

### СИСТЕМИ З ВИПЕРЕДЖУВАЛЬНИМ КОРИГУВАННЯМ І РОЗДІЛЯЮЧИМ ПРИСТРОЄМ

Випереджувальне коригування систем автоматичного регулювання було розроблене для систем з запізненням [1], а пізніше поширене на системи деяких інших класів і, зокрема, на лінійаризовані системи [2]. Застосування випереджувального коригування дає змогу одержати більш високі показники якості переднього процесу порівняно з відомими методами.

Розглянемо систему довільного порядку. Застосовувати випереджувальне коригування будемо так, щоб скомпенсувати вплив на стійкість деякої ланки, яка описується поліномом  $B_2(s)$ , що має кінцеве число дійсних і комплексно-спряжених коренів.

Відповідно до структурної схеми (рис. 1) системи з випереджувальним коригуванням запишемо передаточну функцію замкнутої системи

$$\Phi(s) = \frac{W_1(s) \frac{K_2}{B_2(s)} W_3(s)}{1 + W_1(s) W_{k1}(s) - W_1(s) \frac{K_2}{B_2(s)} W_{k3}(s) + W_1(s) \frac{K_2}{B_2(s)} W_3(s)}$$

де  $W_2(s)$  — передаточна функція ланки, вплив якої на стійкість компенсується;  $W_1(s)$ ,  $W_3(s)$  — передаточні функції інших ланок;  $W_{k1}(s)$ ,  $W_{k3}(s)$  — передаточні функції коригуючих пристроїв.

Виконуючи формальні умови методу [2]

$$W_{k1}(s) = K_2 W_3(s) \text{ і } W_{k3}(s) = W_3(s), \quad (1)$$

одержимо передаточну функцію скоригованої таким чином системи

$$\Phi(s) = \frac{W_1(s) K_2 W_3(s)}{1 + K_2 W_3(s) W_1(s)} \cdot \frac{1}{B_2(s)}$$

Отже, у системі скомпенсовано вплив ланки на стійкість системи, яка описується поліномом  $B_2(s)$ , що має кінцеве число дійсних і комплексно-спряжених коренів.

У роботі [3] показано, що системи з компенсацією впливу запізнення, які аналогічні системам з випереджуючим коригуванням, розімкнуті відносно збурень, діючих на ланку, вплив якої

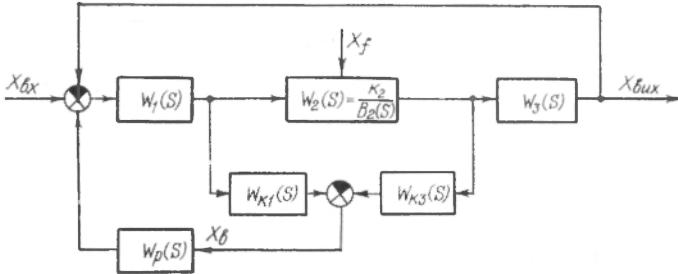


Рис. 1. Структурна схема системи з випереджувальним коригуванням.

на стійкість компенсується, і не виконують своєї основної функції щодо компенсації збурень, тому в більшості вони не можуть працювати. Можна показати, що передаточна функція замкнутої системи відносно збурення, діючого на ланку, вплив якої на стійкість компенсується, при виконанні умови (1)

$$\Phi_f(s) = \frac{K_2}{B_2(s)} W_3(s).$$

Звідси робимо висновок, що системи з випереджувальним коригуванням також розімкнуті відносно збурень, що є суттєвим недоліком цих систем і значно обмежує їх застосування.

Цей недолік можна усунути, якщо сигнал випередження  $X_B$  пропускати через роздільний пристрій, який не пропускає постійної складової сигналу [3].

