

СЕКЦІЯ 4

«Енергетика, електротехніка та електромеханіка»

РЕАЛІЗАЦІЯ ДОВІЛЬНИХ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ З МАКСИМАЛЬНОЮ ШВИДКОДІЄЮ НА БАЗІ ДВОКООРДИНАТНОЇ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ

*Тихонов С.Д., студент групи ЕАПУм-14, tihonov_22@mail.ru
ДонНТУ, Красноармійськ, Україна*

Вступ. В сьогоднішній час рівень автоматизації робочих процесів зростає високими темпами. А разом з ним посилюються вимоги до точності та швидкодії відпрацювання завдань на переміщення робочих об'єктів, габаритів електроустановок і споживання електроенергії. Робочі об'єкти (роботи, фрези, лазерні різакі тощо) повинні переміщатися по чітко визначеним траєкторіям з необхідними характеристиками руху. Для забезпечення певних траєкторій на площині доцільно використовувати плоско-паралельних робіт з можливістю незалежного позиційного керування по повздовжній і поперечній осям, формуючи завдання на переміщення параметрично. Це пов'язано з тим, що існує велика кількість складових частин різноманітних механізмів, які мають форму кола, еліпса чи більш складну замкнену форму. І для того, щоб, скажімо, лазерним різакі вирізати подібну деталь, необхідно мати можливість реалізовувати за допомогою координатних столів переміщення робочого об'єкту за замкненою траєкторією. Існує велика кількість кривих, рівняння яких можна задавати параметрично. І якщо ці криві є замкненими, то в їх рівняннях будуть присутні тригонометричні періодичні функції. Найчастіше це синус та косинус. Але якщо треба реалізувати довільну незамкнену траєкторію, тоді треба виконувати програмну інтерполяцію для формування завдання на переміщення.

Також слід зазначити, що в таких установках широко застосовують сучасні синхронні сервомотори зі збудженням від постійних магнітів завдяки їх численним перевагам [1]. Точність відтворення заданої траєкторії залежить від правильного вибору законів керування кожним двигуном та від швидкодії систем позиційного керування. Отже, задача дослідження таких електромеханічних об'єктів є актуальною.

Мета роботи. Дослідження сучасної системи позиційного регулювання на основі лабораторної установки з синхронними сервомоторами зі збудженням від постійних магнітів для реалізації довільних траєкторій руху з оптимальними за часом характеристиками руху і з урахуванням втрат в

механічній частині при допомозі сумісних одночасних переміщень обох координатних столів.

Матеріал і результати дослідження. Опис досліджуваної установки. В якості об'єкта для досліджень взята двовісна система позиціонування з двома координатними столами (рис. 1). Установка виконана з використанням безредукторної зубчастої системи перетворення обертального руху в поступальний рух. А також вона має сучасну систему управління, що забезпечує гідну швидкодію відпрацювання завдань при сумісному позиціонуванні.

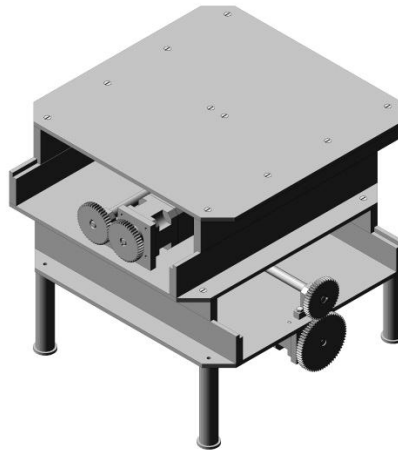


Рисунок 1. Двовісна система позиціонування з двома координатними столами

Установка обладнана електроприводом з перетворювачем частоти SIMODRIVE і двома синхронними серводвигунами зі збудженням від постійних магнітів типу 1FT6044-1AF71-3DG1 [2,3]. Управління електроприводом здійснюється на базі системи Simotion C230-2.

Двигун виконаний з неявнополюсним ротором зі збудженням від постійних магнітів, в якому індуктивності статора по поздовжній і поперечній осях однакові: $L_q = L_d$. Зубчаста передача забезпечує переміщення робочої поверхні на 2,5мм за один оберт валу мотора.

