



**ЖИТОМИРСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА**

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**100  
РОКІВ**

## Лекція 4

**ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ  
РЕГУЛЮВАННЯ  
ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ**



**ЖИТОМИРСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА**

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

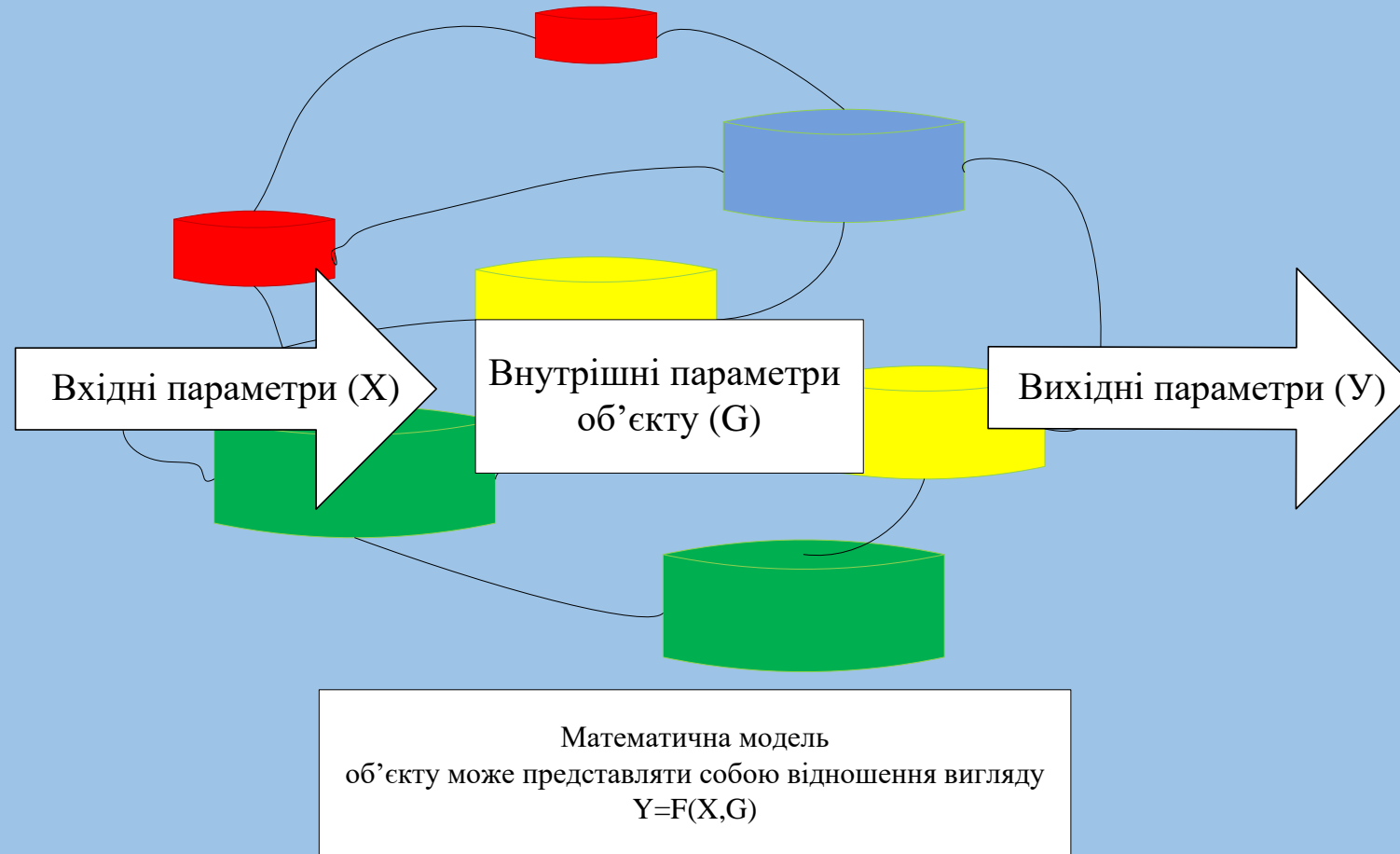
**100  
РОКІВ**

## **ЛЕКЦІЯ 4.**

# **ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ**

- 4.1. Загальна характеристика систем автоматичного регулювання.**
- 4.2. Основні терміни та визначення.**
- 4.3. Вибір регулятора.**

## 4.1. Загальна характеристика систем автоматичного регулювання



- Принципи проектування пристроїв та систем управління, які викладені в попередніх розділах, можна застосовувати до об'єктів, в яких датчики та виконавчі механізми знаходяться лише в двох станах — ввімкнено/вимкнено. Це логічні об'єкти, закони управління якими базуються на математичній логіці.
- Не менш поширене застосування знаходять об'єкти, в яких необхідно підтримувати на заданому рівні або змінювати по заданому закону певний параметр, який характеризує технологічний процес в цьому об'єкті. Такі системи називають **системами автоматичного регулювання (САР)**. Як правило, між вхідними та вихідними сигналами таких систем існує певний безперервний зв'язок. При цьому самі сигнали можуть бути представлені як в аналоговій так і цифровій формі. Основою таких систем є *теорія автоматичного регулювання*.



