; в) управление режимом обработки;
- для ЭГУ других назначений: а) управление вспомогательными операциями; б) управление зарядными процессами; в) управление движением рабочего органа (если это предусмотрено технологией обработки); г) управление режимом обработки.

В связи с этим актуальной задачей автоматизации ЭГУ является оптимизация структуры системы управления ЭГУ, которая позволяет создавать системы управления не только для единообразных решений аналогичных задач в различных установках, но и, по возможности, решения различных задач для одной установки [9].

Выводы. Перспективные импульсные технологии, обеспечивающие высокоэффективные методы обработки материалов и изделий, постоянно развиваются в части усовершенствования электрооборудования и систем управления с целью дальнейшего улучшения производительности, снижения энергозатрат, механизации технологических процессов. Актуальной задачей автоматизации ЭГУ является оптимизация структуры системы управления ЭГУ.

Литература

1. Интернет-ресурс http://www.iipt.com.ua/dep42_1_r.html
2. Интернет-ресурс http://www.iipt.com.ua/tech_1_r.html
3. Интернет-ресурс <http://science4technology.com/post/intensifikacija-dobychi-poleznyh-iskopaemyh/>
4. Интернет-ресурс http://www.iipt.com.ua/tech_5_r.html

5. http://www.iipt.com.ua/tech_6_r.html

6. Козырев С. С, Овчинникова Л. Е. Система управления разрядноимпульсными технологиями с элементами искусственного интеллекта // Матеріали XX Міжнародної конференції з автоматичного управління, присвячена 100-річчю з дня народження академіка О. Г. Івахненка АВТОМАТИКА / AUTOMATICS-2013 – Миколаїв, НУК. – С.173.

7. Kozyrev S.S., Nazarova N.S., Ovchinnicova L.Ye. The analysis of statistical characteristics of the initial stage of an underwater electric discharge // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2012. – №1 (442). – С.79-82.

8. Назарова Н. С, Вінниченко Д. В. Гібридна система керування генераторів імпульсних струмів для розрядноімпульсної штамповки // Матеріали XX Міжнародної конференції з автоматичного управління, присвячена 100-річчю з дня народження академіка О. Г. Івахненка АВТОМАТИКА / AUTOMATICS-2013 – Миколаїв: НУК. – С.211.

9. Natalia Nazarova, Dmitry Vinnichenko. Electrotechnical Control and Current Protection System of the High-Voltage Pulse-Current Generator – // Conference Proceedings of 2017 IEEE First Ukraine Conference on ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING (UKRCON), May 29- June 2, 2017, – pp. 574-577.

УДК 621.314.5

Лудан П. В., Дуднік А. А., студенти гр. 4311

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ПЕРСПЕКТИВНІ ІМПУЛЬСНІ СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ

В Інституті імпульсних процесів і технологій НАН України розроблюються перспективні імпульсні способи одержання тонкодисперсних порошків [1, 2], які використовують у порошковій металургії для одержання тонкодисперсних порошків, а саме для підвищення дисперсності порошків, що застосовують при виробництві композиційних матеріалів, інструментів, сонячних батарей, фільтрів, присадок до змащувальних мастил, фарбувальних пігментів, компонентів 5 високоміцних припоїв тощо.

Один із способів одержання тонкодисперсних металевих порошків наведено в [1]. Мета винаходу полягає у можливості впливати на оброблювані металеві порошки високовольтними імпульсними ударами з параметрами пікового тиску, які перевищують параметри міцності матеріалу та з питомою енергією, яка забезпечить розвиток

радіальних тріщин у більшості частинок матеріалу, і за рахунок цього забезпечити високу ступінь диспергування і отримання 35 порошку з великим вмістом тонкодисперсних фракцій частинок.

Суть способу одержання тонкодисперсних металевих порошків полягає в наступному. Диспергування вихідного матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з параметрами, що встановлюють попередньо в залежності від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування, згідно з винаходом, дію здійснюють з напругою ≥ 50 кВ та індуктивністю розрядного контуру $\leq 0,5$ мкГн з питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л.

Пристрій, показаний на рис. 1, містить енергетичну частину 1, кіловольтметр 2, накопичувальну ємність 3, повітряний розрядник 4, шунт 5, робочу камеру 6, дільник напруг 7, запам'ятовуючий осцилограф 8. Спосіб здійснюють таким чином.

