Лисогор В. М.

Зелінська О. В.

Вінницький національний аграрний університет

УДК 519.857:621.929.7:631.3

СТРУКТУРНА ДВОХРІВНЕВА ЛОГІКО-ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ВІБРОУДАРНИМИ ПРИСТРОЯМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Предложена и разработана двухуровневая структурная логико-динамическая модель управления вибрационными и виброударными устройствами сельскохозяйственных машин с многоэтапными рабочими циклами силовой нагрузки, которые включают исполнительное звено-вибростол и устройства регулируемой интенсивности силового влияния.

Proposed and developed a two-level structural logic-dynamic model of vibration and vibroudarnymy devices agricultural machines with multi-stage workflows power load, including executive-link vibrostil and devices controlled intensity of force.

Вступ. Використання віброударних пристроїв у сільськогосподарському виробництві має достатньо широке розповсюдження. Відомі фундаментальні дослідження наукової школи Р.Д. Ісковича-Лотоцького [1,2] на терені розробки процесів та машин вібраційних і віброударних технологій. Опубліковані монографії К.Д. Жука та його учнів [3,4] у новому напрямку теоретичних розробок наукових досліджень по створенню ієрархічних структур моделювання логіко-динамічних систем, які можливо використати для функціонування технологічними системами [5]. Підводячи підсумок вступної частини стверджуємо, що створення двохрівневої структурної логіко-динамічної моделі управління віброударними пристроями сільськогосподарських машин є достатньо актуальною темою, що чекає свого повного чи часткового вирішення.

Мета публікації. Запропонувати і розробити двохрівневу структурну логіко-динамічну модель управління вібраційними та віброударними пристроями сільськогосподарських машин з багатоетапними робочими циклами силового навантаження.

Постановка задачі дослідження. Аналіз дослідження динаміки спеціального вібропреса полягає в тому, що сукупність інерційних елементів, що зв'язані пружними та дисипасивними ланками складають цей вібропрес зі зворотньо гвинтовим рухом вібростолу, який є і верхнім рівнем системи. Гідроімпульсний привід (ГІП) з віброзбуджувачем та допоміжними елементами, утворюють на системній мові, нижній рівень спеціального вібропреса [1], а разом верхній та нижній рівні складають повний спеціальний вібропрес.

Запропонована публікація присвячена викладенню сутності методики структурного моделювання логіко-динамічної системи [3], яка дає можливість формального опису системи на різних рівнях її представлення. Сукупність структурних елементів множини $\{E_1, E_2, ..., E_N\}$ повинні бути упорядковані по заданому принципу, де виділені множини вхідних змінних $\{x_1^e, x_2^e, ..x_i^e, ..., x_N^e\}$, вихідних змінних $\{y_1^e, y_2^e, ..., y_i^e, ..., y_N^e\}$. Сукупність елементів визначимо як множину локальних одиниць системи. Формальний опис такої сукупності отримаємо об'єднанням описів окремих елементів, на які ми попередньо розщепили віброударну систему сільськогосподарського призначення. Опишемо спочатку окремі елементи системи: гідроциліндр, вібростіл, упорний підшипник, шарнір, кривошип, пружне повернення з шарнірами, станина, пружини, штокова порожнина гідроциліндра, плунжери гідроциліндрів, вібрgroзбуджувачі, амортизатори, рухома траверса, пневмоциліндр, штоки, капсула, заготовка, пуансон. Наведені складові елементи складають реальний промисловий спеціальний вібропрес [1]. Зауважимо, що перераховані елементи складають структуру системи. Гідравлічні та пневматичні лінії зв'язку будуть досліджуватись у подальших публікаціях.

Матеріали основного результату.

Позначимо вхідні змінні елементів множиною $\{x_1^e, x_2^e, ...x_i^e, ..., x_N^e\}$, вихідні змінні – через множину $\{y_1^e, y_2^e, ..., y_i^e, ..., y_N^e\}$. З точки зору формального опису елемента збільшення мірності вхідних і вихідних змінних приводять до того, що у загальному випадку необхідно оперувати не скалярними, а векторними величинами. Тоді X_i^e та Y_i^e будуть відповідно векторами входу та виходу *i*-го елементу.

Кожний елемент будемо характеризувати перетворенням входу у вихід, математичним виразом є оператор перетворення у загальному випадку нелінійний для i - го елемента $G_i^a = (D, (\cdot)), D \equiv d/dt,\ i = 1,2,...,N.$ У лінійному випадку це – передатна функція елемента

$$G_i^e = G_i(D),$$

що мають вид

$$G_i^e(D) = B_i(D)/A_i(D),$$

$$B_i(D) = b_m D^m + b_{m-1} D^{m-1} + ... + b_1 D + b_0$$

$$A_i(D) = a_n D^n + a_{n-1} D^{n-1} + ... + a_1 D + a_0$$

Оскільки для фізично реалізуємих систем $m \le n$. Таким чином, лінійні та нелінійні елементи можуть бути описані відповідно операторними рівняннями виду

$$Y_i^e = G_i^e(D) X_i^e;\ Y_i^e = G_i^e(D, X_i^e), \qquad (1)$$

або диференційними рівняннями в операторній формі запису відповідно:

$$A_i(D) Y_i^e = B_i(D) X_i^e;\ F_i^e(Y_i^e, X_i^e, D) = 0, \qquad (2)$$
$$D \equiv d/dt,$$