Модель СПР. При розробці в середовищі Mathlab моделі системи позиційного приводу [4,5] були послідовно синтезовані ПІ-регулятор струму, ПІ-регулятор швидкості і П-регулятор положення. Також було враховано навантаження, яке має наступний характер: при холостому ході момент опору складає 5% від M_N , а при номінальній частоті обертання вала – 50% від M_N . Для реалізації пружного (в'язкого) тертя я використав блок Simulink "Coulombic and Viscous Friction", а для сухого тертя – "Friction Model with Hard Stops"[6]. Модель двох спільно працюючих СПР зображена на рис. 2.

Для відпрацювання траєкторій у вигляді фігур Лісажу один позиційний стіл буде відпрацьовувати синусоїдальний керуючий вплив $x=R\sin\omega_1t$, а другий – косинусоїдальний $y=R\cos\omega_2t$ [7]. Оскільки

$$\begin{cases} x(t) = R\sin(\omega_1t + \delta) \\ y(t) = R\sin(\omega_2t), \end{cases}$$

то в результаті ($\omega_1 = \omega_2$, $\delta = \pi/2$) отримують траєкторію з постійним радіусом, тобто окружність. А якщо змінювати відношення ω_1/ω_2 , та $\delta = ((N-1)/N)\pi/2$, то можна отримати фігури Ліссажу (рис. 5, 6). Для демонстрації, що система може відпрацювати будь-яку параметрично задану траєкторію, було відтворено наступні криві: гіпоциклоїда з чотирма вістрями, Декартів лист та спіраль Архімеда [8,9]. Їх зображено на рисунках 7а, 7б та 8а відповідно.

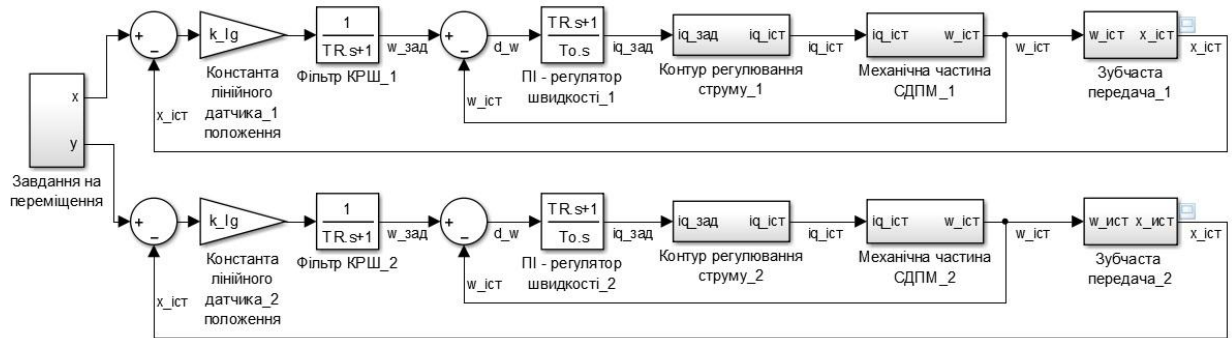


Рисунок 2. СПР позиційного приводу з СДПМ для реалізації переміщень по заданій траєкторії

У результаті моделювання були отримані перехідні функції контурів регулювання положення $h_x(t) = h_y(t)$ (рис. 3), які показують гідну швидкодію контуру регулювання положення. Результати математичного моделювання підтверджені результатами експериментальних досліджень.

