

УДК 621.924.56

В.Н. Волошин, к.т.н., доцент, В.М. Буховець, к.т.н., В.І. Качор

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРУЖНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ПРИВОДУ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., V.M. Buhovets, Ph.D., V.I. Kachor

DYNAMIC PROPERTIES OF THE ELASTIC SYSTEM OF THE MAIN DRIVE OF A CNC TURRET LATHE

Для забезпечення стійкого різання при інтенсивних режимах, а також високої точності обробки система приводу головного руху токарно-револьверного верстата (ТРВ) з ЧПК повинна мати значну жорсткість у статичних і динамічних режимах. Незважаючи на те, що розробка приводів з безступеневою змінною швидкості в основному зробила зайвими коробки швидкостей, все ще існує певна кількість передавальних механізмів, які потребують динамічної оптимізації [1, 2]. Знання динамічних характеристик дозволяє правильно оцінити навантаження, що діють у системі головного приводу, і вибрати конструктивні параметри системи так, щоб обмежити ці навантаження заданими межами. Тому використання систем розрахунку та моделювання для оцінки динамічної поведінки пружних систем приводів головного руху ТРВ з ЧПК є актуальною науково-практичною задачею.

Майже у всіх наукових роботах привід головного руху описується крутильною коливальною системою з кількома ступенями вільності, що передає крутний момент від двигуна до шпинделя [2-4]. Спектр збурювальних впливів на привід дуже різноманітний – це можуть бути стаціонарні коливання, ступінчасті та імпульсні впливи [2-4].

У роботі розглядається привод головного руху ТРВ з ЧПК, що складається з двигуна, поліклінопасової передачі та шпиндельного вузла (рис.1). Розроблена динамічна модель приводу представлена у вигляді двомасової системи, маси якої (механічні системи двигуна та шпиндельного вузла) прийняті механізмами з жорсткими ланками та одним ступенем вільності, що з'єднані пружною безінерційною ланкою, яка моделює поліклінопасову передачу (рис.2). На систему приводу діють обертовий момент електродвигуна $M_o(t)$ і статичний момент від тангенціальної складової сили різання $M(t)=M_p$.

З використанням рівняння Лагранжа другого роду для механічної системи з голономними зв'язками, отримано рівняння руху механічної системи двигуна

$$J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_o(t) - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) , \quad (1)$$

та рівняння руху шпиндельного вузла:

$$J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = -M_p - c_{12}(\varphi_2 - \varphi_1) , \quad (2)$$

де J_1, J_2 – зведені моментами інерції механічних систем двигуна та шпиндельного вузла; c_{12} – жорсткість пасової передачі; $\varphi_1(t), \varphi_2(t)$ – кути

повороту ротора двигуна та шпинделя відповідно.

Рівняння (1) та (2) містять три невідомих $M_\delta(t)$, $\varphi_1(t)$ та $\varphi_2(t)$. Для отримання повної системи рівнянь руху приводу необхідно до цих рівнянь додати характеристику двигуна постійного струму, із якої можна отримати $M_\delta(t)$

$$M_\delta(t) = \beta(\omega_0 - \omega_1), \quad (3)$$

де β – жорсткість механічної характеристики двигуна постійного струму;
 ω_0 – частота обертання холостого ходу.

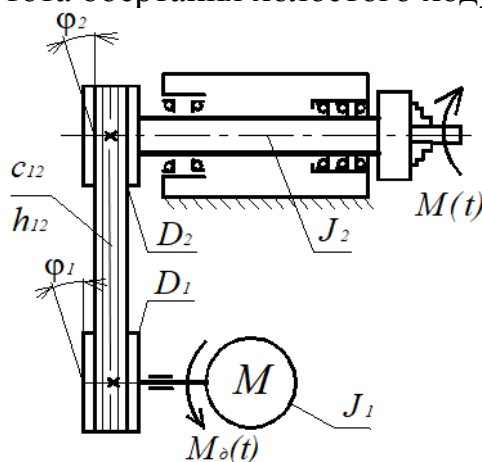


Рисунок 1. Схема приводу головного руху ТРВ з ЧПК

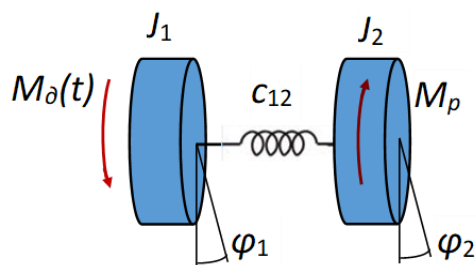


Рисунок 2. Динамічна модель приводу головного руху ТРВ з ЧПК

З використанням методу Рунге-Куты реалізованого за допомогою MathCAD проведено моделювання перехідних процесів у приводі головного руху ТРВ з ЧПК на етапі розгону при заданих початкових умовах і заданному характері статичного навантаження, результати якого приведені на рис. 3.

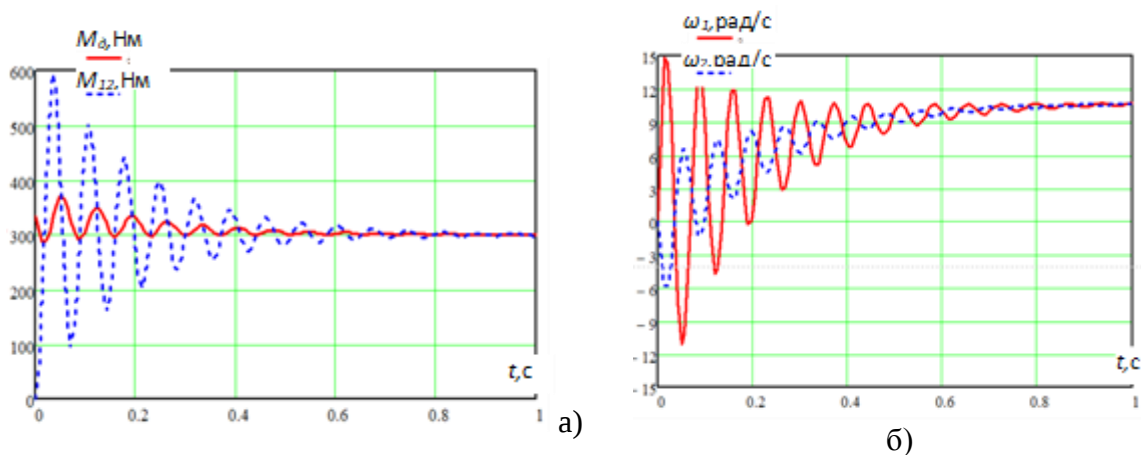


Рисунок 3. Графік залежності моменту двигуна M_δ та моменту пружності M_{12} від часу t (а) та кутових швидкостей ω_1 першої і ω_2 другої маси від часу t (б) при наступних параметрах: $M_p=300$ Нм; $J_1=0,217$ кг·м²; $J_2=0,54$ кг·м²; $c_{12}=1235$ Н/м

Література.

1. Brecher C. Machine Tools Production Systems 2. Design, Calculation and Metrological Assessment/ C. Brecher, M. Weck – Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2021 – 840p.
2. Trucks V. Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen/ V.Trucks. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 141 s.
3. Кузнєцов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія// Ю.М. Кузнєцов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
4. Dresig H. Schwingungen mechanischer Antriebssysteme. Modellbildung, Berechnung, Analyse, Synthese// H. Dresig, A. Fidlin. – Berlin: Springer-Verlag, 2014. – 651s.