

## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ РУХОМОГО ОБ’ЄКТА МЕТОДОМ РОЗМІЩЕННЯ ПОЛЮСІВ

**Анотація.** Розглянуто особливості синтезу регуляторів шляхом розміщення полюсів у заданій області площини коренів характеристичного рівняння замкненої системи.

В середовищі MATLAB (Simulink) синтезовано ПІ-регулятор з використанням методу розміщення полюсів в заданій області комплексної площини коренів і проведено моделювання системи автоматичного керування швидкості руху рухомого об’єкта з використанням синтезованого регулятора.

**Ключові слова:** ПІ-регулятор, система автоматичного керування швидкості руху рухомого об’єкта з використанням синтезованого регулятора.

Методи синтезу регуляторів, які на сьогоднішній день застосовуються при проектуванні лінійних систем автоматичного керування базуються на використанні частотних характеристик або кореневого годографа. Ці методи зручні в практичному використанні і більшість систем керування проектується саме на основі їх різних модифікацій.

Один із методів синтезу, який базується на застосуванні сучасної теорії керування, відомий як метод розміщення або призначення полюсів. Метод розміщення полюсів дозволяє реалізувати задане положення всіх полюсів передавальної функції замкненої системи, тоді як метод кореневого годографа забезпечує розміщення в заданих точках тільки двох домінуючих полюсів. Особливістю методу є те, що розміщення всіх полюсів передавальної функції у заданих точках вимагає вимірювання багатьох змінних в системі. На практиці не всі необхідні для синтезу регулятора змінні можуть бути виміряні через складність або відсутність відповідних перетворювачів. У таких випадках ті змінні, які не можуть бути виміряні безпосередньо, підлягають оцінці на підставі отриманих в результаті вимірювання змінних.

Синтез регулятора проводиться з використанням моделі об’єкта в просторі змінних стану у виді

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A x(t) + B u(t), \\ y(t) &= C x(t), \end{aligned} \quad (1)$$

де вектор  $\dot{x}(t)$  є похідна за часом від вектора  $x(t)$ .

У загальному випадку вхід об’єкта керування  $u(t)$  є функцією змінних стану:

$$u(t) = f[x(t)] \quad (2)$$

Рівняння (2) визначає закон керування в системі. При синтезі регулятора шляхом розміщення полюсів в заданих точках комплексної площини закон керування подають у виді:

$$u(t) = -K_1 x_1(t) - K_2 x_2(t) - \dots - K_n x_n(t) \quad (3)$$

В цьому випадку задача синтезу регулятора полягає в обчисленні коефіцієнтів  $K_i$ , які забезпечують задане розташування коренів характеристичного рівняння системи на комплексній площині.

Однією з основних вимог, які пред’являється до більшості систем керування, є їх здатність відпрацьовувати постійну вхідну дію з мінімальною усталеною помилкою. При класичному синтезі це досягається за допомогою ПІ-регуляторів.

Система регулювання, для якої проводиться синтез регулятора, має структуру, яка подана на рис. 1.

При необхідності коефіцієнт  $K_I$  може бути введений у пряме коло паралельно до інтегратора з коефіцієнтом  $K_{n+1}$ ; характеристичне рівняння системи при цьому не зміниться.

Вираз для визначення коефіцієнтів  $K_i$  можна подати у виді:

$$|sI - A_a + B_a K_a| = s^{n+1} + a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0 \quad (4)$$

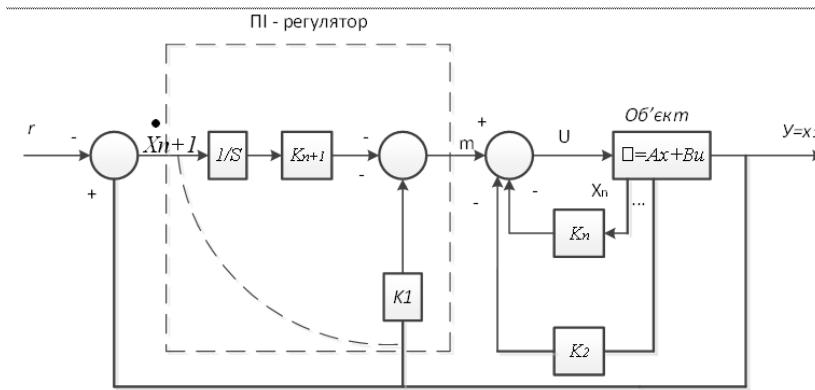


Рис.1. Узагальнена схема системи регулювання процесом з використанням ПІ- регулятора

У даному рівнянні  $(n+1)$  значень  $a_i$  відомі, а невідомими є  $(n+1)$  коефіцієнтів  $K_i$ . Для їх визначення можна в рівнянні (4) або прирівняти коефіцієнти при однакових ступенях  $s$  у лівій і правій частинах і отримати таким чином систему з  $(n+1)$  лінійних рівнянь, або скористатися формулою Аккермана [1]. Формула Аккермана для розв'язку рівняння (4) має вид:

$$K_a = [0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 1][B_a \ A_a B_a \ \dots \ A_a^n B_a]^{-1} a_{ca}(A_a). \quad (5)$$

Моделювання системи регулювання швидкості руху рухомого об'єкта проводилося в середовищі SIMULINK [3].

Перехідні функції для двох реалізацій системи  $K1$  у колі зворотного зв'язку і  $K1$  у прямому колі наведені рис. 2.

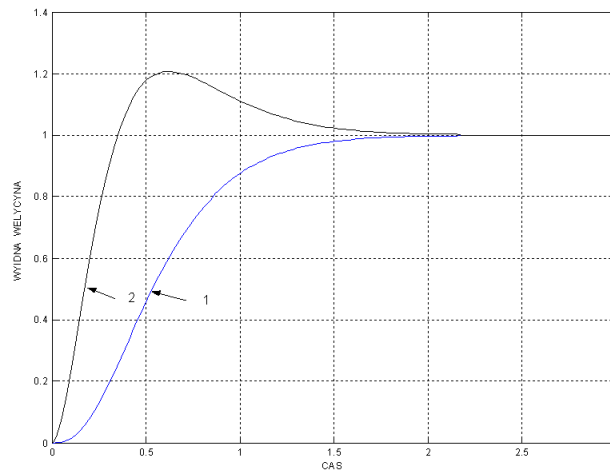


Рис.2. Перехідні характеристики для двох реалізацій системи регулювання швидкості рухомого об'єкта: – крива 1 для  $K1$  в колі зворотного зв'язку; – крива 2 для  $K1$  в прямому колі

### Висновок

Розглянута процедура синтезу регулятора швидкості руху об'єкта, яка базується на розміщенні полюсів передавальної функції замкненої системи в заданих точках комплексної площини коренів характеристичного рівняння. Практична реалізація цієї процедури вимагає, щоб всі змінні стану об'єкта були доступні вимірюванню. Ця вимога може бути виконана при реалізації сучасних процедур синтезу регуляторів.

### Література

1. C.L.Phillips and R.D. Harbor. Feedback Control Systems, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.
2. Carley, L. Antilock Brakes Becoming Standard On Today's Cars // Counterman, September, 1997.
3. Андрієвський Б.Р., Фрадаков А.Л. Вибрані розділи теорії автоматичного управління з прикладами на мові MATLAB: – СПб., 1999. – 200 с.