

Б.Б. Самотокін, д.т.н., проф.
Житомирський інженерно-технологічний інститут

БАГАТОПОЗИЦІЙНІ МАНІПУЛЯТОРИ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ЕНЕРГІЇ

Розглядаються два оригінальних способи побудови маніпуляторів з рекуперацією енергії, багатопозиційність яких досягається шляхом зміни в розрахунковій точці параметрів коливальної системи.

Циклічний характер роботи промислових роботів (ПР) дозволяє будувати системи з рекуперацією енергії, при цьому, як правило, досягається одночасно зниження енергомощності і збільшення швидкодії ПР. За акумулятори механічної енергії в приводах ПР використовують пружини, які дозволяють організувати в системі коливальний режим роботи. Однак із збільшенням кількості точок позиціонування зростає конструктивна складність відомих систем рекуперації енергії [1].

В Житомирському інженерно-технологічному інституті запропоновано новий спосіб побудови багатопозиційних маніпуляторів з рекуперацією енергії, який названо авторами інформаційно-алгоритмічним; він дозволяє мати необмежену кількість точок позиціонування у визначеному діапазоні, якщо змінювати в розрахунковій точці параметри коливальної системи. В цій роботі розглядаються два підходи до реалізації цього способу:

1. До основного рекуператора механічної енергії в розрахунковій точці через керуючу муфту підключають додатковий рекуператор енергії, що і змінює параметри коливальної системи. Положення (координати) точки перемикання розраховують на підставі закону зберігання енергії [2].

2. В розрахунковій точці змінюють знак керуючого моменту. Якщо не зважати на втрати і прийняти моментну характеристику привода симетричної, то ця точка знаходиться у середині циклу робочого руху маніпулятора.

Структурна схема маніпулятора, в якому реалізований перший підхід, зображена на рис. 1. Маніпулятор включає робочу ланку 6, привід з двигуном 1, рекуператори 3 і 4, керуючу муфту 2 та датчик положення робочої ланки 5.

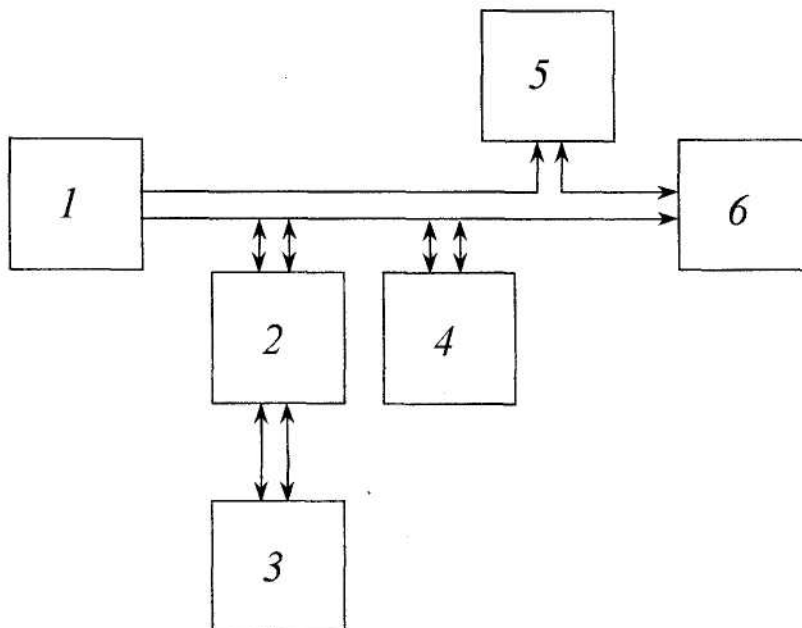


Рис. 1

Припустимо, що початкове положення робочої ланки є при значенні відносної координати $\varphi = 0$ (рис. 2). Коди відключають упор-фіксатор (на рис. 1 не показаний), робоча ланка під дією рекуператора 4 і двигуна 1, який компенсує втрати енергії на тертя, переміститься в положення $\varphi = \varphi_{max}$, причому на відрізку $[0; \varphi_1]$ потенціальна енергія рекуператора перейде в кінетичну енергію робочої ланки, а на відрізку $[\varphi_1; \varphi_{max}]$ має місце зворотний процес. Якщо в момент проходження робочою ланкою точки із деякою координатою $\varphi = \varphi_{2i}$, визначеною при допомозі датчика положення, змінити параметри коливальної системи за рахунок підключення через керуючу муфту 2 рекуператора 3, то робоча ланка досягне позиції $\varphi = \varphi_i$, причому координати φ_i і φ_{2i} зв'язані співвідношенням:

$$\varphi_{2i} = \varphi_1 - \sqrt{\frac{\lambda_2 C_1}{\lambda_1 C_2}} \varphi_i (2\varphi_1 - \varphi_i), \quad (1)$$

де C_1, C_2 – жорсткості пружин рекуператорів 4, 3 відповідно;

λ_1, λ_2 – передаточні відношення передач між рекуператорами і робочою ланкою.

