

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теплотехніки і теплових двигунів

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПОЗИЦІЙНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОПЕЧІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи
з дисципліни
«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВОК»**

Харків – 2014

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри теплотехніки і теплових двигунів 22 січня 2013 року, протокол № 12.

У методичних вказівках детально розглянуто характеристику двопозиційного регулювання, наведено опис лабораторного стенда для його дослідження, порядок виконання лабораторного дослідження та розрахунку теоретичних значень параметрів настройки АСР. Призначені для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Автоматизація теплоенергетичних установок» студентами спеціальності «Теплоенергетика» денної і заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. С.А. Єроценков,
доценти Н.А. Шаройко,
Ю.А. Бабіченко,
асист. А.В. Онищенко

Рецензент

доц. В.І. Рубльов

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОПЕЧІ

Методичні вказівки

до лабораторної роботи з дисципліни

*«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВОК»*

Відповідальний за випуск Шаройко Н.А.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 05.03.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Теплотехніка та теплові двигуни»

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
**«ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОПЕЧІ»**
з дисципліни *«Автоматизація теплоенергетичних установок»*

Харків - 2014

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Теплотехніка і теплові двигуни” 22 січня 2013 року, протокол № 12.

У методичних вказівках детально розглянуто характеристику двопозиційного регулювання, наведено опис лабораторного стенда для його дослідження, порядок виконання лабораторного дослідження та розрахунку теоретичних значень параметрів настройки АСР. Призначені для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Автоматизація теплоенергетичних установок» студентами спеціальності “Теплоенергетика” денної і заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. С.А. Єроценков,
доценти Н.А. Шаройко,
Ю.А. Бабіченко,
асист. А.В. Онищенко

Рецензент

доц. В.І. Рубльов

ЗМІСТ

Мета роботи.....	4
1 Поняття двопозиційного регулювання.....	4
2 Теоретичний процес двопозиційного регулювання.....	10
3 Опис лабораторного стенда.....	12
4 Порядок виконання роботи.....	14
5 Опис установки практичної реалізації двопозиційного регулювання температури електропечі.....	16
6 Вплив навантаження на показники якості процесу регулювання.....	20
Контрольні питання.....	21
Список літератури.....	21

МЕТА РОБОТИ

1 Вивчити двопозиційні регулюючі пристрої електронних потенціометрів, мостів та мілівольтметрів.

2 Експериментально отримати графік процесу двопозиційного регулювання температури електропечі та на його підставі визначити основні показники його якості.

3 Дослідити вплив навантаження об'єкта регулювання на частоту спрацьовування реле управління.

4 Встановити вплив настройки двопозиційного регулятора на показники якості процесу регулювання.

1 ПОНЯТТЯ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Регулятор двопозиційний – це регулятор релейної дії ($R_{п}$ – регулятор), регулюючий орган якого може мати одне з двох можливих значень: повне закриття або повне відкриття, «ввімкнено» або «вимкнено». Такі регулятори також називають регуляторами, що працюють за принципом «так – ні», або за законом регулювання «0 – 1».

Завдяки своїй простоті двопозиційні регулятори отримали поширення в промисловості і побуті. Наприклад, регулювання температури побутових електричних приладів (холодильників, прасок та ін.).

Двопозиційні регулятори використовують також для регулювання достатньо потужних промислових об'єктів, конструкція яких припускає роботу в режимі періодичних вмикань та вимикань джерел енергії, а амплітуда коливань параметра, що регулюється, задовольняє вимоги технологічного процесу. Наприклад, регулювання рефрижераторів у харчовій промисловості і на транспорті, електротехнічних печей, а також при регулюванні рівня рідини в барабанах малопотужних котлів і в резервуарах, тиску середовища, вологості та ін.

Двопозиційні регулятори є простими, надійними, дешевими та можуть бути легко налаштованими для більшості процесів, мають високу швидкість спрацьовування.

На рисунку 1.1 наведено структурну схему двопозиційного регулятора (ДР).

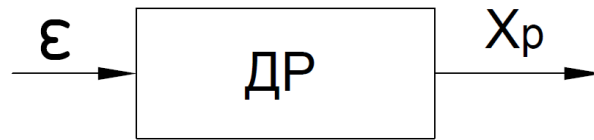


Рисунок 1.1 – Структурна схема двопозиційного регулятора:

ε – вхідний вплив на регулятор;

x_p – вплив ДР на об’єкт

Статичною характеристикою регулятора є залежність регулюючого впливу від завдання вхідного впливу на регулятор у сталому режимі:

$$x_p = f(\varepsilon) \quad (1.1)$$

Вид статичної характеристики визначається властивостями пристроїв для здійснення двопозиційного регулювання, які забезпечують стрибкоподібну зміну вихідної величини регулятора при безперервній зміні вхідної величини.

Реалізація двопозиційного регулювання може бути здійснена, наприклад, за допомогою контактних і безконтактних *релейних елементів*.

