

УДК 519.857:621.929.7:631.3

В. М. Лисогор, д-р техн. наук, проф.;**О. В. Зелінська**

ДВОРІВНЕВА ЛОГІКО-ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ВІБРОУДАРНИМИ ПРИСТРОЯМИ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Запропоновано і розроблено дворівневу логіко-динамічну модель управління пристроями сільськогосподарських машин з багатоетапними робочими циклами силового навантаження, що включають виконавчу ланку — вібростіл та пристрої регульованої інтенсивності силового впливу.

Вступ

Використання віброударних пристроїв у сільськогосподарському виробництві має достатньо широке розповсюдження. Використання цих пристроїв залишається визначальною задачею. Відомі ґрунтовні дослідження наукової школи Р. Д. Ісковича-Лотоцького [1, 2] на терені розробки процесів та машин вібраційних та віброударних технологій. Оpubліковані монографії К. Д. Жука та його учнів [3, 4] у новому напрямку теоретичних розробок наукових досліджень зі створення зв'язних багаторівневих логіко-динамічних систем (ЛДС) для управління і моделювання, які можна використати для функціонування сільськогосподарських машин. Підводячи підсумок вступної частини, стверджуємо, що створення дворівневої моделі ЛДМ для управління вібраційними та віброударними пристроями сільськогосподарських машин є достатньо актуальною темою, що чекає свого повного чи часткового вирішення.

Мета роботи — запропонувати і розробити дворівневу 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.

Постановка задачі дослідження

З вищевикладеного випливає, що зв'язність моделі будується на основі використання систем забезпечення гідравлічних, пневматичних, електричних підсистем. Обґрунтуємо необхідність розробки формалізованих підходів ЛДС, використавши неформалізовані результати роботи вібропреса у восьмиетапному робочому циклі [1].

На першому етапі робочого циклу при нерухомих масах переміщення робочої рідини у додатному напрямку зумовлює підвищення тиску у гідросистемі до величини, достатньої для подолання стаціонарного опору [1]. Жорсткість гідросистеми на цьому етапі є постійною, та згідно із законом Гука під час приведення до перерізу гідролінії визначається відповідними формулами. Максимальну початкову деформацію робочої рідини в об'ємі гідросистеми знаходять з умови синхронності початку руху плунжерів кутового та лінійного переміщення. Процес набору тиску на першому етапі представляють відповідними інтегральними виразами [1].

Другий етап циклу вібропреса характеризується рухом відповідних мас. Динамічна модель, що описує другий етап, характеризує сили опору робочої рідини, які обумовлені турбулентним демпфіруванням потоку.

Третій етап робочого циклу вібропреса включає дві динамічні неформалізовані моделі, одна з яких багатомасова, друга — одномасова [1]. Моделі між собою зв'язані жорсткістю гідросистеми, передатним відношенням, значенням деформації.

Четвертий етап робочого циклу вібропреса завершує прямий хід сервоклапана, а клапан основного каскаду віброзбуджувача проходить додатне перекриття. Четвертий етап також описується двома складовими моделями.

П'ятий етап робочого циклу вібропреса містить дві фази — переміщення вібростола у лінійному і кутовому напрямках у крайнє верхнє і повернене положення у разі зменшення деформації робочої рідини у гідросистемі, а також початок зворотного ходу вібростолу.

Шостий етап робочого циклу вібропреса характеризується подальшим зменшенням тиску у гідросистемі і рухом відповідних мас.

Сьомий етап робочого циклу визначається гідравлічним опором дроселя і законом руху сервоклапана віброзбуджувача, що проходить від'ємне перекриття. Сьомий етап представляється трьома динамічними моделями.

Восьмий заключний етап робочого циклу вібропреса описує незалежний рух відповідних мас. Інші ланки вібропреса залишаються нерухомими [1].

Отже, ми отримали повний восьмиетапний неформалізований цикл функціонування спеціального вібропреса [1]. Тепер ми маємо повний набір матеріалу для формалізованого аналізу і синтезу дворівневої логіко-динамічної моделі управління вібраційними та віброударними пристроями сільськогосподарських машин. Таким чином, вперше поставлена нова задача синтезу дворівневої логіко-динамічної моделі управління у сільськогосподарському секторі.

