

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
WARSAW UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
PRZEMYSLOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIAROW**

Факультет автоматизації і комп'ютерних систем

**IV Міжнародна науково-технічна
Internet-конференція**

**«Сучасні методи, інформаційне,
програмне та технічне забезпечення
систем керування організаційно-
технічними та технологічними
комплексами»**

22 листопада 2017 рік

КИЇВ НУХТ 2017

Матеріали IV Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 22 листопада 2017 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2017 р. – 295 с. — Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>

Видання містить програму і матеріали Міжнародної науково-технічної конференції

У матеріалах конференції наведено доповіді за напрямками: автоматизація процесів управління технологічними процесами та комплексами, ієрархічні системи керування та інформаційні системи керування у виробництві та освіті. Матеріали конференції будуть корисні науковим та інженерно-технічним працівникам, виробничникам, потенційним інвесторам, студентам закладів вищої освіти та всім, хто пов'язаний з харчовою промисловістю та автоматизацією

ISBN 978-966-612-202-8

Редакційна колегія:

Голова програмного комітету:

А.І. Українець, д.т.н., проф., ректор Національного університету харчових технологій

Голова організаційного комітету:

О.Ю. Шевченко, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи НУХТ

Заступники голови оргкомітету:

А.П. Ладанюк, д.т.н., проф., завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем керування НУХТ

І.В. Ельперін, к.т.н., проф., проф., завідувач кафедри інтегрованих автоматизованих систем управління НУХТ

В.В. Самсонов, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних систем НУХТ

Секретаріат оргкомітету:

Л.О. Власенко, к.т.н., доц. кафедри автоматизації процесів управління НУХТ

М.В. Сашнєва, к.т.н., доц. кафедри автоматизації процесів управління НУХТ

М.С. Романов, к.т.н., доц. кафедри інтегрованих автоматизованих систем управління НУХТ

М.П. Костіков, к.т.н., ас. кафедри інформаційних систем НУХТ

Праці подано в авторській редакції

ISBN 978-966-612-202-8

© НУХТ, 2017

Автоматичне керування лінійними розподіленими системами з використанням ПІД-регуляторів дробового порядку

О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко, В.В. Іващук

Національний університет харчових технологій

Л.Г. Віхрова

Центральноукраїнський національний технічний університет

Розглядається задача застосування дробових $PI^\lambda D^\mu$ - регуляторів при керуванні технологічними процесами, описуваними диференціальними рівняннями. Лінеаризована система рівнянь моделі керування представлена у вигляді

$$\begin{cases} \frac{d\Delta x(t)}{dt} = A\Delta x(t) + b\Delta u(t), \\ \Delta x(t_0) = x^0 - x^*, \end{cases} \quad (1)$$

а рівняння для регульованої змінної (вихід моделі) записане так

$$\Delta s(t) = c^T \Delta x(t), \quad (2)$$

де $\Delta s(t) = s(t) - c^T x^*$.

У зворотному зв'язку в складі контура автоматичного керування використаний дробовий $PI^\lambda D^\mu$ - регулятор [1,2], який представлений у вигляді

$$\Delta u(t) = k_p (\Delta s(t)) + k_I \left({}_{t_0} D_t^{-\lambda} \Delta s(t) \right) + k_D \left({}_{t_0} D_t^\mu \Delta s(t) \right), \quad (3)$$

де k_p , k_I , k_D – налагоджувальні коефіцієнти регулятора, ${}_{t_0} D_t^{-\lambda} \Delta s(t)$ – дробова похідна порядку λ , ${}_{t_0} D_t^\mu \Delta s(t)$ – дробовий інтеграл порядку μ , причому λ, μ – довільні дійсні числа з інтервалу $(0,2)$, тобто $\lambda, \mu \in (0,2)$. Якщо $\lambda \geq 2$ або $\mu \geq 2$, то $PI^\lambda D^\mu$ - регулятор набуває високого порядку, і структура його відрізняється від класичного PID - регулятора.

