

УДК 681.52:[004.896+004.94]

Особливості побудови математичних моделей автоматичних систем безперервної дії

Узунов О.В., д.т.н., проф.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

***Анотація.** Найбільш складні процеси, які потребують моделювання притаманні автоматичним системам безперервної дії, математичні моделі яких будують на основі конструктивних або принципівих схем. В роботі представлено дослідницький підхід та алгоритм побудови математичних моделей. Вони ґрунтуються на виявленні структури процесу функціонування, яку представляють у формі замкненого ланцюгу взаємно обумовлених дій. Структуру процесу використовують як шаблон для розподілення елементів принципової схеми системи між діями структури. Таке розподілення дозволяє виявити призначення елементів схеми в забезпеченні процесу функціонування. Математичну модель отримують шляхом заміни дій елементів принципової схеми математичними описами, формуванням їх черговості, яка відповідає структурі і їх представленням в обчислювальному середовищі. Роботоспроможність запропонованих підходу та алгоритму проілюстровано на прикладі.*

***Ключові слова:** математична модель, метод, автоматична система.*

Якість математичних моделей і терміни їх побудови суттєво залежать від методів, які використовують для їх створення. Методи побудови моделей також є основою для навчання студентів та інженерів вирішенню практичних задач моделювання. Вдосконалення цих методів дозволить підвищити ефективність процесів побудови моделей та навчання.

В відомих дослідженнях з методології навчання, математичне моделювання розглядається як пізнавальний процес побудови математичних моделей у формі математичних відношень, що описують інженерні об'єкти або проблеми [1]. У дослідженнях [2], які стосуються функціонального моделювання, основною ідеєю є функціональне мислення. Функціональне мислення розділяють на кілька аспектів – методологічний, параметричний, системно-динамічних змін, феноменологічний, кількісний та інтерфейсний.

Серед технічних систем різноманітного призначення, розробка яких потребує математичного моделювання, особливою складністю відрізняються автоматичні системи безперервної дії [3]. Такі системи утворюють клас систем, які мають внутрішній інтелект. Це обумовлено необхідністю аналізування системою поточного стану та приймання рішення в ході виконання своїх функцій без участі людини. Наявність такого інтелекту спричиняє необхідність глибокого розуміння процесу функціонування системи для можливості побудови його коректної математичної моделі.

Аналіз відомих досліджень з методології побудови моделей та аналіз особливостей функціонування автоматичних систем безперервної дії дозволив сформулювати дослідницький підхід для підвищення ефективності побудови моделей таких систем.

Результатом роботи є алгоритм дослідження та побудови математичних моделей автоматичних систем, який полягає в наступному.

Першим кроком є дослідження загальної постановки задачі, виявлення і розподілення функціонального навантаження між об'єктом і автоматичною системою, виявлення зв'язків між ними і представлення у вигляді схеми.

Другий крок. Розподілення елементів принципової схеми між об'єктом автоматизації та автоматичною системою.

Третій крок. Виявлення структури процесу функціонування автоматичної системи.

Четвертий крок. Деталізація принципів виконання кожної дії структури елементами принципової схеми, їх об'єднання в функціональні блоки і об'єднання блоків в функціональну схему.

П'ятий крок. Визначення системи припущень, яка є прийнятною для задачі, що вирішується.

Шостий крок. Перехід від графічного представлення змісту функціональних блоків до математичних описів їх дії та поєднання математичних описів в загальну систему.

Сьомий крок полягає у завданні параметрів автоматичної системи та об'єкту автоматизації.

Восьмий крок полягає в організації процесу обчислень.

Дев'ятий крок – налаштування та тестування моделі.

Виконання наведених кроків в представленій черговості дозволяє дослідити процес функціонування автоматичної системи безперервної дії та побудувати її коректну математичну модель.

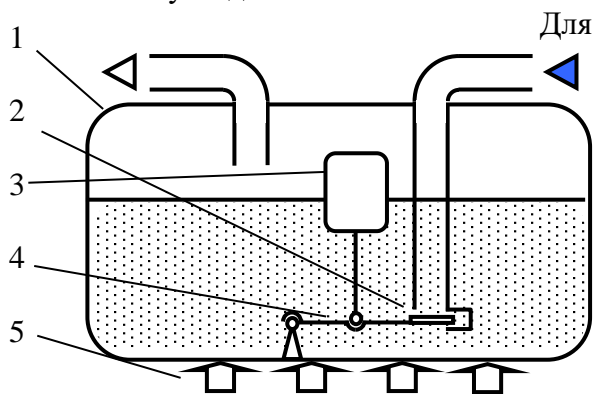


Рис. 1. Схема парогенератора з автоматичною системою підтримання заданого рівня води

Для дослідження загальної постановки задачі, виявлення і розподілення функціонального навантаження між об'єктом і автоматичною системою та виявлення зв'язків між ними дозволило представити наступну схему (рис.2).

В результаті дослідження процесу функціонування автоматичної системи з'ясовано його структуру, яку представлено у графічній формі замкненого ланцюгу взаємно обумовлених дій. Цю структуру було використано для розподілу елементів принципової схеми між діями структури і з'ясування принципів виконання вказаних дій. Математичний опис отримано шляхом заповнення структури процесу функціонування математичними описами окремих дій з врахуванням принципів їх виконання. Розміщення та активізація математичного опису в операційному середовищі комп'ютера дозволили моделювати процеси в автоматичній системі.