Відповідно до структурної схеми (рис. 2) системи з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм запишемо передаточну функцію замкнутої системи відносно збурення  $X_f$  при виконанні умови (1)

$$\Phi_f(s) = \frac{W_2(s) W_3(s) [1 + W_1(s) K_2 W_3(s) W_p(s) - W_1(s) W_2(s) W_3(s) W_p(s) + W_1(s) K_2 W_3(s) W_p(s)]}{1 + W_1(s) K_2 W_3(s) W_p(s) - W_1(s) W_2(s) W_3(s) W_p(s) + W_1(s) W_2(s) W_2(s)}, \quad (2)$$

де  $W_p(s)$  — передаточна функція роздільного пристрою.

Якщо  $X_B$  — електричний сигнал, то роздільним пристроєм може бути конденсатор  $C$ , через який передається цей сигнал на деяке навантаження  $R_H$ . Передаточна функція такого роздільного пристрою

$$W_p(s) = \frac{T_p s}{T_p s + 1}, \quad (3)$$

де  $T_p = R_H C$  — стала часу роздільного пристрою.

Розглянемо статичний режим роботи такої системи. Для цього відповідно до теореми про кінцеве значення функції, яка визначається за зображенням Лапласа, замінимо оператор  $s$  на нуль,

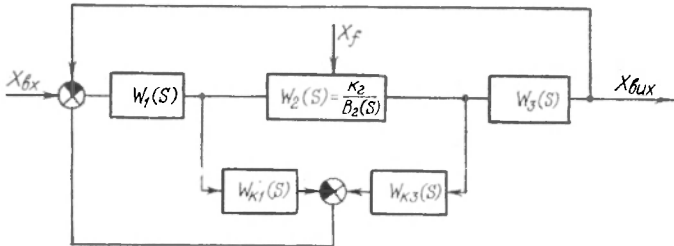


Рис. 2. Структурна схема системи з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм.

вважаючи збурення ступінчастим. Враховуючи, що  $W_p(0) = 0$ , з формули (2) одержимо

$$\Phi_f(0) = \frac{W_2(0) W_3(0)}{1 + W_1(0) W_2(0) W_3(0)}.$$

Таким чином, у системах з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм компенсуються постійні збурення, що діють на ланку, вплив якої на стійкість компенсується.

Розглянемо вплив роздільного пристрою на стійкість системи. Для цього запишемо передаточну функцію замкнутої системи при дотримванні умови (1)

$$\Phi(s) = \frac{W_1(s) W_2(s) W_3(s)}{1 + W_1(s) W_2(s) W_3(s) W_p(s) + W_1(s) W_2(s) W_3(s) [1 - W_p(s)]}.$$

Прийнявши, що передаточні функції

$$W_1(s) = \frac{K_1}{B_1(s)} \quad \text{і} \quad W_3(s) = \frac{K_3}{B_3(s)},$$

після підстановки і перетворень одержимо

$$\Phi(s) = \frac{K_1 K_2 K_3 (T_p s + 1)}{B_1(s) B_2(s) B_3(s) (T_p s + 1) + K_1 K_2 K_3 B_2(s) T_p s + K_1 K_2 K_3}.$$

Характеристичне рівняння системи

$$B_1(s) B_2(s) B_3(s) (T_p s + 1) + K_1 K_2 K_3 B_2(s) T_p s + K_1 K_2 K_3 = 0$$

має множники  $B_2(s)$  і  $T_p s$ , а це означає, що в системі з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм ланка, вплив на стійкість якої компенсується, і роздільний пристрій будуть впливати на стійкість. При великому коефіцієнті передачі розімкнутої системи сталі часу добутку поліномів  $B_1(s)B_2(s)B_3(s)(T_p s + 1)$  значно менші порівняно з іншими сталими часу, тому при якісному аналізі стійкості ними можна знехтувати. Тоді характеристичне рівняння системи набуде вигляду

$$B_2(s) \cdot T_p s + 1 = 0. \tag{4}$$

Отже, стійкість системи з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм визначається в основному величиною сталої часу роздільного пристрою. Коефіцієнт передачі розімкнутої системи значно менше впливає на стійкість системи, тому його можна збільшити, що приводить до поліпшення якості процесу регулювання.