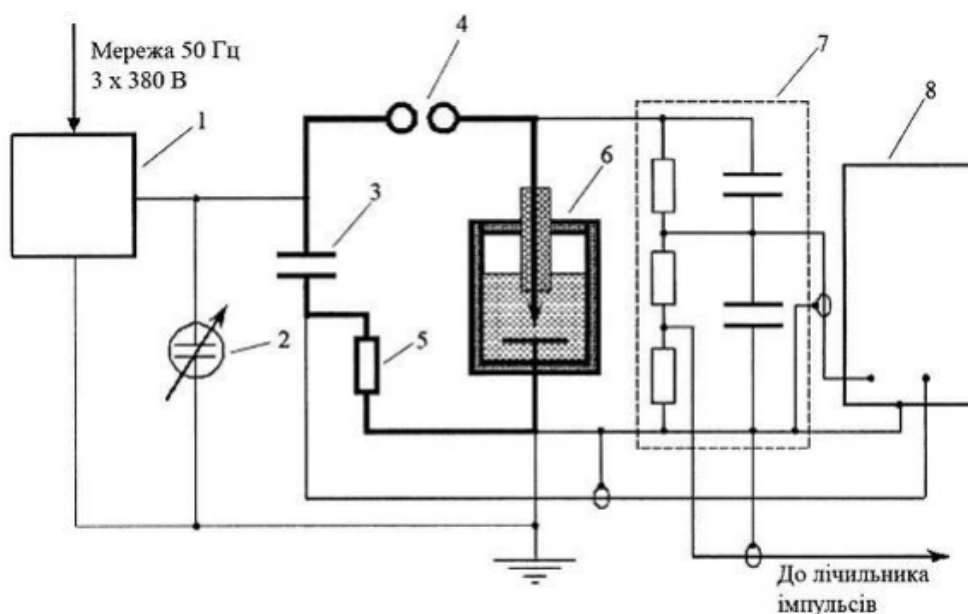


Рисунок 1 – Блок схема пристрою для одержання тонкодисперсних порошків

Оброблюваний металевий порошок засипають у камеру 6, яка після цього заповнюється заданим об'ємом робочої рідини та герметизується. Після цього у камері проводять високовольтні електричні розряди кількістю, достатньою для отримання питомої енергії обробки від 100 до 2000 кДж/л.

Але використання наведеного способу призводить до того, що велика кількість частинок порошку при дії високовольтними імпульсними розрядами в рідині не потрапляє в екваторіальну площину розряду, де значення величини тиску є найбільшим

(див. рис. 2 [1]), через те, що зменшується інтенсивність подрібнення, а також те, що дії розрядів піддається весь об'єм порошку, унеможливаючи вибіркову дію на певну фракцію, через що зменшується вихід дрібних фракцій.

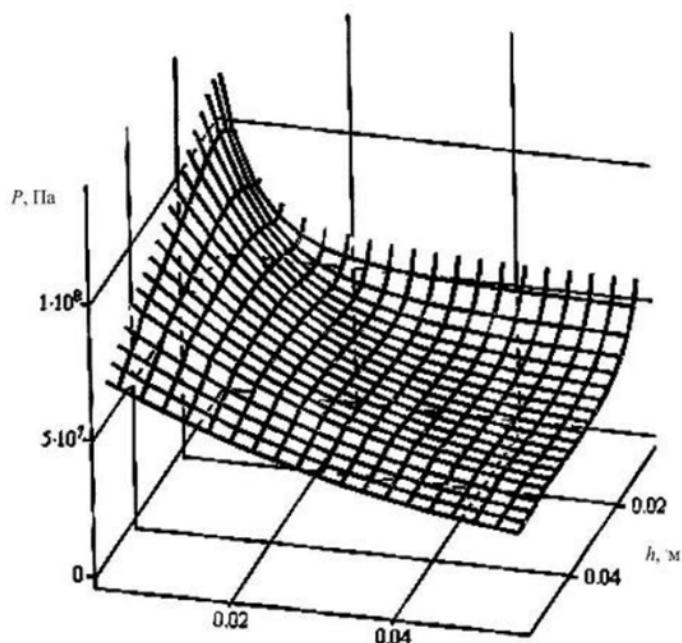


Рисунок 2 – Поле тисків хвилі стиснення при електророзрядній обробці порошків

Тому спосіб одержання тонкодисперсних порошків було удосконалено в патенті [2].

Суть способу одержання тонкодисперсних порошків [2] полягає в наступному. Попередньо встановлюють емпіричну залежність часу t осадження частинок порошкового матеріалу від поверхні рідини до площини, що проходить через середину міжелектродного проміжку, та здійснюють диспергування вихідного порошкового матеріалу шляхом дії на нього високовольтними імпульсними розрядами в рідині з напругою ≥ 50 кВ і питомою енергією від 700 до 2000 кДж/л, які встановлюють залежно від границі міцності вихідного матеріалу на розтягування, та з визначеною частотою f , що дорівнює $f = \frac{1}{t}$. Дію високовольтними імпульсними розрядами з визначеною частотою здійснюють доки розмір фракції порошкового матеріалу зменшиться не менш ніж у три рази, а потім, використовуючи встановлену емпіричну залежність часу осадження частинок порошкового матеріалу, продовжують дію високовольтними імпульсними розрядами з частотою, що дорівнює $f = \frac{1}{t_D}$, де t_D – час осадження частинок диспергованого порошку.

Обробка порошку при зміні частоти з 0,3 на 0,07 Гц дозволила збільшити кількість дрібнодисперсної фракції більш ніж у два рази порівняно з обробкою з частотою, оптимальною для початкового розміру (0,3 Гц) – вміст фракції < 50 мкм склав 51,5 %, фракції, середньої за розмірами (від 50 до 100 мкм) – 42 %.

Висновок. Наведений спосіб одержання тонкодисперсних порошоків є перспективним, тому що дозволяє здійснювати диспергування порошкового матеріалу з урахуванням кінетики його подрібнення, і за рахунок цього збільшувати вихід порошоків дрібних фракцій.