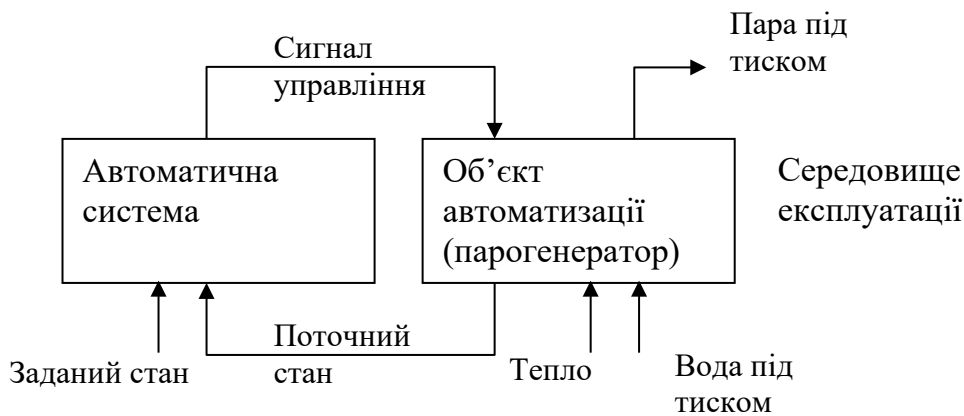


Рис.2. Схема взаємодії автоматичної системи, об'єкту автоматизації та середовища експлуатації з відображенням інформаційних, енергетичних та матеріальних потоків.

Отримані результати моделювання, наприклад (рис.3.а), показують, що в камері парогенератора при відкритому регульованому дроселі відбувалось поступове піднімання рівня води, а коли рівень води досяг заданої величини, регульований дросель автоматично закрився і піднімання рівня припинилось. Графіки (рис. 3.б) відображають процес наповнення камери водою з одночасним пароутворенням і рівномірним споживанням витрати пари та переміщення рухомого елемента регульованого дроселю. Перехід частини води в пару і його вихід з парогенератора впливає на рівень води. На графіку спостерігаються коливання цього рівня – зниження, із-за видалення частини води, і його відновлення до заданого в наслідок дії автоматичної системи, яка при зниженні рівня відкриває регульований дросель і приток води компенсує її втрати. Графіки процесів свідчать про коректну роботу моделі.

Розроблені методологічний підхід та алгоритм дозволяють підвищити ефективність побудови математичних моделей процесів в автоматичних системах безперервної дії за

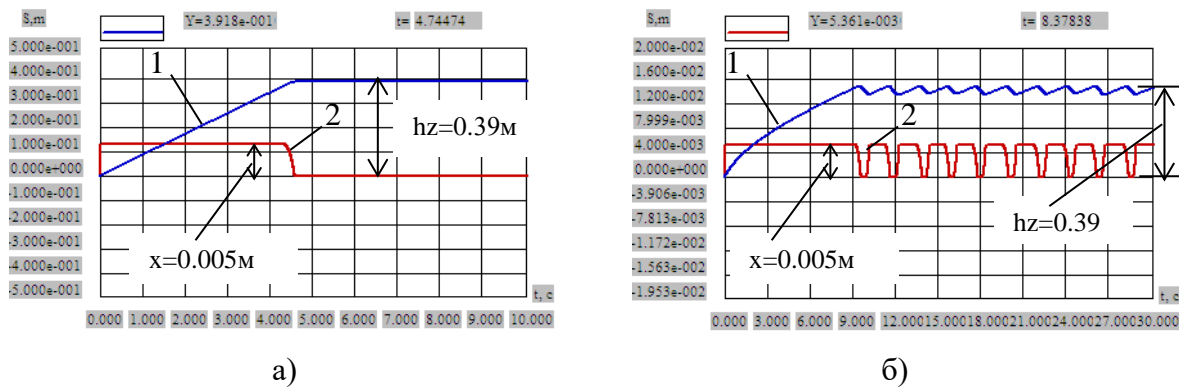


Рис.3. Графіки процесів в парогенераторі. а - наповнення водою камери парогенератора (1 – зміна рівня води, 2 – переміщення рухомого елемента регульованого дроселю); б - наповнення водою камери парогенератора та пароутворення з рівномірним споживанням пари (1 – рівень води, 2 – переміщення рухомого елемента регульованого дроселю)

рахунок використання структури процесу як шаблону, для спрямування дій розробника на виявлення типових складових частин систем такого типу. Підхід та алгоритм можуть бути корисними для навчання студентів та інженерів основам математичного моделювання технічних систем безперервної дії. Розглянутий приклад може бути розвинений для розширення кола навчальних задач, наприклад, моделювання процесу нагрівання води, врахування теплообміну між корпусом парогенератора і оточуючим середовищем, та інші. Крім того, схема автоматичної системи парогенератора, яка розглянута в прикладі, може мати

інші реалізації, що дозволить формувати та вирішувати різні навчальні задачі з використанням прикладу та розробленого підходу.

Список літератури

1. Patricia Camarena Gallardo, Mathematical models in the context of sciences. Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics Proceedings from Topic Study Group 21 at the 11th International Congress on Mathematical education in Monterrey, Mexico, July 6-13, 2008, p.p. 117-131. <https://core.ac.uk/download/pdf/12518237.pdf>
2. Vollrath, H. J. (1989). Funktionales Denken (Engl.: Functional Thinking). In: Journal für Mathematikdidaktik, pp. 3 – 37.
3. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования, изд. третье, исправленное/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - М. : Наука, 1975.- 768 с.