

УДК 531.1

М.М. Мельніченко, асп., М.С. Мірошніченко, канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Ю. Б. Беляєв, проф., д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій, м.Київ

Методика врахування динаміки приводу при складанні моделі механізму з паралельною кінематикою

В статті розв'язано актуальну задачу розробки моделі динаміки механізму з паралельною кінематикою побудованого на базі платформи Хью-Стюарта з приводами від вентильних двигунів. Отримані результати можуть бути використані для керування механізмами подібного типу.

динаміка, гексапод, вентильні приводи

Н. Мельниченко, М. Мирошніченко

Кіровоградський національний технічний університет

Ю. Беляєв

Національний університет харчових технологій, м.Київ

Методика учета динамики привода при составлении модели механизма с параллельной кинематикой

В статье исследована актуальная задача динамики механизма с параллельной кинематикой построенного на базе платформы Хью-Стюарта. Полученные результаты могут быть использованы для управления оборудованием построенным на базе подобного типа

Динамика, гексапод, вентильные приводы

Вступ. Останнім часом станкове обладнання почало стрімко удосконалюватися, на що вказує використання схем з паралельною кінематикою [1]. Однією з таких схем являється шестикоординатна платформа Хью-Стюарта, схема якого показана на рис. 1. В даному механізмі рухома платформа з'єднана з нерухою основою шістьма штангами змінної довжини, кожна штанга з'єднана з основою і рухомою платформою за допомогою шарнірних з'єднань (рис. 1).

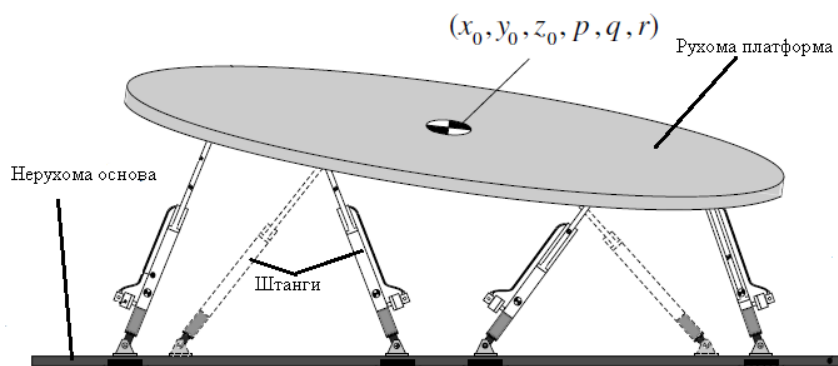


Рисунок 1 - Схематичне зображення платформи Хью-Стюарта

Перспективність механізмів побудованих на базі платформи Хью-Стюарта не викликає сумнівів, а при їх дослідженні виникає потреба в дослідженні її динамічних характеристик. Динамічний аналіз дозволяє врахувати масу і інерційність рухомої платформи під час її руху. Незважаючи на те, що платформа Хью-Стюарта застосовується не одне десятиліття в різних галузях [1], майже відсутні публікації присвячені дослідженню її динаміки і зовсім відсутні роботи, що розглядають динаміку платформи з вентильними електродвигунами у якості приводів зміни довжини штанг. У зв'язку з цим, виникає необхідність дослідити динаміку платформи Хью-Стюарта керованої такими двигунами.

Постановка задачі. Дано шестикоординатну платформу Хью-Стюарта з шістьма штангами, що змінюють свою довжину за допомогою вентильних двигунів. У якості перетворювача обертового руху двигуна у поступальний рух штанги змінної довжини використано передачу типу «гвинт-гайка». Мета цієї статті полягає у визначенні моделі динаміки узагальненого об'єкта керування «двигун-платформа» у вигляді системи диференціальних рівнянь, що пов'язує зміну напруг, що подається на вентильні приводи, із змінами координат центру мас платформи.

