

Лекція №1

**Якість управління.  
Показники якості процесу  
управління в  
динамічному та сталому  
режимі**

# План лекції

1. Якість процесу управління.
2. Показники якості в сталому режимі.
3. Якість процесу управління в перехідному режимі
4. Поняття закону регулювання

Питання 1.  
Якість процесу управління.

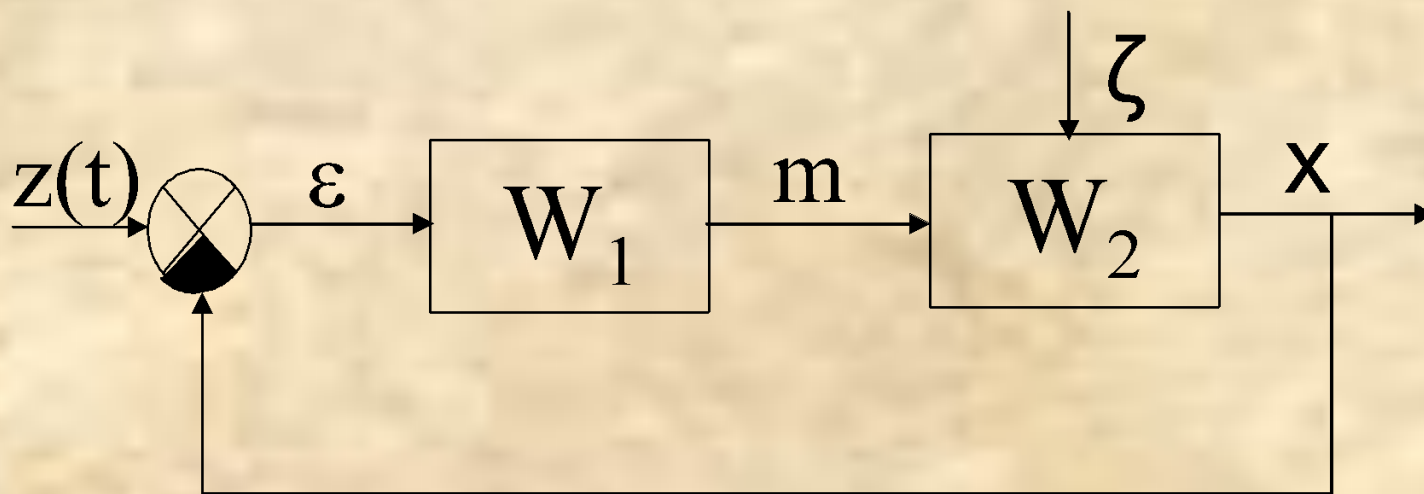
*Стійкість* необхідна, але не достатня  
умова придатності САУ.

**Якість процесу управління** (умова придатності САУ) – комплекс вимог, визначаючих поведінку системи в **сталому** та *перехідному* режимах:

- точність;
- швидкодія;
- характер виконання цільової функції.

Якість процесу управління залежить не тільки від властивостей системи, але й від характеру зовнішніх впливів та місця їх входу в систему.

Розглянемо слідкуючу систему



$W_1$  – управляюча частина (регулятор);

$W_2$  – об'єкт управління.

Точність виконання цільової функції  
визначається **помилкою управління:**

$$e(t) = x_{\text{д\`а\`л\`я\`н\`я}}(t) - x_{\text{д\`о\`с\`я\`г\`н\`я}}(t)$$

Різниця між реакціями *ідеальної* та  
*реальної систем* на один і той же  
сигнал.

**Передаточна функція помилки** –  
відношення зображень по Лапласу помилки  
к зображенню по Лапласу відповідного  
вхідного впливу.



Передаточна функція помилки що виникає *під впливом вхідного сигналу  $z(t)$*

$$W_{z/\varepsilon}(p) = \frac{1}{1+W(p)}$$

Передаточна функція помилки що виникає *під впливом сигналу переешкоди  $\zeta(t)$*

$$W_{\zeta/\varepsilon}(p) = -\frac{W_2(p)}{1+W(p)}$$

Сумарна помилка  $\varepsilon(t)$  в зображеннях:

$$\varepsilon(p) = W_{z/\varepsilon}(p) \cdot Z(p) + W_{\zeta/\varepsilon}(p) \cdot \zeta(p)$$

