

## Лекція №8

**ОСОБЛИВОСТІ НЕЛІНІЙНИХ  
СИСТЕМ, ТИПОВІ НЕЛІНІЙНОСТІ.  
ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-  
ДИНАМІЧНИХ СХЕМ НЕЛІНІЙНИХ  
СИСТЕМ. МЕТОД ГАРМОНІЧНОЇ  
ЛІНЕАРИЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ  
СИСТЕМ**

# План лекції

1. Особливості нелінійних систем пожежної автоматики.
2. Типи нелінійностей. Типові нелінійності.
3. Особливості побудови СДС нелінійних систем
4. Гармонічна лінеаризація нелінійностей.
5. Динамічні характеристики нелінійного елемента.

# 1. Особливості нелінійних систем пожежної автоматики.

**Нелінійною системою автоматичного управління (НСАУ)** називається система, що описується диференціальними рівняннями хоча би одне з яких є нелінійним.

# 1. Особливості нелінійних систем пожежної автоматики.

1. До таких систем не застосуємо принцип суперпозиції.
2. Елементи таких систем не володіють властивістю комутативності.
3. Динамічні процеси в таких системах описуються нелінійними диференціальними рівняннями.
4. Можливо існування стійких періодичних рухів **автоколивань**.
5. Існує принципова можливість вдосконалення показників якості таких систем.

## 2. Типи нелінійностей. Типові нелінійності.

- статичні нелінійності;
- динамічні нелінійності.

**Статичні нелінійності** - це елементи, вихідний та вхідний сигнали яких пов'язані нелінійними функціональними залежностями .

**Динамічні нелінійності** - це такі елементи, які описуються нелінійними диференціальними рівняннями .

# Типові нелінійності:

## 1. Нелінійність типу насичення:

$$y = \begin{cases} k x, & |x| \leq \sigma; \\ B \operatorname{sign} x, & |x| > \sigma. \end{cases}$$

підсилювачі з великим значенням вхідного сигналу; електродвигуни

# Типові нелінійності:

## 2. Нелінійність з зоною нечутливості:

$$\mathbf{y} = \begin{cases} 0, & |\mathbf{x}| \leq \sigma; \\ \mathbf{k}(\mathbf{x} - \sigma), & \mathbf{x} > \sigma; \\ \mathbf{k}(\mathbf{x} + \sigma), & \mathbf{x} < -\sigma. \end{cases}$$

підсилювач при низькому рівні вхідного сигналу, потенціометричні датчики, пристрої з пружинним навантаженням, яку використовують для зменшення люфту

# Типові нелінійності:

## 3. Нелінійність з зоною нечутливості і насиченням:

$$y = \begin{cases} 0, & |x| \leq \sigma_1; \\ k(x - \sigma_1), & \sigma_1 < x < \sigma_2; \\ k(x + \sigma_1), & -\sigma_2 < x < -\sigma_1; \\ B \operatorname{sign} x & |x| > \sigma_2. \end{cases}$$



# Типові нелінійності:

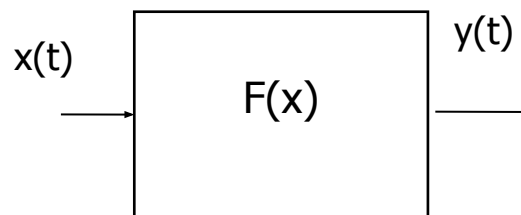
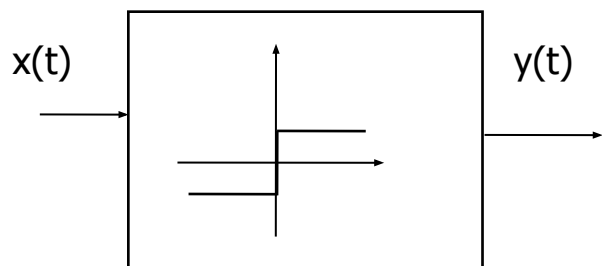
## 4. Нелінійність типу 3-х позиційне реле:

різноманітні реле: напівпровідникові,  
електромагнітні реле

$$\mathbf{y} = \begin{cases} \mathbf{B} \operatorname{sign} \mathbf{x}, & |\mathbf{x}| \geq \sigma; \\ 0, & |\mathbf{x}| \leq \sigma. \end{cases}$$

# 3. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СДС НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ

нелінійні елементи позначаються на схемі



## 4. ГАРМОНІЧНА ЛІНЕАРИЗАЦІЯ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ

*Суттєвість методів дослідження нелінійних систем з використанням гармонічної лінеаризації нелінійностей полягає в тому, що для гармонічного сигналу нелінійності уявляються у вигляді еквівалентних лінійних елементів, а дослідження системи проводиться не для всієї змінної, а тільки для її першої гармоніки.*

## 4. ГАРМОНІЧНА ЛІНЕАРИЗАЦІЯ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ

*Суттєвість методів дослідження нелінійних систем з використанням гармонічної лінеаризації нелінійностей полягає в тому, що для гармонічного сигналу нелінійності уявляються у вигляді еквівалентних лінійних елементів, а дослідження системи проводиться не для всієї змінної, а тільки для її першої гармоніки.*

# Умови застосування методу:

- в системі повинні існувати автоколивання;
- лінійна частина нелінійної системи повинна бути фільтром низьких частот.

Вхідний сигнал:  $x(t) = A \sin \omega_A t$

Вихідний сигнал:

$$y(t) = C_0 + C_1 \sin \omega_A t + C'_1 \cos \omega_A t + \\ + C_2 \sin \omega_A t + C'_2 \cos \omega_A t + C_3 \sin \omega_A t + C'_3 \cos \omega_A t + \\ \dots + C_n \sin \omega_A t + C'_n \cos \omega_A t$$

Після застосування методу гармонічної лінеаризації вихідний сигнал можна представити у вигляді

$$\mathbf{y}(\mathbf{t}) \approx \mathbf{C}_1 \sin \omega_A \mathbf{t} + \mathbf{C}'_1 \cos \omega_A \mathbf{t}$$

$$\mathbf{C}_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \mathbf{F}(\mathbf{A} \sin \omega_A \mathbf{t}) \sin \psi \, d\psi$$

$$\mathbf{C}'_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \mathbf{F}(\mathbf{A} \sin \omega_A \mathbf{t}) \cos \psi \, d\psi$$

## 5. Динамічні характеристики нелінійного елемента.

Передаточна функція (залежить від амплітуди, частоти, оператора Лапласу )

$$I(A, \omega, p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{C_1}{A} + \frac{C_1'}{A} \frac{p}{\omega}$$

АФХ нелінійного елемента

$$I(A, \omega, p)|_{p=j\omega} = I(A, \omega, j\omega) = \frac{C_1}{A} + \frac{C_1'}{A} \frac{j\omega}{\omega} = I(A)$$

## 5. Динамічні характеристики нелінійного елемента.

Особливостями еквівалентної ПФ НЛЕ є:

1. Вона встановлює зв'язок між зображенням за Лапласом першої гармоніки вихідного сигналу та гармонічним входним сигналом.
2. Вона є функцією трьох аргументів (амплітуди та частоти автоколивань, а також змінної  $p$ ).



# Завдання на самопідготовку:

- Абрамов Ю.А. “Основы пожарной автоматики” стор. 182-191