

Мищенко І.Л.

Одеський національний політехнічний університет

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПІДЖИВЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

У статті проводиться порівняльний аналіз ефективності автоматичної системи регулювання підживлювальної установки теплової мережі для різних варіантів структури системи регулювання. Основним завданням регулювання підживлювальної установки є поповнення втрат у тепловій мережі, підтримка температури води в зворотному трубопроводі, рівня в резервному баку та тиску в трубній системі. Поповнення втрат здійснюється за допомогою підкачки холодної води у систему, що призводить до зниження температури води, яка надходить до котлоагрегату. Це зменшує коефіцієнт корисної дії теплоелектроцентралі.

Оптимізація структури виконується для системи регулювання температури, оскільки вона є найскладнішою в установці, підвищення якості її роботи дає найбільший системний ефект. Крім того, об'єкт регулювання має тенденцію до зміни властивостей у процесі експлуатації внаслідок утворення накипу на внутрішніх стінках теплообмінників і трубопроводів, що негативно впливає на якість перехідного процесу регулювання та знос теплофікаційного обладнання.

У роботі буде розглянуто класичну одноконтурну систему регулювання та альтернативний варіант у вигляді інваріантної системи. Їх порівняння здійснюється за допомогою основних критеріїв якості перехідного процесу регулювання, також враховується складність синтезу та налаштування системи. Як результат автор планує визначити доцільність переходу з класичної на альтернативну структуру системи регулювання. Для визначення параметрів регуляторів використовується методика налаштування одноконтурних систем регулювання для об'єктів із запізненням, розроблена засновником кафедри автоматизації в ОНПУ Л.Й. Коном.

Ключові слова: підживлювальна установка теплової мережі, автоматична система регулювання (АСР), інваріантна АСР, критерій якості, перехідний процес регулювання, ємнісне запізнення.

Постановка проблеми. Протяжність теплових мереж у містах, особливо в мегаполісах, досягає кількох сотень кілометрів. До теплових мереж приєднані тисячі споживачів, тому втрати теплоносія неминучі. Втрати тепла в системах теплопостачання є зовнішніми, характерними саме для теплоелектроцентралей, іноді вони сягають кількох сотень тонн на годину. Тому на теплоелектроцентралі (далі – ТЕЦ) ці втрати повинні поповнюватися за допомогою підживлювальної установки, яка слугує ще й для підігріву теплоносія. З огляду на значну інерційність температури, ємнісне запізнення по каналу регулювання може досягати десятків секунд. Через це знижується якість регулювання, або налагодження регулятора взагалі не можливе. Тому постає питання про вдосконалення структури автоматичної системи регулювання з метою покращення показників якості перехідного процесу регулювання (далі – ППР).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як у часи розвитку теорії автоматичного управління [1], так і у наш час [2] для автоматизації

підживлювальних установок використовуються переважно ПІ – регулятори, які показують високу якість регулювання. Під час експлуатації теплофікаційне обладнання має тенденцію змінювати свої характеристики через утворення накипу на внутрішніх стінках, що зменшує його теплопровідність і підвищує інерційність температури. Цікавий метод вирішення подібної проблеми є в [3], де для подолання інерційності на великій ділянці пароперегрівача використовують швидкісний сигнал із проміжної точки. По суті цей сигнал є величиною збурення, а досліджуваний об'єкт дозволяє його виміряти. В результаті шляхом незначної зміни структури системи регулювання теоретично можна покращити не тільки показники якості у процесі тривалої експлуатації, а й на момент старту кампанії.

Постановка завдання. Для досягнення мети роботи, а саме покращення показників якості перехідного процесу регулювання, необхідно виконати ряд задач: обрати можливі варіанти структури АСР для підживлювальної установки

теплової мережі, визначити показники для порівняння якості, налаштувати системи, провести аналіз перехідних процесів регулювання.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Технологічну ділянку можна зобразити у вигляді такої моделі, де регульованими параметрами є температура води та рівень у резервному баку, основні збурення – витрата на підживлення та витрата у зворотному трубопроводі, керуючі параметри – витрата гарячої та холодної води. Детальна схема з перехресними зв'язками між параметрами наведена на рисунку 2.

Для цієї ділянки класичною стала одноконтурна система регулювання з ПІ-регулятором [4]. Її реалізація зображена на рисунку 3.

