

УДК 681.52

О.М. Клименко, проф.
В.Г. Трегуб
Національний університет
харчових технологій

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМАТОРІВ
ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
АПАРАТАМИ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ**

Основним елементом динамічної підсистеми АСУ апаратом періодичної дії (АПД) є програматор, що реалізує програму і відповідно функцію переходу від початкового до кінцевого стану об'єкта.

Дослідження присвячене розробці програматорів, що містять у своєму складі логічні пристрої. Було розроблено одноконтурні та комбіновані програмні САР як з логічними пристроями так і без них для порівняльного аналізу їх роботи. Також наведено приклад реалізації програмної САР з нейромережним регулятором.

Ключові слова: програматор, система автоматичного регулювання, нейромережний регулятор.

Програматори широко використовуються для управління періодичними процесами. Це пристрої, що забезпечують перехід змінної із початкового стану x_0 при t_0 у кінцевий стан x_k при t_k . При програмному регулюванні спостережувана змінна змінюється по наперед заданому закону — програмі. Зазвичай програму розділяють на ділянки, в межах яких програмні зміни заданої величини можуть бути описані функціональною залежністю з постійними коефіцієнтами. Ділянки програми, по виду функції $\phi(y)$, де y — параметр завдання розділяють на лінійні чи нелінійні, а по знаку зміни заданої величини — на ділянки зростання (підйому), ділянки спадання та ділянки витримки.

В якості об'єкту періодичної дії обраний автоклав, в якому реалізуються діючі програми стерилізації консервів солених огірків та паштету. Об'єкт описується передаточними функціями автоклаву [3] та термометру опору:

$$W_m(p) = \frac{1}{100p + 1}; \tag{1}$$

$$W_a(p) = \frac{1}{62500p^2 + 1000p + 1} e^{-20p} \tag{2}$$

Для автоклаву введено припущення, що він має водне охолодження. Відповідно усі ділянки є лінійними, а об'єкт має статизм першого порядку.

При реалізації одноконтурної програмної САР використовується ІІІ-регулятор, а отже система матиме астатизм першого порядку. Оскільки порядки статизму та астатизму рівні, то буде усталена статична похибка. Для її усунення використовується комбінована програмна САР, де за допомогою додаткового зв'язку по завданню підвищується порядок астатизму. В цьому випадку визначається передаточна функція компенсатора, що не охоплений зворотним зв'язком, а отже не призводить до зменшення стійкості системи.

Оскільки у таких системах один ІІІ-регулятор працює на всіх дільницях, то він дає не найкращі результати. Використання логічних пристроїв, що реалізують перехід між дільницями, може значно поліпшити управління. На рис.1 представлена схема одноконтурної програмної САР з ІІІ.

АВТОМАТИЗАЦІЯ

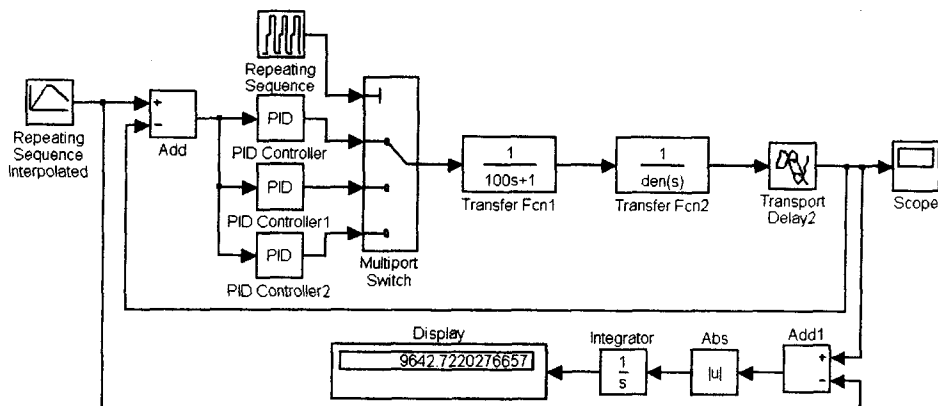


Рис. 1. Одноконтурна програмна САР з логічними пристроями

Схема працює таким чином: Repeating Sequence Interpolated подає завдання на суматор, куди поступає і сигнал від зворотного зв'язку. Значення розузгодження подається на регулятор. На кожній із ділянок працює ПІ- регулятор з оптимальними настройками для цієї ділянки. Для цього використовується Multiport Switch, який з'єднує вихід з тим входом, номер якого подається на перший вхід. У Repeating Sequence задається час (Time values: [0 1200 1200 1680 1680 2880]) та номер входу (Output values: [1 1 2 2 3 3]). Таким чином перші 1200 секунд буде поступати сигнал з першого регулятора, з 1200 до 1680 секунди — з другого, а далі — з третього. Сигнал з регулятора проходить через об'єкт і значення температури відображається на графіку за допомогою ланки Scope та поступає на розрахунок критерію оптимальності.

