

2.3 Ідентифікація динамічних об'єктів

Поняття ідентифікації є доволі широким. Згідно тлумачним словникам, ідентифікація (від лат. *identifico* — ототожнюю), визнання тотожності, ототожнення об'єктів, пізнання. ДСТУ 2226-93 визначає ідентифікацію як процес установлення відповідності між об'єктом та його ідентифікатором.

У теорії управління широкого поширення набули математичні моделі об'єктів управління, використовувані як для аналізу, так і для синтезу систем регулювання. Більшість дослідників розуміють ідентифікацію як побудову математичної моделі об'єкта.

Динамічний об'єкт – це об'єкт, вихід якого залежить не лише від поточних значень вхідних сигналів, але і від їх значень в попередні моменти часу. Часто поточне значення виходу залежить і від його попередніх значень.

Динамічний об'єкт, що ідентифікується, прийнято представляти у виді, показаному на рис. 2.1, де t - час; $u(t)$ - контрольований (іноді керований) вхідний сигнал; $\tilde{y}(t)$ — теоретичний вихід об'єкту; $y(t)$ - спостережуваний вихід об'єкту; $e(t)$ - адитивна завада, що відображає дію випадкових чинників (шум спостереження),.

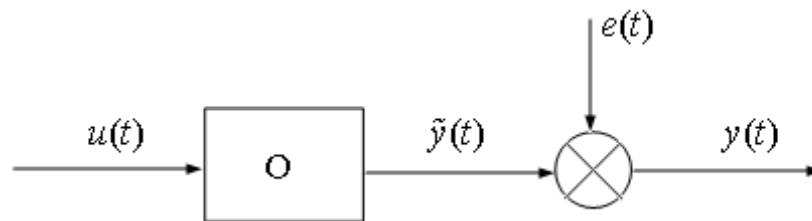


Рис. 2.1 – Загальне представлення об'єкту O, що ідентифікується

Задача ідентифікації складається у виявленні зв'язку між вхідним і "теоретичним" вихідним сигналами, який задається у вигляді деякого оператора ψ (оператор – правило перетворення якої-небудь функції в іншу функцію):

$$\tilde{y}(t) = \psi[u(t)]. \quad (2.1)$$

При цьому спостережуваний вихід об'єкту може бути описаний співвідношенням

$$y(t) = \psi [u(t)] + e(t). \quad (2.2)$$

Мета ідентифікації: на підставі спостережень за вхідним $u(t)$ і вихідним $y(t)$ сигналами на певному інтервалі часу визначити вид оператора, що зв'язує вхідний і теоретичний вихідний сигнали. Іноді завдання визначення математичної залежності можна вирішити чисто аналітичним шляхом.

Приклад. Розглянемо простий згладжуючий фільтр (RC-коло), показаний на рис. 2.2.

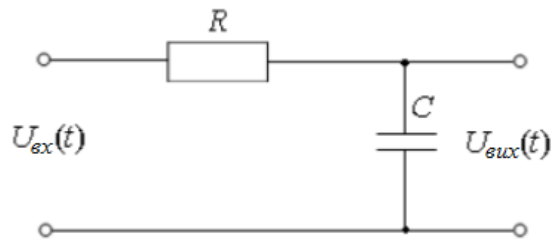


Рис. 2. 2 – Просте RC-коло

Якщо позначити

$$U_{\text{вх}}(t) = u(t), U_{\text{вих}}(t) = y(t), \quad (2.3)$$

то, виходячи з відомих законів електротехніки, для нього можна записати:

$$RC \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = u(t). \quad (2.4)$$

Аналітичним методом ми отримали математичну модель RC-кола у вигляді диференціального рівняння першого порядку, яке можна використати для визначення виходу об'єкту при відомому вхідному сигналі.

Методи ідентифікації поділяють за способом опису процесів в системі, а також по виду характеристик, використовуваних при їх реалізації. Розрізняються часові, дисперсійні, кореляційні та спектральні методи ідентифікації.

