

ДИСКРЕТИЗАЦІЯ БЕЗПЕРЕРВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ЕЙЛЕРА

О.С. Кириченко, кандидат технічних наук

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Описано дискретизацію безперервної системи автоматичного керування за прямим методом Ейлера в програмі *Matlab Simulink*.

Ключові слова: дискретизація, система автоматичного керування, прямий метод Ейлера, безперервно-дискретна система.

Постановка проблеми. Для забезпечення необхідних показників якості керування в автоматичних системах, які застосовуються в промисловості та сільському господарстві, виникає необхідність застосування цифрових регуляторів [1, 2]. Параметри цифрових регуляторів можна визначити за перерахунком синтезованих безперервних регуляторів. Проте іноді ця заміна викликає певні труднощі.

Таким чином, виникає проблема, що пов'язана з вибором ефективного методу перерахунку безперервних регуляторів до цифрових регуляторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що проектування сучасних автоматичних систем керування для різних галузей промисловості та сільського господарства слід здійснювати з використанням сучасних САПР та програмного забезпечення, в якому реалізовані чисельні методи для побудови цифрових регуляторів.

Метою статті є висвітлення результатів досліджень моделювання безперервно-дискретних систем з використанням прямого методу Ейлера, що реалізований в програмі **Simulink** пакету програм **Matlab**.

Викладення основного матеріалу. Прямий метод Ейлера продемонстровано на рис. 1. Він дозволяє провести чисельне інтегрування та реалізований в програмі **Simulink** пакету програм **Matlab**.

Значення вихідного сигналу в момент $t = nT$ знаходимо з виразу

$$x[nT] = x[(n-1)T] + Tu[(n-1)T]. \quad (1)$$

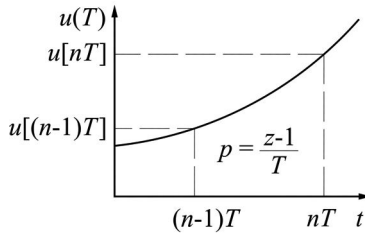


Рис.1. Інтегрування за прямим методом Ейлера

При підстановці оператора запізнювання у вираз (1) отримуємо:

$$x[nT] = x[(n-1)T] + Tu[(n-1)T]. \quad (2)$$

Сигнал на виході може бути представлений у вигляді:

$$x[nT] = \frac{T}{z-1} u[nT]. \quad (3)$$

Таким чином, при використанні прямого методу Ейлера здійснюється заміна змінної:

$$\frac{1}{p} \approx \frac{T}{z-1} \quad \text{або} \quad p \approx \frac{z-1}{T}. \quad (4)$$

Розглядуваний об'єкт регулювання описується передаточною функцією $W(p) = \frac{k_{об}}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}$ з такими параметра-

ми: $T = 0,07$ с, $\xi = 0,5$, $k_{об} = 2$.

Для керування таким об'єктом синтезується ПІД-регулятор з реальною диференціальною ланкою

$$W_p(p) = \frac{k_p (T_{об}^2 p^2 + 2T_{об} \xi p + 1)}{p(T_d p + 1)},$$

параметри якої повинні задоволювати умовам:

$$\frac{k_p T_d + k_d}{k_i} = T_{об}^2; \quad \frac{k_i T_d + k_{пi}}{k_i} = 2\xi T_{об}.$$

$$\text{Звідки } k_i = k_p, \quad k_{пi} = k_i (2\xi T_{об} - T_d), \quad k_d = k_i T_{об}^2 - k_{пi} T_d.$$

Для перетворення вихідної замкнутої системи використовується команда **Tools/Control Design/Linear Analysis/Model Diskretizer**. При цьому відкривається вікно **Simulink Model Diskretizer**, яке дозволяє вибрати блоки для дискретизації і задати параметри дескретизації. Модель системи після перетворення регулятора із застосуванням рівнянь (1)-(4) прямого метода Ейлера показано на рис. 2.

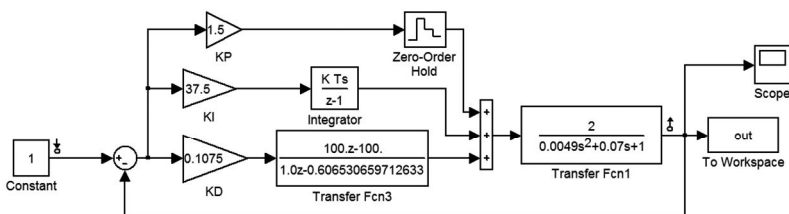


Рис.2. Модель змішаної безперервно-дискретної системи

При $T_d = 0,01$ с, яка менша за добуток $2\xi T = 0,07$, та $k_{зз} = 1$ параметри безперервного ПІД-регулятора для $\bar{k}_p = 3$ дорівнюють $k_i = 37,5$, $k_{пi} = 1,5$, $k_d = 0,1075$.

Для отримання динамічних характеристик змішаної безперервно-дискретної системи зручно при моделюванні реалізувати перехідний процес, записати його в робочий простір **Matlab** з наступною програмною обробкою для отримання необхідних динамічних характеристик.

Перехідний процес в системі при дискретизації представлено на рис. 3.

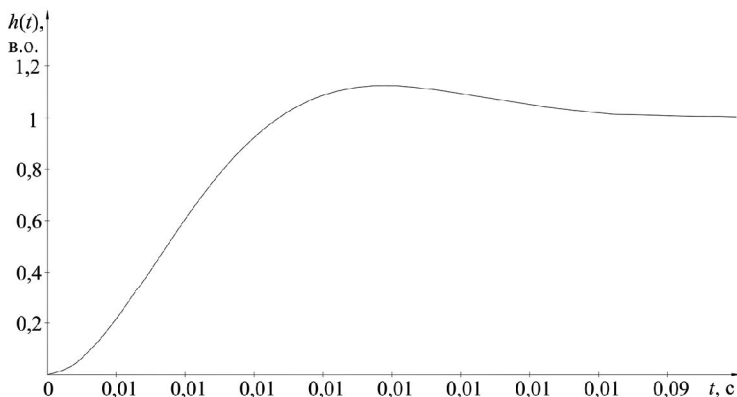


Рис.3. Перехідна характеристика безперервно-дискретної системи

Таким чином, використавши блоки **Model Diskretizer** програми **Simulink**, виконано дискретизацію безперервної системи.

Висновки.

1. У результаті моделювання отримано такі показники якості керування для розглядуваного об'єкта: час перехідного процесу становить близько **0,09** с, перерегулювання є незначним і не перевищує **30%**.

2. Використання програми **Simulink** пакету програм **Matlab** спрощує побудову безперервно-дискретних систем.

3. Прямий метод Ейлера є ефективним способом перерахунку безперервних регуляторів у цифрові.

Список використаних джерел:

1. Герман-Галкин С. Г. *Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК* / С. Г. Герман-Галкин. — СПб. : КОРОНА-Век, 2008. — 368 с.
2. Проектирование по теории автоматического управления / [В. Ю. Аркадьев, А. И. Папченко, А. Г. Попруга, В. П. Боярчук]. — Херсон : Херсонский государственный технический университет, 2002. — 272 с.

А.С. Кириченко. Дискретизация непрерывных систем автоматического управления методом Эйлера.

Выполнена дискретизация непрерывной системы автоматического управления с использованием прямого метода Эйлера в программе Matlab Simulink.

O.S. Kyrychenk. Discretization of continuous automatic control systems with Euler method.

Discretization of continuous system with using the direct method Euler in Matlab Simulink software are performed.