

УДК 62-523

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ АВТОМОБІЛЯ

Михалевич М.Г., Гурко О.Г., Ткачов Д. І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

У Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті впродовж декількох років ведуться дослідження щодо розробки автоматизованої системи керування механічною трансмісією великовантажних автомобілів. Одним із завдань при виконанні цієї роботи є розробка кібер-фізичної системи, що поєднуватиме в собі виконані на фізичному рівні електропневматичний механізм керування трансмісією та моделі елементів трансмісії та власне автомобіля. Це дозволить відпрацьовувати алгоритми керування елементом трансмісії (зчепленням або коробкою передач) в різних умовах без встановлення її на реальний транспортний засіб. Для цього необхідно побудувати та дослідити спрощені моделі системи керування трансмісією, щоб на цій базі побудувати більш розвинену кібер-фізичну систему.

Розглянемо електропневматичний підсилювач (ЕПП) зчеплення, що складається з системи електромагнітний клапан (ЕМК) – пневмоциліндр – шток, якою керує електромагнітний клапан. Переміщення штока перетворюється в кут повороту, який вимірюється потенціометричним датчиком. Отже, кожному переміщенню x [мм] штока відповідає певне значення кута α [градуси], що визначається датчиком. Електронний блок керування (ЕБК) повинен забезпечити задане лінійне переміщення штока $x_3(t)$ [мм] (рис. 1). Керуючий вплив u ЕБК представляє собою ШІМ-сигнал, у якому амплітуда змінюється від 0 В до 24 В. Побудуємо комп'ютерну модель системи ЕМК – пневмоциліндр – шток. Будемо розглядати цю систему як деяку чорну скриньку, входом якої є переміщення $x_3(t)$ штока датчика положення педалі зчеплення, а виходом – переміщення штока $x(t)$.

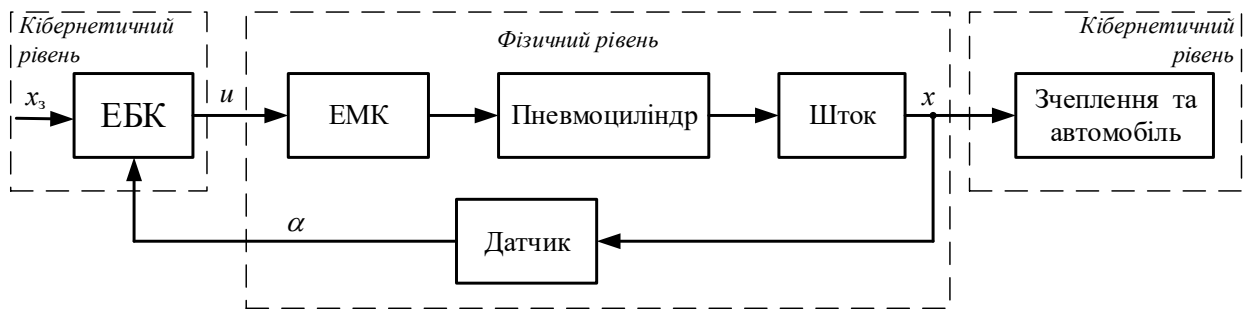


Рисунок 1 – Загальна структура кібер-фізичної системи керування трансмісією

В результаті проведення експериментів над реальним ЕПП зчеплення отримана залежність між його входом $x_3(t)$ і виходом $x(t)$ (рис. 2).