Як альтернативу їй можна розглянути інваріантну АСР, яка відрізняється введенням до регу-

лятора додаткового сигналу за збуренням. Через неможливість технічної реалізації ідеального пристрою зв'язку [4] сигнал проходить через реальний диференціатор. Для об'єктивності результатів експерименту обидві системи регулювання налагоджуються за методикою Л.І. Кона з коефіцієнтом коливальності $m = 0,22$ [5].

Налаштування такої системи завжди викликає труднощі, адже вона має чотири взаємозалежні параметри, тому при необхідності варіювання одного з них доводиться перераховувати інші. Порівняння перехідних процесів регулювання при однаковому збуренні наведено на рисунку 5.

Критеріями якості ППР температури будуть:

1. Максимальне відхилення регульованої величини A_1 .
2. Час регулювання t_p .

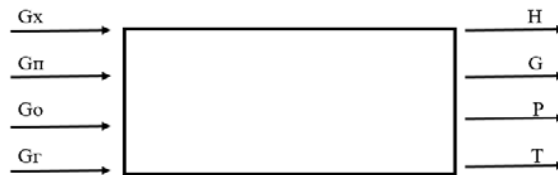


Рисунок 1. Параметрична схема моделі технологічної ділянки: G_x – витрата холодної води, G_p – витрата води на підживлення, G_o – витрата води в зворотному трубопроводі, G_r – витрата гарячої води, H – рівень води, G – витрата води, P – тиск у магістралі, T – температура води

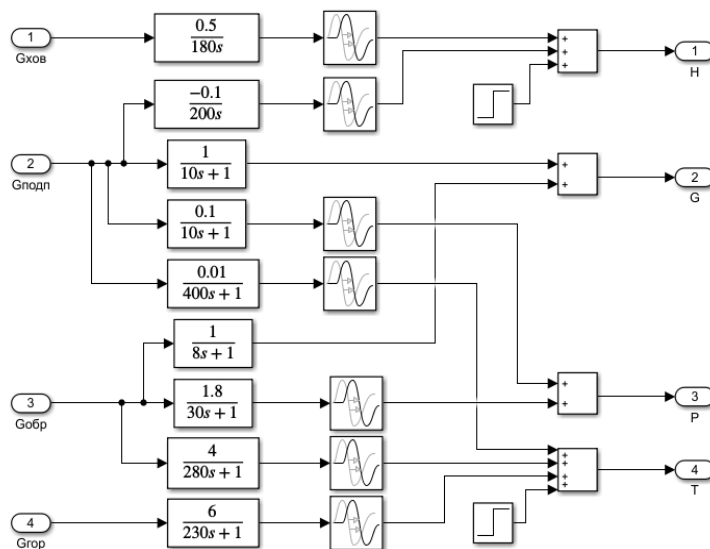


Рисунок 2. Імітаційна модель об'єкта в середовищі Simulink.
Входи: 1 – канал регулювання рівня, 2 – збурення рівня, 3 – основне збурення температури, 4 – канал регулювання температури.
Виходи: 1 – рівень, 2 – витрата, 3 – тиск, 4 – температура

