

ЕЛЕКТРОПРИВОД УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Розроблено електропривод установки мобільного комплексу для виготовлення полімерних труб. Проведено низку досліджень підтримання швидкості двигунів та їхньої синхронізації. Розв'язано основну проблему синхронізації двигунів, використовуючи принцип «ведучий-ведений двигун».

Ключові слова: асинхронний двигун, редуктор, екструдер, полімер, труба, перетворювач частоти, векторне керування, алгоритм, перехідні процеси, регулятор, енкодер.

Abstract

The electric drive of the installation of a mobile complex for the production of polymeric pipes is developed. A number of studies have been conducted to maintain the speed of motors and their synchronization. The main problem of motor synchronization is solved, using the principle of «master-slave motor».

Keywords: asynchronous motor, reducer, extruder, polymer, pipe, frequency converter, vector control, algorithm, transitional processes, regulator, encoder.

Вступ

Поява нових технологій водопідготовки та водоочищення, а так також підвищене застосування в побуті продуктів хімії призводять до хімічної корозії трубопроводу. Труби із пластику мають незаперечні переваги в порівнянні з іншими матеріалами, зокрема з металами. Такі трубопроводи не схильні до корозії, на них із часом з'являється набагато менше відкладень, вони не електропровідні й мають низькі втрати тепла.

Метою роботи є розробка електроприводу мобільного комплексу для виготовлення спіральновитих полімерних труб. Електропривод мусить забезпечувати підтримання швидкості двигунів у разі зміни навантаження та їхню синхронізацію.

Результати дослідження

Модель установки, що розроблена в середовищі Solidworks, показано на рис. 1.

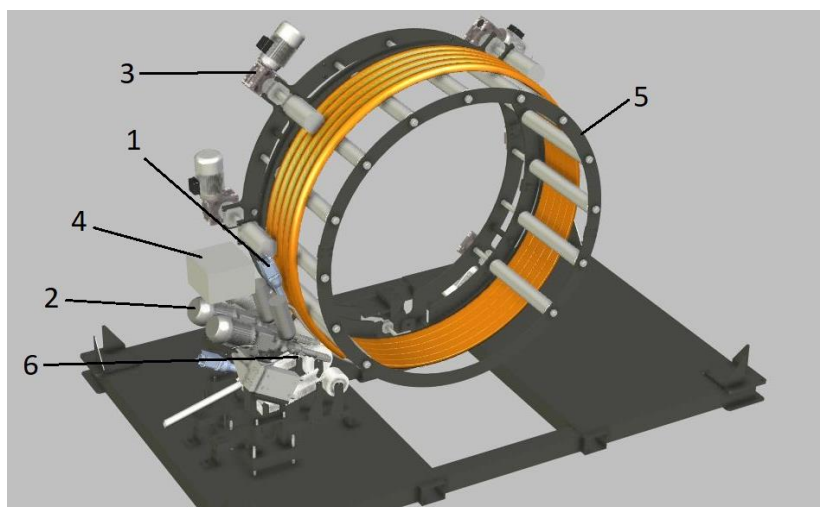


Рис. 1. Модель установки в середовищі Solidworks

Основними елементами установки є: 1 – нагнітач гарячого повітря (тепловентилятор); 2 – зварювальний екструдер; 3 – мотор-редуктор; 4 – блок керування; 5 – формувальний корпус; 6 – енкодер.

В роботі пропонується розв'язання проблем, які виникають під час розробки такої установки, а саме:

- проблема підтримання швидкості обертання двигунів у разі зміни моменту навантаження – під час прикладання навантаження, швидкість необхідно підтримувати на заданому рівні, для цього пропонується система керування, яка здатна регулювати швидкість двигунів із високою точністю;
- проблема синхронізації роботи двигунів – під час регулювання швидкості, є ймовірність розбіжностей значень швидкостей двигунів, так званої «конкуренції», за якої один із двигунів штовхає, а інший пригальмовує заготовку, що призводить до порушення технології виготовлення труби та, у результаті, її низьку якість.