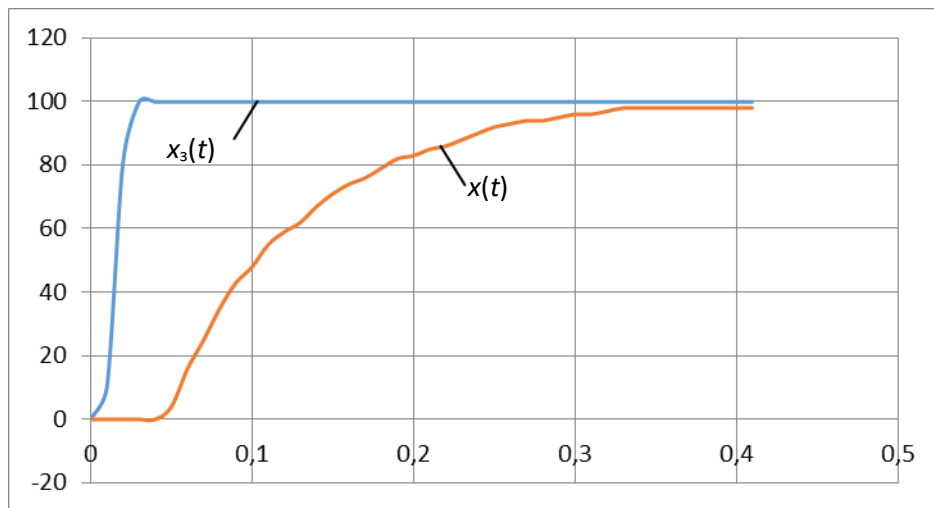


Рисунок 2 – Результати експериментальних випробувань ЕПП зчеплення

При проведенні експерименту здійснювалося переміщення $x_3(t)$ педалі зчеплення в діапазоні від 0 до 100%, що відповідало діапазону від 0 до 23 мм переміщення штока датчика положення педалі зчеплення.

Як впливає з форми вихідного сигналу на рис. 2, розглянуту систему можна в першому наближенні описати у вигляді послідовного з'єднання аперіодичної ланки 1-го і ланки запізнювання, тобто

$$W(s) = \frac{k}{T_1 s + 1} e^{-\tau s}, \quad (1)$$

де k , T_1 та τ – коефіцієнт посилення, постійна часу та час запізнювання, відповідно, що підлягають ідентифікації.

Проте, можливо, що кращий результат надасть аперіодична ланка 2-го порядку):

$$W(s) = \frac{k}{T_2 s^2 + T_3 s + 1} e^{-\tau s}, \quad (2)$$

де T_2 та T_3 – коефіцієнти, що підлягають ідентифікації.

Розглянемо спочатку варіант (1), оскільки саме така модель широко використовується на практиці при наближеному описі динаміки аперіодичних систем навіть досить високого порядку [1]. З рис. 2 можна визначити наближені значення k , T_1 і τ : $k = 0,98$, $T_1 = 0,06$ с (за критерієм 2% точності), $\tau = 0,04$ с.

Ці значення можна уточнити за допомогою будь-якого з числових методів оптимізації, що дозволяють мінімізувати помилку між виходами реальної системи і її моделі на основі відомої інформації про входи і виходи реальної системи (рис. 3).

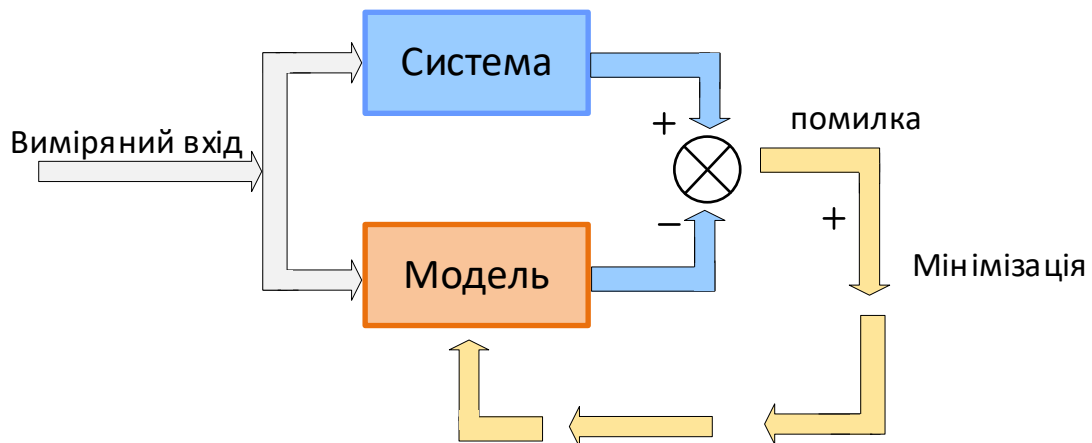


Рисунок 3 – Процедура ідентифікації моделі системи

Автоматизувати цю процедуру дозволяє додаток до пакета MATLAB System Identification Toolbox [2].

