

УДК 681.563.5:669.58

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ РЕГУЛЯТОРА ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОБ'ЄКТІ ВИСОКОГО ПОРЯДКУ

Л. І. Бугрім, І. С. Білюк

Національний університет кораблебудування ім. адм. С.Й. Макарова
просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025, Україна. E-mail: biljuk@mail.ru

Виконано дослідження системи автоматичного регулювання при застосуванні регулятора зі змінною структурою. Розроблено функціональну та структурну схеми системи автоматичного регулювання температури стінки ванни для гарячого цинкування. Доведено ефективність роботи регулятора зі змінною структурою на об'єкті високого порядку. Виконано імітаційне моделювання системи автоматичного регулювання температури стінки ванни для гарячого цинкування. Отримані результати підтвердили працездатність системи при регулюванні об'єкта четвертого порядку зі складною взаємозалежністю вихідних змінних ємностей, що входять до складу об'єкту.

Ключові слова: імітаційна модель, цинкування, об'єкт регулювання, система автоматичного регулювання, автоматичний регулятор.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕГУЛЯТОРА СО СМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОБЪЕКТЕ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

Л. И. Бугрим, И. С. Билюк

Национальный университет кораблестроения им. адм. С.Й. Макарова
просп. Героев Сталинграда, 9, г. Николаев, 54025, Украина. E-mail: biljuk@mail.ru

Выполнено исследование системы автоматического регулирования при использовании регулятора со сменной структурой. Разработаны функциональная и структурная схемы системы автоматического регулирования температуры стенки ванны для горячего цинкования. Доказана эффективность работы регулятора со сменной структурой на объекте высокого порядка. Выполнено имитационное моделирование системы автоматического регулирования температуры стенки ванны для горячего цинкования. Полученные результаты подтвердили работоспособность системы при регулировании объекта четвертого порядка со сложной взаимной зависимостью выходных переменных входящих в состав емкостей объекта.

Ключевые слова: имитационная модель, цинкование, объект регулирования, система автоматического регулирования, автоматический регулятор.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Якість роботи системи автоматичного регулювання (САР) залежить від закону роботи регулятора і його параметрів. На покращення характеру процесу регулювання можна впливати і в процесі роботи САР. Одним із засобів, що надає можливість такого впливу є використання регулятора із змінними структурою і параметрами.

У першій частині перехідного процесу, коли відхилення та швидкість зміни регульованої величини від заданого значення найбільші та коли більш важливим є характер процесу, до закону роботи регулятора слід включити пропорційну та диференційну складові і визначити числові значення відповідних параметрів, які дозволяють одержати потрібну якість процесу регулювання. В заключній фазі, по завершенні процесу регулювання, на першому місці серед вимог до якості роботи системи є статична точність, тобто досягнення регульованою величиною заданого значення, що потребує використання інтегральної складової. Як відомо, інтегральна складова погіршує перехідний процес, але дає можливість реалізувати астатичну систему, в якій статична помилка відсутня.

У запропонованій у даній роботі системі розглядаються результати дослідження САР зі змінною структурою. У зв'язку з широким використанням у промисловості комп'ютерних технологій, можливості реалізації систем зі змінною структурою зростають, тому задача дослідження цих питань є актуальною.

У роботі [1] була розроблена математична модель ванної печі для гарячого цинкування як об'єкта регулювання температури зовнішньої стінки ванни,

розплаву цинку, футерівки та виробу. Отримані результати дозволили виконати дослідження роботи САР температури стінки ванни для гарячого цинкування при використанні серійних регуляторів [2]. Було встановлено, що необхідну температуру розплаву цинку одержано шляхом зміни заданого значення температури зовнішньої стінки ванни. Оскільки цей спосіб має певні недоліки, то в подальшому виникає необхідність оптимізації технологічного процесу. Одним із шляхів для покращення характеру процесу регулювання є застосування регуляторів зі змінною структурою або параметрами.