Викладення основного результату публікації

Припустимо, що елементи можуть впливати один на одного через свої входи та виходи, тобто один елемент «сприймає» через свої входи стан усіх або деяких виходів попереднього елемента [3]. Іншими словами, вихід одного елемента стає входом іншого елемента:

$$x_i^e = y_j^e, \quad (1)$$

де x_i^e — вхід елемента E_i ; y_j^e — вихід елемента E_j .

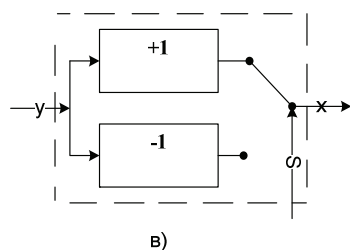
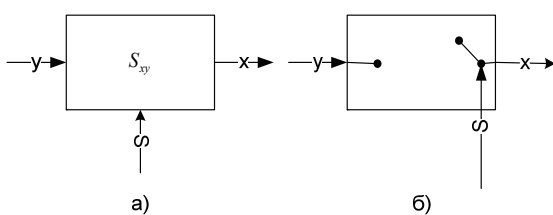
Перетворення виходу елемента E_j у вхід елемента E_i назовемо зв'язком елемента E_j з елементом E_i та позначимо через S_{ij} за аналогією з [3].

Для елементів віброударних пристроїв тих, що мають скалярні входи та виходи змінних зв'язок, будемо записувати у вигляді (рис. а)

$$S_{ij} = S_{xy} (x_i^e y_j^e). \quad (2)$$

Функцію зв'язку (2) будемо визначати як двозначну:

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i^e = y_j^e; \\ 0, & \text{якщо } x_i^e \neq y_j^e. \end{cases} \quad (3)$$



Три види скалярної функції зв'язку

Вираз (3) приймає значення одиниці, коли зв'язок між елементами існує, та нуль — у протилежному випадку (рис. б). Разом з тим функція зв'язку S_{ij} може бути визначена також як тризначна, що приймає множину значень $\{-1, 0, +1\}$. У цьому випадку враховується знак зв'язку (рис. в).

Перейдемо до формалізованого аналізу складніших вузлів віброударних пристроїв, які складаються з неподільних елементів. Ми прийшли до необхідності використання векторного представлення системи, що підлягає аналізу [1, 3].

Введемо визначену векторно-матричну функцію зв'язку, що виконує операцію зв'язування елементів віброударних вузлів. Тоді рівняння (1), набуде вигляду

$$\left. \begin{aligned} x_i^e &= y_j^e, & \text{якщо } S_{ij} &= 1; \\ x_i^e &= 0, & \text{якщо } S_{ij} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (4a)$$

або

$$x_i^e = S_{ij} y_j^e. \quad (46)$$

Вирази (4а), (4б) подібні до гібридної функції [3].

Зауважимо, що зміна зв'язків між елементами в процесі функціонування системи може бути нав'язана їй зовні або викликана зміною параметрів самої системи. Тоді функція зв'язку визначиться таким чином:

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } Q = Q_1; \\ 0 & \text{при } Q = Q_2, \end{cases} \quad (5)$$

де Q_1, Q_2 — деякі умови функціонування системи.

Для випадку, коли входи та виходи вузлів є векторними величинами, рівняння зв'язку одного вектора з іншим набуде вигляду

$$X_i = S_{xy} Y_j. \quad (6)$$

У виразі (6) вектори входу i -го вузла $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{im})$, вектори виходу j -го вузла $Y_j = (Y_{j1}, Y_{j2}, \dots, Y_{jj}, \dots, Y_{jm})$, S_{xy} — матриця зв'язків, яка у загальному випадку набуде вигляду

$$S_{xy} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1j} & \dots & S_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{i1} & \dots & S_{ij} & \dots & S_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} & \dots & S_{nj} & \dots & S_{nm} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