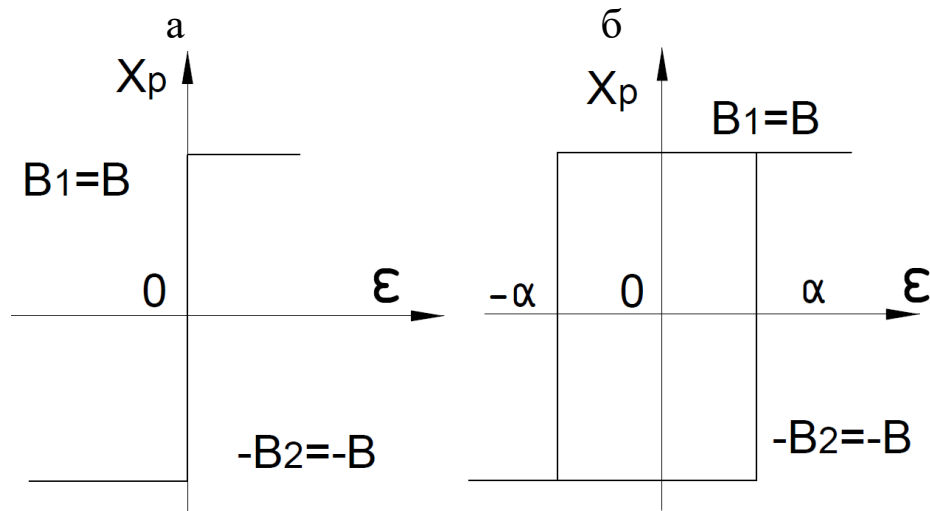
Найбільше поширення отримали релейні елементи нижче наведених типів:

1 *Ідеальні реле* – реле, які забезпечують перемикання сигналу помилки в системі за значенням $+V_1$ або $-V_2$. Вид його статичної характеристики показаний на рисунку 1.2 а, а її аналітичний опис при $V_1 = V_2 = V$ має вигляд:

$$\left. \begin{array}{l} x_p = V \text{ при } \varepsilon > 0 \\ x_p = -V \text{ при } \varepsilon < 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} x_p = V \text{ при } \varepsilon > 0 \\ x_p = -V \text{ при } \varepsilon < 0 \end{array} \quad (1.2)$$

Прикладом такого релейного елемента є контактний електрод регулятора рівня рідини. Такі регулятори практично не мають зони нечутливості. Тому ідеальні реле ще називають *реле без зони*

нечутливості (неоднозначності). Релейні регулятори без зони нечутливості застосовують в системах двопозиційного регулювання з великим запізнюванням, що створює зону неоднозначності.



а – без зони неоднозначності (ідеальні);
б – із зоною неоднозначності

Рисунок 1.2 – Симетричні статичні характеристики двопозиційного регулятора.

2 Реле із зоною нечутливості (неоднозначності) – практично реальний елемент двопозиційного регулятора. Наприклад, регулювання рівня рідини за двома електродами, встановленими на різних рівнях (різниця рівнів – зона неоднозначності).

Зона неоднозначності в електричних реле пояснюється рівною величиною напруги його вмикання і вимикання (зона повернення). Відношення напруги відпускання реле до напруги спрацьовування називається коефіцієнтом повернення реле.

До релейних систем регулювання відносять не лише системи, що містять саме реле, а й будь-які системи, до складу яких входять ланки будь-якої фізичної природи, що мають статичні характеристики релейного типу, коли вихідна величина ланки змінюється стрибкоподібно при безперервній зміні вхідної величини.

Статична характеристика двопозиційного регулятора із зоною неоднозначності наведена на рисунку 1.2 б. При $V_1 = V_2 = V$

характеристика симетрична, її аналітичний вираз визначається залежностями:

$$\left. \begin{array}{l} x_p = B \text{ при } \varepsilon > a \\ x_p = -B \text{ при } \varepsilon < -a \\ x_p = B \text{ при } -a < \varepsilon < a, \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \\ x_p = -B \text{ при } -a < \varepsilon < a, \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} x_p = B \text{ при } \varepsilon > a \\ x_p = -B \text{ при } \varepsilon < -a \\ x_p = B \text{ при } -a < \varepsilon < a, \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \\ x_p = -B \text{ при } -a < \varepsilon < a, \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \end{array} \right\}, \quad (1.3)$$

де ε – вхідна величина регулятора;

a – зона неоднозначності;

x_p – вихідна величина регулятора;

B – приріст регулюючого впливу ДР від умовно рівноважного стану.

Таким чином, реальне двопозиційне регулювання має статичну характеристику із зоною неоднозначності – прямокутною *петлею гістерезису*. Такі характеристики можуть бути описані нелінійними рівняннями, тому системи двопозиційного регулювання відносять до *нелінійних систем*.

Наявність у замкнених автоматичних системах елементів з нелінійними характеристиками є причиною виникнення в них режиму *автоколивань*. Методи їх теоретичного дослідження виходять за межі програми дисципліни.

У лабораторній роботі виконується експериментальне дослідження процесу двопозиційного регулювання температури електропечі.

Структурна схема АСР з двопозиційним регулятором наведена на рисунку 1.3 і містить ДР з передавальною функцією і об'єкт регулювання з передавальною функцією $K_{об}(p)$.