Мета роботи – виконати дослідження роботи САР температури стінки ванни для гарячого цинкування при застосуванні регулятора зі змінною структурою. Отримати перехідні процеси при регулюванні об'єкта високого порядку, у результаті аналізу отриманих перехідних процесів перевірити ефективність роботи запропонованої САР.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для виконання дослідження розроблено систему, функціональна, схема якої приведена на рис. 1.

Зміна структури виконується елементом перемикачання структури ЕПС при досягненні наперед заданої умови.

Розглянемо роботу САР згідно з функціональною схемою. В найпростішому випадку до САР, що працює за відхиленням Δ , включаються пристрій для одержання модуля від величини відхилення регульованої величини від заданого значення $|\Delta|$ та ЕПС.

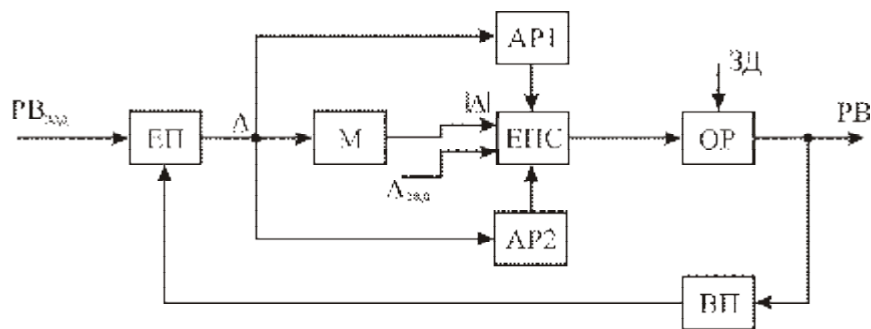


Рисунок 1 – Функціональна схема системи керування:

$PV_{зад}$ – задане значення регульованої величини; ЕП – елемент порівняння; М – елемент отримання модуля; ЕПС – елемент перемикання структури; АР1, АР2 – автоматичні регулятори, що працюють за ПД та ПІД законами відповідно; ВП – вимірвальний пристрій; ОР – об'єкт регулювання; ЗД – збурююча дія; PV – регульована величина

У загальному випадку структура регулятора може бути змінена потрібну кількість разів. У кожному випадку буде задіяна відповідна кількість ЕПС. При зміні структури регулятора може використовуватись регулятор з повністю сформованим законом роботи при кожному переключенні або, з так званої базової частини, до якої при кожній зміні структури підключають потрібні для кожного випадку складові. В розглянутому в роботі випадку в САР є два закони роботи регулятора: ПД-регулятор (АР1) при відхиленні $|\Delta|$ більше від заданого $\Delta_{зад}$ і ПІД регулятор (АР2) при меншому $|\Delta|$ від $\Delta_{зад}$ відхиленні.

Більш детально склад та принцип дії такої системи розглянемо на прикладі імітаційної моделі САР температури зовнішньої стінки ванни для цинкування, яка наведена на рис. 2. Дослідження системи автоматичного регулювання температури зовнішньої стінки ванни для гарячого цинкування з незмінною структурою розглянуто в роботі [2].

У системі є дві вхідні дії: задаюча і збурююча. Задаюча дія вводиться при включенні системи і об'єкта регулювання і виводі об'єкта на заданий режим роботи. Для цієї мети використано генератор ступінчатого сигналу (Step 3). Для одержання потрібної швидкості зміни задаючої дії включено аперіодичну ланку першого порядку, що реалізована блоком пе-

редаточної функції (Transfer Fcn 7). Коефіцієнт передачі цієї ланки дорівнює одиниці, тобто величина сигналу не змінюється, а постійна часу задає час та інтенсивність зміни задаючої дії.