З урахуванням (7) вираз (6) можна представити так:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \dots \\ X_i \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1j} & \dots & S_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{i1} & \dots & S_{ij} & \dots & S_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} & \dots & S_{nj} & \dots & S_{nm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ \dots \\ Y_i \\ \dots \\ Y_m \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Тепер є можливість розглянути питання математичного конструювання матриці зв'язку у системі управління віброударними пристроями сільськогосподарських машин. Припустимо, що аналізована система має відповідні вектори входу та виходу у вигляді множин:

$$\aleph = \{X_1, X_2, \dots, X_s, \dots, X_N\}; \quad (9)$$

$$\phi = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_r, \dots, Y_n\}. \quad (10)$$

У виразах (9), (10), X_s, Y_n у свою чергу також є векторами. Під час складання матриці зв'язку будемо користуватися правилами, що розглядалися раніше:

1. Кожний елемент матриці представляє собою функцію, що набуває значення +1 (-1), якщо зв'язок між відповідними пристроями існує, або нуль — у протилежному випадку.

2. Номери індексів у пристрої S_{ij} матриці повинні вказувати, відповідно: перший — на який елемент існує вплив, другий — від якого елемента цей вплив надходить. Як наслідок цього, під діагоналю запишемо прямі зв'язки у системі, над діагоналю — зворотні, на діагоналі — особисті.

3. Матриця зв'язку системи представляє собою матрицю сукупності відношень між блоками системи. Складність понять «блок-системи» та «сукупність відношень між блоками» залежить від рівня представлення системи. Взагалі, кожен елемент матриці сукупності відношень буде представляти матрицю зв'язку, кожен блок якої, у свою чергу, буде матрицею зв'язку підсистеми, та т. д.

Сказане підтвердимо взаємодією двох рівнів системи таким чином:

$$S_{\text{N}\phi} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1r} & \dots & S_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{s1} & \dots & S_{sr} & \dots & S_{sN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{N1} & \dots & S_{Nr} & \dots & S_{NN} \end{bmatrix}; \quad S_{sr} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1r} & \dots & S_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{i1} & \dots & S_{ij} & \dots & S_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} & \dots & S_{nj} & \dots & S_{nm} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Вказаний процес можна продовжити до вищого або нижчого рівня функціонування системи.

Підтвердимо викладені теоретичні результати контрольним цифровим прикладом.

Приклад. Побудуємо матриці зв'язку у системі розміром 2×2 , оскільки система складається з двох блоків:

$$S_{ec} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad S_{ee} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad (12)$$

$$S_{ce} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad S_{cc} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Тоді рівняння вхід—вихід системи буде виглядати так:

$$\begin{bmatrix} y_1^c \\ y_2^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_1(D) & 0 \\ 0 & G_2(D) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \right\}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} G_1(D) & 0 \\ 0 & G_2(D) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^c \\ x_2^c \end{bmatrix}, \quad (14)$$

або після розкриття виразу (14) отримаємо:

$$\begin{bmatrix} y_1^c \\ y_2^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1(D)G_2(D) & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^c \\ x_2^c \end{bmatrix}, \quad (15)$$

тобто

$$y_1^c = G_1(D)G_2(D)x_1^c. \quad (16)$$

Для послідовного з'єднання ланок рівняння можна записати у вигляді (16).

Таким чином, мета роботи досягнута.

Висновок

Запропоновано і розроблено дворівневу логіко-динамічну модель функціонування вібраційних та віброударних пристроїв сільськогосподарських машин з багатоетапними робочими циклами силового навантаження, що включають виконавчу ланку — вібростіл та пристрої регульованої інтенсивності силового впливу. Кількість етапів, які складають повний цикл, дорівнюють восьми, що повністю задовольняє умови роботи реальної системи. Розроблена модель дозволить розвинути систему з метою її подальшої автоматизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : моногр. / 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 : моногр. / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук. — Вінниця : ВНТУ, 2012. — 156 с.
3. Жук К. Д. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем : моногр. / К. Д. Жук, А. А. Тимченко, Т. И. Доленко. — Киев : Наукова думка. — 1975. — 199 с.
4. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів / А. А. Тимченко. — К. : Либідь, 2004. — 228 с.

Рекомендована кафедрою металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв

Стаття надійшла до редакції 27.06.2013

Рекомендована до друку 12.11.2013

Лисогор Василь Микитович — професор кафедри тракторів, автомобілів і електротехнічних систем;
Зелінська Оксана Владиславівна — старший викладач кафедри економічної кібернетики.

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця