

УДК 697.11

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В АВТОМАТИЧНІЙ СИСТЕМІ РЕГУЛЮВАННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З НЕЗАЛЕЖНИМ ПРИЄДНАННЯМ

І. А. Пономарчук, П. М. Слободян

*Виконано аналіз вихідних даних та факторів, які обумовлюють динаміку процесів в централізовано регульованих системах опалення з незалежним приєднанням до теплової мережі. Розроблено функціональну схему центрально регульованої системи опалення та представлені практичні рекомендації по конструктивному виконанню системи автоматичного регулювання.*

**Ключові слова:** опалення, управління, автоматизація, температурні коливання.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С НЕЗАВИСИМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ

И. А. Пономарчук, Н. М. Слободян

*Выполнен анализ исходных данных и факторов, обуславливающих динамику процессов в централизованно регулируемых системах отопления с независимым присоединением к тепловой сети. Разработана функциональная схема центрально регулируемой системы отопления и представлены практические рекомендации по конструктивному исполнению системы автоматического регулирования.*

**Ключевые слова:** отопление, управление, автоматизация, температурные колебания.

## RESEARCH WORKING PROCESSES IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM CENTRALIZED HEATING SYSTEM CONNECTION WITH INDEPENDENT

I. Ponomarchuk, N. Slobodyan

*The analysis of data and factors that determine the dynamics of processes centrally controlled heating systems with independent joining the heating network. The functional scheme centrally regulated heating and presents practical recommendations on the design of the automatic control system.*

**Keywords:** heating, controls, automation, temperature fluctuations.

### Вступ

Якість інженерних мереж будівлі оцінюється в першу чергу комфортністю перебування людини в приміщенні. Але іншим важливим фактором є ефективність використання теплової енергії для потреб опалення. Для вирішення цих важливих завдань в сучасних системах опалення широко використовуються елементи систем автоматики.

При цьому питання злагодження елементів систем автоматики та систем опалення є відкритим.

### Постановка задачі

Об'єктом дослідження є система опалення з автоматизованою системою керування робочими процесами.

Задача дослідження полягає у проведенні аналізу процесів управління автоматизованої системи опалення навчального корпусу.

Для вирішення поставленої задачі необхідно:

- виконати аналіз факторів, які обумовлюють динаміку процесів в центрально регульованих системах опалення;
- розробити функціональну схему центрально регульованої системи опалення;
- розробити практичні рекомендації по конструктивному виконанню системи автоматичного регулювання.

### Основна частина

Системи теплопостачання представляють складну динамічну систему, тому опис зв'язків між основними змінними має відображати як усталені в часі процеси (статичний режим), так і перехідні процеси від одного стану до іншого (динамічний режим).

У теорії автоматичного регулювання використовують 6-7 основних рівнянь взаємозв'язку вхідних і вихідних сигналів (передавальних функцій). Ці моделі називають типовими динамічними ланками. Передавальні функції типових динамічних ланок описуються як у функції часу (оригінал), так і у функції оператора Лапласа (зображення).

Через те, що процеси теплопостачання відрізняються великою складністю, математичні моделі складають для окремих типових функціональних ланок системи. Компонування всієї системи управління проводиться шляхом різного з'єднання типових ланок і знаходження сумарної передавальної функції за певними правилами [1].

Крім передавальної функції кожна типова ланка характеризується рядом типових частотних характеристик. На практиці найчастіше застосовують амплітудно-фазову характеристику (АФХ) - аналітичний вираз якої  $W(j\omega)$  легко отримати, замінюючи в передавальній функції  $W(p)$  оператор Лапласа  $p$  на вираз  $j\omega$ , де  $\omega = 2\pi / T$  - частота коливань з періодом  $T$ . АФХ показує, як буде змінюватися амплітуда і фаза коливань вихідного сигналу при зміні частоти коливань вхідного сигналу від нуля до нескінченності.

Структурна схема системи автоматичного регулювання централізованої системи опалення з незалежним приєднанням може бути представлена в наступному вигляді.

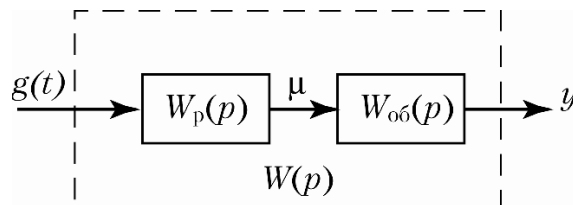


Рисунок 1 – Структурна схема автоматичної системи регулювання

Для системи регулювання, показаної на рис. 1, її амплітудно-фазова характеристика (АФХ) визначається виразом

$$W_{(j\omega)} = W_{p(j\omega)} \cdot W_{об(j\omega)}, \quad (1)$$

де  $W_{p(j\omega)}$  - АФХ регулятора;  
 $W_{об(j\omega)}$  - АФХ об'єкта регулювання.

Якщо комплексна частотна характеристика регулятора буде

$$W_{p(j\omega)} = k_p, \quad (2)$$

то АФХ всієї системи запишеться у вигляді

$$W_{(j\omega)} = k_p \cdot W_{об(j\omega)}. \quad (3)$$

Отже, при підключенні до об'єкта регулятора по АФХ (2) АФХ системи на кожній частоті збільшується в  $k_p$  разів.

Такі регулятори називаються пропорційними і мають один параметр налаштування - коефіцієнт передачі  $k_p$ . Перехідні процеси в пропорційному регуляторі описуються виразом

$$\mu = k_p \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  - вхідний вплив на регулятор, одно відхиленню регульованої величини від заданого значення;

$\mu$  - вплив регулятора на об'єкт, спрямоване на ліквідацію відхилення регульованої величини від заданого значення.

