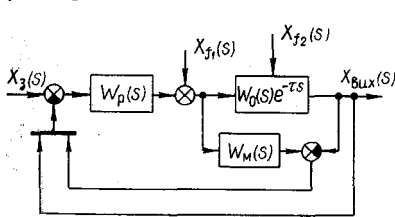


ПРО ЗАСТОСУВАННЯ СХЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ВПЛИВУ ЗАПІЗНЕННЯ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ ОБ'ЄКТІВ З ЗАПІЗНЕННЯМ

При автоматизації технологічних процесів поліграфічної, хімічної та інших галузей промисловості часто зустрічаються об'єкти з запізненням. Наявність запізнення в системі призводить до погіршення якості регулювання. Граничні значення часу перехідного процесу і точність визначаються часом запізнення системи.

Для компенсації впливу запізнення застосовують різні методи [1—5], що дозволяє значно поліпшити якість регулювання.



Структурна схема компенсації впливу запізнення.

Розглянемо один з найбільш ефективних методів компенсації впливу запізнення [2].

Структурна схема системи з компенсацією впливу запізнення, що застосовується для автоматизації технологічних процесів, зображена на рисунку.

Розглянемо поведінку системи при зміні управляючої дії і при дії збурень на об'єкт, прикладених до різних точок системи.

Відповідно до структурної схеми (див. рисунок) запишемо передаточну функцію замкнутої системи за управлінням

$$\Phi_y(s) = \frac{W_p(s) W_o(s) e^{-\tau s}}{1 + W_p(s) W_m(s)} \quad (1)$$

і за збуренням

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{W_{of1}(s) e^{-\tau s}}{1 + W_p(s) W_m(s)}, \quad (2)$$

$$\Phi_{f2}(s) = W_{of2}(s) e^{-\tau s}, \quad (3)$$

де $W_m(s)$ — передаточна функція моделі об'єкта без запізнення; $W_{of}(s)$ — передаточна функція об'єкта по збуренню.

Використавши теорему операційного числення про кінцеве значення оригіналу, стосовно до наших виразів маємо

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_{\text{вих}}(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi(s). \quad (4)$$

Звідси легко визначити статичні властивості системи з компенсацією впливу запізнення і зіставити їх з властивостями звичайних одноконтурних систем для різних типів об'єктів і регуляторів.

Вадою схеми є те, що в ній не компенсується збурення, яке діє на об'єкт не по каналові управління. Тому при наявності збурень на об'єкт, що діють не по каналові управління, необхідно вжити заходів щодо компенсації таких збурень.

Далі динамічні властивості технологічних процесів з запізненням у першому наближенні будемо описувати передаточною функцією [3]

$$W_{об_1}(s) = \frac{K_0}{T_0 s + 1} e^{-\tau s} \quad (5)$$

для об'єктів з самовимірюванням і

$$W_{об_1}(s) = \frac{1}{T_0 s} e^{-\tau s} \quad (6)$$

для об'єктів без самовимірювання. При аналізі розглянемо найбільш розповсюджені П, І та ПІ-закони регулювання. Передаточні функції таких регуляторів відповідно будуть:

$$W_p(s) = K_p, \quad (7)$$

$$W_i(s) = \frac{1}{T_p s}, \quad (8)$$

$$W_{pi}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_p s} \right). \quad (9)$$

Параметри передаточної функції будемо надалі позначати індексом «м».

СИСТЕМА З П-РЕГУЛЯТОРОМ

Об'єкт без самовирівнювання. Підставивши в (1) і (2) вирази для передаточних функцій об'єкта (6) і регулятора (7), одержимо вирази для передаточних функцій замкнутої системи

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{T_m}{T_0} e^{-\tau s}}{\frac{T_m s}{K_p} + 1}, \quad \Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{T_m}{K_p T_0} e^{-\tau s}}{\frac{T_m s}{K_p} + 1}.$$

Очевидно, що для відтворення задаючої дії необхідно, щоб $T_m = T_0$, інакше в системі виникає статична похибка за управлінням. У динамічному відношенні система подібна інерційній ланці першого порядку.

Об'єкт з самовирівнюванням. Передаточні функції системи відносно управління і збурення визначаються виразами

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_p K_0}{1 + K_p K_m} (T_m s + 1) e^{-\tau s}}{\left(\frac{T_m s}{1 + K_p K_m} + 1 \right) (T_0 s + 1)},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{K_0}{1 + K_p K_m} (T_m s + 1) e^{-\tau s}}{\left(\frac{T_m s}{1 + K_p K_m} + 1 \right) (T_0 s + 1)}.$$

У динамічному відношенні — це система другого порядку, що є відмінним від звичайної одноконтурної системи з П-регулятором.

Систему доцільно налагоджувати так, щоб $T_m = T_0$, тоді

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_p K_0}{1 + K_p K_m} e^{-\tau s}}{\frac{T_m s}{1 + K_p K_m} + 1},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{K_0}{1 + K_p K_m} e^{-\tau s}}{\frac{T_m s}{1 + K_p K_m} + 1}.$$

Швидкодія при такому налагодженні оптимальна.

Якщо $T_m = 0$, то

$$\Phi_y(s) = \frac{K_p K_o e^{-\tau s}}{1 + K_p K_m} \cdot \frac{1}{T_o s + 1}$$

Це означає, що процес в об'єкті не прискорюється і тому таке налагодження системи не рекомендується.

Всі рекомендації щодо вибору коефіцієнта передачі регулятора залишаються ті ж, що і в звичайній одноконтурній системі без запізнення.

Отже, статичні і динамічні властивості системи для об'єктів з самовирівнюванням при наявності моделі об'єкта збігаються з властивостями одноконтурної системи без запізнення, якщо не враховувати, що перехідний процес у системі з компенсацією запізнення зсунутий на час, який дорівнює часові запізнення. Коли стала часу моделі менша від сталої часу об'єкта або дорівнює нулеві, то швидкодія системи зменшується. Для об'єктів без самовирівнювання введення схеми компенсації впливу запізнення призводить до появи статичної похибки як за збуренням, так і за управлінням. Зменшення сталої часу моделі зменшує похибку за збуренням, проте збільшує похибку за управлінням.

СИСТЕМА З І-РЕГУЛЯТОРОМ

Об'єкт з самовирівнюванням. Підставивши в (1) і (2) вирази для передаточних функцій об'єкта (5) і регулятора (8), одержимо залежності для передаточних функцій замкнутої системи

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_o}{K_m} (T_m s + 1) e^{-\tau s}}{\left[\frac{T_p s}{K_m} (T_m s + 1) + 1 \right] (T_o s + 1)},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{K_o}{K_m} T_p s (T_m s + 1) e^{-\tau s}}{\left[\frac{T_p s}{K_m} (T_m s + 1) + 1 \right] (T_o s + 1)}$$

Систему доцільно налагоджувати так, щоб $T_m = T_o$. Тоді маємо

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_o}{K_m} e^{-\tau s}}{\frac{T_p s}{K_m} (T_m s + 1) + 1},$$

$$\Phi_{f1} = \frac{\frac{K_o}{K_m} T_p s e^{-\tau s}}{\frac{K_p s}{K_m} (T_m s + 1) + 1}$$

Коли коефіцієнт передачі моделі не дорівнює коефіцієнтові передачі об'єкта, в системі появляється статична похибка за управлінням.

Рекомендації, щодо вибору параметра налагоджування регулятора T_p залишаються ті ж самі, що і в звичайній одноконтурній системі без запізнення.

СИСТЕМА З ПІ-РЕГУЛЯТОРОМ

Об'єкт без самовимірювання. Підставивши у вирази для передаточних функцій (1) і (2) системи передаточну функцію регулятора (9), одержуємо

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{T_M}{T_0} (T_p s + 1) e^{-\tau s}}{\frac{T_p T_M s^2}{K_p} + T_p s + 1},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{T_M}{T_0 K_p} e^{-\tau s}}{\frac{T_p T_M s^2}{K_p} + T_p s + 1}.$$

Очевидно, при нерівності сталих часу моделі і об'єкта появляється статична похибка за управлінням, що є специфічним для систем з компенсацією впливу запізнення. Рекомендації щодо вибору параметрів налагоджування регулятора при умові, що передаточна функція моделі дорівнює передаточній функції об'єкта, залишаються ті ж, що і в звичайній одноконтурній системі з об'єктом без запізнення.

Об'єкт з самовирівнюванням. Передаточні функції замкнутої системи визначаються формулами:

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_0}{K_M} (T_p s + 1) (T_M s + 1) e^{-\tau s}}{\left[\frac{T_p s}{K_p K_M} (T_M s + 1) (T_p s + 1) \right] (T_0 s + 1)},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{K_0}{K_p K_M} (T_M s + 1) T_p s e^{-\tau s}}{\left[\frac{T_p s}{K_p K_M} (T_M s + 1) + (T_p s + 1) \right] (T_0 s + 1)}.$$

При умові рівності сталих часу моделі і об'єкта маємо:

$$\Phi_y(s) = \frac{\frac{K_0}{K_M} (T_p s + 1) e^{-\tau s}}{\frac{T_p s}{K_p K_M} (T_M s + 1) + T_p s + 1},$$

$$\Phi_{f1}(s) = \frac{\frac{K_0}{K_p K_M} T_p s e^{-\tau s}}{\frac{T_p s}{K_p K_M} (T_M s + 1) + T_p s + 1}.$$

Таким чином, статичні і динамічні властивості системи для об'єктів з самовирівнюванням при умові, що передаточна функція моделі дорівнює передаточній функції об'єкта, збігаються з властивостями одноконтурної системи без запізнення. Різниця полягає лише в тому, що перехідний процес у системі з запізненням зсунутий на час, який дорівнює часові запізнення. При нерівності коефіцієнтів передачі моделі і об'єкта появляється статична похибка за управлінням, що є специфічним для таких систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакли П. С. Автоматическое регулирование процессов с чистым запаздыванием. Труды I Международного конгресса ИФАК, т. I. Изд-во АН СССР, 1961.
2. Боровиков М. А., Инешин А. П., Логинов Г. В. Способ компенсации запаздывания в системах автоматического регулирования. Авторское свидетельство № 263016. «Бюллетень изобретений», 1970, № 7.
3. Ротач В. Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.
4. Ротач В. Я., Стефанчук Б. Г. О применении упредителя Смита при регулировании объектов с чистым запаздыванием.— «Энергетика», 1966, № 2.
5. Смит О. Д. М. Автоматическое регулирование. М., Физматгиз, 1962.

N. M. LUTSKIV

**USE OF SCHEMES CONCERNING THE COMPENSATION OF LATENESS
IN REGULATING OBJECTS WITH THE TENDENCY OF LATENESS**

S u m m a r y

An attempt is being made to give the fundamental correlation for the endorsement of transmissive functional systems with compensation for lateness, for use in standard (d) laws regulation.

Comparative estimation of the quality of regulation of the systems unaffected by the influence of lateness and of ordinary unicontour systems which do not exhibit any lateness are given.

