

УДК 681.32.

ЦИФРОВА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ З ВЕЛИКИМ ПЕРІОДОМ ДИСКРЕТНОСТІ

© Луцків М.М., 2000

Українська академія друкарства

Розвинуто нові підходи до побудови систем автоматичного керування для об'єктів з великим періодом дискретності на основі пропорційно диференціюючого на інтервалі регулятора. Побудована структурна схема регулятора, яка порівняно з класичною схемою має удвічі меншу кількість операцій, що спрощує реалізацію. Наведено результати цифрового моделювання.

New approaches to the construction of the automatic control systems for the objects with a long period of the interruption have been developed according to the regulator differentiating at intervals in proportion. There has also been constructed a structural scheme of the regulator which has half number of the operations in comparison with the classical scheme and it simplifies realization. The results of the digital simulation are also given here.

Вступ. Останнім часом широко застосовуються цифрові системи автоматичного керування для управління різними процесами та машинами. Цифрові системи синтезують за умови, що період дискретності можна вибирати за заданим критерієм. У багатьох галузях існують об'єкти регулювання, в яких період дискретності не є параметром налагодження системи. Наприклад, системи, в яких контроль регульованої величини здійснюється періодично з циклом роботи машини. Зокрема до таких систем належать системи автоматичного керування подачі фарби, суміщення фарб на рулонних друкарських машинах та інші [1,4], в яких період дискретності дорівнює циклу роботи машини.

Застосування відомих підходів до розрахунку систем з великим періодом дискретності не є ефективним. Зменшується швидкодія системи, і в системі можуть виникати незагасаючі коливання значної амплітуди.

Для систем автоматичного суміщення фарб застосовують дискретний ПД-закон управління [2]. Для зменшення впливу високочастотних завад застосовують фільтри, стала часу яких від 20 до 100 періодів дискретності [4]. В системі автоматичного суміщення фарб період дискретності дорівнює циклу роботи машини. Тому за час відробки збурення може бути брак або відхилення від норми у сотні друкованих відбитків. Звідси робимо висновок, що відомі традиційні підходи до розрахунку систем з великим періодом дискретності є неефективними.

ПД-на інтервалі регулятор. В роботі [3] запропоновано новий значно ефективніший дискретний регулятор, який одержав назву пропорційно-диференціюючий на інтервалі регулятор. Схема системи автоматичного керування з ПД-на інтервалі

регулятором наведена на рис.1. Імпульсний елемент регулятора працює з частотою в m_0 разів більшою, ніж імпульсний елемент системи.

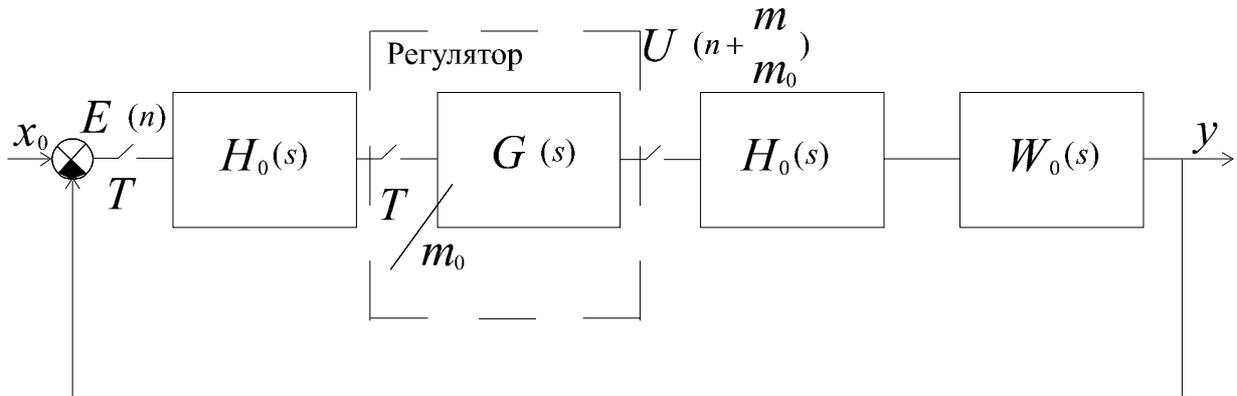


Рис.1. Структурна схема системи.

Для формування управління застосовано неперервну пропорційно-диференціюючу ланку з передатною функцією

$$G(s) = k \left(1 + \frac{T_\partial s}{T_\phi s} \right), \quad (1)$$

де k , T_∂ , T_ϕ -- коефіцієнти передачі та сталі часу ланки.

На вхід регулятора подається дискретний сигнал похибки управління, тому для аналізу застосовуємо метод z-перетворення [2,4]. За виразом (1) визначаємо дискретну передатну функцію ланки:

$$G(z) = k \frac{b_0 - d z^{-1}}{1 - c z^{-1}}, \quad (2)$$

де

$$b_0 = 1 + \frac{T_\partial}{T_\phi}, \quad c = e^{-\frac{T}{T_a}}, \quad d = \frac{T_\partial}{T_\phi} - e^{-\frac{T}{T_p}}, \quad (3)$$

де T – період дискретності системи.