Збурююча дія відтворює подачу виробу у ванну для цинкування і його підйом з ванни. Відповідним вибором параметрів: часу наростання сигналу (Step time), початкового (Initial Value) і кінцевого (Final Value) значень сигналів відтворюються час подачі і час підйому виробів. При введенні виробу у ванну починає змінюватись температура виробу, що впливає на температури всіх інших параметрів, у тому числі і зовнішньої стінки ванни. Для відтворення цих процесів при імітаційному моделюванні була розроблена схема [2] відтворення збурюючої дії. Для цього виходить двох генераторів стрибкоподібних сигналів Step 1, 2 подаються на входи двох паралельних каналів: блока множення на постійний коефіцієнт (Gain 14), блока визначення знаку сигналу (Sign 1) і множення (Product), які додаються в блоці вирахування суми (Sum). Сума цих сигналів урахує вплив виробу, що знаходиться у ванні для цинкування, на об'єкт регулювання. Розглянута схема дозволяє автоматично включати взаємний вплив виробу на об'єкт і об'єкта на виріб тільки при подачі виробу у ванну.

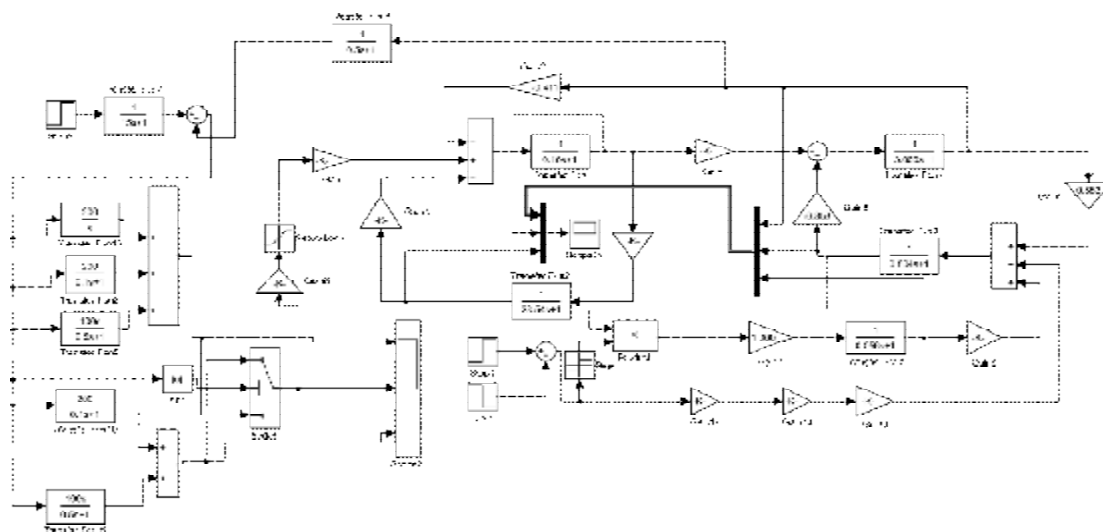


Рисунок 2 – Імітаційна модель САР температури зовнішньої стінки ванни для цинкування

Коли виріб не подано до ванни, взаємний вплив автоматично виключається.

Вихідна величина (регульована величина), температура зовнішньої стінки ванни, з виходу блока *Transter Fcn 1* подається до датчика температури (блок *Transter Fcn 8*) і підводиться до елемента порівняння, де обраховується відхилення $\Delta = t_{с.зад} - t_c$, яке подається на входи трьох елементів: регуляторів AP1 (*Transter Fcn 10, 11*), AP2 (*Transter Fcn 5, 6, 13*) і вирахування модуля (*Abs*), що виконує вирахування абсолютного значення величини сигналу $|\Delta|$. Перелічені три сигнали подані на вхід блока переключення ЕПС (*Switch*), що виконує переключення вхідних сигналів по команді керуючого сигналу $|\Delta|$ з виходу блока *Abs*. Сигнал $|\Delta|$ подається на середній вхід блока *Switch*. Якщо сигнал керування $|\Delta|$ більший величини граничного значення $\Delta_{зад}$ *Threshold*, то на вихід блока переключення проходить сигнал з першого (верхнього) входу. Якщо сигнал керування менший граничного значення, то на вихід блока переключення поступає сигнал із другого (нижнього) входу. Граничне значення $\Delta_{зад}$ керуючого сигналу є параметром налагодження блока *Switch*.