Зазвичай ідентифікація – багатоетапна процедура. Основні її етапи наступні:

а) структурна ідентифікація полягає у визначенні структури математичної моделі на підставі теоретичних міркувань;

б) параметрична ідентифікація включає в себе проведення ідентифікуючого експерименту і визначення оцінок параметрів моделі за експериментальними даними;

в) перевірка адекватності – перевірка якості моделі в сенсі обраного критерію близькості виходів моделі і об'єкта.

Іноді використовується непараметрична ідентифікація. При непараметричній ідентифікації дослідника мало цікавить, які саме процеси протікають у досліджуваному об'єкті. Об'єкт розглядається як «чорний ящик», входи і виходи якого є функціями часу. Ідентифікація полягає у визначенні математичного оператора, що пов'язує ці функції між собою.

Непараметричну модель можна побудувати за результатами експериментальних досліджень, в яких на вхід об'єкта подається тестовий

сигнал і спостерігається реакція на виході. Результатом при цьому виступають перехідна, вагова, передатна або частотна передатна функція.

Проте таку ідентифікацію навряд чи можна вважати в чистому вигляді непараметричною. Фактично дослідник вибирає певну структуру моделі і оцінює значення її параметрів, наприклад коефіцієнти передачі та сталі часу.

Ідентифікацію часто проводять методом теоретичного аналізу з використанням відомих фізичних законів, процесів і явищ, що відбуваються в об'єктах. Це дає можливість встановити структуру моделі з точністю до ряду невідомих параметрів. Якщо така структура (з точністю до вектора коефіцієнтів β) відома, то при відомому входньому сигналі $u(t)$ опис об'єкту можна представити у виді оператора $F(\beta, t)$, залежного від β і часу t . Після проведення експерименту, що полягає у фіксації входнього і вихіднього сигналів на якомусь інтервалі часу, треба провести обробку експериментальних даних і яким-небудь методом (наприклад, методом найменших квадратів) знайти оцінку вектора параметрів β .

Функціональну схему процесу ідентифікації можна представити у вигляді, зображеному на рис. 2.3.

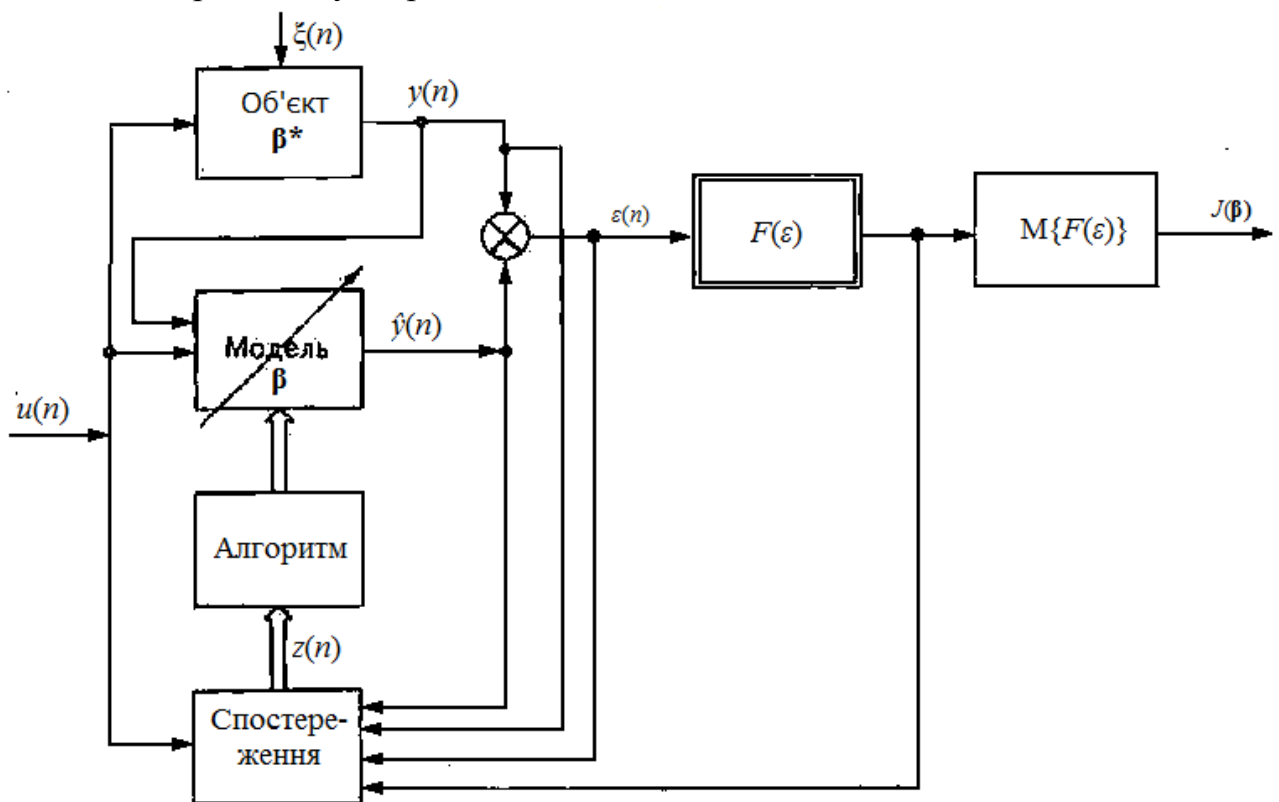


Рис. 2.3 – Функціональна схему процесу ідентифікації

У кожен момент часу $n = 1, 2, \dots, N$ до входів об'єкту і моделі прикладена зовнішня дія $u(n)$. Об'єкт збуджується також деякою випадковою неспостережуваною завадою $\xi(n)$. Вихідна величина об'єкта $y(n)$ залежить як від

зовнішньої дії і завади, так і від невідомого вектора параметрів β^* . Вихідна величина моделі $\hat{y}(n)$ залежить від вектора β параметрів налаштування, який розраховується алгоритмом, що обробляє вектор усіх спостережень $z(n)$. Набір цих спостережень залежить від конкретних завдань ідентифікації.

Різниця вихідних величин об'єкту і моделі утворює нев'язку

$$\varepsilon(z(n), \beta) = y(n) - \hat{y}(n), \quad (2.6)$$

яка надходить на вхід функціонального перетворювача, зображеного на рис. 2.3 подвійним прямокутником.

Далі завжди передбачається, що об'єкт працює в стаціонарному режимі, тобто імовірнісні характеристики послідовностей $y(n)$, $\hat{y}(n)$, а отже, і $z(n)$ не залежать від моменту часу n . Такий режим називається зазвичай режимом нормальної роботи.

Відповідність моделі об'єкту оцінюється критерієм якості ідентифікації

$$J(\beta) = M\{F[\varepsilon(x(n), \beta)]\}. \quad (2.7)$$

Тут $F[\cdot]$ – функціонал втрат, а M – символ математичного очікування.

Критеріями якості ідентифікації (2.7) є середні втрати. Чим менше середні втрати, тим вище якість ідентифікації. Поліпшення якості ідентифікації здійснюється належним вибором структури моделі і зміною її параметрів.

Для створення математичних моделей лінійних динамічних об'єктів (систем) на основі спостережуваних вхідних/вихідних даних використовується пакет System Identification Toolbox (чи просто System Identification), що входить в систему MATLAB. Він має зручний графічний інтерфейс, що допомагає організувати дані і створювати моделі. Графічний інтерфейс запускається з режиму командного рядка командою `ident`.

Графічний інтерфейс пакету дає можливість виконати як попередню обробку даних, так і діалоговий процес ідентифікації моделі і оцінити її якість порівняно з іншими моделями.