Для комбінованої САР $W_k(p)$ розраховується за формулою:

$$W_k(p) = \frac{1}{W_{os}(p)} \quad (3)$$

$$\text{де } W_{os}(p) = W_r(p) \cdot W_a(p) = \frac{1}{6250000p^3 + 162500p^2 + 1100p + 1}$$

В даному випадку $W_k(p)$ не відповідає умовам фізичної реалізації, оскільки степінь полінома чисельника має бути меншим або рівним степені полінома знаменника. Тому заміняємо наближеною передаточною функцією:

$$W_k(p) = \frac{6250000p^3 + 162500p^2 + 1100p + 1}{p^3 + p^2 + p + 1} \quad (4)$$

На рис.2 представлена схема комбінованої програмної САР з ЛПІ.

Repeating Sequence Interpolated подає завдання на компенсатор та на суматор, куди поступає і сигнал від зворотного зв'язку. Значення розузгодження подається на регулятор. На кожній із ділянок працює ПІ- регулятор з оптимальними настройками для цієї ділянки. Для цього використовується Multiport Switch, який з'єднує вихід з тим входом, номер якого подається на перший вхід. У Repeating Sequence задається час (Time values: [0 1200 1200 1680 1680 2880]) та номер входу (Output values: [1 1 2 2 3 3]). Таким чином перші 1200 секунд буде поступати сигнал з першого регулятора, з 1200 до 1680 секунди — з другого, а далі — з третього.

Сигнал з регу
через об'єкт і
на розрахуно
само, як і дл.

Для от
модульний кр

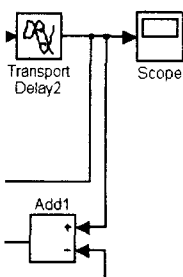
де $x(\tau)$ — знач
Для по
де вид прогр
відповідно:

Вид програми хв
25-5-25
20-8-20
20-10-20
20-30-20
10-40-25

Оскільки
програмної С
ця схема була
В даній
регулятора. Н
Repeati
Мух, де об'єд

АВТОМАТИЗАЦІЯ

Сигнал з регулятора сумується з сигналом з компенсатора. Управляюча дія проходить через об'єкт і значення температури відображається на графіку у Scope та поступає на розрахунок критерію оптимальності. Оптимальні настройки розраховуються так само, як і для одноконтурної САР з логічними пристроями.



...ями
...ед подає завдання
...ня розузгодження
...ор з оптимальними
...port Switch, який
...вхід. У Repeating
...0)) та номер входу
... поступати сигнал
...далі — з третього.
...ри відображається
...рахунок критерію

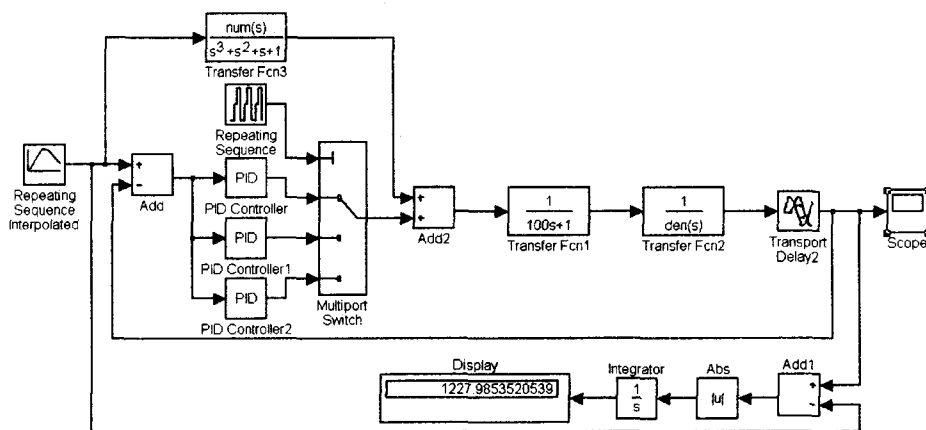


Рис. 2. Комбінована програмна САР з ЛП

Для оцінки якості процесу регулювання використовується інтегрально-модульний критерій оптимізації, що розраховується за формулою:

$$I = \int_{t_0}^{t_f} |x(\tau)| d\tau \quad (5)$$

де $x(\tau)$ — значення керованої змінної у часі.