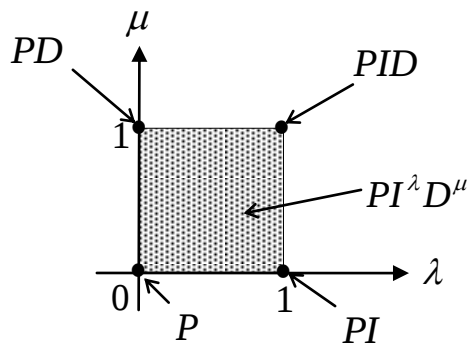


Рис. 1. $P-I-D$ - площа дробових порядків похідних і інтегралів

Регулятор (3) є узагальненим дробовим PID - регулятором. Тому при $\lambda=1$ і $\mu=1$ маємо класичний PID - регулятор, при $\lambda=1, \mu=0$, отримуємо

PI - регулятор, при $\lambda = 0, \mu = 1$ маємо PD - регулятор, а при $\lambda = 0, \mu = 0$ - P - регулятор.

Дробові похідні і інтеграли визначаються як межа [3]

$${}_{t_0}D_t^\alpha f(t) = \lim_{h \rightarrow 0} h^{-\alpha} \sum_{j=0}^{\left[\frac{t-t_0}{h}\right]} (-1)^j \binom{\alpha}{j} f(t-jh), \quad (4)$$

де $\binom{\alpha}{j}$ - біноміальні коефіцієнти вигляду $\binom{\alpha}{j} = \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(j+1) \cdot \Gamma(\alpha-j+1)}$, в яких

$\Gamma(x)$ - гамма-функція Ейлера вигляду $\Gamma(x) = \int_0^{+\infty} e^{-y} y^{x-1} dy$ (нагадаємо, що при

цілому $x = k$ вона дорівнює $\Gamma(k+1) = k!$); $[\cdot]$ - ціла частина числа; $h > 0$ - приріст часової координати (квантування).

Якщо $\alpha > 0$, то формула (11) визначає дробову похідну, якщо ж $\alpha < 0$, то - дробовий інтеграл.

З врахуванням (4), $PI^\lambda D^\mu$ - регулятор (3) може бути записаний у вигляді оператора від стану $\Delta x(t)$

$$\Delta u(t) = c^T \left(k_P (\Delta x(t)) + k_I \left({}_{t_0}D_t^{-\lambda} \Delta x(t) \right) + k_D \left({}_{t_0}D_t^\mu \Delta x(t) \right) \right). \quad (5)$$

а критерій якості автоматичного керування функціонуванням системи

$$J_p = \int_{t_0}^T |\Delta s(t)|^p dt = \int_{t_0}^T |c^T \Delta x(t)|^p dt, \quad (6)$$

де $p > 0$ - параметр, який на практиці приймають рівним $p = 1$ (модуль похибки) або $p = 2$ (середньоквадратична похибка).

Для чисельної реалізації сформульованої задачі оптимального регулювання дискретизуємо систему (1), дробовий $PI^\lambda D^\mu$ - регулятор (5) і критерій (6), розбивши часовий інтервал $[t_0, T]$ на n частин з кроком $h = (T - t_0) / n$ (h - період квантування).

Література

1. Авсиевич А.В., Авсиевич В.В. Моделирование систем автоматического управления с дробным ПИД-регулятором [Текст] / А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник Самарского государственного технического университета, сер. техническое науки. - 2010. - №1(26). - С. 6-59.

2. Бутковский А.Г., Постнов С.С., Постнова Е.А. Дробное интегро-дифференциальное исчисление и его приложения в теории управления. II. Дробные динамические системы: моделирование и аппаратная реализация [Текст] / А.Г. Бутковский, С.С. Постнов, Е.А. Постнова // Автоматика и телемеханика. - 2013. - № 5. - С. 3-34.

3. Vinagre B.M., Petras I., Podlubny I., Chen Y.Q. Using fractional order adjustment rules and fractional order reference models in model-reference adaptive control. Nonlinear Dyn. 29(1-4), 269-279 (2002).