В результаті ідентифікації отримані наступні параметри передаточної функції: $k = 0,98$, $T_1 = 0,077$ с, $\tau = 0,03$ с. Результат моделювання надано на рис. 4.

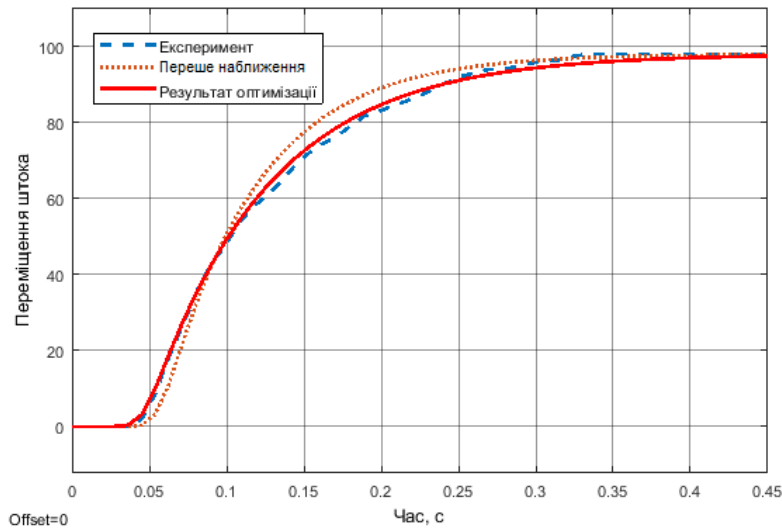


Рисунок 4 – Результат апроксимації ЕПП зчеплення системою 1-го порядку

При описі системи за допомогою залежності (2) отримані наступні значення параметрів: $k = 0,98$, $T_2 = 8,52 \cdot 10^{-5}$, $T_3 = 0,079$, $\tau = 0,03$ с. Як бачимо, значення параметрів k та τ не змінилися, значення T_3 незначно відрізняється від T_1 у (1), а значення T_2 достатньо мале, тому перехідна функція системи (2) практично не відрізняється від перехідної функції системи (1) (рис. 5).

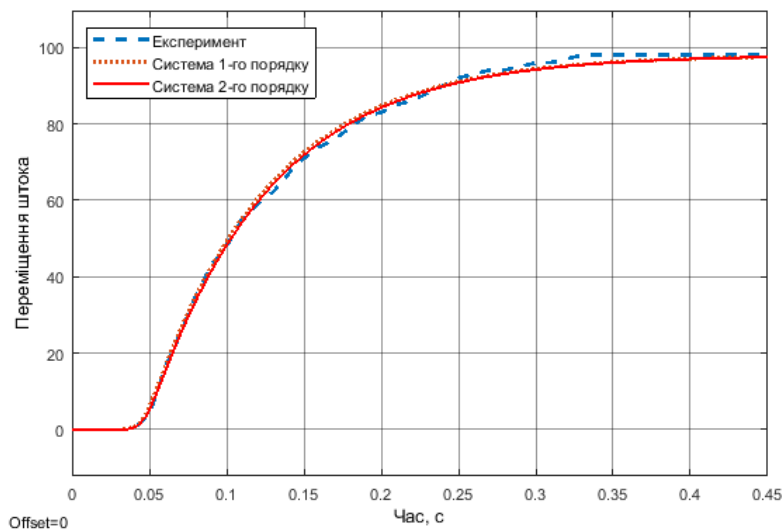


Рисунок 7 – Порівняння перехідних функції систем 1-го та 2-го порядків

Таким чином, оскільки значення T_2 дуже мале у порівнянні з T_3 і ним можна знехтувати, а, в свою чергу, $T_3 \approx T_1$, то можна вважати, що система має 1-й порядок, тобто описується залежністю (1). Цю залежність можна

використовувати при побудові кібер-фізичної системи керування трансмісією автомобіля.

Література:

- [1] Xue D., Chen Y., Atherton D.P. Linear Feedback Control. Analysis and Design with MATLAB. Philadelphia: SIAM, 2007. 356 p.
- [2] Verhaegen M., Verdult V., Bergboer N. Filtering and system identification: an in-troduction to using MATLAB software //Delft University of Technology. V. 68. 2007. 163 p.