Для порівняння результатів роботи програмної САР наведена наступна таблиця, де вид програми [2] — тривалість дільниць зростання, витримки та спадання відповідно:

Вид програми, хв	Критерій оптимальності I, (од. X·с)			
	Одноконтурна без ЛП	Одноконтурна з ЛП	Комбінована без ЛП	Комбінована з ЛП
25-5-25	14930.66	10277.78	1008.74	959.68
20-8-20	10821.68	9642.72	1275.2	1230
20-10-20	11524.7	9882.4	1381.4	1348.8
20-30-20	15461.2	12986.25	2454.24	1922.38
10-40-25	16319.6	12655.9	2766.6	2408.1

Оскільки найкращі результати були досягнуті при реалізації комбінованої програмної САР зі стандартними регуляторами та логічними пристроями, то саме ця схема була обрана для реалізації з допомогою нейронних мереж.

В даній роботі було обрано мережу прямої передачі FF [4] для реалізації регулятора. На рис.3 представлена структурна схема з нейромережним регулятором.

Repeating Sequence Interpolated [1] подає завдання на компенсатор та на модуль Mix, де об'єднуються сигнали завдання та виходу об'єкту. Об'єднаний сигнал

...реалізації, оскільки
...степені полінома
...ю:

(4)

...з ЛП.
...атор та на суматор,
...дження подається
...з оптимальними
...port Switch, який
...вхід. У Repeating
...0)) та номер входу
... поступати сигнал
...далі — з третього.

