

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### Комп'ютерні методи параметричної оптимізації та дослідження впливу зворотних зв'язків на динамічні характеристики СУ

**Мета роботи:** дослідження з використанням середовища СИАМ впливу жорстких та гнучких зворотних зв'язків на передаточні функції, частотні та динамічні характеристики типових динамічних ланок і систем управління.

#### Порядок виконання роботи:

1. Дослідити вплив охоплення ланки зворотнім зв'язком. Порівняти передаточні функції, диференціальні рівняння та перехідні процеси типової динамічної ланки з передаточною функцією  $W_1(p)$  та ланки  $W_1(p)$ , що охоплена зворотнім зв'язком з передаточною функцією  $W_{\text{КП}}(p)$  згідно наведеної нижче схеми (рис. 6.1).

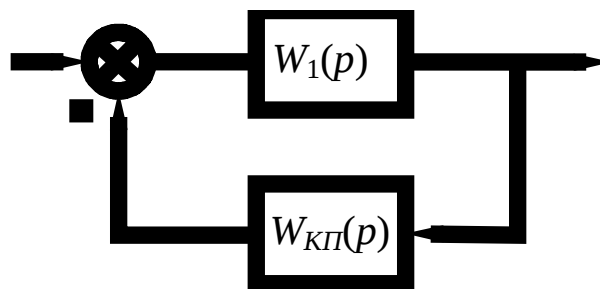


Рис. 6.1. Від'ємний зворотний зв'язок

За заданим викладачем варіантом вибрати з таблиці 6.1 дані для дослідження впливу зворотного зв'язку  $W_{\hat{e}i}(p)$  на характеристики ланки  $W_1(p)$ . Параметри для моделювання визначаються відповідно до номеру прізвища студента в журналі групи ( $N$ ), зокрема,

$$k_1 = 1,5 + \frac{N}{2}; \quad T_1 = 0,35 + \frac{N}{75};$$

$$k_2 = 5 + \frac{N}{1,2}; \quad T_2 = 0,5 + \frac{N}{100}; \quad \xi_2 = 0,3 + \frac{N}{50}.$$

Таблиця 6.1

№	Передаюча функція ланки, що охоплена зворотнім зв'язком	Передаюча функція ланки зворотного зв'язку
1.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = k_2$
2.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2 p}{T_2 p + 1}$
3.	$W_1(p) = \frac{k_1}{p}$	$W_{\hat{e}i}(p) = k_2$
4.	$W_1(p) = \frac{k_1}{p}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2 p}{T_2 p + 1}$
5.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = k_2$
6.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2 p}{T_2 p + 1}$
7.	$W_1(p) = k_1$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{p + k_2}{p + 1}$
8.	$W_1(p) = k_1$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2 p}{T_2 p + 1}$
9.	$W_1(p) = k_1$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{(T_2 p + 1)(p + 1)}$
10.	$W_1(p) = k_1$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{p}$

11.	$W_1(p) = k_1$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}$
12.	$W_1(p) = \frac{k_1}{p}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{(T_2 p + 1)(p + 1)}$
13.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{(T_2 p + 1)(p + 1)}$
14.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}$
15.	$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$	$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{k_2}{p}$

2. Проаналізувати вплив введення гнучкого і жорсткого зворотного зв'язків. Порівняти передаточні функції, частотні характеристики (АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ) та перехідні процеси аперіодичної ланки

$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$  та ланки  $W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$ , що охоплена:

а) гнучким зворотнім зв'язком з передаточною функцією

$$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{T_{\hat{e}i} p}{T_{\hat{e}i} p + 1} \text{ (розподільна ланка);}$$

б) жорстким зворотнім зв'язком з передаточною функцією

$$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{\tau_{\hat{e}i} p + 1}{T_{\hat{e}i} p + 1}, \quad \tau_{\hat{e}i} > T_{\hat{e}i} \text{ (диференціально-інтегруюча ланка);}$$

в) жорстким зворотнім зв'язком з передаточною функцією

$$W_{\hat{e}i}(p) = \frac{\tau_{\hat{e}i} p + 1}{T_{\hat{e}i} p + 1}, \quad \tau_{\hat{e}i} < T_{\hat{e}i} \text{ (інтегро-диференціююча ланка).}$$

Параметр  $k_1$  для моделювання перехідних характеристик при  $x_{\omega}(t) = 1(t)$  визначається залежністю  $k_1 = 5 + N$ , де  $N$  – порядковий номер

студента в журналі групи. Решта параметрів моделювання задається викладачем.

Зробити порівняльний аналіз результатів моделювання.

3. Дослідити за допомогою обчислювального середовища СИАМ частотні характеристики (АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ), запаси стійкості та перехідні процеси замкненої системи управління (згідно варіанта схеми №1 в лабораторній роботі № 5, п.3) при умові, що аперіодична ланка охоплена зворотнім зв'язком з передаточною функцією

$$W_{\hat{E}\hat{I}}(p) = \frac{k_{\hat{E}\hat{I}}}{T_{\hat{E}\hat{I}}^2 p^2 + 2\xi_{\hat{E}\hat{I}} T_{\hat{E}\hat{I}} p + 1}$$

а) від'ємним;

б) додатнім.