Структурну схему об'єкта регулювання розроблено в роботі [1].

Перехідні процеси у САР приведені на рис. 3. Регульована величина t_c (температура зовнішньої стінки ванни) при виході на режим (область I) і при виконанні цинкування (область II) змінюється аперіодично.

У режимі переключення структури тільки регулююча дія (температура нагрівача) має коливальний перехідний процес, що швидко закінчується. Коливання є тільки при переключенні структури, що видно на приведеному рисунку. Кількість переключень структури залежала як від параметрів налагодження елемента переключення, так і від характеру перехідного процесу. Ефективність переключення структури більша при коливальних перехідних процесах.

При встановленні регулятора із змінною структурою для регулювання температури зовнішньої стінки ванни для цинкування одержані результати показали, що високу якість процесу регулювання можна одержати і на режимах виходу на робочий режим і на режимах цинкування (рис. 3).

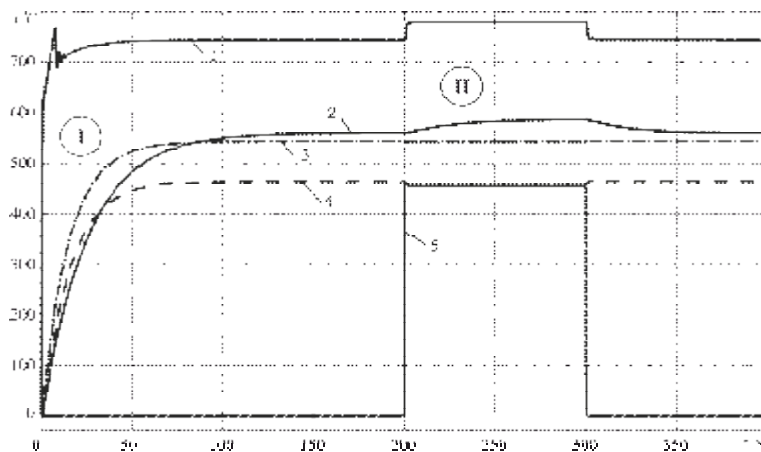


Рисунок 3 – Перехідні процеси температур на виході різних ємностей об'єкта регулювання: 1 – нагрівача; 2 – футеровки; 3 – зовнішньої стінки ванни; 4 – розплаву цинку; 5 – виробу