Крім цього, міняючи у розумних границях величину сталої часу роздільного пристрою, можна змінювати розміщення нулів і полюсів передаточної функції і цим впливати на якість перехідного процесу регулювання.

На простому прикладі, коли  $B_2(s) = T_2 s + 1$ , розглянемо вплив сталої часу роздільного пристрою на якість процесу регулювання. Підставимо значення  $B_2(s)$  в (4). Після перетворення одержимо характеристичне рівняння системи

$$T_p T_2 s^2 + T_p s + 1 = 0.$$

Корені характеристичного рівняння

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2T_2} \pm \frac{1}{2T_2} \sqrt{1 - \frac{4T_2}{T_p}}.$$

Змінюючи величину сталої часу роздільного пристрою  $T_p$ , можна впливати на якість перехідного процесу. Якщо зробити  $T_p > 4 T_2$ , то перехідний процес монотонний, а коли  $T_p < 4 T_2$ , то коливний.

Для перевірки одержаних результатів проводилося моделювання оптимальної системи, скоригованої за допомогою внутрішнього жорсткого зворотного зв'язку з передаточною функцією прямого кола

$$W(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{0,66s + 1} \cdot \frac{1}{s + 1},$$

і аналогічної системи з випереджувальним коригуванням з передаточною функцією розімкнутої системи

$$W(s) = 70 \frac{1}{0,66s + 1} \cdot \frac{1}{s + 1}.$$

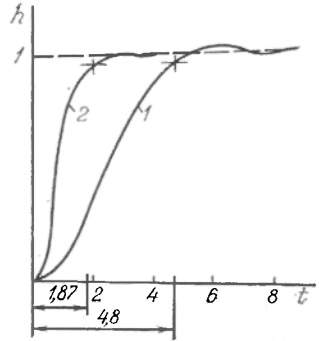


Рис. 3. Перехідні характеристики систем.

На рис. 3 показані перехідні характеристики оптимальної системи (крива 1) і системи з випереджуючим коригуванням (крива 2), одержані на моделі. Час перехідного процесу в оптимальній системі  $t_p=4,8$  с, а в системі з випереджуючим коригуванням 1,87 с.

На рис. 4 зображені перехідні характеристики оптимальної системи (крива 1) при дії ступінчастого збурення і системи з випереджувальним коригуванням без роздільного пристрою (крива 2) і з ним при  $T_p=0,5$  с (крива 3). При відсутності розділь-

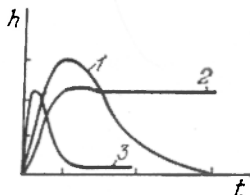


Рис. 4. Перехідні характеристики систем при дії постійних збурень.

ного пристрою збурення не компенсується (крива 2). Час перехідного процесу при наявності роздільного пристрою майже в чотири рази менший, ніж в оптимальній системі.

Проведений аналіз і результати моделювання показують переваги систем з випереджувальним коригуванням і роздільним пристроєм і розкривають широкі перспективи їх використання.

**Список літератури:** 1. Боровиков М. А., Инешин А. П., Логинов Г. В. Анализ систем с запаздыванием, компенсируемых инвариантным упредителем. — В сб.: Материалы Первой Поволжской конференции по автоматическому управлению. Казань, 1971. 2. Боровиков М. А., Инешин А. П. Применение упреждающей коррекции в обыкновенных линеаризуемых системах автоматического регулирования. — «Изв. вузов. Электромеханика», 1972, № 9. 3. Луцкив Н. М. Системы с компенсацией влияния запаздывания и разделительным устройством. — «Изв. вузов. Электромеханика», 1976, № 9.

N. M. LUTSKIV, I. T. STREPKO

## FORESTALLING CORRECTION AND SEPARATING DEVICE SYSTEM

### Summary

The article analyses the systems with forestalling correction allowing to compensate constant perturbations and to improve greatly the qualities of transitional process. The results of modelling proving the obtained data are given.