Література

1. Пат. 98520 Україна. МПК В02С 19/18 (2006.01) В22F 9/14 (2006.01). Спосіб одержання тонкодисперсних металевих порошоків. / Сизоненко Ольга Миколаївна (UA); Тафтай Едуард Іванович (UA); Райченко Олександр Іванович (UA); Баглюк Геннадій Анатолійович (UA); Торпаков Андрій Сергійович (UA); Липян Євген Васильович (UA); Зайченко Андрій Дмитрович (UA); заявник і патентовласник ІПТТ НАН України. – № а201008652; заявл. 12.07.2010.; Опубл. 25.05.2012, бюл. № 10 – 8 с.

2. Пат. на кор.мод 113307 Україна. МПК В22F 9/14 (2006.01) В02С 19/18 (2006.01). Спосіб одержання тонкодисперсних порошоків. / Сизоненко Ольга Миколаївна (UA); Торпаков Андрій Сергійович (UA); Зайченко Андрій Дмитрович (UA); заявник і патентовласник ІПТТ НАН України. – № u201606967; заявл. 29.06.2016.; Опубл. 25.01.2017, бюл. № 2 – 6 с.

УДК 621.314.5

Матвеев А. О., студент гр. 4311

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ВИСОКОВОЛЬТНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСНИХ СТРУМІВ З КЕРОВАНОЮ ЧАСТОТОЮ РОЗРЯДНИХ ІМПУЛЬСІВ

Основним джерелом розрядних імпульсів в сучасних розрядноімпульсних технологіях (РІТ) є генератор імпульсних струмів (ГІС). Отже, для підвищення ефективності технологій ГІС постійно удосконалюються. Аналіз розробок Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України [1] показав що для різних розрядноімпульсних технологій, а саме: в установках для зняття залишкових напружень, очищення лиття, в установках для високовольтного електророзрядного методу синтезу нанорозмірного вуглецю, електрофільтрації екологічно небезпечних промислових викидів та інших,

доцільним є використання високовольтного генератора імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів.

В патенті [2] наведено один із способів регулювання частоти проходження розрядних імпульсів. Найбільш часто в РІТ використовуються зарядні пристрої з некерованим зарядним пристроєм [3, 4]. Слід відзначити, що при використанні відомого ГІС, у складі якого є блок керування високовольтним комутатором можливо здійснити стабілізаційні напруги і відповідно частоти розрядних імпульсів, але неможливо змінити частоту розрядних імпульсів. Це зумовлено тим, що при використанні ГІС, в якому некерований зарядний пристрій забезпечую фіксовану потужність ($P=C \cdot U^2 \cdot f/2$) і задає фіксоване відношення між такими технологічними параметрами як вихідна напруга ємнісного накопичувача енергії (U), його ємність (C) і частота розрядних імпульсів (f), частота розрядних імпульсів залежить від вибраних значень перерахованих параметрів і не може бути зміненою у разі необхідності відповідно до вимог технологічного процесу при використанні того ж самого некерованого зарядного пристрою. Але некерований розрядний пристрій є найбільш простим і надійним, що зумовлює доцільність його використання.

Метою розробки ГІС з керованою частотою розрядних імпульсів є можливість регулювання частоти розрядних імпульсів при фіксованих значеннях напруги і ємності ємнісного накопичувача енергії при використанні некерованого зарядного пристрою

В патенті [2] наведено удосконалення високовольтних генераторів імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів шляхом введення нових елементів у схему, що дозволить регулювати частоту розрядних імпульсів при фіксованих значеннях напруги і ємності ємнісного накопичувача енергії при використанні некерованого зарядного пристрою.

Це дозволить розширити функціональні можливості та область використання генератора для різних розрядноімпульсних технологій.

Поставлена мета в патенті [2] досягається тим, що високовольтний генератор імпульсних струмів, підключений до промислової трифазної мережі живлення, який містить некерований зарядний пристрій, ємнісний накопичувач енергії, високовольтний комутатор, електродну систему та пристрій захисної комутації, при цьому вихід некерованого зарядного пристрою з'єднано з входом ємнісного накопичувача енергії, до виходу якого послідовно підключено високовольтний комутатор і електродну систему, а пристрій захисної комутації підключено до ємнісного накопичувача енергії

паралельно, також оснащено керованими ключами і пристроєм керування частотою розрядних імпульсів, при цьому входи керованих ключів підключено до промислової трифазної мережі живлення, а їх виходи з'єднано з входом некерованого зарядного пристрою, а вхід пристрою керування частотою розрядних імпульсів підключено до ємнісного накопичувача енергії паралельно, а його вихід – до керуючих входів керованих ключів (рис.1).

