

ДО ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ СПОРУД ВОДОПОСТАЧАННЯ

Проблема регулювання рівня рідини в резервуарах є, з точки зору теорії автоматичного регулювання, основним процесом системи управління як при поточкорозподілі ЦП (цільового продукту) серед споживачів, так і при автоматизованому управлінні роботою насосних агрегатів насосних станцій. При цьому головними вимогами, що висуваються до системи, є надійність та простота обслуговування в експлуатації. В той же час на точність регулювання не накладено якихось жорстких умов [1,2].

Аналіз досліджень та публікацій, що пов'язані з цією проблемою [3,5,6], довів, що саме знання та використання основних теоретичних положень необхідні при розв'язанні завдань з автоматизації управління технологічним процесом, для правильного вибору методів і засобів автоматизації підсистем або об'єктів, у сукупності складаючих виробничий процес, суттєве значення має всебічне врахування властивостей цих об'єктів, а аналіз цих властивостей у сукупності з властивостями використаних засобів автоматики дає можливість міркувати про якість і надійність автоматизації об'єкта, зокрема водопровідного господарства.

Основною темою даної статті є розгляд, ознайомлення та вивчення основних теоретичних положень системи автоматичного регулювання рівня води на прикладі системи регулювання рівня ЦП в резервуарі.

Резервуар, як підсистема споруд водопроводу, є основним елементом (об'єкт) будь-якої системи автоматичного регулювання. Розглянемо цей об'єкт регулювання, що характеризується притоком Q_p (подачею) та стоком Q_v (витратою) ЦП. При різниці між притоком та стоком в об'єкті виникає перехідний процес.

Об'єкти, що мають одну вхідну X та одну вихідну Y величини, можуть бути описані наведеним рівнянням

$$A \frac{dY}{dX} = \Delta Q, \quad (1)$$

де A – постійний коефіцієнт, що має конкретні значення для того чи іншого процесу; ΔQ – результуюче матеріальне або енергетичний вплив, що викликає відключення вихідної величини.

Коефіцієнт A характеризує динамічні властивості об'єкта та визначає характер зміни Y у часі. Що стосується ΔQ , то в загальному випадку вона дорівнює різниці між притоком Q_{Π} та витратою $Q_{\text{В}}$ ЦП у об'єкті, тобто

$$\Delta Q = Q_{\Pi} - Q_{\text{В}}. \quad (2)$$

У стані рівноваги приток повинен бути рівним витраті: $Q_{\Pi} = Q_{\text{В}}$. При цьому $\Delta Q = 0$. При A , що відрізняється від 0, похідна також повинна бути рівною Q , що відповідає незмінному (постійному) значенню Y .

При появі $\Delta Q = Q_{\Pi} - Q_{\text{В}}$ в об'єкті виникає перехідний процес, при якому Y змінюється у часі. Характер цієї зміни визначається вирішенням диференційного рівняння.

Розглянемо систему регулювання рівня води як ЦП в резервуарі, наведеному на рисунку.

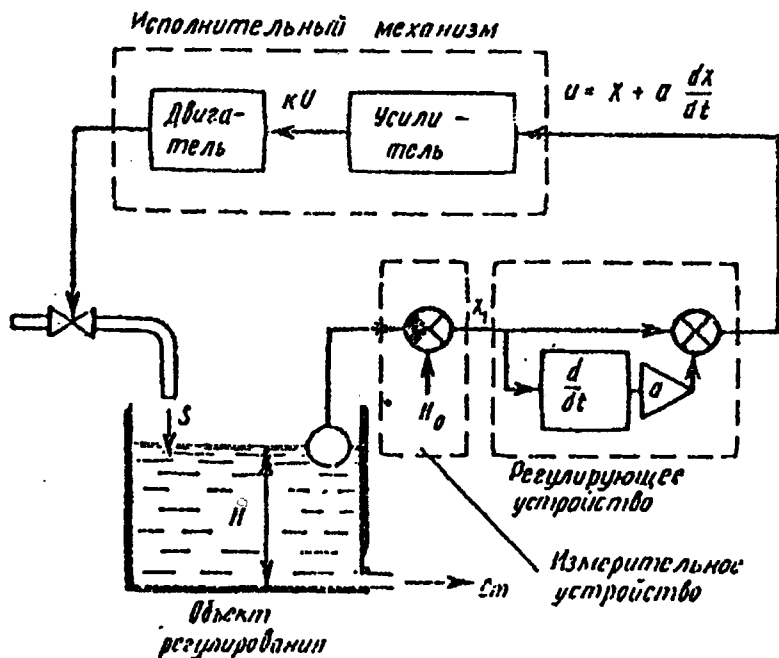


Рисунок. Схема системи автоматичного регулювання рівня води в резервуарі

Тут H – рівень води, що регулюється; H_0 – рівень, що заданий, тобто система регулювання працює в режимі стабілізації; $Q_{\text{П}}$ – приток води в резервуар; $Q_{\text{В}}$ – витрата води з резервуара.

Регулювання рівня відбувається зміною притоку води в резервуар S , при цьому витрата $Q_{\text{В}}$ може розглядатися як зовнішнє збудження. Згідно з термінологією САР, регулятор системи складається з вимірювального елемента у вигляді теплового вимірювача рівня [3, 4], що перетворює елемент (на схемі показаний), регулює пристрої, з одного боку вироблює сигнал $X = H_0 - H$, з іншого боку, формує сигнал

$U = X + a\left(\frac{dX}{dt}\right)$, який подається далі на підсилювач та виконавчий механізм (ВМ). Таким чином, на ВМ подається сигнал, пропорційний сумі неузгодженості X та його похідної $\frac{dX}{dt}$ з деяким постійним коефіцієнтом передачі a , тобто регулюючий пристрій використовує так званий пропорційно-диференційний (ПД) закон регулювання [5, 6].