Основний матеріал. Для досягнення поставленої мети було розглянуто модель динаміки платформи запропоновану у статті [2]

$$J^{-1}[M(x)\ddot{x} + V(x, \dot{x}) + G + F_{fr}(\dot{x})] = F_p, \quad (1)$$

де $x = (x_0, y_0, z_0, p, q, r)^T$ - вектор узагальнених координат платформи;

x_0, y_0, z_0 - декартові координати куди повинен переміститися центр мас платформи;
 p, q, r - кути повороту платформи навколо осей X, Y, Z системи координат пов'язаної з платформою;

$M(x)$ - позитивно визначена матриця розмірності 6×6 інерції системи, яка характеризує мас-інерційні параметри платформи;

$V(x, \dot{x})$ - представляє вектор розмірності 6×1 і характеризує відцентрові сили і сили Коріоліса;

$F_{fr}(x)$ - вектор сил тертя розмірності 6×1 ; T - знак транспонування;

$G(x)$ - вектор сили тяжіння;

J - матриця Якоби;

$F_p = (F_{p,1}, F_{p,2}, F_{p,3}, F_{p,4}, F_{p,5}, F_{p,6})$ - вектор сил, що діють вздовж штанг змінної довжини, елементи цього вектора мають додатній знак при збільшенні довжини штанги, та від'ємний при зменшенні.

Для доповнення рівняння (1) передаточною функцією вентильного двигуна була перебудована структурна схема такого двигуна, наведена у роботі [3], так, щоб на її вході діяла напруга $U_{y,i}$, а на виході виникала зміна сили $F_{p,i}$ (рис. 2).

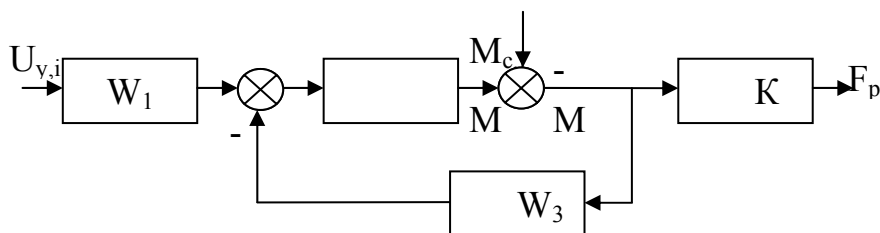


Рисунок 2 – Перебудована структурна схема вентильного приводу

Перетворювач енергії представлений ланкою W_1 і служить для перетворення електроенергії, що надходить з мережі, в електроенергію з такими показниками (напруга, частота, тощо), які необхідні для роботи електромеханічного перетворювача (ланка W_2), який в свою чергу перетворює електричну енергію в

механічну, ланкою К представлено редуктор типу «гвинт-гайка», а ланка W_3 – механічна частина двигуна.

Далі користуючись правилами перетворення структурних схем [4] було визначено дві передаточні функції вентильного двигуна: за сигналом керування W_{21} , та за моментом сил опору W_{22} , та були представлені у наступному вигляді

$$W_{11} = \frac{W_{111}}{W_{110}} \text{ де } W_{111} = J_{np} p \cdot K_{nw} \cdot K_m \cdot K ; W_{110} = T_3 \cdot J_{np} p^2 + J_{np} p + K_m, \quad (2)$$

$$W_{12} = \frac{W_{121}}{W_{120}} \text{ де } W_{121} = T_3 \cdot J_{np} p^2 + J_{np} p ; W_{120} = T_3 \cdot J_{np} p^2 + J_{np} p + K_m, \quad (3)$$

що дозволило визначити зв'язок між силою $F_{p,i}$, та сигналом керування $U_{y,i}$ і моментом сил опору $M_{c,i}$ у вигляді

$$F_{p,i} = W_{11} U_{y,i} + W_{12} M_{c,i} = \frac{W_{111}}{W_{110}} U_{y,i} + \frac{W_{121}}{W_{120}} M_{c,i}, \quad (4)$$

Рівняння (4) дало можливість знайти вектор F_p розмірності 6×1 , який включає сили всіх шести штанг, що діють на рухому платформу. Зазначений вектор сил зв'язаний з вектором сигналів керування $U_y = (U_{y,1}, U_{y,2}, U_{y,3}, U_{y,4}, U_{y,5}, U_{y,6})$ та вектором моментів сил опору $M_c = (M_{c,1}, M_{c,2}, M_{c,3}, M_{c,4}, M_{c,5}, M_{c,6})$

$$F_p = F_p^U + F_p^C = W_{21} U_y + W_{22} M_c = \frac{W_{111}}{W_{110}} \begin{bmatrix} U_{y,1} \\ U_{y,2} \\ \vdots \\ U_{y,6} \end{bmatrix} + \frac{W_{121}}{W_{120}} \begin{bmatrix} M_{c,1} \\ M_{c,2} \\ \vdots \\ M_{c,6} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