Якщо об'єкт регулювання із самовирівнюванням і без запізнювання, тобто аперіодична ланка з передаточною функцією

$$K_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} p + 1}, \quad (1.4)$$

то при надходженні на вхід такого об'єкта регулюючого впливу $x_p = B$ величина, що регулюється, буде змінюватись за експонентою (рисунок 1.4):

$$x = K_{об} \cdot B \left(1 - \frac{e^{-t}}{T_{об}} \right). \quad (1.5)$$

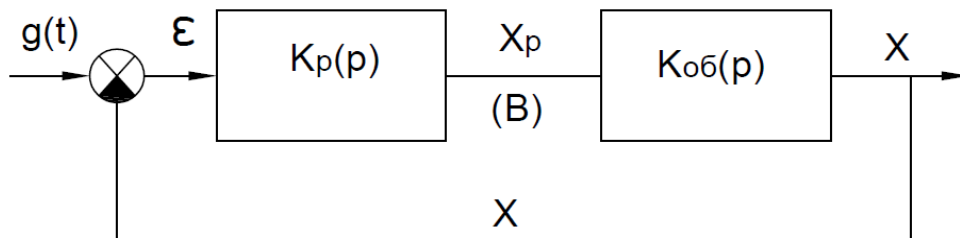


Рисунок 1.3 – Структурна схема АСР з двопозиційним регулятором:

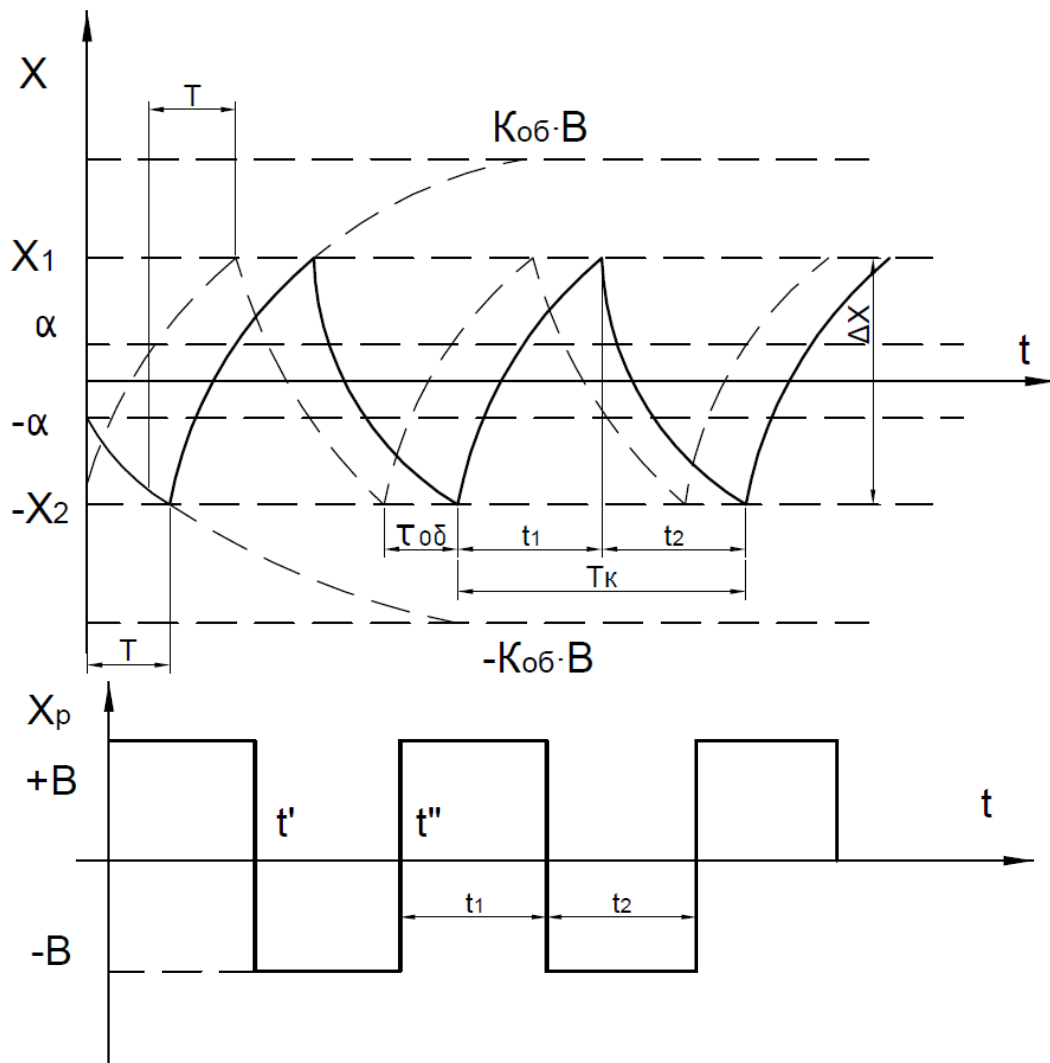
- x – завдання регулятора;
- ϵ – вхідний вплив на регулятор;
- $q(t)$ – величина, що регулюється;
- x_p – вихідна величина регулятора.

Характер автоколивань буде відповідати діапазону зміни величини, що регулюється, у межах діапазону неоднозначності (зони нечутливості) регулятора.

Якщо статичний об'єкт регулювання більш високого порядку, наприклад, із самовирівнюванням і запізнюванням, то з достатньою точністю його можна подати послідовним з'єднанням ланок аперіодичного і з чистим запізнюванням:

$$K_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} p + 1} \cdot e^{-p \cdot \tau_{об}} \quad (1.6)$$

У такому випадку діапазон коливань величини, що регулюється, буде більше від зони нечутливості $2a$ регулятора, бо він буде реагувати на фактичні зміни величини, що регулюється, із запізненням $\tau_{об}$ (рисунок 1.4).



