

УДК 67/68.05:621.865.8]:004.9(075.8)

РОЗРАХУНОК І ПРОГРАМУВАННЯ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ КАРЕТКИ З ТРОСОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ВИШИВАЛЬНИХ МАШИН-АВТОМАТІВ

Б.В. Орловський, доктор технічних наук, професор
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: кроковий двигун, контролер Arduino, програмування, модуль переміщень, кінетична енергія, момент інерції, крутний момент.

Розрахунок CNC-машин легкої промисловості і CNC-верстатів машинобудування це, насамперед, розрахунок крутного моменту крокового приводу з урахуванням маса-інерційних параметрів і сил тертя з боку об'єктів програмованих переміщень з наступним вибором драйверів і контролера для обраної потужності приводу і програмування траєкторії руху робочого інструменту та/або заготовки з різних матеріалів, в тому числі і матеріалів цільового призначення легкої промисловості.

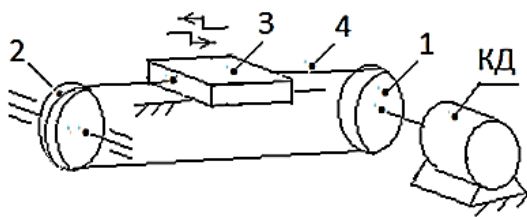


Рисунок 1 - Кінематична 3D-схема модуля програмованих переміщень каретки з тросової передачею

В модулі програмованих переміщень з тросової передачею (рис.1) на валу крокового двигуна КД закріплений шків 1 радіусом R_1 і моментом інерції J . За допомогою невагомого і нерозтяжного тросу у горизонтальній площині переміщується каретка 3 масою m та з коефіцієнтом тертя f .

Необхідно визначити величину необхідного крутного моменту $M_{кд}$

крокового двигуна, який потрібно прикласти до шківів 1, щоб його кутове прискорення дорівнювало заданій величині ε для переміщення каретки із швидкістю V . Позначення, які використовуються в розрахунках: $R_1 = R_2 = R$ – радіус шківів, м; $m_1 = m_2 = m$ – маса шківів 1 і 2, кг; $J_1 = J_2 = J$ – момент інерції шківів, кг·м²; m_3 – маса каретки, кг; $g = 9,8$ м/с² – прискорення вільного руху; ε – необхідне прискорення, 1/с²; V – швидкість каретки, м/с; f – коефіцієнт тертя каретки по направляючій; φ – кутовий крок двигуна, градуси (з врахуванням режиму дроблення кроку); ν – частота кроків двигуна 1/с; ω – кутова швидкість, 1/с.

1.1. Визначаємо кінетичну енергію системи:

$$E = \frac{1}{2}(m_3 \frac{R^2}{\omega^2} + 2J + J_{кд})\omega^2 = 0,5J_{np}\omega^2, \quad (1)$$

де $J = \frac{1}{2} mR^2$ – момент інерції одного шківів; $J_{кд}$ – момент інерції ротора крокового двигуна; $J_{np} = m_3 R^2 + 2J + J_{кд}$ – приведений момент інерції.

1.2. Визначаємо похідну за часом від кінетичної енергії

$$\frac{dE}{dt} = J_{np} \cdot \omega \cdot \varepsilon. \quad (2)$$

1.3. Визначаємо потужність зовнішніх сил в системі:

1.3.1. Потужність на подолання сили ваги каретки : $P_{mg} = - m_3 g V$.

1.3.2. Потужність на подолання сили тертя: $P_{mp} = - F_{mp} V$,

де $F_{mp} = m_3 g f$ – сила тертя.

1.3.3. Потужність крутного моменту: $P_M = M_{кд} \omega$.

Суму потужності всіх зовнішніх сил визначаємо за виразом:

$$\sum P_i = M_{кд} \omega - (m_3 g V + F_{mp} V) \quad (3)$$

і врахуючи, що $V = \omega \cdot R$ отримуємо:

$$\sum P_i = (M_{кд} - (m_3 R + F_{mp} R)) \omega \quad (4)$$

1.4. Похідна від кінетичної енергії за часом $\frac{dE}{dt}$ визначається потужністю всіх зовнішніх сил $\sum P_i$, тому можна прирівняти праві частини виразів (2) і (4):

$$J_{np} \omega \cdot \varepsilon = [M_{кд} - (m_3 \cdot g \cdot R + F_{mp} \cdot R)] \cdot \omega \quad (5)$$

1.5. Кутова швидкість ω і частота ν відпрацювання кроків двигуна знаходяться у наступному співвідношенні: $\omega = \frac{H \cdot \nu}{2\pi}$, (6)

де $H = \frac{360}{\varphi}$ – кількість кроків (мікрокроків) одного обороту ротора КД.

З виразу (5) отримуємо величину моменту $M_{кд}$, який потрібно прикласти до шківу 1, щоб його кутове прискорення дорівнювалось ε :

$$M_{кд} = J_{np} \cdot \varepsilon + (m_3 g + F_{mp}) \cdot R = (m_3 \cdot R^2 + 2 J + J_{кд}) \varepsilon + (m_3 g + F_{mp}) \cdot R \quad (7)$$

Швидкість переміщення каретки з урахування (6): $V = \omega \cdot R = \frac{H \cdot \nu \cdot R}{2\pi}$ (8)

Частота ν кроків переміщення каретки із швидкістю V : $\nu = \frac{2\pi \cdot V}{H \cdot R}$ (9)

Наприклад, при кроці $\varphi = 0,9^\circ$ і $H = 400$ кроків один оборот $\nu = \frac{\pi \cdot V}{200 \cdot R}$.

З урахуванням (8) і (9) ротор крокового двигуна, який починає відпрацювання кроків з частотою ν на першому кроці рухається з прискоренням:

$$\varepsilon = \nu \cdot \omega = \frac{\nu^2 \cdot H}{2\pi} = \frac{2\pi \cdot V^2}{H \cdot R^2} \quad (10)$$

Необхідний крутний момент (7) на валу крокового двигуна, який зможе переміщувати вантаж із швидкістю V визначаємо з урахуванням виразу (10) за формулою (11) або за формулою (12):

$$M_{кд} = (m_3 R^2 + 2 J + J_{кд}) \frac{\nu^2 \cdot H}{2\pi} + (m_3 g + F_{mp}) \cdot R \quad (11)$$

$$M_{кд} = (m_3 R^2 + 2 J + J_{кд}) \frac{2\pi \cdot V^2}{H \cdot R^2} + (m_3 g + F_{mp}) \cdot R \quad (12)$$

Програмування мехатронного модуля переміщення каретки з тросовою передачею виконано в середовищі Arduino IDE для контролера Arduino UNO і драйвера L298N.

Список використаних джерел

1. Орловський Б.В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні: навчальний посібник / Б.В. Орловський. – К. : КНУТД. – 416 с.