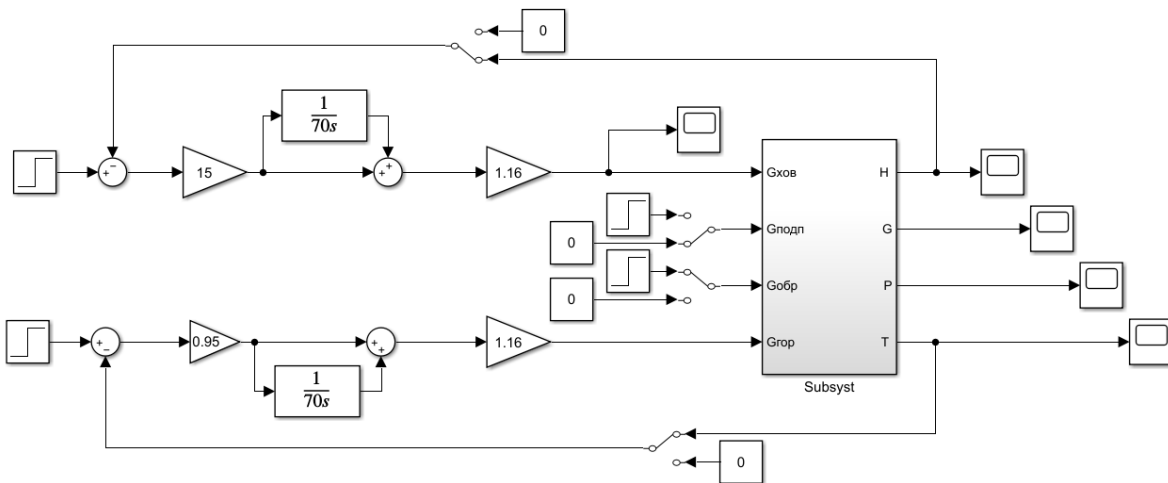


Рисунок 3. Схема одноконтурної АСР

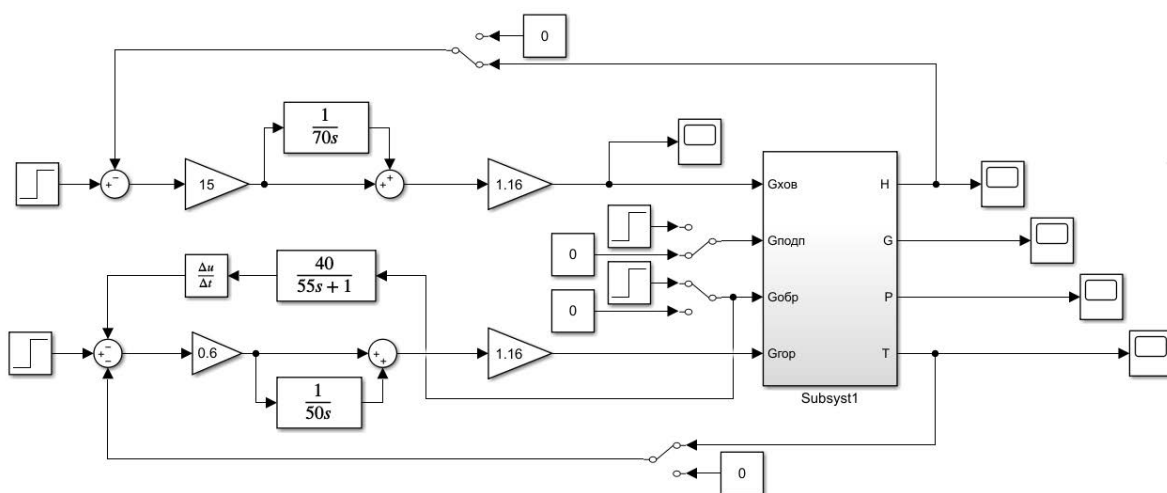


Рисунок 4. Схема інваріантної АСР

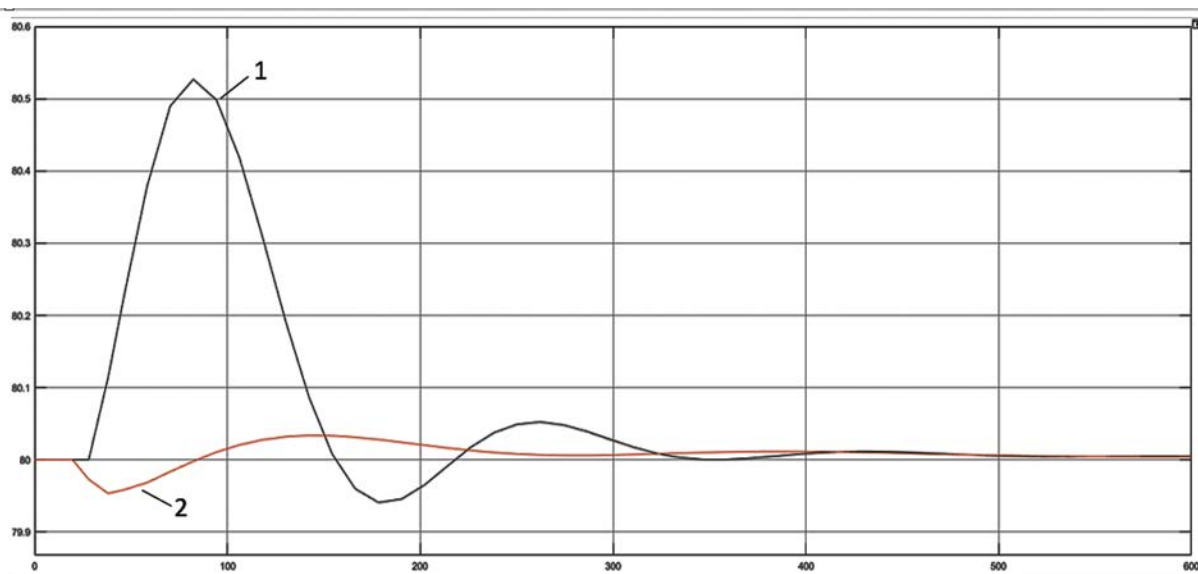


Рисунок 5. Порівняння ППР: 1 – одноконтурна АСР, 2 – інваріантна АСР

3. Динамічний коефіцієнт регулювання:

$$R_d = \frac{A_1}{A_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

де A_0 – відхилення регульованої величини при вимкненні регулятора

4. Міра згасання коливань перехідного процесу:

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} \quad (2)$$

де A_3 – відхилення при третьому коливанні

5. Коефіцієнт коливальності:

$$\sigma = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100\% \quad (3)$$

де A_2 – відхилення при другому коливанні

Висновки. Використання більш складної структури системи регулювання має очевидні переваги, а саме майже повну відсутність відхилення регульованої величини за рахунок регулювання на випередження. Враховуючи це, можна знехтувати значним часом регулювання.

Список літератури:

1. Ключев А.С., Лебедєв А.Т. Настройка автоматических систем и устройств управления технологическими процессами. Москва : Энергия, 1977. 351 с.
2. Попов Н.А. Автоматизация систем теплогазоснабжения та вентиляції: навчальний посібник. Новосибірськ : НГАСУ (Сибстрин), 2008. 59 с.
3. Давидов Н.І., Тюпіна Т.Г. Дослідження системи регулювання температури пари з двома випереджаючими швидкісними сигналами. Теплоенергетика. 2002. № 10. С. 17–21.
4. Харабет А.Н. Вивчення класичної теорії автоматичного управління за допомогою сучасного персонального комп'ютера : навчальний посібник. Одеса : Бахва, 2014. 188 с.
5. Кон Л.Й. Методичні вказівки й таблиці для вибору налаштувань ПІ та ПІ регуляторів в одноконтурних системах регулювання теплових об'єктів із запізненням. Одеса, 1975. 85 с.

Mishchenko I.L. SELECTION THE OPTIMAL STRUCTURE OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE SUPPLYING HEATING NETWORK

The article provides a comparative analysis of the efficiency of the automatic control system of the feeder of the thermal network for different variants of the structure of the control system. The main task of regulating the feeder is to replenish losses in the heat network, to maintain the water temperature in the return pipeline, the level in the backup tank and the pressure in the pipe system. Replacement of losses is carried out by pumping cold water into the system, which leads to a decrease in the temperature of the water entering the boiler, which in turn reduces the efficiency of the thermal power plant.

The optimization of the structure is performed for the temperature control system, as it is the most difficult to install, improving the quality of its operation gives the greatest systemic effect. In addition, the control object tends to change properties during operation as a result of scale formation on the inner walls of heat exchangers and pipelines, which negatively affects the quality of the transient control process and the wear of the heating equipment. The paper will consider a classic single-circuit control system and an alternative variant in the form of an invariant system. Their comparison with each other is carried out using the basic quality criteria of the transient adjustment process, and also takes into account the complexity of the synthesis and tuning of the system.

As a result, it is planned to determine the feasibility of transitioning from the classical to the alternative structure of the regulatory system. As a result, it is planned to determine the feasibility of transitioning from the classical to the alternative structure of the regulatory system. The regulators adjustment technique, that used, developed by the founder of automation department L. Y. Kon.

Key words: feeder, automatic control system (ACS), invariant ACS, quality criterion, capacitive delay.

Критерії якості перехідного процесу регулювання

	Інваріантна	Одноконтурна
Максимальне відхилення A_1	0,05°C	0,53°C
Час регулювання t_p	900 с	330 с
Динамічний коефіцієнт регулювання R_d	1,175%	12,92%
Міра згасання коливань ψ	0,87	
Коефіцієнт коливальності σ	35%	11,3%

Класична система має в декілька разів більше початкове відхилення, тим не менш воно не виходить за межі норми. Покращення показників якості нівелюється складністю налаштування інваріантної АСР, тому доцільним є подальше використання саме класичної схеми регулювання. Інваріантну структуру рекомендовано використовувати на об'єктах, де мають місце значні збурення, через її здатність тримати регульований параметр у допустимих межах.

Таблиця 1