- Формулювання робочого завдання для САР найчастіше виконує оператор по тим чи іншим ознакам технологічного процесу. Також намітилися тенденція включати регулятори до складу системи управління верхнього рівня, яка і формулює це завдання.
- Проектування САР починають з вивчення об'єкта регулювання. Необхідно в'яснити всі вхідні та вихідні параметри об'єкта регулювання, а також функціональні залежності між ними, межу зміни параметрів і необхідну точність регулювання. Необхідно вибрати датчики параметрів і місце їх розташування на об'єкті. По зв'язкам між вхідними та вихідними величинами визначаються статична та динамічна модель об'єкта і необхідний закон регулювання.
- Дуже часто вибір закону регулювання та тип необхідної апаратури виконується на основі порівняння даного об'єкта з аналогічним об'єктом.
- При необхідності властивості об'єкта визначаються шляхом експерименту.
- При проектування САР необхідно розробляти ту ж саму технічну документацію, що й при проектуванні логічних систем управління.

## 4.2. Основні терміни та визначення

В теорії автоматичного регулювання використовується термінологія, яка склалася на протязі декількох століть. Найважливішими з них є:

- 1) **Об'єкт автоматичного регулювання** або просто **об'єкт** — технологічний агрегат, в якому необхідно підтримувати на заданому рівні або змінювати по заданому закону певний параметр (нагрівальна піч, котел, турбіна тощо).
- 2) **Регулюємий параметр** або просто **параметр** — величина, яка визначає якість технологічного процесу (температура, тиск, вага, об'єм, рівень тощо).
- 3) **Регулююча величина** (вхідна величина) — речовина або енергія, зміна якої призводить до зміни параметру.

В кожному об'єкті має місце перетворення речовини або енергії. Тому в об'єкті завжди щось подають ( $Q_{\text{под}}$ ) і щось з нього виходить. Частина речовини або енергії витрачається в об'єкті. Це витрати або навантаження ( $Q_{\text{вит}}$ ).

Технологічний процес характеризується матеріальним або (та) енергетичним балансом. Тому, якщо  $Q_{\text{под}} = Q_{\text{вит}}$ , то параметр не змінюється,  $\frac{d\sigma}{dt} = 0$ . Якщо  $Q_{\text{под}} > Q_{\text{вит}}$ , то параметр збільшується,  $\frac{d\sigma}{dt} > 0$ . Якщо  $Q_{\text{под}} < Q_{\text{вит}}$ , то параметр зменшується,  $\frac{d\sigma}{dt} < 0$ .

Система регулювання діє або на  $Q_{\text{под}}$  (найчастіше) або на  $Q_{\text{вит}}$ , що й призводить до зміни параметру в необхідному напрямку.

На величини  $Q_{\text{под}}$  та  $Q_{\text{вит}}$  можуть впливати і інші фактори, які називаються збуреннями і які впливають на величину параметру. Так, якщо відкрити дверці нагрівальної печі, то температура в ній знизиться через збільшення витрат тепла.

Частина збурень може бути відома і їх вплив можна урахувати. Найчастіше більшість збурень невідома. Але через те, що їх вплив проявляється в зміні параметру, його може ліквідувати система регулювання.

Один і той же об'єкт може мати декілька параметрів. Наприклад, температура в нагрівальній печі визначається тепловим балансом і залежить від подачі газу та повітря. Тиск в цій же печі визначається матеріальним балансом газу, повітря та продуктів згорання. В таких об'єктах зміна одного параметру може призвести до зміни іншого, що необхідно враховувати при розробці САР.

Якщо зміна параметру в об'єкті призводить до зменшення величини  $\Delta Q = Q_{pod} - Q_{sum}$ , то такий об'єкт називається статичним або об'єктом з самовирівнюванням. Ці властивості об'єкта допомагають регулятору ліквідувати відхилення параметру від заданого значення. Прикладом такого об'єкту може бути ємність, в якій збільшення рівня рідини збільшує її тиск, що призводить до збільшення кількості рідини, яка виходить з ємності через отвір в її нижній частині. Тому остаточна зміна рівня рідини в ємності буде меншою.

Якщо зміна параметру не змінює величини  $\Delta Q$ , то такий об'єкт називається астатичним або об'єктом без самовирівнювання. Для таких об'єктів потрібні більш складні САР. Прикладом такого об'єкту може бути та ж ємність, з якої рідина відбирається насосом, продуктивність якого практично не залежить від рівня рідини в ємності.



