УДК 621.835

С.М. Ключковський

СИНТЕЗ ЗАКОНІВ РУХУ ХИТНОЇ ЛАНКИ ПРОСТОРОВИХ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВНИХ КОНТУРІВ

В поліграфічних циклових машинах-автоматах можуть застосовуватись крутильні коливні контури, які разом з додатковим механізмом підживлення енергії виконували б функцію обертових виконавчих механізмів, що працюють в режимі автоколивань. Такі механізми можуть здійснювати обертовий реверсивний або дискретний односторонній рух з паузами і застосовуватись для транспортування виробів по дуговій траєкторії при відсутності технологічних зусиль опору під час руху.

З літератури [1;2;3] відомі дослідження різноманітних крутильних коливних контурів плоскої будови. Просторові крутильні коливні контури мало досліджені. А саме такі контури з конструктивної точки зору можна взяти за основу механізму одностороннього дискретного обертового руху.

Проаналізовано два типи коливних контурів. Вони складаються з хитного важеля, що має певний момент інерції I та може обертатись навколо нерухомої осі, і пружини розтягу або стиску, що своїми кінцями зв'язана з важелем і станиною за допомогою кульових шарнірів і не перебуває у площині хитання важеля (рис. 1, а, б).

Для обох типів контурів виведено залежності пружного відновлювального моменту, приведеного до важеля від кута відхилення важеля від стану статичної рівноваги $M_b = f(\varphi)$. Ці

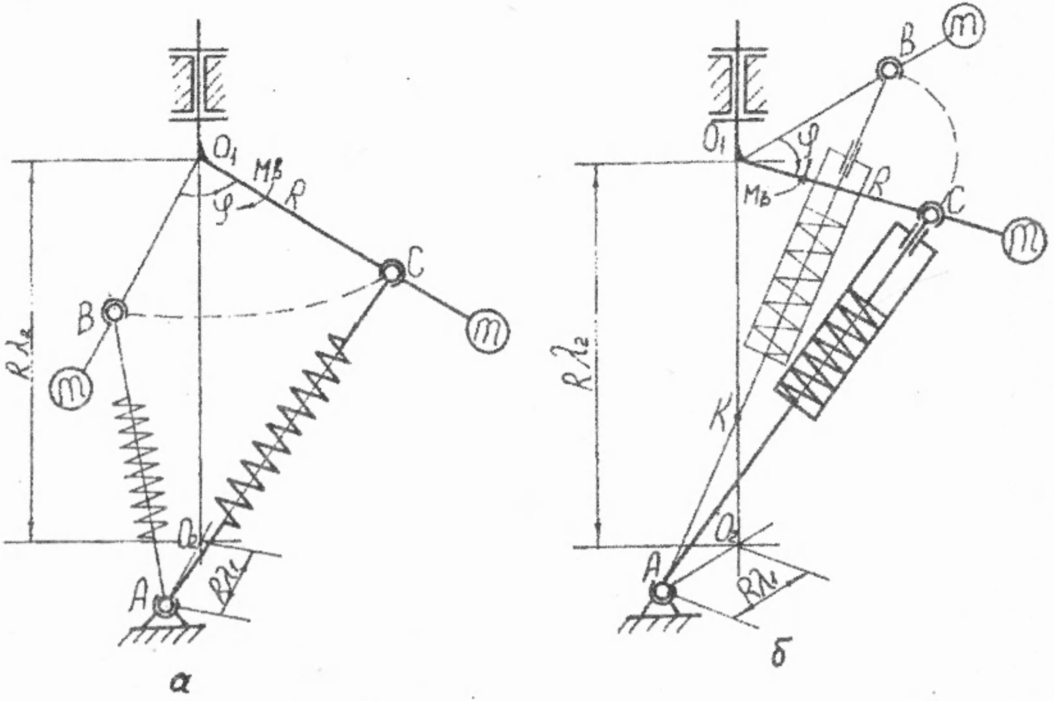

Рис. 1. Схеми коливних контурів: а - з пружиною розтягу; б - з пружиною стиску.

функції розкладені в степеневий ряд Тейлора

$$M_b(\varphi)= M_b(0) + M_b'(0)\varphi + M_b''(0)\frac{\varphi^2}{2} + \ldots + M_b^{(n)}(0)\frac{\varphi^n}{n!} \quad (1)$$

У стані статичної рівноваги член $M_b(0) = 0$ і всі парні похідні також дорівнюють нулю.

З урахуванням досвіду, нагромадженого при дослідженні програмних розвантажувачів циклових механізмів різних типів, у виразі (1) достатньо обмежстись двома членами ряду. При цьому ступінь апроксимації функції $M(\varphi)$ буде задовільною.