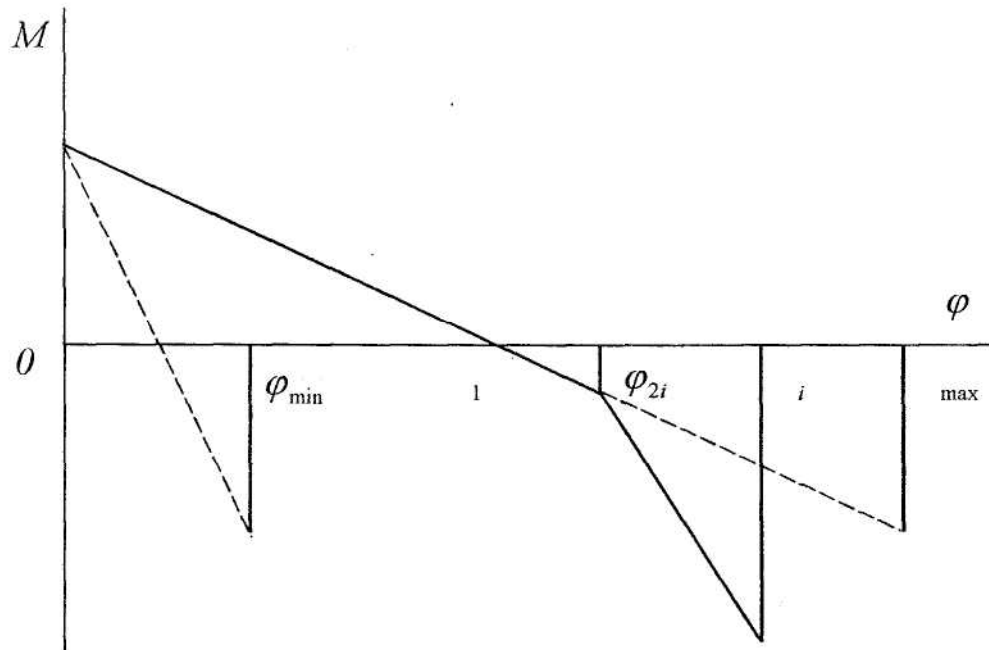


Рис. 2

При поверненні робочої ланки в початкову позицію для вилучення втрати енергії в рекуператорі 3 необхідно відключити керуючу муфту в точці з координатою $\varphi = \varphi_{2i}$.

Координати позицій, в які може бути виведена робоча ланка, задовольняють умові:

$$\frac{2\lambda_2 C_1 \varphi_1}{\lambda_2 C_1 + \lambda_1 C_2} \leq \varphi_i \leq 2\varphi_1. \quad (2)$$

Це витікає із співвідношення (1) з урахуванням того, що

$$0 \leq \varphi_{2i} \leq \varphi_i. \quad (3)$$

Таким чином, шляхом підключення допоміжного рекуператора енергії вдається забезпечити позиціонування робочої ланки в будь-якій із точок, які задовольняють умові (2).

Другий підхід побудови багатопозиційних маніпуляторів, який пов'язаний зі зміною керуючого моменту, може бути здійснений в маніпуляторі, структурна схема якого наведена на рис. 3.

Маніпулятор складається із робочої ланки 5, двигуна 1, рекуператора 2, датчика положення 4 робочої ланки і керуючого редуктора 3, який забезпечує два передаточних відношення $i_1 > 1, i_2 < 1$. Кінематика маніпулятора така, що приведені до робочої ланки

передаточне відношення i_2 , в результаті чого

$$M = M_{\Pi}(i_2 - 1) < 0. \quad (7)$$

Щоб залежність $M(\varphi)$ була симетричною, – це спрощує алгоритми роботи блока управління, – доцільно забезпечити

$$i_2 = 2 - i.$$

При повороті робочої ланки у зворотному напрямі повинна відбуватись заміна чергування встановлення передаточних відношень i_1, i_2 керуючого редуктора 3.