В якості ВМ в системі використовується електричний двигун, який впливає на РО-кран, який змінює швидкість притоку води в резервуар [4]. Між S , H та $Q_{\text{В}}$ існує наступна залежність:

$$T\left(\frac{dH}{dt}\right) = S - Q_{\text{В}}, \quad (3)$$

де T – площа поперечного перерізу резервуара.

Ця залежність становить математичний опис (модель) об'єкта регулювання. З точки зору розбивки системи на типові ланки об'єкт регулювання становить інтегруючу ланку. Запишемо інші рівняння системи:

$X = H_0 - H$ – рівняння вимірювального елемента; $U = X + a\left(\frac{dX}{dt}\right)$ – рівняння регулятора; $\frac{dS}{dt} = KU$ – рівняння ВМ, де K – коефіцієнт підсилювача.

Таким чином, вимірювальний елемент становить безінерційну ланку, регулятор – це паралельне з'єднання безінерційної та диференційної ланок, а виконавчий механізм може бути представлений як інтегруюча ланка [5, 7].

З рівняння вимірювального елемента, враховуючи $H_0 = \text{const}$, маємо

$$\frac{dX}{dt} = -\frac{dH}{dt}. \quad (4)$$

Підставивши в рівнянні об'єкта, отримаємо

$$-T\left(\frac{dX}{dt}\right) = S - Q_p. \quad (5)$$

Після диференціювання, знаючи, що $Q_p = \text{const}$, будемо мати

$$-T\left(\frac{d^2 X}{dt^2}\right) = \frac{dS}{dt}. \quad (6)$$

Підставляючи в рівняння ВМ $\frac{dS}{dt}$ та використовуючи рівняння регулятора, отримаємо

$$-T\left(\frac{d^2 X}{dt}\right) = K\left(X + a\frac{dX}{dt}\right) \quad (7)$$

або

$$T\left(\frac{d^2 X}{dt}\right) + Ka\frac{dX}{dt} + KX = 0. \quad (8)$$

Це і є рівняння замкненої системи регулювання. Як видно, воно 2-го порядку з постійними коефіцієнтами.

Наведемо аналіз системи регулювання, що досліджується, на стійкість за допомогою критерію Гурвіца [7].

Характеристичне рівняння замкненої системи має вигляд:

$$Tp^2 + Kap + K = 0. \quad (9)$$

Для того щоб система 2-го порядку була стійкою, всі коефіцієнти рівняння повинні бути більші за нуль, тобто $T > 0$; $Ka > 0$; $K > 0$. Це відповідає умовам $T > 0$; $K > 0$; $a > 0$.

Замітимо, що в системі, що розглядається, ця умова виконується, так як сталі коефіцієнти мають зрозумілий фізичний сенс та не можуть бути меншими за нуль. Дійсно, T – поперечний переріз резервуара; K – коефіцієнт підсилення підсилювача; a – коефіцієнт передачі диференцатора. Таким чином, система стійка.

Що стосується аналізу якості регулювання, то вона може бути оцінена за допомогою прямих методів, так як диференційне рівняння замкненої системи має аналітичне рішення вигляду

$$X = C_1 e^{-\gamma_1 t} + C_2 e^{-\gamma_2 t}, \quad (10)$$

де C_1 та C_2 – сталі, що залежать від початкових умов; γ_1 та γ_2 – корні характеристичного рівняння, що є функціями T , K та a .

В залежності від співвідношень між T , K та a ці корні можуть бути як дійсними, так і комплексними, що, в свою чергу, впливає на характер перехідного процесу в системі. Так, при ступеневому вхідному впливі в першому випадку перехідний процес в системі буде аперіодичним, а у другому – коливальним.

Таким чином, знаючи T , K та a , можна аналітично дослідити характер перехідного процесу в замкненій системі регулювання [6].

Висновки

1. Резервуар – основний об'єкт регулювання системи автоматичного регулювання рівня води.

2. Перехідний процес – різниця між притоком Q_{Π} та витратою Q_B ЦПІ у об'єкті, тобто $\Delta Q = Q_{\Pi} - Q_B$ (на ВМ подається сигнал, пропорційний сумі неузгодженості X та його похідної $\frac{dX}{dt}$ з деяким постійним коефіцієнтом передачі a).

3. Основний закон регулювання, що використовує регулюючий пристрій – пропорційно-диференційний (ПД) закон регулювання.

4. Вимірювальний елемент становить безінерційну ланку, регулятор – це паралельне з'єднання безінерційної та диференційної ланок, а виконавчий механізм може бути представлений як інтегруюча ланка.

Використана література

1. *Абрамов Н. Н.* Теория и методы расчета системы подачи и распределения воды. – М.: Стройиздат, 1972. – 297 с.

2. *Omata J., Hiroi K., Kowable K.* Instrumentation and control for waterworks. – Toshiba Review, 1975, v. 30, p. 809–812.

3. *Haykin S.* Neural Network. A Comprehensive Foundation. – New York: Macmillan College Publishing Company, 1994. – 691 p.

4. *Кальфа В., Овчинников В. В.* и др. Основы автоматизации управления производственными процессами. – М.: Советское радио, 1980. – 360 с.

5. *Лоскутов В. И.* Автоматизированные системы управления. – М.: Статистика, 1972. – 201 с.

6. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. /Составили Астрахан В. Д., Богород Г. З. и др./ Под ред. Круповича В. И. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 543 с.