Якщо не враховувати тертя, рух важеля описується рівнянням

$$I\ddot{\varphi} + M_b(\varphi) = 0 \quad \text{або}$$

$$I\ddot{\varphi} + M_b'(0) + M_b'''(0)\frac{\varphi^3}{6} = 0. \quad (2)$$

Позначаючи

$$\omega^2 = \frac{M_b'(0)}{I} \quad \text{і} \quad \mu = \frac{M_b'''(0)}{6I}$$

отримуємо

$$\ddot{\varphi} + \omega^2\varphi + \mu\varphi^3 = 0. \quad (3)$$

Рівняння (3) в теорії нелінійних коливань відоме як рівняння Дюфінга, в якому параметри μ та ω якісно визначають закон переміщення веденої ланки. Параметр μ характеризує нелінійність відновлювального моменту. При $\mu = 0$ пружна характеристика є лінійною, при $\mu > 0$ – жорсткою, при $\mu < 0$ – м'якою.

Параметри μ та ω виведені для обох типів контурів як залежності від геометричних параметрів контуру, жорсткості пружини та її монтажної деформації та моменту інерції хитного важеля. Так, для коливного контуру з пружиною розтягу

$$\mu = \frac{R c \lambda_1 \left(3R\lambda_1 - S_O(\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 + \lambda_1)(\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 - 2\lambda_1)^{-\frac{1}{2}}\right)}{6I(\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 - 2\lambda_1)}, \quad (4)$$

$$\omega^2 = \frac{R c \lambda_1 S_O}{I\sqrt{\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 - 2\lambda_1}}, \quad (5)$$

де R – відстань від осі хитання до точки з'єднання важеля з пружиною, відстань від осі хитання до точки з'єднання пружини з основою дорівнює $R\lambda_1$; відстань від точки з'єднання пружини з основою до площини хитання важеля дорівнює $R\lambda_2$; c – коефіцієнт жорсткості пружини; S_O – монтажна деформація пружини; I – момент інерції важеля. Аналогічно для коливного контуру з пружиною стиску

$$\mu = \frac{R\,c\,\lambda_1\left(3R\lambda_1 - S_O(\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + 1 - \lambda_1)(\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 + 2\lambda_1)^{-\frac{1}{2}}\right)}{6I(\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 + 2\lambda_1)}, \tag{6}$$

$$\omega^2 = \frac{R\,c\,\lambda_1 S_O}{I\sqrt{\lambda_2^2 + \lambda_1^2 + 1 + 2\lambda_1}}. \tag{7}$$

Розв'язок диференційного рівняння (3) відомий [1, с. 83-86]. Це залежності періоду коливань та кінематичних інваріантів переміщення, швидкості, прискорення та їх констант.

За формулами (4), (5), (6), (7) побудовані номограми коефіцієнтів $\chi = \omega^2 \frac{I}{R^2 c}$ та $\xi = \mu \frac{I}{R^2 c}$ для різних значень відносної монтажної деформації $\frac{S_O}{R}$. Це дозволяє добрати такі геометричні параметри контуру, які б забезпечували необхідний закон руху. Для прикладу на рис. 2 показана номограма параметра ξ для контуру з пружиною розтягу, який характеризує нелінійність закону руху важеля, при $\lambda_1 = 0{,}8$ і для різних значень відносної монтажної деформації $\frac{S_O}{R}$.

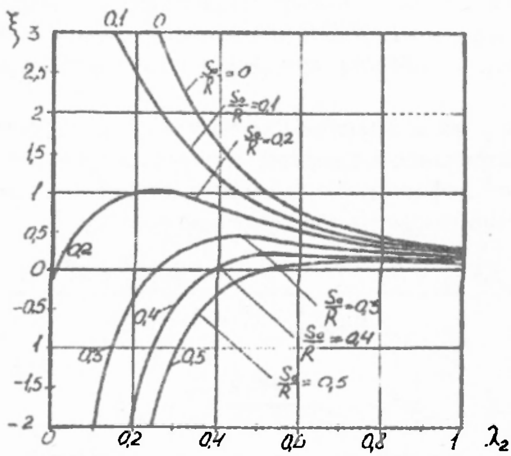

Рис. 2. Номограма коефіцієнта ξ.

Проведений аналіз формул (4) і (6) показує, що нелінійність збільшується при малих λ_2 і при λ_1, близьких до одиниці, для обох типів контурів. Збільшення відносної монтажної деформації

$\frac{S_0}{R}$ призводить до зменшення переметру ξ і переходу від жорсткої до м'якої пружної характеристики.

1. Полюдов А.Н. Программные разгружатели цикловых механизмов. Львов, 1979. 2. Яницкий В.Г. Исследование программных разгружателей цикловых механизмов машин периодического действия: Автореф. дис. ... кан. техн. наук. Одесса, 1973. 3. Яницкий В.Г., Полюдов А.Н. Пружинные программные разгружатели цикловых механизмов: Методические разработки / Критериальные методы расчета цикловых механизмов. Львов, 1974.

Стаття надійшла до редколегії 14.01.93.