Застосовуємо метод z-перетворення кратнішим періодом квантування [2], із виразу (2) визначаємо дискретну передатну функцію ПД-на інтервалі регулятора

$$G(z, m_0) = \sum_{m=0}^{m_0-1} \frac{K_n \left[b - d_m Z^{\frac{m}{m_0}} \right]}{1 - C_m Z^{\frac{m}{m_0}}} \quad m=0,1,2,3,4, \dots, m_0 - 1, \quad (4)$$

де

$$C_m = e^{-\frac{mT}{m_0 T}}, \quad d_m = \frac{T_\partial}{T_\phi} - e^{-\frac{mT}{m_0 T}}. \quad (5)$$

Із передатної функції (4), розкривши суму і привівши її до нормованого вигляду, діленням чисельника і знаменника на $1 - C_0$, визначимо управління, яке формує регулятор.

$$U(z, m_0) = \frac{k \left[a_0 - a_1 z^{-\frac{1}{m_0}} - a_2 z^{-\frac{2}{m_0}} - a_3 z^{-\frac{3}{m_0}} - \dots - a_{m_0-1} z^{-m_0-1} \right]}{1 - b_1 z^{-\frac{1}{m_0}} - b_2 z^{-\frac{2}{m_0}} - b_3 z^{-\frac{3}{m_0}} - \dots - b_{m_0-1} z^{-m_0-1}} E(n). \quad (6)$$

Одержана залежність є основною для реалізації регулятора.

Реалізація регулятора. Можливі два основні способи реалізації ПД-на інтервалі регулятора: апаратурна реалізація і програмна. Апаратурна реалізація полягає в розробленні дискретного пристрою за передатною функцією регулятора (4). Програмна реалізація зводиться до побудови алгоритму і розробки програми для ЕОМ відповідно до управління (5).

На підставі дискретної передатної функції регулятора (4) можна побудувати відому структурну схему дискретних регуляторів [4,5]. Для реалізації структурної схеми традиційним способом [4,5] треба $2m_0 - 1$ операцій множення, $2m_0$ -- операцій підсумовування та $2m_0 - 1$ операцій затримки. Загальна кількість операцій $6m_0 - 3$.

Враховуємо те, що сигнал на вході ПД-на інтервалі регулятора є постійним протягом періоду дискретності системи, і розглянемо інший підхід до побудови структурної схеми регулятора.

На основі дискретної передатної функції (4) подамо управління (5) у вигляді різницевого рівняння, де m_0 інтервалів, які знаходяться всередині одного періоду дискретності системи, як реакцію регулятора на один імпульс сигналу управління $E(n)$:

$$\begin{aligned} U\left(n + \frac{0}{m_0}\right) &= k a_0 E(n), \\ U\left(n + \frac{1}{m_0}\right) &= k \left[a_0 - (a_1 + b_1) z^{-\frac{1}{m_0}} \right] E(n), \\ U\left(n + \frac{2}{m_0}\right) &= k \left[a_0 - (a_1 + b_1) z^{-\frac{1}{m_0}} - (a_2 - b_2) z^{-\frac{2}{m_0}} \right] E(n), \\ U\left(n + \frac{3}{m_0}\right) &= k \left[a_0 - (a_1 + b_1) z^{-\frac{1}{m_0}} - (a_2 - b_2) z^{-\frac{2}{m_0}} - (a_3 - b_3) z^{-\frac{3}{m_0}} \right] E(n), \\ &\dots \\ U\left(n + \frac{m_0-1}{m_0}\right) &= k \left[a_0 - (a_1 + b_1) z^{-\frac{1}{m_0}} - (a_2 - b_2) z^{-\frac{2}{m_0}} - (a_3 - b_3) z^{-\frac{3}{m_0}} - \right. \\ &\quad \left. - (a_{m_0-1} + b_{m_0-1}) z^{-\frac{m_0-1}{m_0}} \right] E(n). \end{aligned} \quad (7)$$

Тут $z^{-\frac{m}{m_0}}$ -- відповідна затримка сигналу всередині інтервалу дискретності. Виконуємо операцію підсумовування, та, згорнувши суму, одержимо управління, яке формує генератор:

$$U(n + \frac{m}{m_0}) = k \sum_{i=0}^{m_0-1} \alpha_i z^{-\frac{i}{m_0}} E(n) , \quad (8)$$

де
$$\alpha_0 = a_0, \alpha_i = -(a_i + b_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m_0 - 1. \quad (9)$$

При z-перетворенні множення на z^{-1/m_0} приводить до затримки сигналу на час, кратний величині періоду дискретності T / m_0 . Вхідний сигнал похибки $E(n)$ регулятора затримується на час T/m_0 і множиться на відповідний коефіцієнт α_i . Добутки підсумовуються, створюючи вихідний сигнал управління. Відповідно до виразу (7) на рис.2 побудована структурна схема ПД-на інтервалі регулятора.