Рівняння динаміки маніпулятора за рахунок того, що втрати на тертя компенсуються двигуном, має наступний вигляд:

$$J\ddot{\varphi} = \begin{cases} -C(i_1 - 1)^2(\varphi + \varphi_0) + M_0, & \text{при } \varphi < 0, \\ C(i_2 - 1)^2(\varphi + \varphi_0) - M_0, & \text{при } \varphi > 0, \end{cases} \quad (8)$$

де J – момент інерції робочої ланки.

Координата φ є відносною, тобто при повороті ланки на довільний кут ψ в наведених вище співвідношеннях слід провести підстановку $\varphi = \frac{\psi}{2}$. При цьому зміниться закон $M(\varphi)$ (на рис. 4 ламана 2).

Максимальний кут, на який можливо зробити поворот "за один прийом", тобто при одній проміжній зміні передаточного відношення, керуючого редуктора, визначається співвідношенням:

$$\psi_{max} = \frac{2M_0}{C(i_{1,2} - 1)^2}, \quad (9)$$

а час переміщення із позиції $\varphi = -\frac{\psi}{2}$ в позицію $\varphi = \frac{\psi}{2}$

$$T = \sqrt{\frac{J}{C}} \frac{2}{i_{1,2} - 1} \arccos\left(1 - \frac{C(i_{1,2} - 1)^2 \psi}{2M_0}\right). \quad (10)$$

Такий же підхід реалізований в маніпуляторі, структурна схема якого показана на рис. 5, що включає в себе робочу ланку 5, двигун 1, датчик положення 4 робочої ланки, керуючий редуктор 2 і рекуператор 3, пружина якого одним кінцем жорстко зафіксована відносно основи.

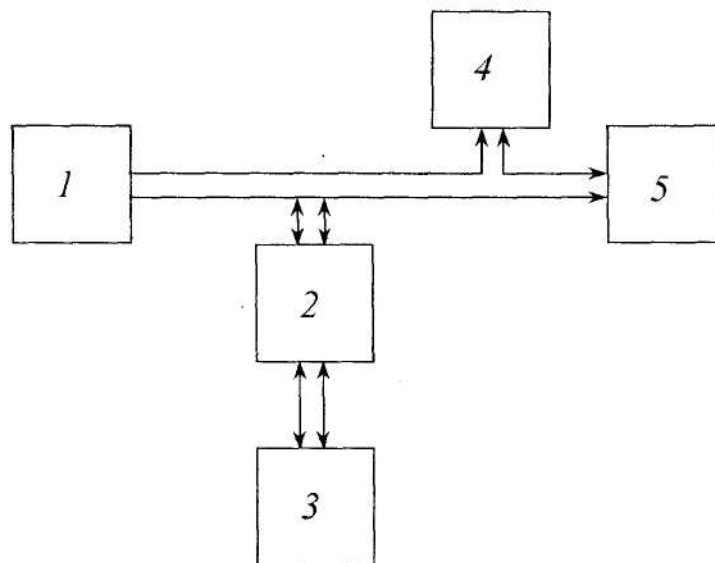


Рис. 5

Відміна від маніпулятора на рис. 3 заключається в тому, що керуючий редуктор забезпечує передаточні відношення i та $-i$, у зв'язку з чим спрощуються співвідношення 8...10 і приймають вигляд:

$$J\ddot{\varphi} = \begin{cases} -Ci(\varphi + \varphi_0) + M_0, & \text{при } \varphi < 0, \\ C(\varphi + \varphi_0) - M_0, & \text{при } \varphi > 0, \end{cases} \quad (11)$$

$$\psi_{max} = \frac{2M_0}{Ci}, \quad (12)$$

$$T = \sqrt{\frac{J}{C}} \frac{2}{i_{1,2} - 1} \arccos\left(1 - \frac{Ci\psi}{2M_0}\right). \quad (13)$$

Як бачимо, при інформаційно-алгоритмічному способі забезпечення багатопозиційності можна забезпечити практично необмежену кількість точок позиціонування робочої ланки маніпулятора в даній області без якого-небудь збільшення конструктивної складності маніпулятора.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Маніпуляційні системи роботів / А.І. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.І. Тивес та інші. / Під спільн. ред. А.І. Корендясева. – М.: Машинобудування, 1989. – 472 с.
2. Савчук С.Л., Самотокін Б.Б. Багатопозиційний маніпулятор з акумуляторами механічної енергії. Авт. свід. СРСР № 1502293 (бюл. № 31, 23.08.89 р.).

САМОТОКІН Борис Борисович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій, проректор з міжнародних зв'язків Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- автоматичне управління технічними системами (штучними супутниками Землі, промисловими роботами) і технологічними процесами;
- менеджмент освіти.

Подано 12.05.2001