— — — — об'єкт із самовирівнюванням і без запізнювання;

- – об’єкт із самовирівнюванням та із запізнюванням $\tau_{об}$;
- a – зона неоднозначності заданого значення величини x , що регулюється;
- B – регулюючий вплив x_p ;
- x_1, x_2 – позитивна і негативна амплітуди відхилень величини, що регулюється

Рисунок 1.4 – Теоретичний перехідний процес в системі з ДР

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ ПРОЦЕС ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Процес двопозиційного регулювання є *автоколивальним*, тобто величина, що регулюється, коливається відносно заданого значення.

Характер цих коливань визначається як властивостями регулятора (із зоною неоднозначності чи без неї), так і властивостями об’єкта регулювання (без самовирівнювання, із самовирівнюванням, із запізненням і без нього та ін.).

Розглянемо випадок регулювання об’єкта із самовирівнюванням і запізненням, передавальна функція якого має такий вигляд:

$$K_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} p + 1} \cdot e^{-p \cdot \tau_{об}} \quad (2.1)$$

Сталий процес регулювання при симетричній характеристиці двопозиційного регулятора із зоною неоднозначності буде мати вигляд, наведений на рисунку 1.4.

Розглянемо формування двопозиційного процесу регулювання на прикладі регулювання температури печі з електрообігрівом.

У момент часу t' значення величини, що регулюється, x (температури) досягає значення величини « a » – зони неоднозначності величини, що регулюється, ДР змінює регулюючий вплив з « $+B$ » на « $-B$ » (вимикає електронагрівник). Але у зв'язку з тепловою інерцією величина, що регулюється, x (температура) зростає до x_1 за експонентою, потім зменшується за тим самим законом. При зниженні x до величини зони неоднозначності « $-a$ » ДР знову змінює свій вплив на об'єкт регулювання з « $-B$ » на « $+B$ » (знову вмикається нагрівник), але величина, що регулюється, продовжує зменшуватись за експонентою до « $-x_2$ ». Після вмикання нагрівника через час запізнювання $\tau_{об}$ величина, що регулюється, знову зростає за експонентою до x_1 . Цикл автоколивань повторюється.

Основними показниками якості двопозиційного процесу регулювання є:

1 Діапазон коливань величини, що регулюється:

$$\Delta x = x_1 + x_2, \Delta X = X_1 + X_2, \quad (2.2)$$

де x_1 – амплітуда відхилення від середнього значення.

При симетричності процесу регулювання $\Delta x = 2 x_1, \Delta X = 2 X_1$.

2 Період коливань T_K .

3 Тривалість позитивного t_1 і негативного t_2 імпульсів при сталому процесі коливань.

При симетричній статичній характеристиці регулятора $t_1 = t_2$ і $x_1 = x_2$.

При регулюванні об'єкта із самовирівнюванням і запізнюванням двопозиційного регулятора із зоною неоднозначності вид розрахункових залежностей для визначення показників якості такий:

– тривалість позитивного і негативного імпульсів

$$t_1 = t_2 = \tau_{об} + T_{об} \ln \frac{2 K_{об} B - (K_{об} B - a) e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}}}{K_{об} B - a} ; \quad (2.3)$$

– період коливань

$$T_1 = 2 \left[\tau_{об} + T_{об} \ln \frac{2 K_{об} B - (K_{об} B - a) e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}}}{K_{об} B - a} \right]$$

(2.4)

тобто у випадку симетричної статичної характеристики ($B_1 = B_2 = B$)

$$T_K = 2 t_1 = 2 t_2; T_K = 2 t_1 = 2 t_2; \quad (2.5)$$

– амплітуда коливань

$$\chi_1 = \chi_2 = K_{об} B \left(1 - e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}} \right) + a e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}} ; \quad (2.6)$$

– діапазон коливань

$$\Delta x = 2 x_1; \Delta X = 2 x_1; \quad (2.7)$$

– частота перемикачів регулятора

$$n = 2/T_K. \quad (2.8)$$

Завданням лабораторної роботи є отримання експериментального процесу двопозиційного регулювання температури електропечі та його обробка з метою отримання розглянутих показників якості. При цьому електропеч, як об'єкт регулювання, можна представити як послідовне з'єднання двох ланок аперіодичного і з чистим запізненням, що має передаточну функцію (2.1).

3 ОПИС ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Досліджувана АСР температури нагрівальної електропечі (рисунок 3.1) складається з автотрансформатора *АТ*, печі з електронагрівником *Н*, електронного моста *КСМ-3П* з контактним задатчиком і приставки *ППР-1м*, яка застосовується з метою забезпечити двопозиційне регулювання температури печі з мінімальною фіксованою зоною нечутливості. Крім того, приставка при певному підключенні може забезпечувати трипозиційне регулювання і реалізовувати сигналізацію.

Мінімальна зона нечутливості 0,5 % від розмаху шкали приладу. На стенді встановлений міст зі шкалою 0 ÷ 500 °С. У цьому випадку

$$\Delta_{min} = 0,5 \cdot \frac{50_0}{10_0} = 2,5 \quad \Delta_{min} = 0,5 \cdot \frac{50_0}{10_0} = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.1)$$

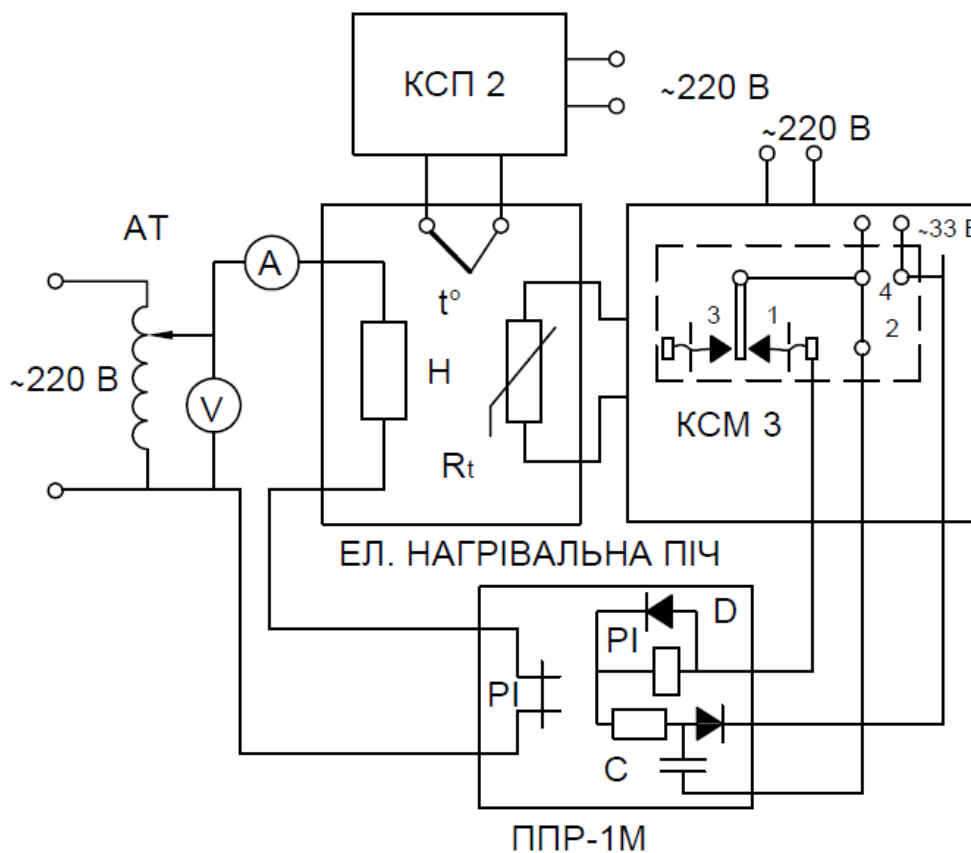
Максимальна зона нечутливості 20 %:

$$\Delta_{max} = 20 \cdot \frac{50_0}{10_0} = 100 \quad \Delta_{max} = 20 \cdot \frac{50_0}{10_0} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.2)$$

Похибка спрацьовування не перевищує $\pm 1,6 \%$ від різниці меж вимірювання:

$$\Delta = \pm 1,5 \cdot \frac{50_0}{10_0} = \pm 7,5 \quad \Delta = \pm 1,5 \cdot \frac{50_0}{10_0} = \pm 7,5 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.3)$$

Гарантована кількість циклів вмикань і вимикань реле приставки при активному навантаженні складає 10^6 . Тривалий припустимий струм крізь замкнуті контакти приставки не більше 5 А.



AT – автотрансформатор; *H* – електронагрівник печі; *КСП-2* – потенціометр; *КСМ-3П* – електронний міст; *ППР-1м* – приставка позиційного регулювання; *A* – амперметр; *V* – вольтметр

Рисунок 3.1 – Схема лабораторного стенда АСР температури печі

Принцип дії позиційного регулятора (рисунок 3.1). Рухомий контакт контактної задатки моста *КСМ-3П* кінематично пов'язаний з покажчиком (пером) приладу і ручкою установки

завдання (задатчика температури). Два нерухомих контакти 1 і 3 розташовані на основі задатчика і дають змогу здійснювати регулювання зони нечутливості ДР зміною відстані між контактами за допомогою спеціальних гвинтів. Після установки зони необхідно гайками закріпити фіксувальні гвинти.

Значення температури печі, що регулюється, задається вручну поворотом рукоятки «установка завдання», яка розташована на лицьовому шасі моста.

Кінець стрілки-задатчика встановлюється в напрямку до точки, у якій повинно бути перо при досягненні заданої температури.

При відповідності вимірюваної температури заданому значенню рухомий контакт задатчика перебуває в середньому положенні між контактами 1 і 3.

Відхилення температури від завдання викликає переміщення рухомого контакту в бік одного з контактів 1 і 3.

При замиканні рухомого контакту з одним з них електрично управляються два електромагнітних реле типу ПЭ-21, які мають робочі контакти та розміщені в окремій приставці ПППР-ІМ.

Для того, щоб виключити утворення іскри при комутації контактного задатчика та пов'язану з цим несталу роботу системи обидва реле приставки живляться випрямленим струмом через діод Д і ємність С. Ємність С призначена для згладжування пульсацій і підвищення напруги.

Для контролю і запису зміни температури печі при двопозиційному регулюванні на стенді встановлений потенціометр КСП-2 з термоелектричним термометром, який розміщений у трубці печі.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Ознайомитися зі схемою лабораторного стенда двопозиційного регулювання температури (рисунок 3.1), принципом дії обладнання: щитом, мостом КСМ-3П з регулюючою приставкою ПППР-ІМ, потенціометром КСП-2. Перевірити справність приладів.

2 Установити задатчиком моста значення температури, що регулюється, за вказівкою викладача.

3 Увімкнути живлення стенда, подати напругу на нагрівник печі. Величина напруги встановлюється викладачем.

4 Увімкнути міст КСМ-3П і потенціометр КСП-2.

5 Записати величину струму і напруги на затискачах нагрівника печі.

6 Наглядати за роботою моста, його регулюючої приставки (за показаннями амперметра) і потенціометра.

7 На стрічці потенціометра відмічати вмикання і вимикання печі.

8 Після закінчення випробувань знімається та обробляється стрічка записів зміни температури.

9 Ураховуючи масштаб часу і температури будується графік зміни температури в часі і на нього наноситься графік зміни сили струму («увімкнено» – «вимкнено») – рисунок 4.1.

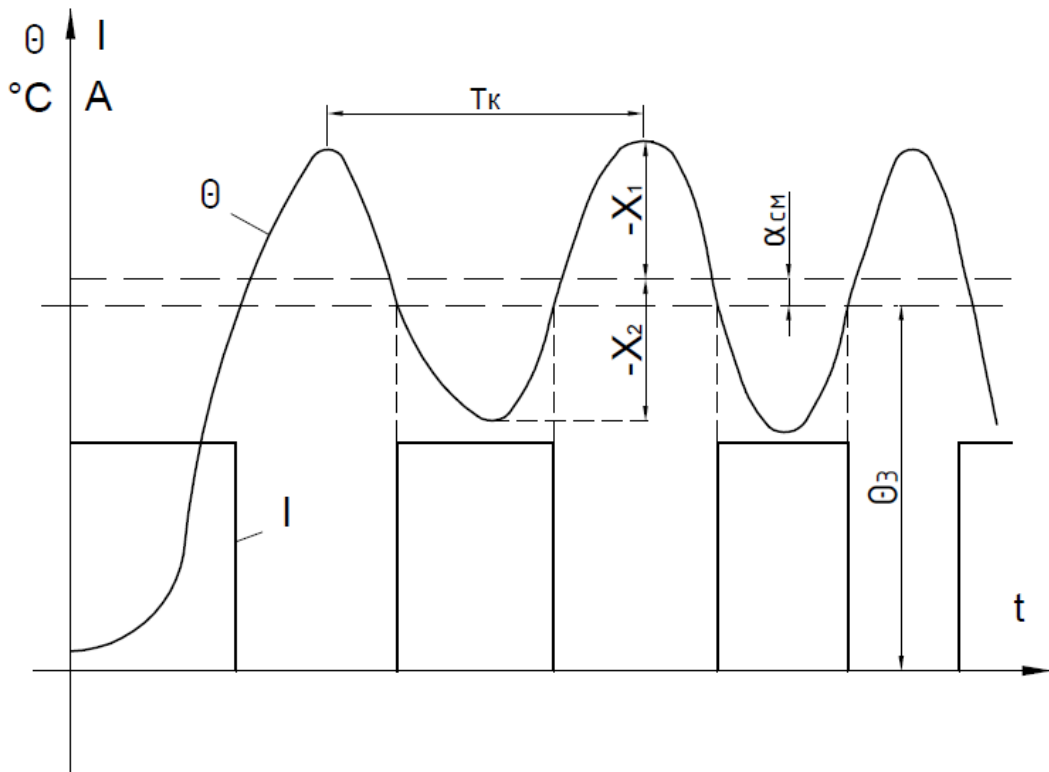


Рисунок 4.1 – Графік реального двопозиційного процесу регулювання температури печі

10 Обробити графік процесу регулювання і визначити його показники якості. Оформити протокол випробувань.

11 Повторити випробування при різних значеннях потужності нагрівника, вказаних викладачем, і встановити вплив потужності нагрівника на якість регулювання.

12 У результаті обробки графіка процесу регулювання отримати:

- амплітуду відхилення температури печі від середнього значення $x_1 = x_2, ^\circ\text{C}$;
- період коливань $T_k, \text{хв.}$;
- зміщення середнього значення $a_{CM}, ^\circ\text{C}$;
- величину збурення (сила струму в ланцюгу нагрівника) $I, \text{А}$.

5 ОПИС УСТАНОВКИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОПЕЧІ

Для вивчення практичного використання ДР температури застосовується камерна лабораторна електропіч опору типу СНОЛ-1.6.

Електропіч складається з металічного корпусу, в верхній частині якого змонтована робоча камера, в нижній частині – пускова і контрольно-регулююча апаратура.

Робочий простір електропечі утворюється роз'ємними вогнестійкими фасонами. Простір між фасонами і корпусом заповнений теплоізоляцією.

У бокових пазах верхнього та нижнього фасонів встановлено чотири спіральних нагрівача, з'єднаних між собою.

Завантаження печі здійснюється крізь отвір, що зачиняється дверцятами.

Живлення електропечі відбувається від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Контроль і регулювання температури здійснюється мілівольтметром типу Ш4501 з термоелектричним термометром з НСХ ПП, установленим у нагрівальній камері.