Проаналізувати передаточні функції замкнених СУ ( без місцевого зворотного зв'язку, за пп. а) та б). Порівняти результати моделювання. Параметри для моделювання задаються викладачем.

Оцінити вплив глибини від'ємного та додатного зворотних зв'язків на вид перехідних процесів та статичну похибку замкненої СУ при  $k_{\hat{E}\hat{I}} = 0,5$  та  $k_{\hat{E}\hat{I}} = 2$ .

Проаналізувати перехідний процес та частотні характеристики структурно-нестійкої системи, яка в розімкненому стані має передаточну функцію:

$$W(p) = W_1(p) W_2(p) W_3(p) = \frac{k_1}{p} \frac{k_2}{p} \frac{k_3}{T_3 p + 1}$$

4. Визначити передаточну функцію замкненої СУ та оцінити її стійкість за критерієм Гурвіца, Найквіста та логарифмічно-частотним критерієм стійкості при:

а) використанні паралельного коригуючого пристрою у вигляді місцевого жорсткого від'ємного зворотного зв'язку з передаточною функцією  $W_{\hat{e}i}(p) = \beta$ , що охоплює ланку  $W_1(p) = \frac{k_1}{p}$  (сформулювати умову вибору значень параметру  $\beta$ , при яких структурно-стійка система стає стійкою в цілому, користуючись для скоригованої СУ з характеристичним рівнянням третього порядку умовою  $a_1 a_2 > a_0 a_3$ , де  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – коефіцієнти характеристичного рівняння системи;

б) використанні послідовного коригуючого пристрою або паралельно ввімкненої ланки, наприклад, при паралельному підключенні  $W_{\hat{e}i}(p) = \alpha$  до ланки з передаточною функцією  $W_2(p) = \frac{k_2}{p}$  (результуюча передаточна функція  $W_2'(p)$  такого з'єднання має вигляд  $W_2'(p) = \frac{k_2}{p} + \alpha$ ). При цьому необхідно сформулювати умову вибору параметрів  $\alpha$ , при яких замкнена СУ завжди буде стійкою.

Параметри для моделювання задаються викладачем.

5. Розв'язати задачу параметричної оптимізації для структурних схем СУ згідно пп. 3, 4 в межах, що задаються викладачем.

Перш за все в кожній із схем необхідно під'єднати до виходу блока розугодження (суматора) типовий блок СИАМ “Квадратичний функціонал” (див. Лабораторну роботу №2), що визначає інтегральну оцінку квадрату похибки замкнутої СУ.

Для визначення оптимальних параметрів СУ використовувати режим “Параметрична оптимізація” < F8 > системи СИАМ, зокрема з застосуванням:

а) методу прямого пошуку (результати наводяться у звіті);

- б) методу покоординатного спуску;
- в) методу випадкового пошуку.

Після вибору методу оптимізації необхідно клавішею < F5 > задати цільову функцію (блок “Квадратичний функціонал”), а клавішею < F6 > – параметри, які в процесі параметричної оптимізації мають бути настроєні таким чином, щоб забезпечувалось встановлення мінімального значення цільової функції. Попередньо треба задати також діапазон зміни кожного оптимізуемого параметра шляхом задавання його мінімального і максимального значення.

Навести результати моделювання процесів параметричної оптимізації та значення оптимальних параметрів, що були визначені в процесі параметричної оптимізації.

6. Підготувати до захисту звіт. В звіт необхідно включати:

- а) назву та мету виконання лабораторної роботи;
- б) структурні схеми, передаточні функції, параметри і характеристики типових динамічних ланок та систем управління, що досліджуються в роботі;
- в) порівняння передаточних функцій, перехідних процесів та частотних характеристик типових динамічних ланок (згідно варіанту) без зворотного зв’язку, з жорстким та гнучким зворотнім зв’язком;
- г) порівняння передаточних функцій, перехідних процесів та частотних характеристик СУ за п.2, 3, 4;
- д) результати досліджень структурно-нестійких СУ;
- є) результати дослідження процесів параметричної оптимізації;
- ж) висновок про вплив зворотних зв’язків на стійкість типових динамічних ланок і систем управління.

**Контрольні запитання:**

1. Типи зворотних зв’язків.
2. Показники якості систем управління.

3. Стійкість систем управління, критерії стійкості, запаси стійкості.
4. Поняття немінімально-фазових ланок систем управління.
5. Методика дослідження впливу зворотних зв'язків на стійкість та характеристики типових динамічних ланок і систем управління.
6. Структурно-нестійкі системи.
7. Задачі і методи параметричної оптимізації СУ.
8. Аналіз результатів моделювання в системі СИАМ.