Провівши аналіз наявних систем електроприводу, було прийнято рішення обрати систему перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД). Головними перевагами асинхронних двигунів є те, що вони мають меншу вартість, малий момент інерції, високий ступінь захисту і відсутність потреби в дорогому обслуговуванні. Система ПЧ-АД повністю задовольняє вимоги до електропривода установки для виготовлення полімерних труб, а, отже, є доцільним її використання в цій роботі.

За попередніми дослідженнями, що були проведені на експериментальній установці, розраховано необхідну потужність двигунів, які будуть використовуватись в установці – 1,1 кВт. Таких двигунів використовується 7 штук. Тому загальна потужність установки дорівнює 7,7 кВт.

Як виконавчий механізм обрано мотор-редуктор SITI MU75 90-S4 [1] потужністю 1,1 кВт. З технологічного процесу досліджуваної установки відомо, що найбільше перевантаження двигуна виникає під час пуску двигуна, тому було проведено перевірку двигуна за перевантажувальною здатністю. Мусить виконуватись умова:

$$M_{\max} \leq \lambda M_n, \quad (1)$$

де M_{\max} – максимальний момент двигуна; $\lambda = 2.4$ – перевантажувальна здатність; M_n – номінальний момент двигуна.

$$M_n = \frac{P_{2n}}{\omega_n} = \frac{1.1 \cdot 10^3}{146.5} = 7.5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}, \quad (2)$$

де P_{2n} – номінальна потужність двигуна; ω_n – номінальна кутова швидкість.

$$M_{\max} = k_p \cdot M_n = 2.2 \cdot 7.5 = 16.5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}, \quad (3)$$

де $k_p = 2.2$ – кратність пускового моменту.

Отримали таку нерівність:

$$16.5 < 18. \quad (4)$$

Така нерівність показує, що обраний двигун підходить за перевантажувальною здатністю.

Методом математичного моделювання проведемо дослідження динамічних та статичних характеристик розробленої системи, яке включає:

- дослідження динамічних характеристик за відомих параметрів АД під час виконання тесту, який охоплює етапи збудження двигуна, відпрацювання заданої траєкторії кутової швидкості, компенсація постійного номінального моменту навантаження та гальмування двигуна;
- дослідження динамічної поведінки системи векторного керування під час відпрацювання швидкості $0.5\omega_n$;
- дослідження динамічних характеристик системи векторного керування у разі зміни моменту навантаження.

За допомогою методу математичного моделювання значення кутової швидкості ротора АД, за якого, під час відпрацювання номінального моменту навантаження, модуль вектора напруги статора не перевищує максимально допустимого значення 311 В, дорівнює $\omega_{\max} = 117.2$ рад/с при номінальній кутовій швидкості $\omega_n = 146.5$ рад/с.

Умови виконання тесту: за 0,25 с відбувається збудження двигуна, потім, коли потокозчеплення досягає сталого рівня в час рівний 0,6 с, відбувається розгін двигуна від нуля до швидкості 117,2 рад/с; під час роботи з постійною швидкістю, у час $t = 1,0$ с, до валу двигуна прикладається номінальний момент навантаження $M_c = 7.5$ Н·м, а через 0,5 с знімається; у момент часу 1,65 с відбувається гальмування двигуна до нульової швидкості.

Графіки перехідних процесів системи непрямого векторного керування при $\omega^* = \omega_n = 117.2$ рад/с представлені на рис. 2.