Принципова електрична схема печі і використання мілівольтметра як двопозиційного регулятора температури печі наведена на рисунку 5.1

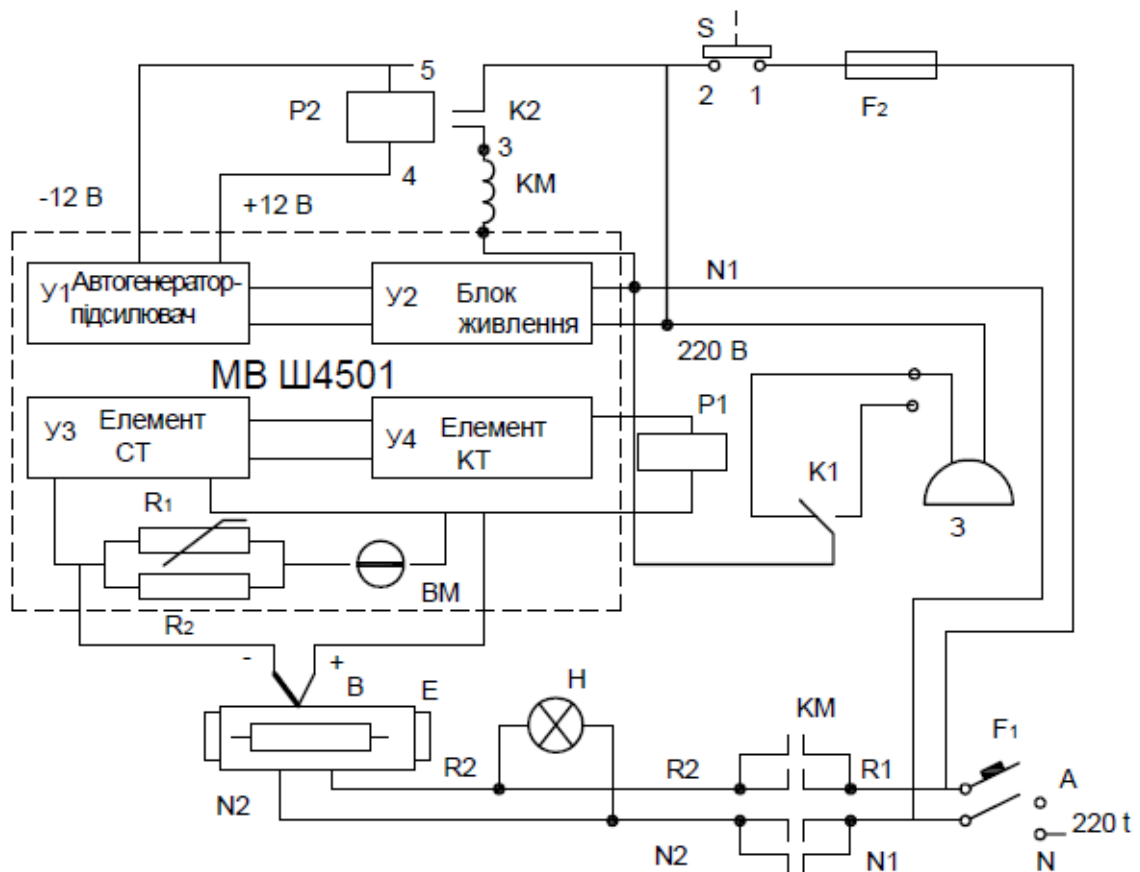


Рисунок 5.1 – Схема використання мілівольтметра Ш4501 для двопозиційного регулювання температури електропечі

У схемі передбачені:

F_1 – автоматичний вимикач АП50-2М для вмикання електропечі і захисту силових ланцюгів при перевищенні струмових навантажень;

КМ – магнітний пускач П6-III для вмикання електронагрівників печі за сигналом мілівольтметра-регулятора;

Н – сигнальна лампа Ц 220-10 з цоколем В15/18 про вмикання печі;

Е – електронагрівники печі потужністю 3 кВт;

F_2 – запобіжник ПК-45-I для захисту від струмів коротких замикань ланцюгів управління;

S – мікровимикач МИЗА для вмикання нагрівників печі при відчиненні її дверцят;

P2 – проміжне реле струму ПЭ23 з контактами К2 для управління вмиканням печі мілівольтметром через магнітний пускач КМ;

В – термометр термоелектричний типу ТПП-1378 (виконання 652-87, довжина монтажної частини 320 мм) НСХ ПП68;

МВ – мілівольтметр Ш4501, показуючий і регулюючий;

Р1 – реле типу РЭС6 з контактами К1, що забезпечують комутацію ланцюгів напругою 220 В при струмі до 0,2 А для сигналізації при обриві ланцюга термопари;

З – зумер як сигналізатор обриву ланцюга термопари типу Ш4501 з термоелектричним термометром з НСХ ПП.

Характеристика печі:

- номінальна робоча температура в робочому просторі 1100 °С;
- час розігріву не розвантаженої електропечі до номінальної робочої температури 170 хвил.;
- точність автоматичного регулювання температури ± 10 °С;
- діапазон автоматичного регулювання температури в робочому просторі 200 ÷ 1100 °С.

Робота мілівольтметра Ш4501 в якості двопозиційного регулятора температури.

До складу мілівольтметра (рисунок 5.1) входять: блок живлення У2; вимірювальний механізм з вимірювальною схемою ВМ; пристрій компенсації температури вільних кінців термоелектричного перетворювача (елемент КТ) У4; пристрій сигналізації обриву ланцюга термоелектричного перетворювача (елемент СТ) У3 і регулююча частина з генераторним датчиком і підсилювачем У1.

Вимірювальний механізм мілівольтметра звичайної магнітоелектричної системи з рухомою частиною на кернах. Для підбору опорів зовнішнього ланцюга $R_{вн}$ встановлена на клеммах «3» і «4» манганітова котушка 15 Ом.

