

## Лекція 2: Методи опису великих систем

1. Опис у часовій області.
2. Диференційні, різницеві рівняння, перехідні та імпульсні характеристики
3. Класифікація за походженням: штучні, змішані, природні системи..
4. Можливі класифікації систем. Поняття поведінки і складності як ознаки класифікації..

### 1. Характеристики систем абстрактної структури

У найбільш загальній формі можна представити абстрактну систему з набором параметрів  $S$  у вигляді так званого «чорного ящика»: загальна структура системи - типи і характеристики вузлів, елементів субблоків, зв'язки між ними - нам не відомі. На вхід системи надходять сигнали  $x_1, x_2, \dots, x_N$  носії інформації самого різного характеру. З виходу системи знімаються сигнали  $y_1, y_2, \dots, y_M$  - результати обробки вхідних сигналів. Крім того, в системі циркулюють заважають сигнали  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ , які зазвичай називають шумами або перешкодами. У термінах « шум », « перешкода » зазвичай вкладається різний зміст. Шуми можуть виникати всередині самої системи (теплові шуми активних елементів, струми зміщення в конденсаторах, вихрові струми в індуктивних елементах та ін.) шуми і перешкоди можуть бути присутніми в суміші з корисними сигналами. У кожному конкретному випадку характеристики шумів і перешкод, функція взаємодії і перешкод з корисними сигналами розглядаються окремо. Наприклад, перешкода може бути адитивною: . Можуть бути і більш складні функції взаємодії сигналу і перешкоди. Шуми, що виникають всередині системи або в каналах передачі корисних сигналів, як правило, є адитивними. Надалі для стислості шуми і перешкоди будемо називати просто перешкодами, якщо це не призводить до плутанини. Вектор вихідних сигналів являє собою якийсь функціонал взаємодії сигналів, шумів і перешкод:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_M) =$$

Розмірності векторів

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_N), \quad \Xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k), \quad Y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$$

в загальному випадку різні. Завдання проектування будь-якої системи - знайти максимум функціоналу за обраним критерієм  $Q$ , варіюючи параметри  $S = (s_1, s_2, \dots, s_k)$ , які нам відомі:

$$Q = \max_S \Psi(x, \xi)$$

При своїй зовнішній простоті висловлювання не можуть бути використані для отримання прямої відповіді на питання про структуру і параметри системи. Тому при проектуванні (у формальній математичній постановці - при синтезі) складної системи необхідно накладати безліч обмежень на структуру і параметри системи, які обирають з умов фізичної реалізованості або неформально - на основі інтуїції, що базується, в свою чергу, на попередньому досвіді розробки складних систем. Метод «чорного ящика» має основне достоїнство - простоту. Зазвичай складові функціоналу зв'язку між входом і виходом системи можна виразити досить просто:

$$y_i = f(x, \xi), i$$

причому, як правило не все компоненти векторів впливають на вихідний сигнал. Отже, можна отримати набір співвідношень між вихідним і вхідним сигналами. Дуже часто можна спростити завдання, вважаючи, що розмірності векторів однакові. У цьому випадку можна оперувати з так званою передавальною функцією системи - відносинами компонентів вихідного сигналу і компонентами вхідного сигналу або до компонентів перешкоди ( При цьому може виникнути ситуація, коли при деякому передавальна функція формально прагне до нескінченності. Однак, якщо врахувати принцип причинно - наслідкового зв'язку, цей парадокс легко вирішиться: вихідний сигнал як реакція системи на вхідний сигнал як обурення не може з'явитися раніше вхідного сигналу. Іншими словами, якщо вхідний сигнал відсутній, вихідний сигнал дорівнює нулю за визначенням).

У загальному випадку можна записати передавальну функцію системи у вигляді

$$H(p) = \frac{X(p)}{\Psi[X(p), \Xi(p)]}$$

Якщо припустити, що вхідні сигнали і перешкоди являють собою адитивну суміш:

$$\tilde{x}_i(p) = x_i(p) + \xi_i(p)$$

то можна записати вираз в наступному вигляді:

$$H(p) = \frac{Y(p)}{\tilde{x}(p)}$$

Нарешті, якщо вважати, що сигнали і перешкоди взаємно незалежні, вираз можна записати у вигляді:

$$H(p) = H_x(p) + H_\xi(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$$

де функція являє собою передавальну функцію системи по сигналу, а - передавальний функцію по заваді.

## 2. Класифікація за походженням: штучні, змішані, природні системи.

Класифікацією називається ділення на класи по найбільш істотних ознаках. Під класом розуміється сукупність об'єктів, що володіють деякими ознаками спільності. Ознака (або сукупність ознак) є основою (критерієм) класифікації.

<i>Основа (критерій) класифікації</i>	<i>Класи систем</i>
По взаємодії із зовнішнім середовищем	Відкриті Закриті Комбіновані
За структурою	Прості Складні Великі
По характеру функцій	Спеціалізовані Багатофункціональні (універсальні)
По характеру розвитку	Стабільні Що розвиваються
По ступеню організованості	Добре організовані Погано організовані (дифузійні)
По складності поведінки	Автоматичні Вирішальні Самоорганізуючі Передбачаючі Перевтілюючі
По характеру зв'язку між елементами	Детерміновані Стохастичні
По характеру структури керування	Централізовані Децентралізовані
По призначенню	Виробляючі Керуючі Обслуговуючі

Дана класифікація має принципово важливе значення, тому що використовується для побудови математичних моделей (ММ) систем. По своїх властивостях системи можуть бути класифіковані по наступних ознаках [Мороз А.І. Курс теорії систем. - М: ВШ, 1987.].

Динамічні системи характеризуються тим, що їх вихідні сигнали в цей момент часу визначаються характером вхідних впливів минулого і теперішнього (залежить від передісторії). А якщо ні, то системи називають статичними.

Прикладом динамічних систем є біологічні, економічні, соціальні системи; такі штучні системи як завод, підприємства, потокова лінія і т.д.

Детермінованою називають систему, якщо її поведінку можна абсолютно точно передбачити. Система, стан якої залежить не тільки від контрольованих, але й від неконтрольованих впливів або якщо в ній самій перебуває джерело випадковості, зветься стохастичною. Приведемо приклад стохастичних систем, це – заводи, аеропорти, мережі й системи ЕОМ, магазини, підприємства побутового обслуговування і т.д.

Розрізняють системи лінійні й нелінійні. Для лінійних систем реакція на суму двох або більше різних впливів еквівалентна сумі реакцій на кожне збудування окремо, для нелінійних – це не виконується.

Якщо параметри систем змінюються в часі, то вона називається нестационарною, протилежним поняттям є поняття стаціонарної системи.

Приклад нестационарних систем – це системи, де процеси, наприклад, старіння є на даному інтервалі часу істотними.

Якщо вхід і вихід системи вимірюється або змінюється в часі дискретно, через крок  $\Delta t$ , то система називається дискретною. Протилежним поняттям є поняття безперервної системи. Наприклад: ЕОМ, електронний годинник, електролічильник – дискретні системи; пісковий годинник, сонячний годинник, нагрівальні прилади і т.д. – безперервні системи.

Система може бути охарактеризовано одним або декількома ознаками й відповідно їй може бути знайдене місце в різних класифікаціях, кожна з яких може бути корисною при виборі методології

дослідження. За звичай ціль класифікації обмежити вибір підходів до відображення систем, виробити мову опису, що підходить для відповідного класу.