або системою диференціальних рівнянь вхід-вихід-стан (нормальна форма у лінійному випадку)

$$\dot{X}_i = AX_i + BX_i^e;\ Y_i^e = CX_i + DX_i^e, \qquad (3)$$

де X_i вектор стану, *A, B, C, D* – матриці коефіцієнтів. У нелінійному випадку:

$$\dot{X} = F_{ix}(X_i, X_i^e);\ Y_i^e = F_{iy}(X_i, X_i^e) \qquad (4)$$

Зауважимо, що складові елементи, в свою чергу, можуть бути розбиті ще на мілкіші частки. Але на даному етапі нас задовольняє дворівневий підхід. Нормальна форма запису рівнянь (3), (4) вхід-вихід-стан зручна для програмування на комп'ютері, операторна форма запису зручна при аналітичному аналізі та синтезі структури. Операторна форма представлення перетворення елемента (1) використовуємо для формального опису складових елементів.

Множина вхідних змінних елементів утворила вектор входів у вигляді:

$$X_e = \{X_1^e, X_2^e, ..., X_i^e, ..., X_N^e\}. \qquad (5)$$

Множина вихідних змінних, що утворили вектор виходу елементів:

$$Y_e = \{Y_1^e, Y_2^e, ..., Y_i, ..., Y_N^e\}, \qquad (6)$$

Сукупність елементів відповідно, опишемо множинною операторних рівнянь, аналогічно (1) у лінійному випадку, отримаємо:

$$Y_e = G_e(D) X_e, \qquad (7)$$

де $G_e(D)$ - квадратна діагональна матриця множини елементів розмірності у загальному випадку має розмірність $N \times N$ у лінійному вигляді прийме вид:

$$G_e(D) = \begin{bmatrix} G_1^e(D) & & & 0 \\ & ... & & \\ & & G_i^e(D) & \\ & & ... & \\ 0 & & & G_N^e(D) \end{bmatrix}. \qquad (8)$$

У нелінійному отримаємо таке представлення:

$$Y_e = G_e(D, X_e) \qquad (9)$$

Описане представимо у графічному вигляді (рис. 1). З рисунка зрозуміло, що скалярний випадок буде відображати таку структурну одиницю (Рис. 1а), для векторного випадку характерні такі закономірності (рис. 1б, в).

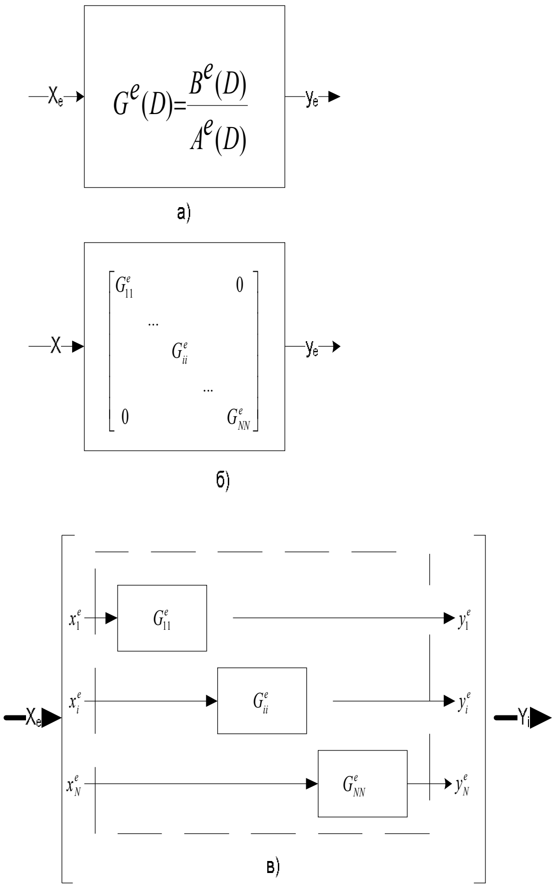

Рис. 1. Структурна реалізація логіко-динамічної моделі управління віброударними елементами сільськогосподарських машин

Функціонування нелінійної системи (9) представимо так:

$$G_e(D,X_e)=\begin{bmatrix} G_1^e(D,X_1^e) \\ .... \\ G_i^e(D,X_i^e) \\ .... \\ G_N^e(D,X_N^e) \end{bmatrix}. \qquad (10)$$