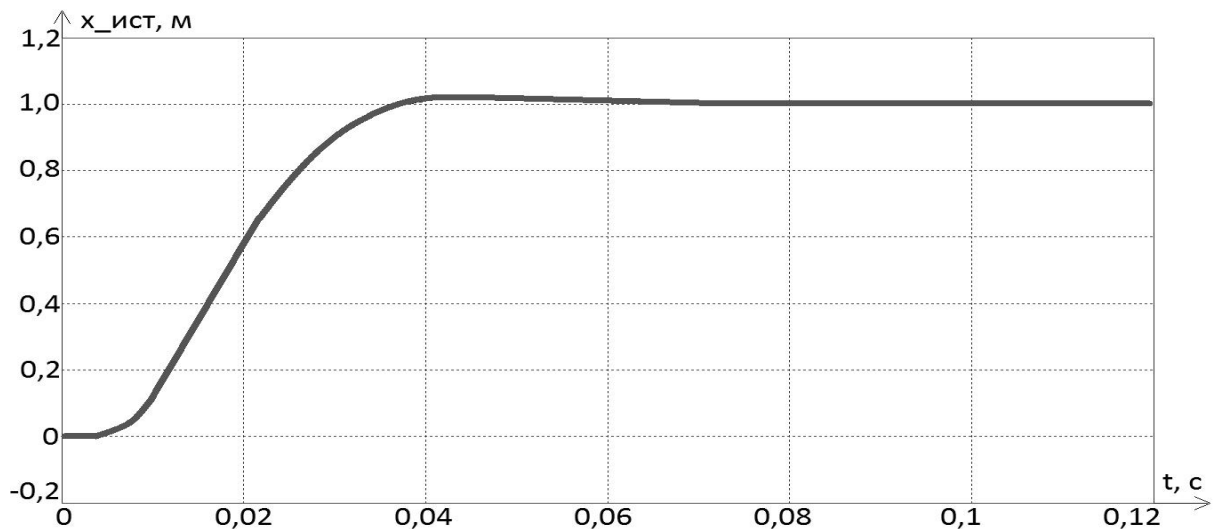


Рисунок 3. Перехідні функції контурів регулювання положення

Для реалізації довільних незамкнених кривих шляхом інтерполяції було синтезовано і налаштовано задавач положення [10], як на рисунку 4. В якості прикладу була відтворена імперично обрана довільна крива (рис. 8б)

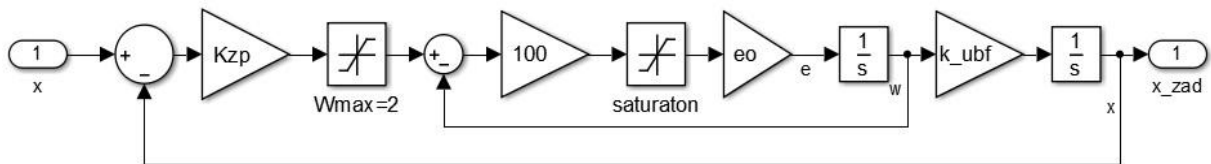
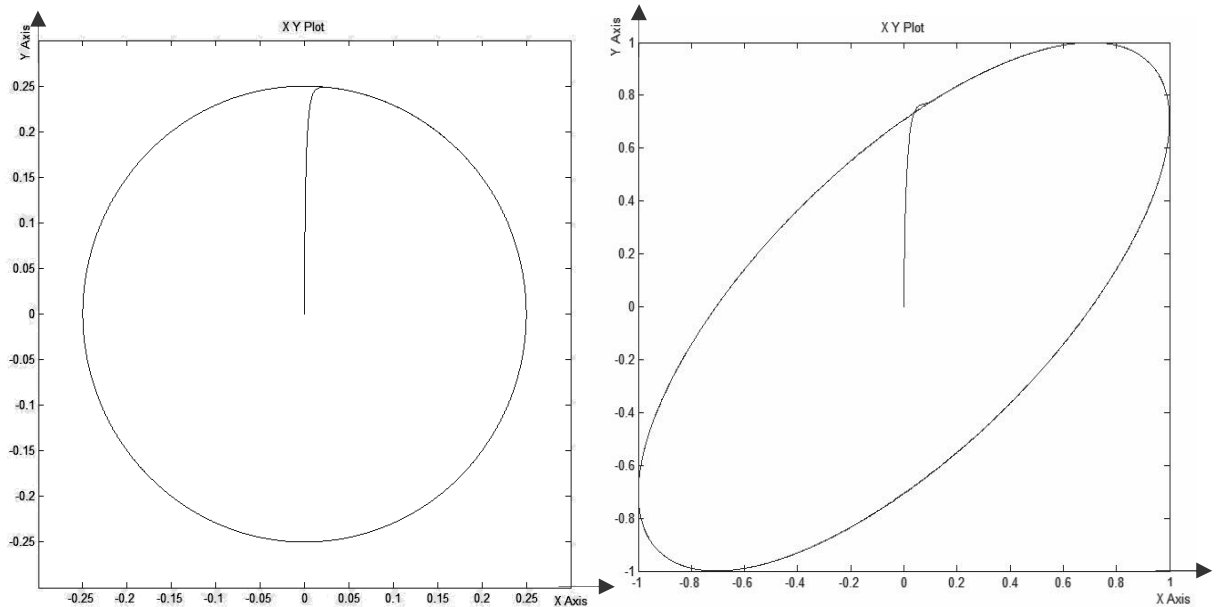
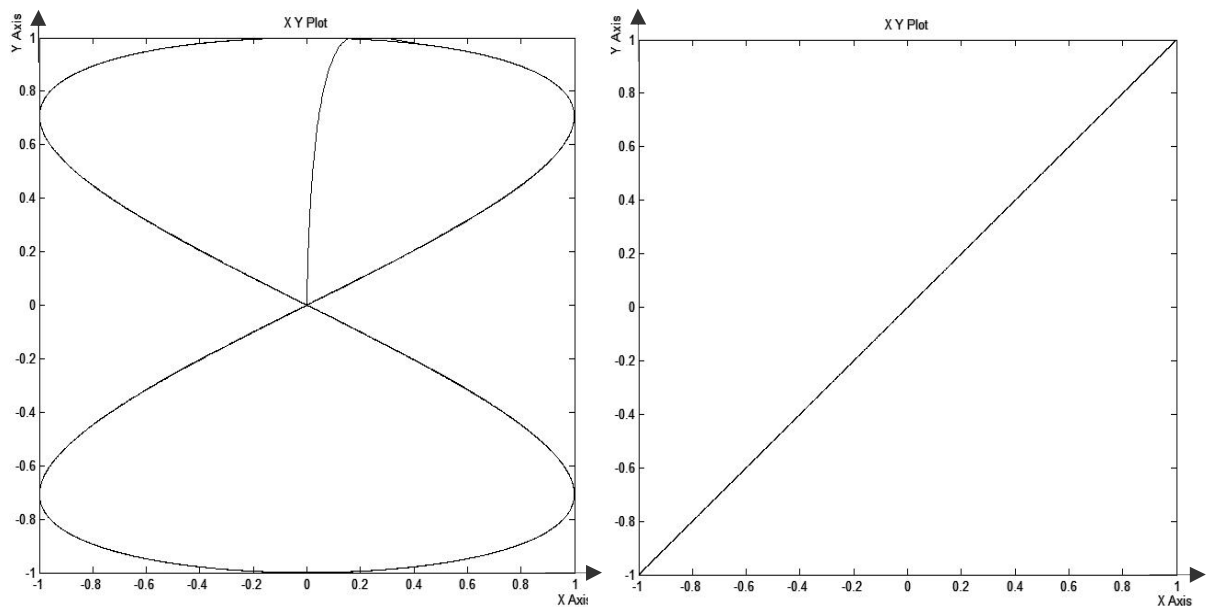


Рисунок 4. Задавач положення



а)

б)

Рисунок 5. Залежність $y(x)$ при відпрацюванні кругової траєкторії руху (а) та траєкторії овал при $\omega_1/\omega_2=1$ та $\delta=\pi/4$ (б)

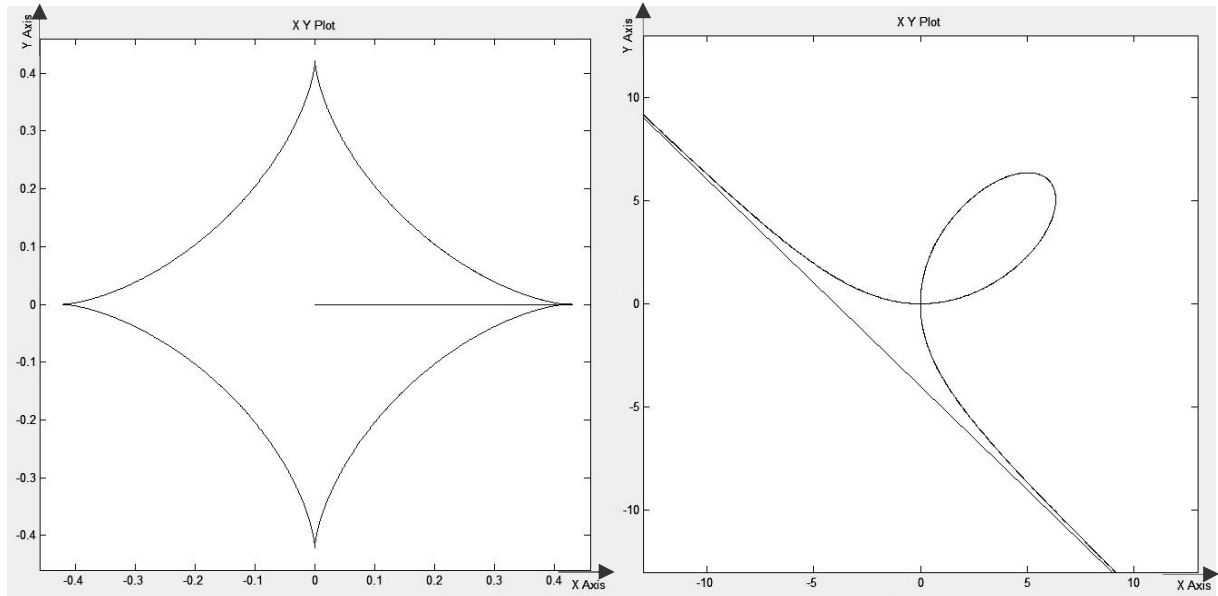
а)

б)

Рисунок 6. Залежність $y(x)$ при відпрацюванні параболічної траєкторії руху $\omega_1/\omega_2=1/2$, $\delta=\pi/2$ (а) та прямолінійної траєкторії при $\omega_1/\omega_2=1$ і $\delta=0$ (б)

Висновки. Методом математичного моделювання і шляхом експериментальних досліджень підтверджено можливість реалізації широкого спе-

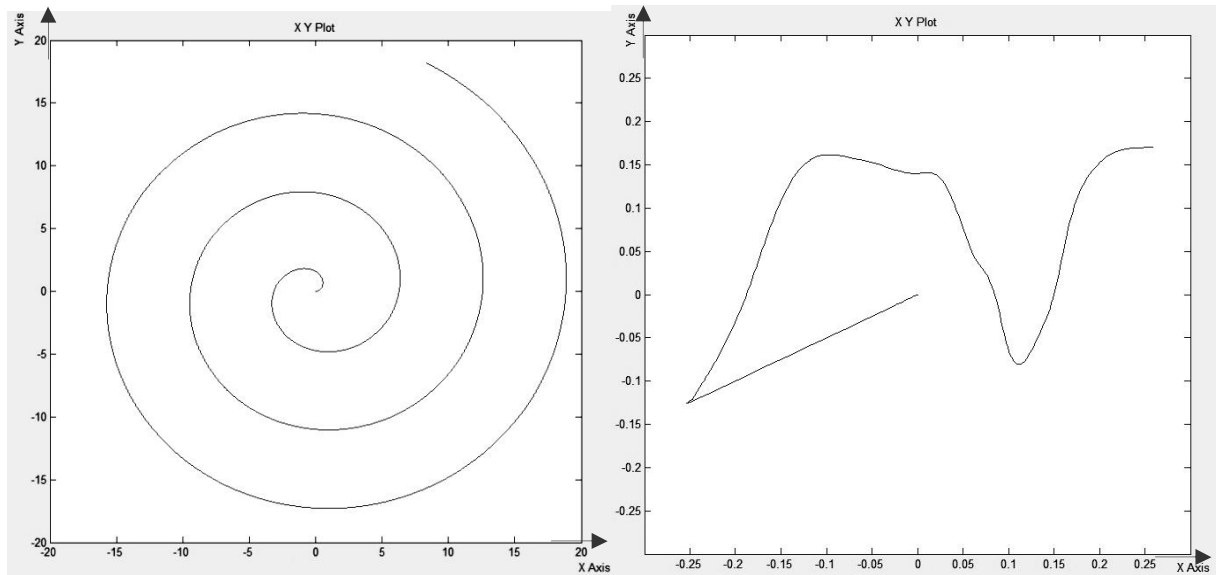
ктуру траєкторій руху двоканальної системи позиційного електроприводу, яка управляє двома координатними столами. Завдяки синтезованій моделі двовісної системи позиціонування та проведенням експериментам вдалося реалізувати поставлену задачу.