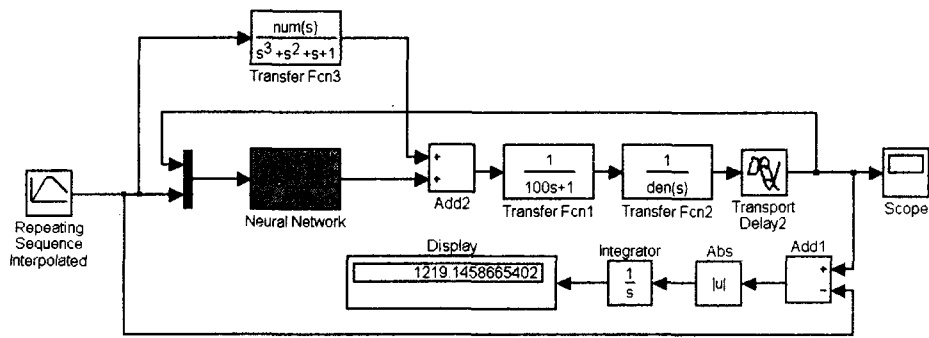


Рис. 3. Комбінована програмна САР з неймережним регулятором

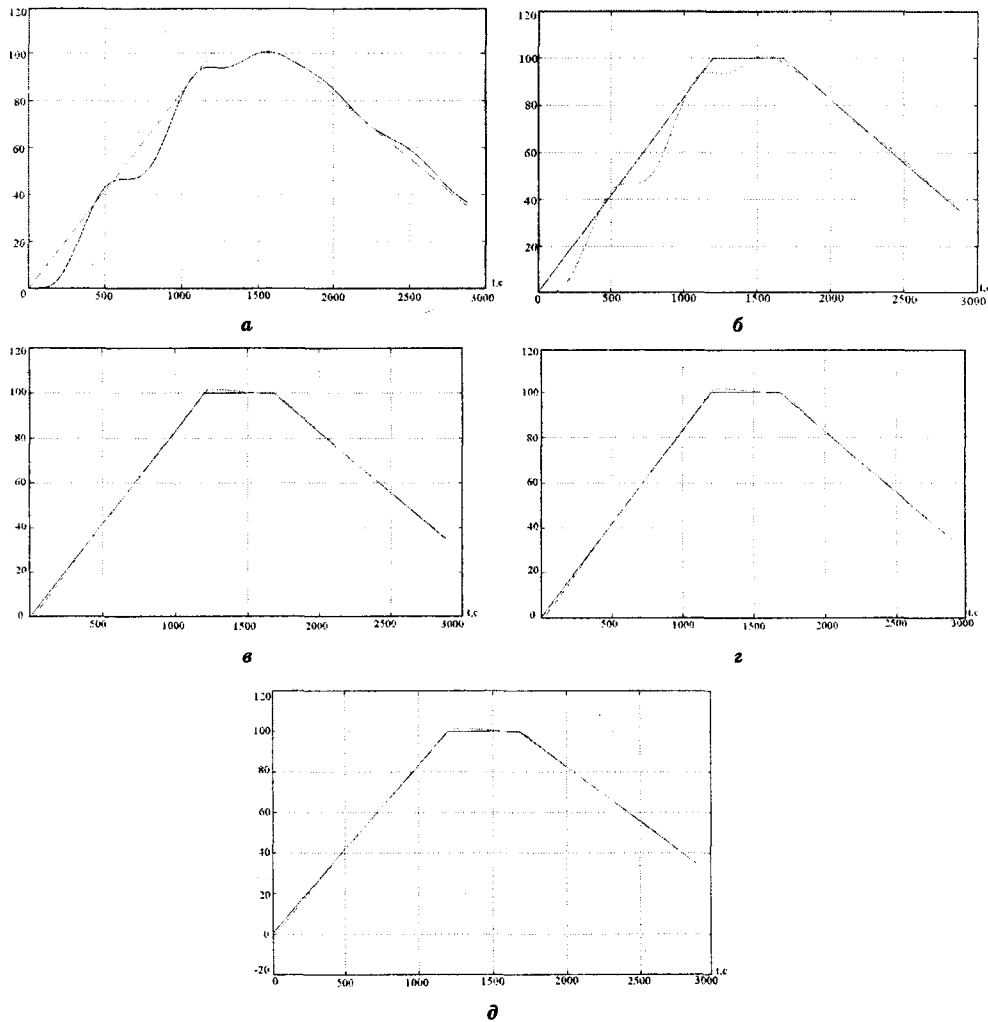


Рис.4. Результати моделювання у MatLab

поступає на вх
куди подаєтьс
відображаєтьс
оптимальності

На рис.4
САР у MatLab:

- а — реал
- б — реал
- в — реал
- г — реал
- д — реал

регулятором.

Виснов

САР без логіч
використанні
логічних при
настройками
але він залиш

Для під
програмну СА
пристроїв дал
оптимальност

Застосу
регулювання,
отже спрости

1. Ани
Моуддин. —

2. Вей
консервов / I
1977. — 480

3. Влас
для експерим
камере авток
267 — 269 с.

4. Пот
М.: Диалог-М

Основ
периодическ
программу і
состояния о

Исле
составе ло
комбинирова
для сравнит
программноі

АВТОМАТИЗАЦІЯ

поступає на вхід нейромережного регулятора. Управляюча дія поступає на суматор, куди подається і сигнал від компенсатора. Далі сигнал проходить через об'єкт та відображається у Scope. Завдання та вихід об'єкта подаються для розрахунку критерію оптимальності.

На рис.4 представлені результати моделювання одноконтурної та комбінованої САР у MatLab:

- a* — реалізація програми 20-8-20(хв) одноконтурною САР без ЛП;
- б* — реалізація програми 20-8-20(хв) одноконтурною САР з ЛП;
- в* — реалізація програми 20-8-20(хв) комбінованою САР без ЛП;
- г* — реалізація програми 20-8-20(хв) комбінованою САР з ЛП;
- д* — реалізація програми 20-8-20(хв) комбінованою САР з ЛП і нейромережним регулятором.

Висновки: Найгірші результати були отримані в одноконтурній програмній САР без логічних пристроїв, оскільки порядок статизму та астатизму в системі, при використанні ПІ-регулятора рівні і відповідно присутня статична похибка. Введення логічних пристроїв дозволило застосовувати ПІ-регулятор з оптимальними настройками для кожної з ділянок. Це дало покращення критерію оптимальності, але він залишився доволі значним, оскільки статична похибка не усувається.

Для підвищення порядку астатизму системи було використано комбіновану програмну САР, що дозволило усунути статичну похибку. Застосування логічних пристроїв дало змогу точніше відтворювати програму і дало найменший критерій оптимальності.

Застосування нейромережного регулятора не дало суттєвих покращень якості регулювання, проте дозволило замінити три ПІ-регулятори та логічний пристрій, а отже спростити схему.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анил К.Дж. Введение в искусственные нейронные сети / К.Дж. Анил, К.М. Моиуддин. — М.: Энергия, 1979. — 145 с.
2. Вейнеторд И.П. Сборник технологических инструкций по производству консервов / И.П. Вейнеторд, Л.А. Притыкина. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 480 с.
3. Власов А.В. Практическая реализация программного-аппаратного комплекса для экспериментального исследования температурного поля в стерилизационной камере автоклава / А.В. Власов, А.В. Кайченев, А.А. Маслов. — Пенза, 2007. — 267 — 269 с.
4. Потемкин В.Г. Инструментальные средства MATLAB5 / В.Г. Потемкин. — М.: Диалог-Мифи, 2000. — 336 с.

*О.М.Клименко
В.Г.Трегуб*

Исследование програматоров для систем управления аппаратами периодического действия

Основным элементом динамической подсистемы АСУ аппаратом периодического действия (АПД) является програматор, который реализует программу и соответственно функцию перехода от начального до конечного состояния объекта.

Исследование посвящено разработке програматоров, содержащих в своем составе логические устройства. Были разработаны одноконтурные и комбинированные программы САР как с логическими устройствами так и без них для сравнительного анализа их работы. Также приведен пример реализации программной САР с нейросетевым регулятором.