

УДК 674.053:621.935
 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Л.Ф. Дзюба¹, О.В. Меньшикова², М.І. Кусій³

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, місто Львів
e-mail: lidadz111@gmail.com, ²helga.menshikowa@yandex.ua,
³*e-mail: kusijmiroslava@gmail.com*

Динамічні процеси, що виникають при роботі машин та механізмів, створюють додаткові динамічні навантаження на елементи конструкцій, впливаючи на їхню міцність та витривалість. Для дослідження динаміки машин та механізмів їх подають у вигляді багатомасових еквівалентних розрахункових схем, в яких ураховують ті чи інші особливості конструкцій, зовнішнього навантаження та руху ланок [1]. Оскільки будь-яку машину урухомлює двигун, то динамічна модель машини, яка складається з розрахункової схеми та системи диференціальних рівнянь руху, має враховувати характеристики двигуна. Тому в динамічній моделі потрібно враховувати рух вала двигуна. Якщо двигун є електричним, наприклад, у приводах верстатів, то рух двигуна визначається рівняннями електромагнітного стану.

Метою дослідження є математичне моделювання динамічних процесів привода технологічної машини з урахування електромагнітних процесів двигуна.

Якщо розрахункову схему технологічної машини подати у вигляді моделі з трьома масами зі зведеними до вала електродвигуна параметрами (рис. 1), то записана на підставі рівнянь Лагранжа другого роду система диференціальних рівнянь руху має вигляд (1), де останні два рівняння описують електромагнітний стан двигуна.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = -\frac{k_1}{I_1} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - \frac{c_1}{I_1} (\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{M_{\text{д}}(t)}{I_1}; \\ \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = \frac{k_1}{I_2} \left(\frac{d\varphi_1}{dt} - \frac{d\varphi_2}{dt} \right) - \frac{k_2}{I_2} \left(\frac{d\varphi_2}{dt} - \frac{d\varphi_3}{dt} \right) + \frac{c_1}{I_2} (\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{c_2}{I_2} (\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{M_{T_1}}{I_2}; \\ \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} = \frac{k_2}{I_3} \left(\frac{d\varphi_2}{dt} - \frac{d\varphi_3}{dt} \right) + \frac{c_2}{I_3} (\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{M_{T_2}}{I_3}; \\ \frac{di_s}{dt} = A_s (u_s + \Omega_s \Psi_s - R_s i_s) + B_s (\Omega_r \Psi_r - R_r i_r); \\ \frac{di_r}{dt} = A_r (\Omega_r \Psi_r - R_r i_r) + B_r (u_s + \Omega_s \Psi_s - R_s i_s), \end{array} \right. \quad (1)$$

де I_1, I_2, I_3 – зведені до вала електродвигуна моменти інерції обертальних мас, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – узагальнені координати, якими є кути повороту відповідних зведених мас; k_1, k_2, c_1, c_2 – зведені коефіцієнти в'язкого

опору та жорсткості пружних ланок; M_{T_1}, M_{T_2} – зведені моменти сил опору; $M_D(t) = \frac{3}{2} p_0 L_m (i_{rx} i_{sy} - i_{ry} i_{sx})$ – електромагнітний момент двигуна, p_0 – число пар магнітних полюсів двигуна, L_m – робоча індуктивність двигуна, $i_{rx}, i_{ry}, i_{sx}, i_{sy}$ – проекції струмів ротора та статора на координатні осі x, y ; i_s, i_r, u_s – матриці-колонки струмів і напруг; A_s, B_s, A_r, B_r – квадратні матриці зв'язку; Ω_s, Ω_r – матриці частот обертання; Ψ_s, Ψ_r – матриці потокозчеплень; R_s, R_r – активні опори. Для обчислення вказаних параметрів за методикою [2] використовують технічні характеристики електродвигуна.

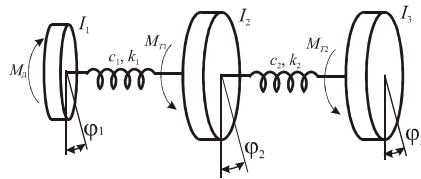


Рис. 1. Розрахункова схема технологічної машини

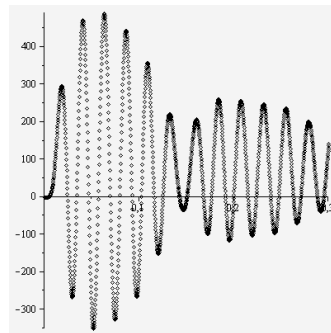


Рис. 2. Графік змінювання динамічного моменту на пружній ланці з жорсткістю c_1

Система диференціальних рівнянь (1) повністю описує динамічний стан електромеханічної системи привода технологічної машини. Розв'язування системи (1) при нульових початкових умовах виконано методом Ейлера в середовищі Maple V. На рис. 2 показаний один з результатів моделювання.

Отже розроблена математична модель динамічного процесу дозволяє визначити динамічне навантаження на ланки та елементи конструкції технологічної машини для подальшої оцінки їх міцності та витривалості.

Література

1. Комаров М. С. Динамика механизмов и машин / М. С. Комаров – М.: Машиностроение, 1969. – 296 с.
2. Харченко Е. В. Динамические процессы буровых установок / Е. В. Харченко – Львов, Свит, 1991. – 176 с.