

УДК 681.5.011(075.8)

## ДОСЛІДЖЕННЯ КВАЗІОПТИМАЛЬНОГО ЗА ШВИДКОДІЄЮ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТОМ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Трипутень М.М., здобувач вищої освіти, гр. ПС-18-2  
 Науковий керівник Трипутень М.М., к. т. н., доцент  
 Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Визначення оптимальних і квазіоптимальних за швидкодією законів керування динамічними об'єктами при використанні принципу максимуму Понтрягіна зумовлює багаторазове вирішення системи трансцендентних рівнянь, що доволі складно реалізувати в системах автоматики на нижньому рівні з використанням програмно-логічних контролерів. В [1] на основі обчислювальних експериментів показано, що у випадку обмежень на величину максимального відхилення вихідної величини  $\Delta y$  від її усталеного значення  $y_{уст}$  тривалість першого істотного інтервалу керування  $t_1$  для об'єкту другого порядку можна розрахувати на основі простої лінійної залежності.

В [2] наявність лінійної ділянки на графіку функції  $\Delta y = f(t_1)$  було підтверджено теоретично на основі отриманої математичної залежності:

$$\Delta y = c \cdot (b \cdot e^{\alpha_1 t_1} - 1)^{\frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1}} \cdot (b \cdot e^{\alpha_2 t_1} - 1)^{\frac{-\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}}, \quad (1)$$

де  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  - значення коренів характеристичного рівняння об'єкту керування;  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти, функціонально залежні від параметрів об'єкта керування, керованої величини і обмежень на керуючі впливи.

Враховуючи (1) можна визначити величину перерегулювання  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{\Delta y}{y_{уст}} 100\%. \quad (2)$$

Слід зазначити, що вирази (1) і (2) разом визначають залежність  $\sigma = g(t_1)$ , яка є незручною при вирішенні задачі пошуку першого істотного інтервалу керування від величини перерегулювання, оскільки аргументом має бути саме  $\sigma$ . З метою усунення даної перешкоди і отримання простих математичних виразів для розрахунку  $t_1$  при різних обмеженнях на  $\sigma$  слід побудувати графіки залежностей  $\sigma = g(t_1)$  для різних  $y_{уст}$  і методами апроксимації визначити лінійні закони керування у вигляді:

$$t_1 = a\sigma + b, \quad (3)$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти.

На рис.1 наведені графіки залежності  $\sigma = f(t_1)$ , отриманих за формулами (1), (2) для теплового об'єкту [1] з передатною функцією  $W(p) = 0,845/(3,362p^2 + 3,677p + 1)$ , максимальним значенням керуючої величини  $U_{max} = 20$  і  $y_{уст} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Неважко бачити, що дані графіки лінійні в діапазоні  $\sigma \in [1\%; 40\%]$ , що задовольняє можливим вимогам до величини перерегулювання в промислових умовах. Значення невідомих коефіцієнтів  $a$  і  $b$  розраховано по координатах двох точок взятих з відповідних частин лінійних графіків. Результати розрахунків наведено в табл.1.

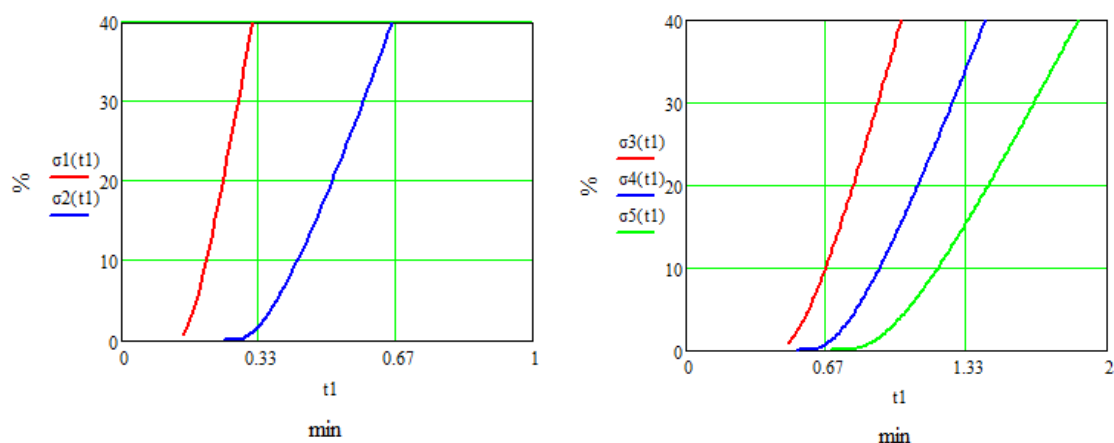


Рисунок 1 – Теоретичні залежності  $\sigma = f(t_1)$

*a* – графіки залежностей для  $\Delta y = 1$  (червоний),  $\Delta y = 2$  (синій)

*b* – графіки залежностей для  $\Delta y = 3$  (червоний),  $\Delta y = 4$  (синій),  $\Delta y = 4$  (зелений)

Таблиця 1 - Коефіцієнти лінійних законів керування

Приріст вихідної величини $y$		1	2	3	4	5
Коефіцієнти	<i>a</i>	0,003	0,008	0,013	0,018	0,023
	<i>b</i>	0,2	0,34	0,53	0,73	0,94

Запропоновані моделі дозволяють в умовах нормальної роботи теплового об'єкта доволі просто розраховувати і реалізовувати керуючі впливи програмно-технічними засобами контролерів нижнього рівня керування.

Слід зазначити, що модель (1), (2) на всій множині  $t_1$  є нелінійною. Нелінійні залежності зручно зберігати у вигляді предикатних моделей, зокрема моделі основані на застосуванні методу розпізнавання образів, що допускає розбиття факторного простору на елементарні підобласті [3]. Пошук оптимальних керуючих впливів з використанням предикатних моделей є найбільш пристосованим до програмно-технічних пристроїв оскільки потребує виконання лише логічних операцій.

### Список використаних джерел

1. Tryputen, N. About the possibility of researching the optimal automatic control system on a physical model of a thermal object / N. Tryputen, V. Kuznetsov, Y. Kuznetsova // IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, Lviv, Ukraine, July 2–6, 2019. – Pp. 1244 – 1248.
2. Трипутень М.М. Синтез законів квазіоптимального керування для програмно-логічних контролерів / М.М. Трипутень, М.М. Трипутень, О.І. Кравченко // Міжнародна науково-практична конференція енергозбереження та енергоефективність – 2020, Дніпро, грудень 24 – 25, 2020. – С. 83 – 84.
3. Трипутень М.М.  $\alpha$ -алгебра в задачах підвищення енергоефективності асинхронних двигунів, працюючих в умовах неякісної електроенергії / М.М. Трипутень, В.В. Кузнецов, Є.В. Кузнецова, М.М. Трипутень, А.В. Кузнецова // Гірничі електромеханіка та автоматика. 2019. № 101, С. 110-114.