Для лінійних систем у просторі станів є вірним:

$$\overset{\bullet}{X} = AX_i + BX_i^e,\ i=1,2,...,N, \qquad (11)$$

$$Y_i^e = CX_i + DX_i^e,\ i=1,2,...,N. \qquad (12)$$

Для нелінійних елементів рівняння матиме вид:

$$\overset{\bullet\ e}{X_i} = F_{ix}(X_i,X_i^e),\ i=1,2,...,N \qquad (13)$$

$$Y_i^e = F_{iy}(X_i,X_i^e),\ i=1,2,...,N \qquad (14)$$

Таким чином, формальний опис сукупності елементів полягає в описі усієї множини елементів, наприклад, у лінійному випадку за допомогою операторної матриці перетворення, яка має *N* упорядкованих операторних перетворень елементів. Розповсюдимо тепер цей опис на різні рівні представлення системи. Виконаємо це для більшої наглядності і за допомогою структурних схем, які наведені на рис. 1, де проілюстрована ідея вкладення лінійних елементів [3] та сукупності елементів системи для різних рівнів представлення на прикладі складної системи з деякою кількістю рівнів дослідження.

На рис.1а представлений елемент першого рівня представлення системи, яка підлягає подальшому розщепленню. Операторна матриця сукупності елементів (розмірності N_I), фізична сутність якої пояснена на рис. 1б. На рис.1в. представлена сукупність елементів другого рівня (розмірність N_{11}), де матриця другого рівня буде мати вигляд:

$$G^e = \begin{bmatrix} Q_{11}^e & & & 0 \\ & ... & & \\ & & Q_{ii}^e & \\ & & ... & \\ 0 & & & Q_{N11N11} \end{bmatrix}. \qquad (15)$$

У свою чергу Q_{ii} прийме вигляд

$$Q_{ii}^e = \begin{bmatrix} G_{11}^e & & & 0 \\ & ... & & \\ & & G_{ii}^e & \\ & & ... & \\ 0 & & & G_{N1N1}^e \end{bmatrix} \qquad (16)$$

Закономірності взаємодії рівнів зрозуміла, так діяти ми можемо і в подальшій взаємодії рівнів функціонування системи. Наведемо приклад.

Приклад 1. Нехай наш віброударний пристрій складається з двох лінійних динамічних, з'єднаних послідовно елементів з одновиміровими входами та виходами $x_1^e, y_1^e,\ \text{та}\ x_2^e, Y_2^e$ відповідно, що описуються передатними функціями першого порядку

$$y_1^e = (K/T_1D+1)\cdot X_1^e;\ Y_2^e = (K_2/T_2D+1)\cdot X_2^e, \qquad (17)$$

Причому входом системи є вхід першого елемента, виходом – вихід другого елемента. У відповідності із запропонованою нами методикою, опис проведемо у такій послідовності:

- складемо матрицю перетворення сукупності елементів двох рівнів:

$$G_e(D)=\begin{bmatrix} G_1(D) & 0 \\ 0 & G_2(D) \end{bmatrix} \qquad (18)$$

- опишемо вектори нашої системи:

$Y_c = (y_1^c, y_2^c)$ - виходи системи;

$Y_e = (y_1^e, y_2^e)$ - виходи сукупності елементів;

$X_e = (x_1^e, x_2^e)$ - входи сукупності елементів;

$X_c = (x_1^c, x_2^c)$ - входи системи елементів.

Таким чином ми повністю розкрили методику, що розроблена нами для опису динамічних об’єктів, що можуть змінювати свою структуру, та які дозволяють розщепити систему на динамічну та структурну частини і формально їх описати .

Висновки

Запропонована і розроблена дворівнева структурна логіко-динамічна модель управління вібраційними та віброударними пристроями сільськогосподарських машин з багатоетапними робочими циклами силового навантаження, що включають виконавчу ланку вібростіл та пристрої регульованої інтенсивності силового впливу. Для вирішення задачі управління складною системою, якою є вібраційні та віброударні пристрої, використані нові методи дослідження, що побудовані на основі теорії так званих логіко-динамічних систем (ЛДС).

Література

1. Іскович-Лотоцький Р.Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій: Монографія. / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, І.В. Севастьянов. – Вінниця. : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 291 с.
2. Іскович-Лотоцький Р. Д. Вібраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів: Монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 156 с.
3. Жук К. Д. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем: Монографія. / К. Д. Жук, А. А. Тимченко, Т. И.Доленко – Киев.: «Наукова думка» –1975.– 199с.
4. Жук К. Д. «Автоматизированное проектирование логико-динамических систем. / К. Д. Жук, А. А. Тимченко. – Киев. «Наукова думка» – 1981 г. – 450 с.
5. Струтинський В. Б. Моделі контролю і управління багатостадійних логіко-динамічних технологічних систем. / В. Б. Струтинський, Н.Р. Веселовська, О.В. Зелінська // «Наукові нотатки»: Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»), Луцьк: Луцький державний технічний університет.– Випуск № 20. – 2007. – С. 486-490.