
УДК 621.01

С. М. КЛЮЧКОВСЬКИЙ

**УНІВЕРСАЛЬНИЙ МОДУЛЬ
ТРАНСПОРТНО-ПОДАВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ
ДЛЯ РОБОТІВ І ЦИКЛОВИХ
МАШИН-АВТОМАТІВ**

Механізми періодичного повороту або реверсивного обертового руху вихідної ланки в машинобудуванні створюються в основному по схемі: двигун—редуктор—перетворюючий механізм—виконавчий орган. Часто така схема побудови не відповідає потребам універсальності в розумінні можливості

програмувати послідовність рухів виконавчого органу. Тому заслуговує на увагу розробка універсального модуля циклового механізму без класичного приводу, який міг би здійснювати реверсивний обертовий рух або періодичний поворот вихідної ланки із зупинками протягом будь-якого проміжку часу, яким би керував електронний контроллер і який міг би застосовуватися у складі роботів для з'єднання машин-автоматів у потоковій лінії або в циклових машинах карусельного типу в ролі приводу.

За основу такого пристрою прийнятий крутильний коливальний контур, який складається з ланок 1 і 4, що мають достатній момент інерції (диски) і встановлені в опорах кочення вздовж однієї осі (рис. 1). Диски 1 і 4 з'єднані між собою пружною ланкою у вигляді торсіону 5. Для фіксації дисків служать фіксатори 2 і 3.

Розглянемо роботу крутильного контура, не враховуючи втрат на тертя. Якщо вивести диск 1 зі стійкого положення, повернути його на певний кут φ_0 та зафіксувати фіксатором 2, торсіон 5 матиме потенціальну енергію

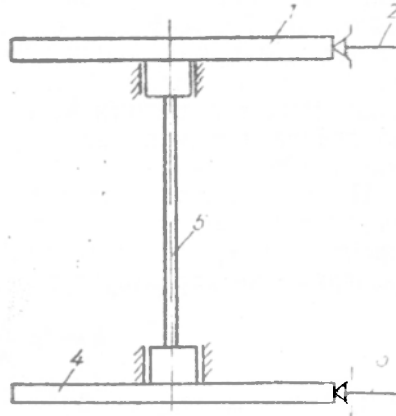


Рис. 1. Крутильний коливальний контур.

$$\Pi = k\varphi_0^2/2 \quad (1)$$

де k — коефіцієнт жорсткості торсіона. Якщо тепер відключити фіксатор 2, то під дією торсіона диск 4 почне обертатися у тому ж напрямку, у якому був повернутий диск 1. Таким чином, виникають одномасні вільні крутильні коливання, які описуються рівнянням

$$I-I\ddot{\varphi} = -k\varphi, \quad (2)$$

де I — момент інерції диска 4, φ і $\ddot{\varphi}$ — відповідно кут повороту і прискорення диска 4.

Розв'язок цього диференціального рівняння має вигляд

$$\varphi = \varphi_0 \cos pt + \frac{\dot{\varphi}_0}{p} \sin pt, \quad (3)$$

де

$$p = \sqrt{\frac{k}{I}}. \quad (4)$$

φ_c і φ_0 — відповідно кутове переміщення і кутова швидкість диска у початковий момент часу $t=0$. В нашому випадку $\varphi_0=0$. При повороті на кут φ_0 диск 2 матиме кінетичну енергію

$$K = I\varphi^2/2, \quad (5)$$

а потенціальна енергія торсіона в цей момент рівна нулю. При повороті на кут $2\varphi_0$ диск зупиняється. Якщо в цей момент його зафіксувати, торсіон буде мати попередній запас потенціальної енергії і коливальний контур буде готовий до чергового циклу роботи. Далі можна відключити фіксатор 1 і диск 1 повернеться у тому ж напрямку на кут $2\varphi_0$, але можна відключити фіксатор 3, змінити напрям обертання і привести в рух диск 4. Таким чином можна досягнути періодичного повороту дисків, або, якщо керувати тільки одним фіксатором, реверсивно-обертового руху одного диска.

На практиці частина енергії коливального контура йде на покриття сил тертя в підшипниках, міжмолекулярного тертя в торсіоні і тертя диска об повітря. Тому відбувається гасіння коливань, яке характеризує логарифмічний декремент

$$\delta = \ln \frac{A_k}{A_{k+1}} \approx \frac{\Delta A}{A}, \quad (6)$$

де A_k і A_{k+1} — два послідовних максимальних відхилення диска. Для того, щоб диски здійснювали коливальний рух з постійною амплітудою, необхідно в кінці циклу руху докручувати їх до величини кута $2\varphi_0$ і таким чином підживлювати енергією контур із-зовні.

Найпростіше підживлення енергією можна досягнути за допомогою кулачкового механізму, який складається з коромислового підпружиненого штовхача з роликом, що контактує з кулачком, закріпленим на диску. Штовхач зв'язаний з якорем електромагніту, який є джерелом додаткового імпульсу енергії. Такий механізм здатний не тільки підживлювати енергією контур, а й фіксувати диски. Оскільки фіксувати необхідно обидва диски, коливальний контур включає два таких кулачкових механізми.

На рис. 2 зображений діючий макет універсального модуля. Працює він таким чином. У вихідному положенні ролики 12 і 6 знаходяться у фіксуючих пазах кулачків 13 і 17, при цьому торсіон 15 закручений і має запас потенціальної енергії. При включенні електромагніту 8 ролик 12 виводиться з паза кулачка 13 за допомогою ланок 11 і 10, звільняючи диск 14. На вибігу диска 14 електромагніт 8 відключається і звільнений штовхач 11 взаємодіє із профілем кулачка 13 за допомогою ролика 12 під дією пружини 7, надаючи диску 14 порцію додаткової енергії.