# Показники якості управління

в статичному режимі

1. стала помилка
2. помилка по швидкості
3. помилка по прискоренню

в динамічному режимі

прямі

1. характер ПП
2. тривалість ПП
3. перерегулювання
4. час досягнення першого максимуму

непрямі

1. показник коливальності
2. полоса пропускання
3. резонансна частота



Питання 2.  
Показники якості в сталому  
режимі

- **стала помилка** обумовлена дією на вхід системи управління *ступінчастого сигналу*;
- **помилка по швидкості** обумовлена дією на вхід САУ сигналу, що змінюється за *лінійним законом*;
- **помилка по прискоренню** обумовлена дією на вхід САУ сигналу, що змінюється за *квадратичним законом*

## Зображення по Лапласу:

- ступінчатого сигналу  $z(t) = z_0 \cdot 1(t)$      $Z(p) = z_0 \cdot \frac{1}{p}$

- лінійного сигналу  $z(t) = z_0 \cdot t$      $Z(p) = \frac{z_0}{p^2}$

- квадратичного сигналу  $z(t) = z_0 \cdot t^2$      $Z(p) = \frac{z_0}{p^3}$

Теорема про кінцеве значення

$$\varepsilon_{\text{кін}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \varepsilon(p)$$

- **стала помилка** по вхідному сигналу:

$$\varepsilon_{\text{нн}}^z = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot W_{\varepsilon/z}(p) \cdot \frac{z_0}{p} = \lim_{p \rightarrow 0} W_{\varepsilon/z}(p) \cdot z_0 = \frac{b_0}{a_0} \cdot z_0$$

## **ПОМИЛКА ПО ШВИДКОСТІ**

$$\varepsilon_{\text{СК}}^z = \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot W_{\varepsilon}^z(p) \cdot \frac{z_0}{2} = \lim_{p \rightarrow 0} W_{\varepsilon}^z(p) \cdot \frac{z_0}{p} = \infty$$

Система управління, що має сталу помилку називається *статичною*.

Якщо помилка дорівнює нулю то система називається *астатичною*

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\dot{y}}^z(\infty) &= \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 \cdot p}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0} \cdot \frac{z_0}{p} = \\ &= \lim_{p \rightarrow 0} p \cdot z_0 \cdot \frac{b_1}{a_0} = 0\end{aligned}$$

Порядок астатизму визначається порядком сигналу зовнішнього впливу, який САУ може компенсувати без помилки

Питання 3.  
Якість процесу управління в  
перехідному режимі

Прямі показники:

за *характером* затухання *перехідний процес* буває:

- МОНОТОННИЙ;
- аперіодичний;
- КОЛИВАЛЬНИЙ.



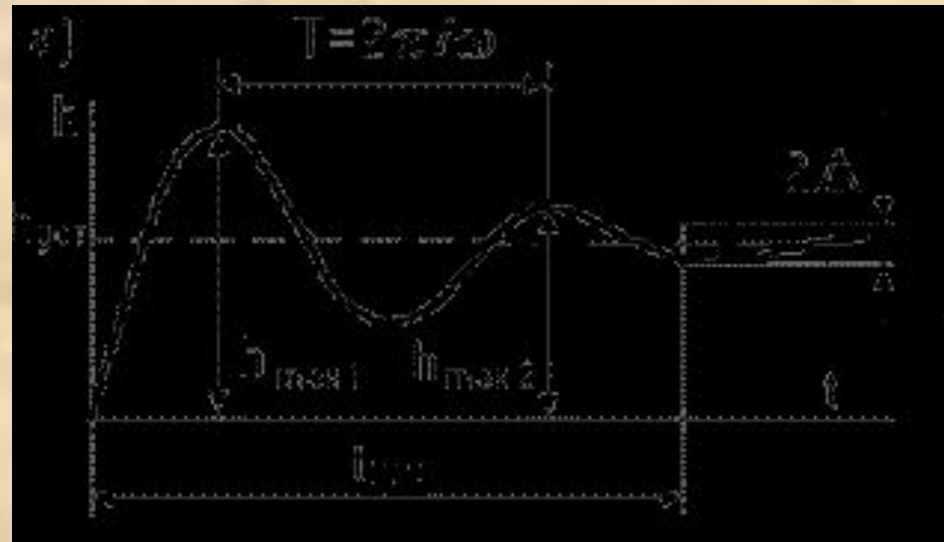
Прямі показники:

*тривалість перехідного процесу  $t_{np}$*

інтервал часу від моменту подачі на вхід системи  $\mathbf{1(t)}$  до моменту часу, після якого виконується нерівність:

$$|h(t) - h_{CT}| \leq \Delta$$

$$\Delta = 5\% h_{CT}$$



# Алгоритм визначення тривалості перехідного процесу

- за графіком ОПФ знайти стале значення вихідного сигналу  $h_{CT}$ ;
- обчислити  $\Delta$ ;
- на графіку ОПФ в масштабі провести горизонтальні прямі, що відповідають  $h_{CT} + \Delta$  та  $h_{CT} - \Delta$ ;
- знайти точку на графіку ОПФ, після якої значення  $h(t)$  не виходить за межі горизонтальних прямих  $h_{CT} + \Delta$  та  $h_{CT} - \Delta$ ;
- з цієї точки опустити на вісь часу перпендикуляр;
- записати значення  $t_{nn}$

Прямі показники:

*перерегулювання* (заброс):

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{CT}}{h_{CT}} \cdot 100\%$$

$$10\% \leq \sigma \leq 30\%$$

# Непрямі показники визначаються по АЧХ замкнутої системи:

показник коливальності:

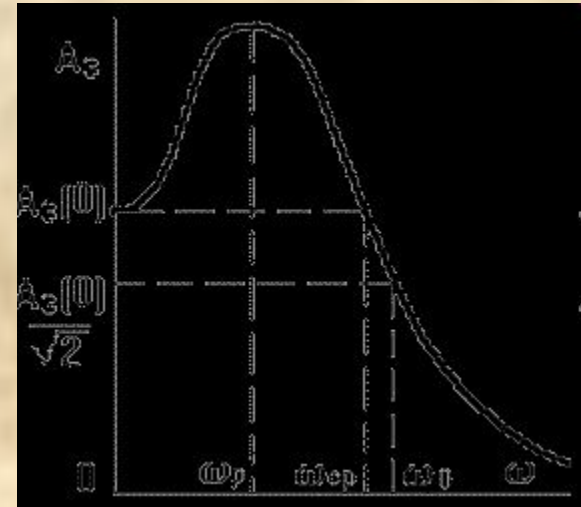
$$1.1 \leq M \leq 1.5$$

$$M = \frac{A_{\max}}{A(0)}$$

полоса пропускання  $\omega_0$

$$A(\omega_0) \leq A(0) / \sqrt{2}$$

резонансна частота  $\omega_p$



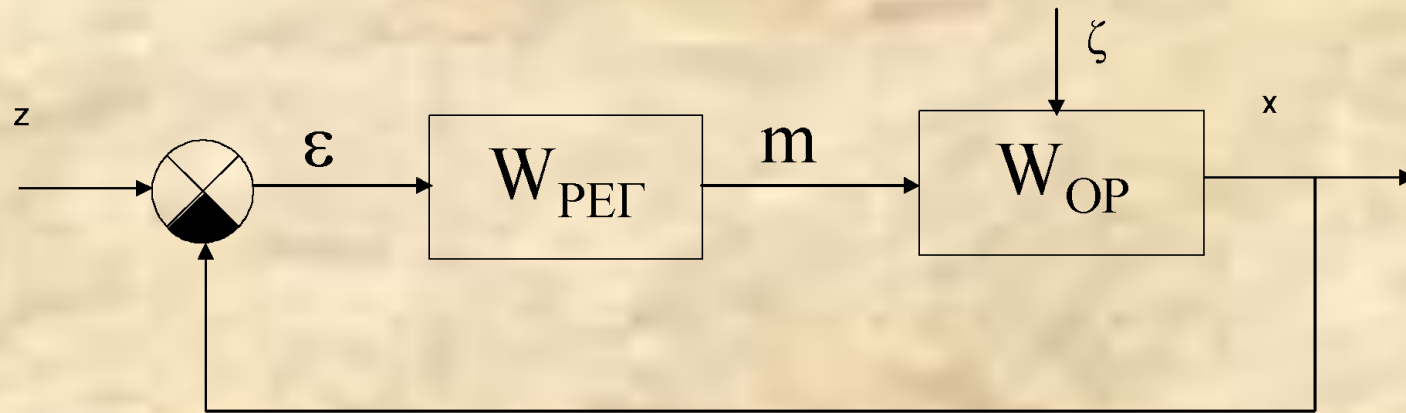
В ТАУ можно выделить две характерные задачи:

- 1) в заданной САУ найти и оценить переходные процессы - это задача анализа САУ;
- 2) по заданным переходным процессам и основным показателям разработать САУ - это задача синтеза САУ

Питання 4.  
Поняття закону регулювання



Закон регулювання – це конкретне правило формування управляючого сигналу, яке дозволяє визначити його поточне значення для заданих умов.