а)

б)

Рисунок 7. Гіпоциклоїда з чотирма вістрями (а) та Декартів лист (б)



а)

б)

Рисунок 8. Спіраль Архімеда (а) та довільна незамкнена крива (б)

Література

1. Хороший координатный стол – основа Вашего производственного и коммерческого успеха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.servotechnica.ru/catalog/type/article/index.pl?id=77>
2. Фираго Б.И. Расчет характеристик показателей трехфазных вентильных двигателей переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик // Вісн. Кременчуцького держ. ун-ту ім. М.Остроградського. – Кременчук: – 2010. – Вип. 3/2010 (62). – Ч. 1. – С.48-52.
3. Kim Mun-Soo. A robust control of permanent magnet synchronous motor using load torque estimation Kim Mun-Soo, Dall-Sup Song, Yong-Kil Lee, Tae-Hyun Won and other / Kim Mun-Soo // IEEE International Symposium on Industrial Electronics. – 2001. – Vol.2. – P.1157-1162.
4. Разработка математической модели и моделирование явнополюсных синхронных машин в фазных координатах / Е.В. Полилов, А.Г. Щёлоков, Е.С. Руднев, А.Н. Степанов // Вісн. Нац.техніч. Ун-ту «ХПІ». – Харків: – 2008. – № 30. – С.207-210.
5. Разработка Simulink-моделей и моделирование явнополюсных синхронных машин в ортогональных координатах / Е.В. Полилов, А.И. Мотченко, А.Н. Степанов, Е.С. Руднев // Вісн. Кременчуцького держ. політехн. ун-ту ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009 (57). – Ч. 1. – С.102-106.
6. Search Matlab Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/matlab/>
7. Фигуры Лиссажу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Фигуры_Лиссажу
8. Специальные плоские кривые [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.math10.com/ru/vyshshaya-matematika/analiticheskaya-geometriya/spetsialnie-plokostnie-krivie.html>
9. Архимедова спираль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hijos.ru/2011/03/09/arximedova-spiral/>
10. Chee-Mun Ong. Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Matlab/Simulink, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1997. – 626 p.

Анотація

На базі двохкоординатної системи позиціонування було реалізовано можливість відпрацьовувати сумісними рухами обох столів довільні траєкторії з максимальною швидкістю контура управління та з оптимальними за часом характеристиками руху.

Ключові слова: ТАК, координатний стіл, оптимальне керування.

Аннотация

На базе двухкоординатной системы управления была реализована возможность отрабатывать совместными перемещениями обоих столов произвольные траектории с максимальным быстродействием контура управления и с оптимальными по времени характеристиками движения.

Ключевые слова: ТАК, координатный стол, оптимальное управление.

Abstract

On the basis of two-coordinate control system has been implemented the ability to fulfill joint movements both tables arbitrary path with a maximum speed control loop and with the best on-time performance movement.

Keywords: TAC, coordinate table, optimal control.