В кінці циклу руху ролик 12 входить в інший фіксуєуючий паз кулачка 13. Торсіон 15 знову в напруженому стані. Цикл роботи модуля завершується періодом вистою. На вистой диск 14 нерухомий, а диск 16 здійснює цикл руху — аналогічний описаному хід. У подальшій роботі цикли рухів дисків повторюються у запрограмованій послідовності.

Для того, щоб модуль працював надійно, необхідно правильно розрахувати коливальний контур. Для цього потрібно зада-

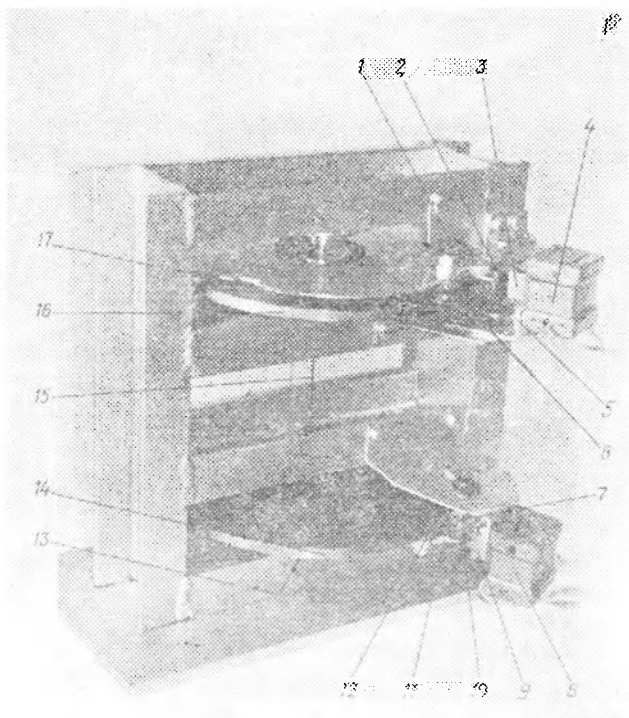


Рис. 2. Діючий макет універсального модуля.

тися максимально можливим кутом повороту дисків — $2\varphi_0$, найбільш жорсткою циклограмою рухів, максимальним моментом інерції диска разом з вантажем, який необхідно транспортувати.

Період крутильних коливань дорівнює

$$\tau = 2\pi / p = 2\pi \sqrt{\frac{I}{T}}. \quad (7)$$

Диск здійснює цикл руху (поворот на кут $2\varphi_0$) за час $\tau/2$. Жорсткість торсіону знаходиться по формулі

$$k = \frac{\pi d^4 G}{32l}, \quad (8)$$

де d — діаметр торсіону, G — модуль зсуву матеріалу торсіону, l — довжина торсіону. Вирази для розрахунку періоду коливань і геометричних розмірів торсіону одержуємо, підставляючи вираз (8) в (7).

$$\tau = 8 \sqrt{\frac{2\pi I I'}{d^4 G}}, \quad (9)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{128 \pi I I'}{\tau^2 G}}. \quad (10)$$

Діаметр торсіону необхідно перевірити на припустимий кут закручування

$$[\varphi] = \frac{2l[\tau]}{d \cdot G} > \varphi_0 \quad (11)$$

Далі необхідно підібрати геометричні параметри кулачкового механізму, розрахувати енергомісткість пружини й вибрати електромагніти.

Розрахунок енергомісткості пружини необхідно проводити на основі енергетичного балансу системи. За цикл руху диск не повертається на кут $\Delta\varphi$, який можна виміряти і який залежить від сумарних втрат на тертя $\Sigma E_{\text{тр}}$.

$$\Sigma E_{\text{тр}} = \frac{k\varphi^2}{2} - \frac{k(\varphi_0 - \Delta\varphi)^2}{2} = \frac{k}{2}(2\varphi_0 \cdot \Delta\varphi - \Delta\varphi^2). \quad (12)$$

Максимальна потенціальна енергія, яку накопичує і віддає пружина (енергомісткість пружини)

$$A_{\text{пр}} = \frac{1}{2}[(1 + \psi_0^2) - \psi_0^2] c S^2 = \frac{\Sigma E_{\text{тр}}}{\eta}, \quad (13)$$

де S — розмах кінця пружини, ψ_0 — коефіцієнт монтажної деформації, η — середній за цикл ККД кулачкового механізму. Якщо припустити з конструктивних міркувань, що розмах кінця пружини S , можна визначити жорсткість пружини c .

$$c = \frac{2\Sigma E_{\text{тр}}}{\eta(1 + 2\psi_0) \cdot S^2} \quad (14)$$

Закон, за яким нарізаний профіль кулачка впливає на характер передачі енергії в часі, а також на ККД кулачкового механізму.

Універсальний модуль транспортно-подавальних механізмів може використовуватися у складі циклових машин-автоматів.

Для цього замість одного або двох дисків встановлюється рука маніпулятора, стіл машини карусельного типу або інший виконавчий орган. Макет універсального модуля підтверджує його працездатність, йому властиві такі якості, як можливість забезпечення зупинки виконавчого органу протягом будь-якого проміжку часу, можливість зміни періоду повороту за рахунок зміни моменту інерції, можливість забезпечити широкий діапазон зміни кутів повороту за рахунок зміни кількості пазів кулачків тощо. Кінетична енергія локалізується у місці її виникнення і не поширюється на привід машини.

Стаття надійшла до редколегії 03.12.99