## Найважливішими характеристиками об'єкта є такі:

1. Час запізнення ( $\tau_{\text{зап}}$ ) — час від початку дії до початку зміни параметру. Запізнення негативно впливає на процес регулювання, тому що сприяє виникненню коливань параметру.
2. Постійна часу ( $T$ ) визначає швидкість зміни параметру в об'єкті при порушенні рівноваги між  $Q_{\text{под}}$  та  $Q_{\text{вит}}$ . Чим менша величина  $T$ , тим більша швидкість зміни параметру. З іншого боку такий об'єкт в більшій мірі реагує на дію регулятора. Тому для САР більш важливим є співвідношення  $\tau_{\text{зап}}/T$ .
3. Коефіцієнт передачі (коефіцієнт підсилення) — зміна параметру при одиничному збуренні:

$$K_{\text{об}} = \frac{X_y - X_0}{\Delta U},$$

де  $X_y$  — нове значення параметру;  
 $X_0$  — початкове значення параметру;  
 $\Delta U$  — переміщення регулюючого органу або зміна  $\Delta Q$ .

Чим більше значення  $K_{об}$ , тим в більшій мірі впливає регулююча дія на зміну параметру, але і тим більша вірогідність виникнення його коливань.

Ці характеристики об'єкта необхідні при розробці САР і визначаються теоретичним або експериментальним шляхом.

Один і той же об'єкт по різних параметрам має різні характеристики.

САР можуть бути побудовані за двома основними принципами:

1. Принцип відхилення.
2. Принцип збурення.

Структурна схема САР першого типу є замкнутою і наведена на рис. 4.1

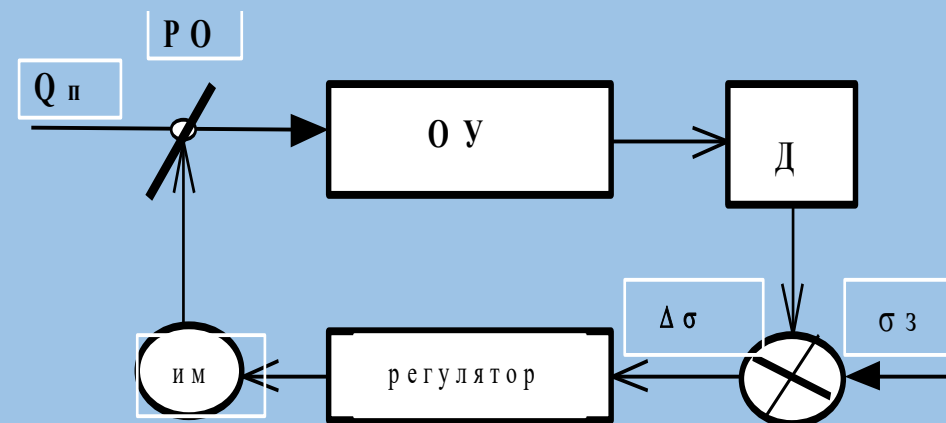


Рис.4.1

В такій системі регулятор змінює  $Q_{\Pi}$  (можливо змінювати  $Q_{\text{внт}}$ ) в тому випадку, коли є різниця між дійсним  $\sigma_{\text{д}}$  та заданим  $\sigma_3$  значенням параметру. Ця дія регулятора можлива лише тоді, коли  $\Delta\sigma = \sigma_{\text{д}} - \sigma_3 \neq 0$ . Тому в такій системі параметр деякий час може не дорівнювати заданому. Але в такій САР автоматично враховуються всі збурення — відомі та невідомі.

В САР другого типу дія регулятора має місце при появі збурення. Це дозволяє не допустити відхилення параметру від заданого значення. В такій системі немає зворотного зв'язку по параметру, тому останній може і не дорівнювати заданому при появі невідомих збурень. Через це САР такого типу, як самостійні системи, не застосовуються.

Регулятори можуть бути безперервної дії, релейні та імпульсні. В регуляторах безперервної дії між відхиленням параметру ( $\Delta\sigma$ ) та переміщенням виконавчого механізму (або регулюючого органа) є безперервний функціональний зв'язок.

В релейних регуляторах виконавчий механізм включається, якщо  $\Delta\sigma > x$ , причому, як правило, швидкість його руху є постійною величиною, а напрям руху визначається знаком відхилення.

В імпульсних регуляторах управляючий сигнал являє собою послідовність імпульсів, частота, тривалість або амплітуда яких залежить від  $\Delta\sigma$ .

Регулятори можуть бути прямої або непрямої дії. Останні мають в своєму складі підсилювачі.