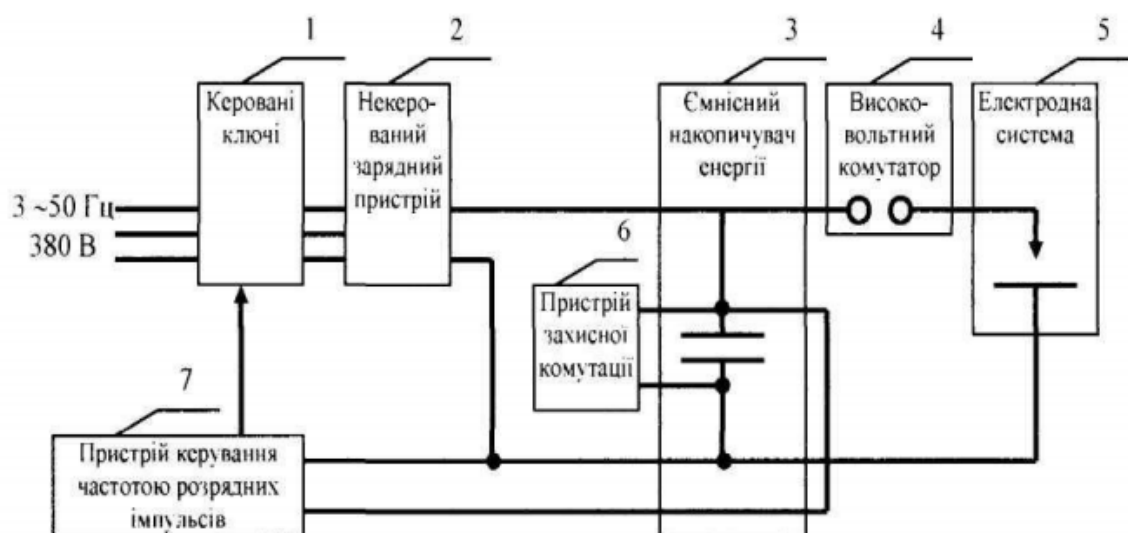


Рисунок 1 – Блок-схему високовольтного генератора імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів

Високовольтний генератор імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів містить керовані ключі 1, входи яких підключено до промислової трифазної мережі живлення, некерований зарядний пристрій 2, ємнісний накопичувач енергії 3, високовольтний комутатор 4, електродну систему 5, пристрій захисної комутації 6 для розряду ємнісного накопичувача енергії 3 та пристрій керування частотою розрядних імпульсів 7. Виходи керованих ключів 1 з'єднано з входом некерованого зарядного пристрою 2. Вихід некерованого зарядного пристрою 2 з'єднаний з входом ємнісного накопичувача енергії 3, до виходу якого послідовно підключено високовольтний комутатор 4 і електродну систему 5. Пристрій захисної комутації 6 підключено до ємнісного накопичувача енергії 3 паралельно. Вхід пристрою керування частотою розрядних імпульсів 7 підключено до ємнісного накопичувача енергії 3 паралельно, а його вихід – до керуючих входів керованих ключів 1.

Високовольтний генератор імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів працює наступним чином.

Попередньо пристрій захисної комутації 6 для розряду ємнісного накопичувача енергії 3 встановлюють у стан, при якому знято блокування виводів конденсаторної батареї ємнісного накопичувача енергії 3.

Від трифазної промислової мережі живлення крізь керовані ключі 1 та некерований зарядний пристрій 2 відбувається зарядка ємнісного накопичувача енергії 3 до заданої зарядної напруги.

Зарядна напруга може бути задана, наприклад, за допомогою некерованого повітряного високовольтного комутатора 4 шляхом завдання міжелектродного проміжку, який відповідає заданій напрузі, або за допомогою керованого високовольтного комутатора 4, який спрацьовує при досягненні заданого рівня напруги на ємнісному накопичувачі енергії 3.

При досягненні заданої зарядної напруги високовольтний комутатор 4 спрацьовує і підключає ємнісний накопичувач енергії 3 до електродної системи 5, завдяки чому відбувається розряд ємнісного накопичувача енергії 3 на навантаження, яке розташовано в між електродному проміжку електродної системи 5.

При розряді ємнісного накопичувача енергії 3 напруга на ньому змінюється у напрямку різкого спаду. Ця інформація приходить на вхід пристрою керування частотою розрядних імпульсів 7, який подає зі свого виходу на керуючі входи керованих ключів 1 керуючий сигнал, що розмикає керовані ключі 1 і відключає некерований зарядний пристрій від трифазної мережі живлення.

Після витримки часу t пристрій керування частотою розрядних імпульсів 7 подає сигнал на керуючі входи керованих ключів 1, який замикає керовані ключі і підключає некерований зарядний пристрій 2 до трифазної мережі живлення. Процес повторюється.

Висновки. Застосування високовольтного генератора імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів дозволяє регулювати частоту розрядних імпульсів при фіксованих значеннях напруги і ємності ємнісного накопичувача енергії при використанні некерованого зарядного пристрою. Це дозволяє розширити функціональні можливості та область використання генератора для різних розрядно-імпульсних технологій.

Література

1. Інтернет ресурс: www.iipt.com.ua
2. Пат. 106665 Україна. МПК H03K 3/53 (2006.01). Високовольтний генератор імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів / Д.В.Вінниченко,

Н.С.Назарова, Л.З.Богуславський (Україна); заявник і патентовласник ІІПТ НАН України. – №а201300267; заявл. 08.01.13; Опубл. 25.09.2014 р., Бюл.№ 18. –7 с.

3. А.с. 1638792А1 СССР, МПК5 Н 03 К 3/53. Генератор импульсов тока. Г. Г. Иванов, И. Т. Вовк, П. Н. Гомберг, А. М. Курач. Опубл. 30.03.91, БИ. 12.

4. Генератор импульсных токов ГИТ-50. Технические условия ТУ 16-435.138-35 86.

УДК 537.528: 621.745.56

Ольховський В. М., студент гр. 5311

Науковий керівник: канд. фіз-мат. наук, доцент Цуркін В. М.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРЯДІВ В РІДКОМЕТАЛЕВИХ ПРОВІДНИКАХ

Електрострумова обробка розплаву останні роки активно розвивається для застосування в технологіях ливарного виробництва. При застиганні розплаву, як відомо, зменшується його питомий опір, тому актуальним є питання дослідження для силуміна АК7 особливостей зміни електричних характеристик розряду на металевий провідник в температурному інтервалі від рідкого до твердого станів.

Мета роботи: Визначити умови та методичні особливості вимірювання електричних характеристик розряду на розплав в різних температурних зонах. Провести відповідні вимірювання.

Силуміни – загальна назва ливарних сплавів на основі алюмінію з кремнієм. Їх використовують у різних галузях промисловості. Відноситься до групи легких ливарних стопів алюмінію (основа) з кремнієм (вище 4,2%Si, в деяких марках до 26%) та деякими іншими елементами, якими легують силумін залежно від бажаного поєднання технологічних та експлуатаційних властивостей. Перевагами силумінів є їхня підвищена корозійна стійкість у вологому і морському середовищах, добра протидія кислотам, легкість, дешевизна, хороші ливарні властивості. Використовуються для виготовлення литтям деталей складної конфігурації, головним чином у авто-, авіа- та суднобудуванні, хімічному машинобудуванні [1].

Шихту сплава АК7 масою 0,5 кг плавили у графітовому тиглі при температурі 800 °С. Обробку виконували розрядами при напрузі 15 кВ за допомогою двох паралельних електродів, які занурювали у розплав на глибину 5 мм, використовували ГІС з ємнісним накопичувачем 0,5 мкФ. Температуру вимірювали хромель-алюмелевою термопарою за допомогою термоконтролера ОВЕН ТРМ 202.

Вимірювали на високій напрузі за розробленою методикою часові залежності струму $I(t)$ за допомогою пояса Роговського та напруги $U(t)$ за допомогою омичного подільника. Компенсацію індуктивної складової напруги виконували розрахунковим методом. Опір визначали розрахунком $R(t) = U(t)/I(t)$. Також розраховували потужність розрядного імпульсу $N(t) = U(t)I(t)$ [2]. Такі процедури виконували при різних температурах. Отримані результати аналізували.

Роботу виконано у лабораторії моделювання наукового відділу імпульсної обробки матеріалів Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України.

Висновки. Були досліджені електричні характеристики імпульсу струму в трьох фазових станах алюмінієвого сплаву – рідкому, рідко-твердому (двохфазному) і твердому.

Отримані нами результати вимірювань показали, що електричні характеристики розряду на розплав сплаву АК7, який охолоджується з падінням температури, змінюється несуттєво. Тому при обробці розплаву силуміну АК7 імпульсним струмом можна не змінювати його параметри для різних температур розплаву.

Робота сприяла набуттю практичного досвіду вимірювань струму та напруги при високовольтному розряді у розплаві при різних температурних показниках алюмінієвого сплаву.

Література

1. Цветное литьё: Справочник / Н. М. Галдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук, Ю. В. Моисеев, В. В. Чистяков.; Под общ.ред. Н. М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.
2. Подольцев, А. Д. Элементы теории и численного расчёта электромагнитных процессов в проводящих средах / А. Д. Подольцев, И. Н. Кучерявая. – К.: Изд-во Ин-та электродинамики НАН Украины, 1999. – 363 с.

УДК 621.314.5:537.523:661.666.4

Вінниченко Д. В., Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України

Щербаков Л. Р., студент гр. 5311м, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ СИСТЕМИ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЖИМІВ З НАЙМЕНШИМИ ПИТОМИМИ ЕНЕРГОВИТРАТАМИ ДЛЯ СИНТЕЗУ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ З ГАЗОПОДІБНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

За результатами аналізу характеристик розряду, які наведено в [1], напружність електричного поля гарантованого пробкою E_t проміжку становить (у середньому) 2 кВ/мм, а питома робоча напруга синтезу нановуглецю E_s – 0,11 кВ/мм. За отриманими точками побудовано ділянки кривої гарантованого пробкою суміші вуглеводнів та робочої напруги в діапазоні режиму синтезу (рис. 1).

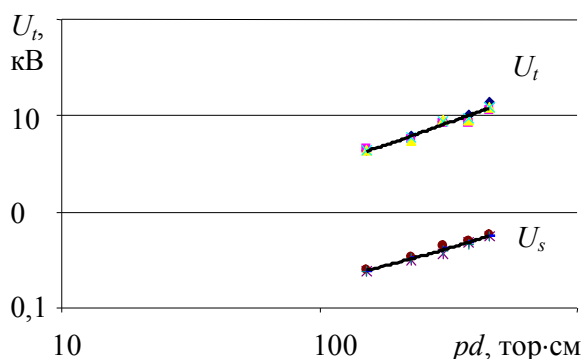


Рисунок 1 – Напруга гарантованого пробкою U_t і напруга в режимі синтезу U_s

Особливістю електророзрядного високочастотного методу синтезу є наступне. Аналіз питомих напруг показує, що різниця між напругою гарантованого пробкою і робочою напругою синтезу відрізняється в середньому у 20 разів, що зумовлює вимоги до джерела живлення для електричного розряду у атмосфері газоподібних вуглеводнів в режимі продуктивного синтезу нановуглецю.

Напруга синтезу на каналі розряду практично лінійно залежить від його довжини і не залежить від розрядного струму в області потужностей, які відповідають режиму продуктивного синтезу із найменшими питомими витратами енергії на одиницю маси отриманого нановуглецю (до 200 кДж/г).

В статті [1] визначено, що інформаційною координатою процесу синтезу може бути вихідна або вхідна потужність. На рис. 2 показано експериментально отриману

для двох значень стабілізованого приведенного середньоквадратичного струму $I_{CH_RMS_SH}^*$ залежність приведеної середньої вихідної потужності $P_{AV_OUT}^*$ від приведеної довжини міжелектродного проміжку l^* , яка має майже лінійну форму з величиною достовірності апроксимації близькою до 1. Це є підставою для визначення довжини міжелектродного проміжку за результатами вимірювання вихідної потужності в каналі розряду. За формою ВАХ вихідна потужність є активною.

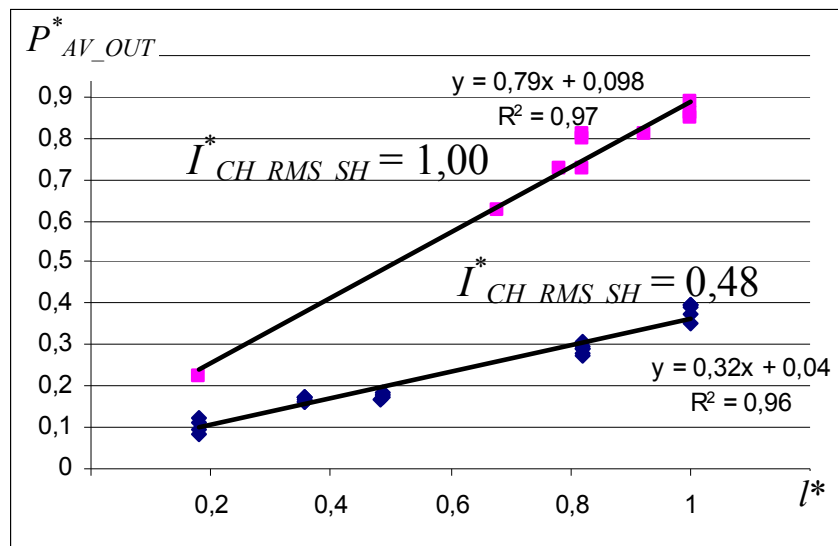


Рисунок 2 – Залежність вихідної потужності від довжини міжелектродного проміжку

Електричні характеристики електророзрядної системи, необхідні для забезпечення режимів з найменшими питомими енерговитратами, наведено в [2].

Експериментально отримані залежності продуктивності технології К*Р в безрозмірному вигляді від безрозмірної середньої вихідної потужності наведено на рис. 3, а, а від середньоквадратичного розрядного струму – на рис. 3, б. Аналіз наведених залежностей показує, що для кожного розрядного проміжку характерною є гілка насичення, коли збільшення вихідної потужності, або середньоквадратичного струму незначно впливає на зростання КР [г/год.]. Це зумовлює здійснений вибір базової потужності в точці перегину залежності продуктивності технології від середньої вихідної потужності. За базову величину довжини міжелектродного проміжку взяли його максимальне значення $l_{ED} = l_{max}$, за яким забезпечується електрична міцність електротехнічної системи. За базову величину середньоквадратичного струму визначимо значення математичного очікування $M(I_{CH_RMS_Imax}[n]) = I_{CH_RMS_Imax}$ в точці, яка відповідає $l_{ED} = l_{max}$ і точці перегину залежності продуктивності технології від середньоквадратичного струму.

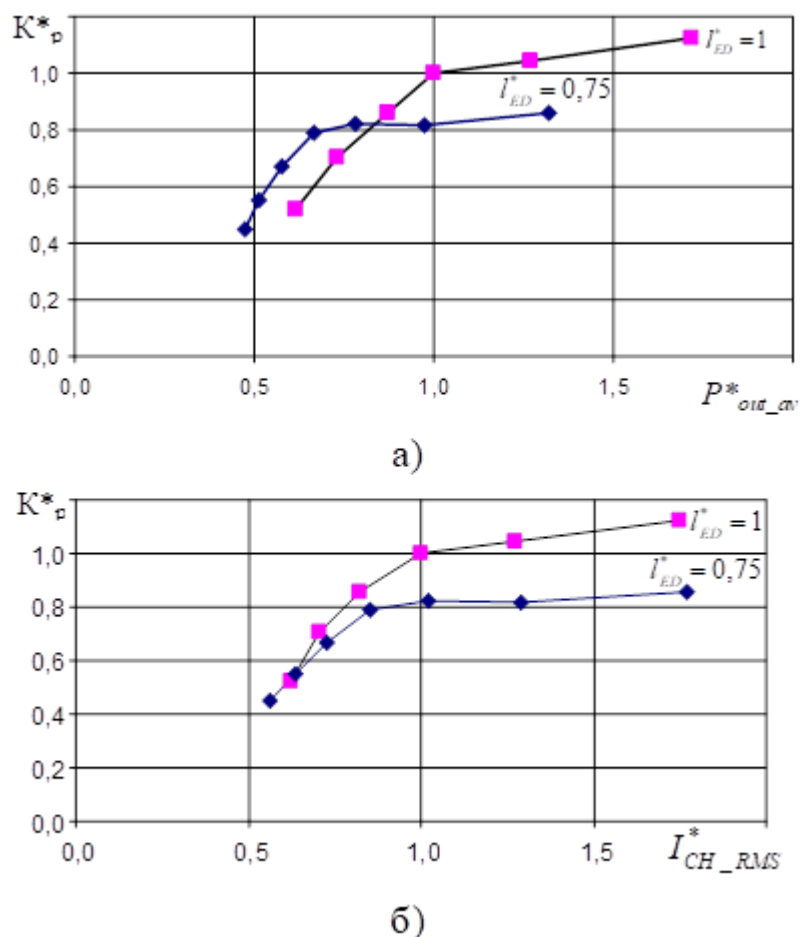


Рисунок 3 – Залежність продуктивності від режимних параметрів

Аналіз залежностей на рис. 3, б дозволяє дійти висновку, що за однакою вихідною потужністю, яка дорівнює базовій, а також за однаковими значеннями середньоквадратичного струму, найбільшу продуктивність отримаємо для більшої довжини міжелектродного проміжку.

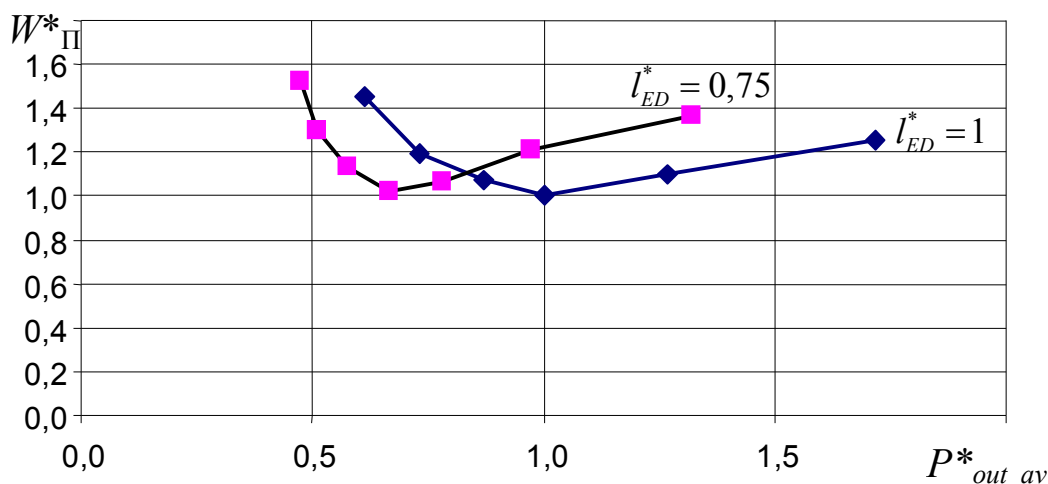
Базовою величиною, яка характеризує продуктивність технології, оберемо математичне очікування $M(K_P[n]) = K_{P_max}$ за умовою $I_{ED} = I_{max}$ в точці перегину кривих на рис. 3, а базовою величиною, яка характеризує питомі енерговитрати, оберемо математичне очікування $M(W_{\Pi}[n]) = W_{\Pi_max}$.

Приведені до базових величин режимні характеристики і цільові параметри процесу синтезу нановуглецю у безрозмірному вигляді визначаються таким чином.

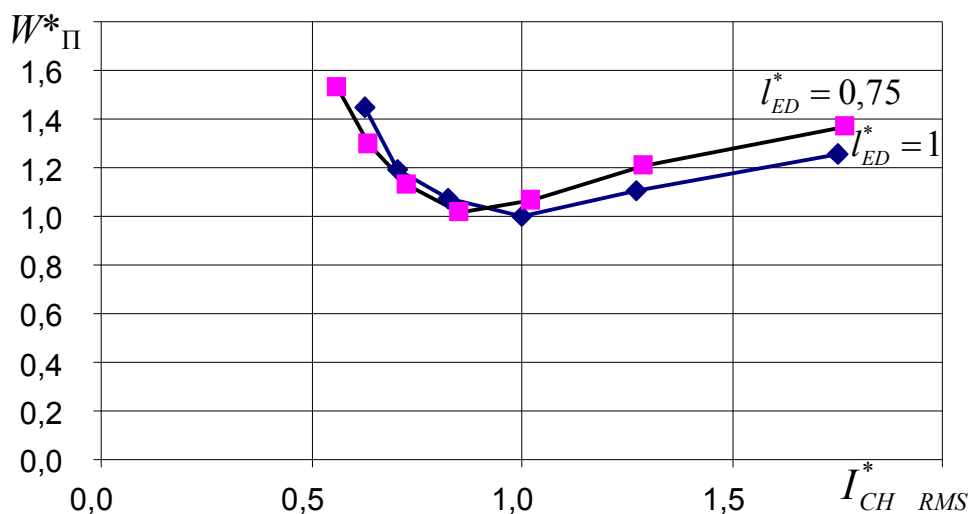
$$I_{ED}^* = \frac{I_{ED}}{I_{max}}, U_{CH}^* = \frac{U_{CH}}{U_{CH_max}}, I_{CH_RMS}^* = \frac{I_{CH_RMS}}{I_{CH_RMS_I_max}}, K_P^* = \frac{K_P}{K_{P_min} W_{\Pi}},$$

$$W_{\Pi}^* = \frac{W_{\Pi}}{W_{\Pi_min}}, P_{out_av}^* = U_{CH_av}^* I_{CH_RMS_av}^*.$$

Перегин характеристик, наведених на рис. 3, дозволяє припустити, що витрати енергії на електророзрядний синтез нановуглецю є нерівномірними і залежать від середньої вихідної потужності, тобто потужності в каналі електричного розряду в газі. Досліджено залежність питомих енерговитрат W_{Π} [кДж/г] від середньої вихідної потужності (рис. 4, а) і від середньоквадратичного струму (рис. 4, б). Енергія, яка використовується на синтез одиниці маси нановуглецю вимірювалась на вході електротехнічної системи.



а)



б)

Рисунок 4 – Залежність питомих енерговитрат від режимних параметрів

Висновок. Отримані залежності мають явні мінімуми питомих енерговитрат, які зсуваються в область більших вихідних потужностей і струмів за умовою збільшення міжелектродного проміжку. Наявність екстремумів в залежностях цільового технологічного параметру від режимних параметрів високовольтної системи є доста-

тньою умовою для визначення ефективних енергетичних режимів технології електророзрядного синтезу нановуглецю.

Література

1. Вінниченко, Д. В. Визначення оптимальних характеристик високовольтової електророзрядної системи для реалізації технології електроімпульсного синтезу нановуглецю / Д. В. Вінниченко // Технічна електродинаміка. 2014. №4. – С. 129-131.
2. Вплив електричних параметрів високовольтних електророзрядних установок синтезу нановуглецю на їхню продуктивність і питомі енерговитрати / Вінниченко Д. В. // Технічна електродинаміка, 2016. – №4. – С. 95-97.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ	3
Гайша О. О., Гайша О. О. Деякі аспекти побудови систем автоматичного управління заспокоювача хитавиці	3
Курчук В. В. Применение RISC-микроконтроллеров при модернизации промышленного оборудования	4
Козлов О. В., Шмигельська І. В. Адаптивна система автоматичного керування гідроприводом вузла вивантаження піролізного реактору	8
СЕКЦІЯ 2. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ	12
Вінниченко І. Л. Імітаційне моделювання перетворювача частоти на основі резонансного інвертора з нелінійним регулюванням в середовищі Matlab	12
Дидан А. А. Описание принципов построения проектного решения для микроконтроллеров семейства AVR на примере таймера	15
Кравацький Д. М. Дослідження системи управління паралельним активним фільтром при формуванні струму трифазного джерела пропорційно фазним напругам з частково послабленою складовою нульової послідовності	18
СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	22
Біак Б. О., Біак Є. О., Гаврилов С. О. Модернізація системи керування електропривода насосного агрегату гідротранспортуювальної системи	22
Ключник А. В., Мороз М. М. Математическая модель динамики манипулятора с учетом электропривода	23
Макогонов Д. А., Гаврилов С. О. Алгоритми сучасних та перспективних систем керування асинхронних електроприводів	26
Покинй-Череда С. В., Кляцький А. С., Гаврилов С. О. Модернізація електропривода пилососильника котельного агрегату	28
СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ	29
Буханец А. С., Усенко Р. В. Математическая модель паразитной модуляции напряжения синхронного генератора при вибрации щеток	29
Билык Т. Ю. Обменные колебания в автономных энергосистемах	30
Буркун Т. В. Удосконалення трифазних розподільних трансформаторів з витим трисекційним магнітопроводом	33

Прудников А. А., Федоренчук А. Д. Экспериментальное исследование од- нофазного реактора с поперечным подмагничиванием ярма	35
СЕКЦІЯ 5. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.....	38
Брагін Д. С., Драган Г. С. Перспективні імпульсні методи обробки алюміні- євих ливарних сплавів	38
Золина А. В. Перспективные импульсные технологии и оборудование	40
Лудан П. В., Дуднік А. А. Перспективні імпульсні способи одержання тон- кодисперсних порошків.....	46
Матвеев А. О. Високовольтний генератор імпульсних струмів з керованою частотою розрядних імпульсів	49
Ольховський В. М. Особливості електричних розрядів в рідкометалевих провідниках.....	53
Вінниченко Д. В., Щербаков Л. Р. Електричні характеристики електророз- рядної системи, необхідні для забезпечення режимів з найменшими питомими енерговитратами для синтезу вуглецевих наноматеріалів з газоподібних вугле- воднів	55

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

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА – 2017

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

16-17 листопада 2017 року

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

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та російською мовами)

Відповідальний за випуск:
Комп'ютерна верстка:

О. О. Черно
О. О. Черно

Видавець Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail: publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.