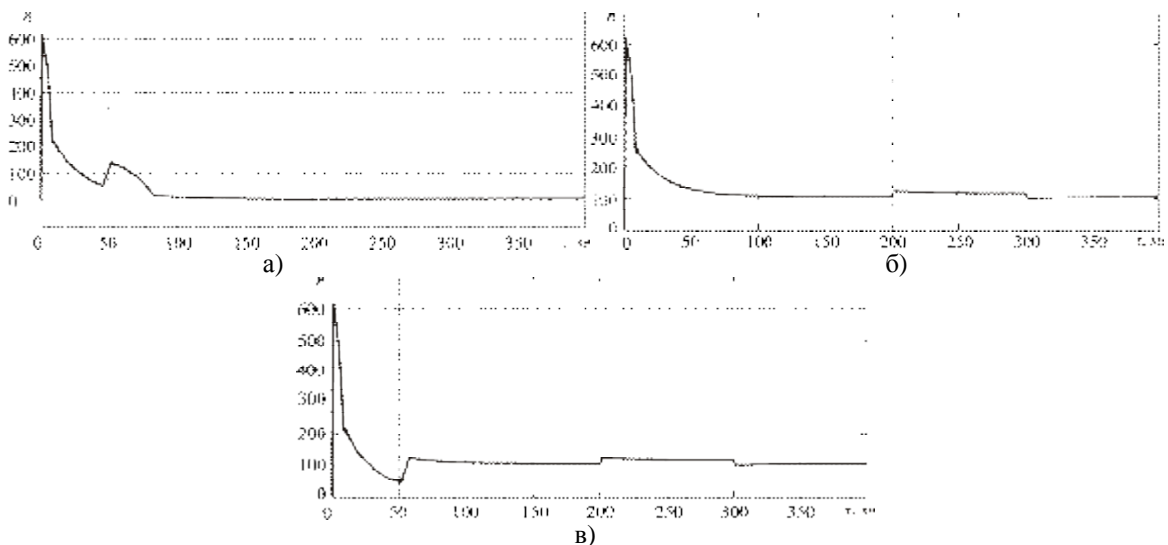


Рисунок 4 – Перехідні процеси елементів САР: а) на виході ПД-регулятора; б) на виході ПІД-регулятора; в) регулююча дія на вході об'єкта регулювання

З перехідних процесів на виході різних елементів регулятора видно, що на першому етапі на виході регулятора (рис. 4,в) включено сигнал з регулятора AP1 (рис. 4,а), а на заключному етапі – з регулятора AP2 (рис. 4,б). На цих рисунках наведена залежність вихідного сигналу регуляторів у імпульсних одиницях n від часу.

Ефективність роботи регулятора зі змінною структурою підтверджується тим, що температура стінки ванни t_c практично залишається постійною (рис. 3), у той час, коли температури розплаву цинку $t_{ц}$ і виробу $t_{в}$ змінюються. Величина відхилення цих температур залежить від величини навантаження ванни.

ВИСНОВКИ.

1. У роботі розроблено САР, що дозволяє змінювати структуру та параметри налагодження в процесі роботи. Така реалізація САР дає можливість одержувати високу якість перехідного процесу і точність в усталеному режимі.

2. Виконано дослідження на прикладі системи регулювання температури зовнішньої стінки ванни для гарячого цинкування, яка як об'єкт регулювання має четвертий порядок і складну взаємозалежність змінних складових ємностей. Результати досліджень підтверджують працездатність і прогнозовану високу якість роботи САР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бугрім Л.І., Білюк І.С. Математичне моделювання ванної печі для гарячого цинкування, як об'єкта регулювання температури стінки ванни // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2008. – Вип. 5/2008 (52), част. 2. – С.17–20.

2. Бугрім Л.І. Білюк І.С. Дослідження системи автоматичного регулювання температури стінки ванни для гарячого цинкування// Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 5/2010 (64), част. 1. – С. 11–14.

AN OVERALL PERFORMANCE OF THE VARIABLE REGULATOR WITH HIGH ORDER OBJECT

L. Bugrim, I. Bilyuk

Admiral Makarov National University of Shipbuilding
prosp. Heroiv Stalingradu, 9, Mykolayiv, 54025, Ukraine. E-mail: biljuk@mail.ru

An automatic control system with a variable regulator is studied. Functional and block diagrams of automatic control system for measuring of wall temperature of hot-dip galvanizing bath are developed. An overall performance of the variable regulator with high order object is shown. The imitating modeling of automatic control system of wall temperature of hot-dip galvanizing bath is done. The research results obtained confirm the system efficiency for control of the fourth-order object with complex relations between the output variables, which are the components of an object capacities.

Key words: imitation model, galvanizing, object of regulation, automatic control system, automatic regulator.

REFERENCES

1. Bugrim L., Bilyuk I. Mathematical modeling of the hot-dip galvanizing tub as object of regulation of temperature of the sidewall // *Transactions of Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State Polytechnic University*. – 2008. – Issue 5/2008 (52), part 2. – PP. 17–20. [in Ukrainian]

2. Bugrim L., Bilyuk I. The examination of the system of the automated temperature regulation of the sidewall of the hot-dip galvanizing tub // *Transactions of Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State Polytechnic University*. – 2010. – Issue 5/2010 (64), part 1. – PP. 11–14. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 21.04.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., доц. Ляшенко В.П.