Закон регулювання встановлює математичний зв'язок регулюючого фактору  $m$  з сигналом  $\varepsilon$  в процесі регулювання



# Закони регулювання

**П-закон** (пропорційний закон регулювання)

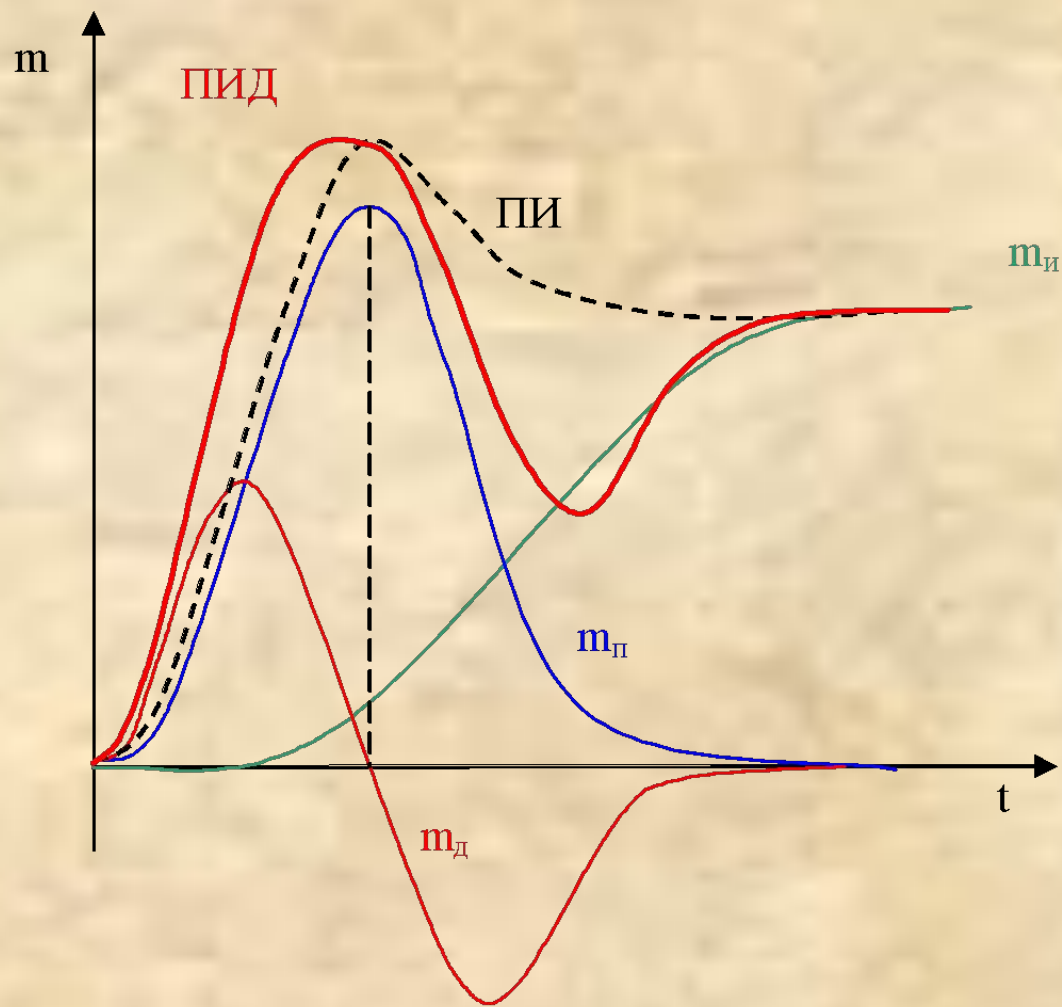
$$m = K_D \cdot \varepsilon$$

**И-закон** (інтегруючий закон регулювання)

$$m = \int_0^t \frac{1}{T_c} \cdot \varepsilon dt$$

**ПИД-закон** (ускладнений закон регулювання)

$$m = K_D \cdot \varepsilon + K_C \cdot \int_0^t \varepsilon dt + K_A \cdot \varepsilon$$



# Завдання на самопідготовку:

Абрамов Ю.А. “Основы пожарной автоматики” стор. 159-174