Підстановка виразу (5) до правої частини рівняння (1) дозволила отримати розв'язок поставленої задачі у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь, яка після скорочення дробів прийняла вигляд

$$W_{110} \cdot J^{-1} \cdot [M(x)\ddot{x} + V(x, \dot{x}) + G + F_{fr}(\dot{x})] = W_{111} \begin{bmatrix} U_{y,1} \\ U_{y,2} \\ \vdots \\ U_{y,6} \end{bmatrix} + W_{121} \begin{bmatrix} M_{c,1} \\ M_{c,2} \\ \vdots \\ M_{c,6} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Рівняння (6) дає змогу побудувати структурну схему платформи керованої вентильними приводами, яка матиме наступний вигляд (рис. 3)

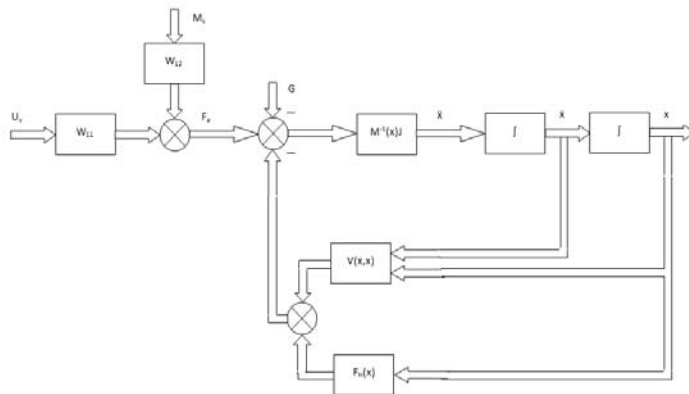


Рисунок 3 – Структурна схема платформи керованої вентильними приводами

В цій структурній схемі ланка W_{11} – це передаточна функція вентильного двигуна за сигналом керування, W_{12} – передаточна функція вентильного двигуна за моментом сил опору, G – вектор сил тяжіння, $V(x, \dot{x})$ – оператор відцентрових сил та сил Кориоліса, $F_{fr}(x)$ – оператор сил тертя, $M(x)J$ – оператор мас-інерційних параметрів платформи і матриця Якоби. Отже було отримано модель, на вході якої діє вектор елементами якого є сигнали керування вентильними приводами, а на виході вектор координат центру мас платформи Хью-Стюарта.

Висновок. Таким чином поєднання відомих рівнянь динаміки платформи Хью-Стюарта та відомостей про передаточні функції вентильних двигунів за сигналом керування та за моментом опору на валу, дозволило отримати зв'язок між зміною напруги керування на вході двигунів та координатами центру мас платформи.

Список літератури

1. В.Л. Афонин Обработка и управление оборудованием нового поколения. Концепция проектирования / В.Л. Афонин, А.Ф. Крайнев, В.Е. Ковалев и др.; под ред В.Л. Афонин. – М.: Машиностроение, 2001. – 256 с.
2. I.Davliakos Model-based control of 6-dof electrohydraulic Stewart-Gough platform / I.Davliakos, E.Papadopoulos/ Mechanism and Machine Theory, 2007.
3. В.И. Доманов Элементы систем автоматики. Учебное пособие / В.И. Доманов, А.В. Доманов/ Ульяновск, 2007.
4. А.А. Воронов. Основы теории автоматического управления.- М.: «Энергия», 1980. -312 с

N.Melnychenko, U. Belyaev, M. Miroshnichenko

The treatment of the dynamics of the drive mechanism in the model to be parallel kinematics

The purpose of this paper is to model the dynamics of certain generalized control object "engine platform" as a system of differential equations that relates the change voltages applied to the valve actuators, as amended coordinate center of mass platform.

In the article studied the dynamics of the actual problem with parallel kinematics mechanism now can not Hugh Stewart. The results can be used to control equipment built on the basis of a similar type.

Thus the combination of known dynamics equations platform-Hugh Stewart and information about the transfer function for brushless signal control and a torque on the shaft resistance, yielded the relationship between the change in voltage control input and coordinate motor center of mass of the platform.

dynamics, hexapod, valve actuators

Одержано 25.04.2013