Для підвищення точності вимірювання і регулювання температури застосовується *пристрій автоматичної компенсації температури* вільних кінців термоелектричного перетворювача (елемент КТ) У4. Його елементом є мідний резистор, який винесено назовні мілівольтметра на задню колодку і підключено до контактів «5» і «6» мілівольтметра.

До схеми регулювання входить блок живлення У2 і автогенератор-підсилювач У1, закріплений на важелі покажчика (задатчика) контактної пристрою.

На задатчику приладу змонтовані із зазором дві обмотки індуктивності, які утворюють коливальний контур генератора. Покажчик приладу (стрілка) оснащений шторкою (екраном).

Для забезпечення заданої температури в камері печі покажчик контактної пристрою (задатчик) за допомогою штифта на лицьовій частині приладу встановлюється на відповідну позначку шкали мілівольтметра.

При температурі нижче заданої покажчиком шторка стрілки приладу перебуває поза котушками індуктивності, датчик-автогенератор генерує високочастотні коливання, які надходять на посилювач релейного типу, що виконаний на транзисторах (елемент У1).

Вихідний транзистор відкривається і на контакти мілівольтметра видає вихідний сигнал постійного струму 12 В, достатній для спрацьовування реле Р2 типу ПЭ23, при замиканні контактів К2 якого вмикається магнітний пускач КМ і подається напруга на затискачі нагрівника печі.

При досягненні в камері печі заданої температури шторка (екран) покажчика приладу входить у зазор між котушками автогенератора і генерація зривається, вихідний транзистор схеми У1 закривається, струм навантаження зменшується до нуля, реле Р2 крізь магнітний пускач КМ вимикає нагрівники печі від мережі. Температура в печі змінюється за законом двопозиційного регулювання. При зниженні її менше заданого значення шторка покажчика виходить із зазора котушок, датчик-автогенератор знову генерує високочастотні коливання, що надходять на посилювач релейного типу, і цикл двопозиційного регулювання повторюється.

Мілівольтметр має вбудований пристрій сигналізації обриву ланцюга термоелектричного перетворювача (елемент СТ) – У3 з контактним вихідним сигналом. Реле Р1 типу РЭС6 забезпечує комутацію ланцюгів напругою 220 В при струмі 0,2 А. Вмикається зумер 3 або інша сигналізація обриву ланцюга. Це захищає тепловий об'єкт (піч) від перегріву і виходу з ладу при обриві ланцюга термоелектричного перетворювача.

6 ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ

Для електропечі як об'єкта регулювання температури припливом $Q_{\text{пр}}$ є кількість теплоти (електроенергії), що надходить в одиницю часу до печі, стоком $Q_{\text{ст}}$ – кількість теплоти, що віддається до навколишнього середовища. При двопозиційному регулюванні температури електропечі її охолодження (стік) $Q_{\text{ст}}$ приймається постійним, а підведення теплоти (приплив) змінюється ступінчасто, вмикаючись та вимикаючись повністю (рисунок 1.4).

При $Q_{\text{пр}} = 2 Q_{\text{ст}}$ температура печі збільшується з тією ж швидкістю, що й її падіння. Існує симетричне регулювання, тобто зміщення середнього значення величини, що регулюється, від заданого: $a_{\text{см}}$ дорівнює нулю.

При $Q_{\text{пр}} > 2 Q_{\text{ст}}$ зростання температури печі відбувається швидше її падіння, і наявне викривлення форми коливання температури і зміщення процесу по вертикалі вгору.

При $Q_{\text{пр}} < 2 Q_{\text{ст}}$ зростання температури відбувається повільніше її зростання і графік процесу регулювання зміщується вниз.

Чим більше ступенів припливу, тим менше амплітуда коливань. Однак релейні коливання системи регулювання з більш ніж трьома ступенями (трипозиційне регулювання) не використовують через їх складність.

При збільшенні навантаження об'єкта $Q_{\text{пр}}$ крутість графіка процесу регулювання температури збільшується, частіше спрацьовує пристрій позиційного регулювання, що призводить до підгоряння контактів регулятора та негативно відбивається на роботі всієї системи. Тому позиційне регулювання застосовується для об'єктів з навантаженням, що незначно змінюється.

У [3] проаналізовані методи підвищення якості двопозиційного регулювання. Існуючі методи підвищення якості двопозиційного регулювання наведені в [4].

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Які АСР відносять до релейних?
- 2 Переваги і недоліки релейних систем регулювання.
- 3 Яке положення займає регулюючий орган при позиційному регулюванні?
- 4 Які основні показники якості двопозиційного процесу регулювання?
- 5 Діапазон регулювання і зона нечутливості.
- 6 Як впливають різні фактори на показники якості?
- 7 Від чого залежить частота спрацьовування позиційного регулятора?
- 8 Чому виникає несиметричний режим роботи двопозиційних систем регулювання виробничих процесів?
- 9 Принцип дії позиційного регулятора.
- 10 Установка для практичної реалізації двопозиційного регулювання температури електропечі?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 65 – 68.

2 Ротач В.Н. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 250 – 254.

3 Ключев А.С. Двухпозиционные автоматические регуляторы и их настройка. – М.: Энергия, 1967. – 267 с.

4 Кампе-Немм А.А. Автоматическое двухпозиционное регулирование. – М.: Наука, 1967. – С. 3 – 10, 58 – 67.

5 Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, Ю.А. Бабіченко та ін. – Харків: Вид-во ТОВ «С.А.М.», 2009. – 616 с.