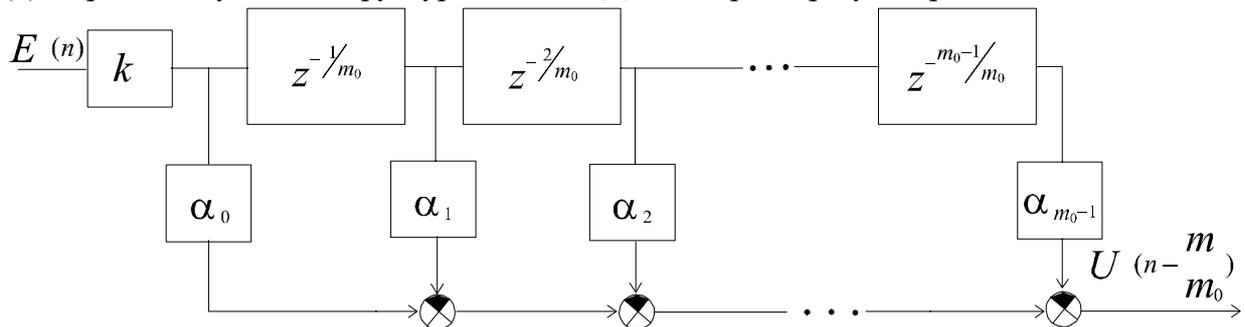


Рис. 2. Структурна схема регулятора.

Для реалізації регулятора необхідно $m_0 + 1$ операцій множення, m_0 -- підсумовування та $m_0 - 1$ операцій затримки. Загальна кількість операцій $3 m_0$. Отже, порівняно з класичною схемою кількість операцій відповідно зменшується з $6 m_0 - 3$ до $3 m_0$, тобто майже вдвічі.

Зазначимо, що показники якості процесу регулювання в явному вигляді слабо залежать від параметрів налагодження регулятора, тому важко аналітично встановити цю залежність і дати рекомендації щодо оптимального налагодження параметрів регулятора. Проведений аналіз показав, що сталу часу T треба вибирати з умови $T_\phi \leq T$, $T_p / T_\phi \geq 1$, а період кратності m_0 4 - 6.

Для вибору оптимальних параметрів налагодження ПД-на інтервалі регулятора мовою Turbo Pascal розроблено програму цифрового моделювання систем автоматичного керування з ПД-на інтервалі регулятором. Спочатку задаються вихідні параметри налагодження регулятора згідно з наведеними рекомендаціями. Цілеспрямованим перебиранням параметрів на моделі підбираються оптимальні параметри налагодження регулятора.

Результати цифрового моделювання. Для підтвердження теоретичних викладок здійснено цифрове моделювання системи з ПД-на інтервалі регулятором та інерційним об'єктом першого порядку і сталою часу $T_0 = 5$ с. Період дискретності системи $T_0 = 1$ с, кратність періоду регулятора $m_0 = 4$. Цілеспрямованим перебиранням варіантів вибирались параметри налагодження регулятора.

Побудовані графіки перехідних процесів у системі автоматичного керування з ПД-на інтервалі регулятором при поданні на вході одиничного ступеневого сигналу. Перехідна характеристика близька до оптимальної, час регулювання наближається до періоду дискретності.

Досліджено вплив зміни періоду дискретності системи ($T = 0,5 + 1,5$) на перехідну характеристику. Збільшення періоду дискретності мало впливає на перерегулювання.

На підставі результатів цифрового моделювання можна стверджувати, що ПД-на інтервалі є ефективним для систем з великим періодом дискретності.

Висновки. 1. Виділено окремий клас об'єктів регулювання з великим періодом дискретності, який є параметром налагодження системи та залежить від циклу вимірювання або роботи машини. 2. Застосування відомих підходів до розрахунку систем з великим періодом дискретності є малоефективним. Зменшується швидкодія системи, можуть виникати незгасаючі коливання з великою амплітудою. 3. Розвинуто і обґрунтовано нові підходи до побудови систем з ПД-на інтервалі регуляторів. 4. Запропоновано новий варіант побудови структурної схеми регулятора, яка має, порівняно з класичною схемою, удвічі меншу кількість операцій, що спрощує реалізацію. 5. Результати цифрового моделювання підтвердили ефективність застосування ПД-на інтервалі регулятора для систем з великим періодом дискретності. Перехідна характеристика системи близька до оптимальної, час регулювання наближається до періоду дискретності.

1. Ефимов М. В., Толстой Г. Д. Автоматизация технологических процессов полиграфии. М., 1989. 2. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления. М., 1986. 3. Луцків М. М., Петрів Р. І., Шульжик Ю. О. Синтез систем приводки з диференціюючим на інтервалі коригуючим пристроєм // Поліграфія і видавнича справа. 1996. № 31. С.106-111. 4. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій. К., 1995.

УДК 536.532

СТРУКТУРНІ НЕОДНОРІДНОСТІ МЕТАЛІЗОВАНИХ СТЕКОЛ

© Скоропад П.І., Гамула П.Р., 2000

кафедра “Інформаційно - вимірювальна техніка”

Аналізуються проблеми опису неоднорідностей структури металізованих стекол.

The problems of the description of heterogeneity of a structure of metal glasses are analysed.