По типу енергії регулятори можуть бути електричні, пневматичні, гідравлічні або комбіновані.

Але найбільш суттєвою є класифікація регуляторів по виду зв'язку між вхідним сигналом ( $\Delta\sigma$ ) та переміщенням виконавчого механізму (регулюючого органу). Формування цих зв'язків здійснюється або за рахунок зворотніх зв'язків, або за рахунок спеціальних елементів, або за рахунок і перших і других.

Закони регулювання виконуються з певними обмеженнями в області нормальних режимів роботи регулятора. Ці режими залежать від динамічних властивостей як регулятора так і об'єкта. Тому кожний регулятор необхідно настоювати, тобто його властивості необхідно узгодити з властивостями об'єкта. Для цього регулятори мають відповідні елементи.

## 4.3. Вибір регулятора.

**Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор** – пристрій в керуючому контурі САУ зі зворотним зв'язком. Використовується в системах автоматичного управління для формування керуючого сигналу з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу.

ПІД-регулятор формує управляючий сигнал, який є сумою трьох доданків, перший з яких пропорційний різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), другий – інтеграл від сигналу неузгодженості, третій – похідна від сигналу неузгодженості.

Об'єкт управління (ОУ) представляє собою систему, яка має керуватися певним регулятором. Регулятор забезпечує формування вхідного сигналу керування та керує поведінкою всієї системи. В повному обсязі регулятор складається з трьох елементів:

- пропорційного підсилювача з масштабуючим коефіцієнтом  $k_p$ ;
- інтегратора з коефіцієнтом перетворення  $k_i$ ;
- обчислювача похідної з коефіцієнтом перетворення  $k_d$ .

- Передаточна функція регулятора в повному складі дорівнює:

$$W(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_d s^2 + k_p s + k_i}{s}$$

Розглянемо характеристики П-, І- та Д-регуляторів (складових частин ПІД-регулятора) і ознайомимося з методами отримання потрібного відгуку системи. Ці методи включають вибір певного типу регулятора. Система з одиничним зворотним зв'язком (система основного типу) зображена на рис.4.2.

Проаналізуємо роботу ПІД-регулятора в замкнутому колі системи, зображеної на рис. 4.2. Похибка на виході суматора  $e(t)$  (різниця між вхідним впливом  $r(t)$  та вихідним сигналом  $y(t)$ ) надходить до ПІД-регулятора, який її масштабує, обчислює похідну та інтеграл від неї і таким чином утворює сигнал керування  $u(t)$ :

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt + k_d \frac{de(t)}{dt}$$

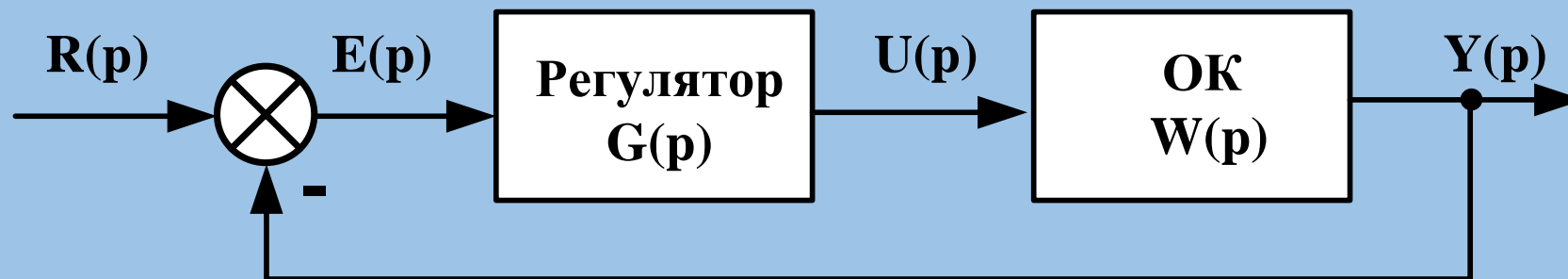


Рис.4.2

## Вплив кожного із елементів регулятора на якість перехідних процесів можна відобразити за допомогою таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Коефіцієнт регулятора	Час досягнення максимуму	Перерегулювання	Час регулювання	Похибка сталого режиму
$k_p$	Зменшується	Збільшується	Невеликі зміни	Зменшується
$k_i$	Зменшується	Збільшується	Збільшується	Ліквідується повністю
$k_d$	Невеликі зміни	Зменшується	Зменшується	Невеликі зміни

Необхідно відмітити, що наведені в таблиці властивості перехідних характеристик не можуть бути зовсім точно відтворені, тому що складові елементи регулятора впливають один на одного. Фактично зміни параметрів одного елемента можуть обумовлювати зміну дії двох інших елементів. Тому таблицю слід використовувати тільки для попередніх розрахунків при синтезі регулятора.