На рис. 2. наведено приклад контуру регулювання температури теплоносія в подаючій магістралі системи опалення.

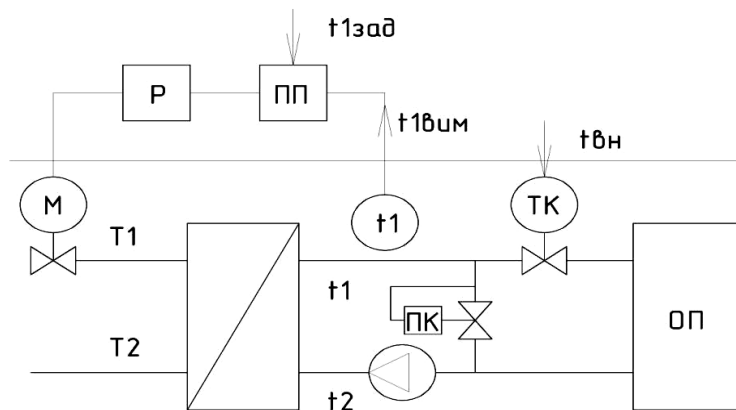


Рисунок 2 – Контур регулювання температури теплоносія в системі опалення з незалежним приєднанням

Температура води підтримується теплообмінником, через який пропускається теплоносій з тепломережі. Вода, проходячи через теплообмінник, нагрівається.

Температура води після теплообмінника вимірюється датчиком ( $t_1$ ), далі ця величина надходить на пристрій порівняння (ПП) виміряного значення температури ( $t_{1\text{вим}}$ ) і заданого ( $t_{1\text{зад}}$ ). Залежно від різниці між температурою уставки і вимірним значенням температури регулятор (Р) виробляє сигнал, що впливає на виконавчий механізм (М) - електропривод регулюючого клапана.

Електропривод відкриває або закриває регулюючий клапан до положення, при якому помилка  $\varepsilon = t_{1\text{зад}} - t_{1\text{вим}}$  буде прагнути до нуля.

При виникненні відхилення заданого значення температури в контурі регулювання можуть виникнути коливання, в зв'язку з тим, що під час включення системи температура води  $t_{1\text{вим}}$  нижче заданої температури  $t_{1\text{зад}}$ , пристрій управління видає великий сигнал на відкриття регулюючого клапана. Температура теплообмінника і води почне підвищуватися. Коли температура води після теплообмінника досягає  $t_{1\text{зад}}$ , пристрій управління видає команду на закриття регулюючого клапана. Однак через те, що теплообмінник розігрітий, температура води ще буде рости, а потім почне знижуватися. Цей процес має вигляд затухаючих коливань, і через певний час процес стабілізується.

Після стабілізації через інерційність системи завжди існуватиме статична помилка  $\Delta_{\text{ст}} = t_{1\text{зад}} - t_{1\text{вим}}$ .

Сигнал на виході пристрою управління буде мати вигляд

$$y(t) = U_0 + k_p \cdot \varepsilon, \quad (5)$$

де  $U_0$  - сигнал на виході пристрою управління при  $\varepsilon = 0$ .

З рис. 2. видно, що в ланцюжку регулювання надходження теплоносія до опалювальних приладів (ОП) встановлено ще одна ланка, термостатичний клапан (ТК), який дозволяє задавати необхідні температурні режими для приміщень з різними вимогами щодо температурного режиму, а також зменшувати тепло споживання системи опалення при нерегулярних тепло надходженнях в приміщення, наприклад від сонячної радіації. Термостатичний клапан забезпечує регулювання за іншим принципом - кількістним і його вплив необхідно зменшити, використовуючи зворотні зв'язки. Це пов'язано з тим, що динамічні властивості ділянки, охопленої зворотним зв'язком, не залежать від динамічних властивостей прямої ділянки, а визначаються в основному динамічними властивостями ланки зворотного зв'язку.

Утворення такого зворотнього зв'язку може бути забезпечено двома способами - встановити регульований циркуляційний насос, який забезпечує постійний тиск на виході, незалежно від витрати теплоносія, або встановити перепускний клапан (ПК) між подаючою та зворотною магістраллю (рис. 2).

При зменшенні теплоспоживання системою опалення відбудеться закривання термостатичних клапанів, що призведе до відкривання перепускного клапану і відповідно до підвищення температури  $t_1$ . Таким чином буде забезпечено зворотній зв'язок в контурі регулювання температури теплоносія.

Запропонована схема автоматичного регулювання дозволяє також, при необхідності, здійснити диспетчеризацію системи опалення навчального корпусу, яка забезпечить зниження теплоспоживання в неробочі години.

#### **Висновки**

- Виконано аналіз факторів, які обумовлюють динаміку процесів в центрально регульованих системах опалення;
- розроблено функціональну схему центрально регульованої системи опалення;
- представлені практичні рекомендації по конструктивному виконанню системи автоматичного регулювання.

#### **Використана література**

1. Ключев А. С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / А. С. Ключев, А. Т. Лебедев, С. А. Ключев, А. Г. Товарнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 386 с.: ил.
2. Оллсон Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Оллсон Г., Пиани Дж. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.

**Пономарчук Ігор Анатолійович** – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем в будівництві, Вінницький національний технічний університет.

**Слободян Н.М.** – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем в будівництві, Вінницький національний технічний університет.

**Пономарчук И. А.** – к.т.н., доцент кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет.

**Слободян Н. М.** – к.т.н., доцент кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет.

**Ponomarchuk Igor** – Ph.D., docent of department of Systems Engineering in construction, Vinnytsia National Technical University.

**Slobodian Natalya** – Ph.D., docent of department of Systems Engineering in construction, Vinnytsia National Technical University.