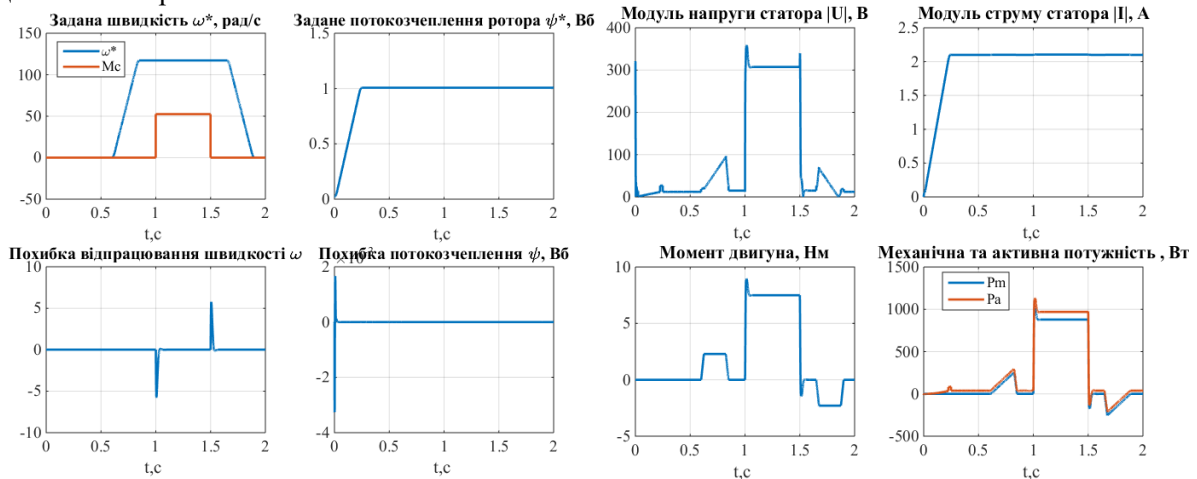


Рис. 2. Графіки перехідних процесів системи непрямого векторного керування при $\omega^* = \omega_n = 117.2$ рад/с

Отримані графіки перехідних процесів під час дослідження динамічної поведінки системи векторного керування під час відпрацювання швидкості $\omega^* = 0.5\omega_n = 58.6$ рад/с представлені на рис. 3.

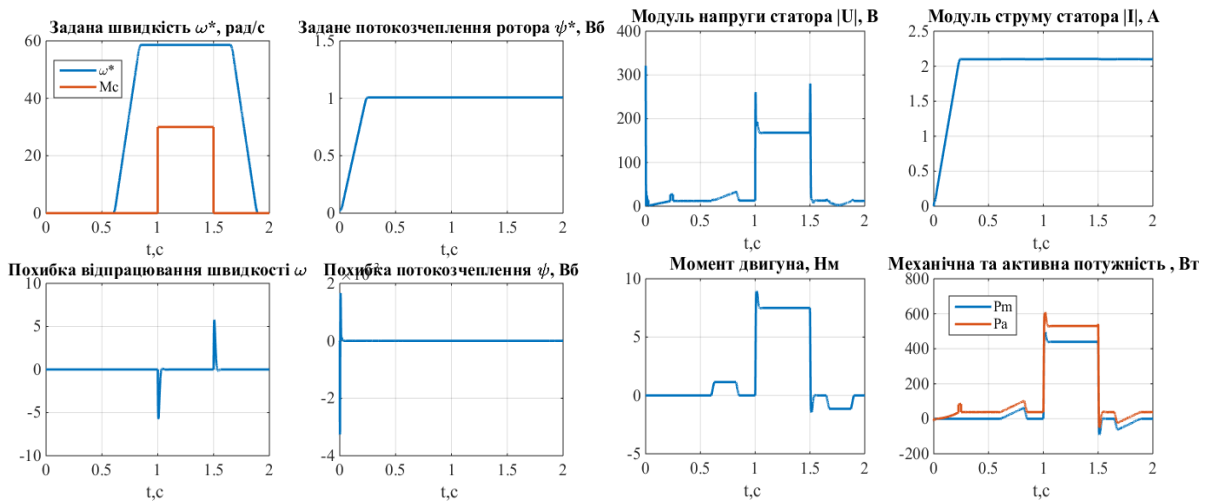


Рис. 3. Графіки перехідних процесів системи непрямого векторного керування при $\omega^* = 0.5\omega_n = 58.6$ рад/с

Графіки перехідних процесів під час відпрацювання номінальної швидкості та динамічним моментом $M_c \cdot 200\%$ показані на рис. 4.

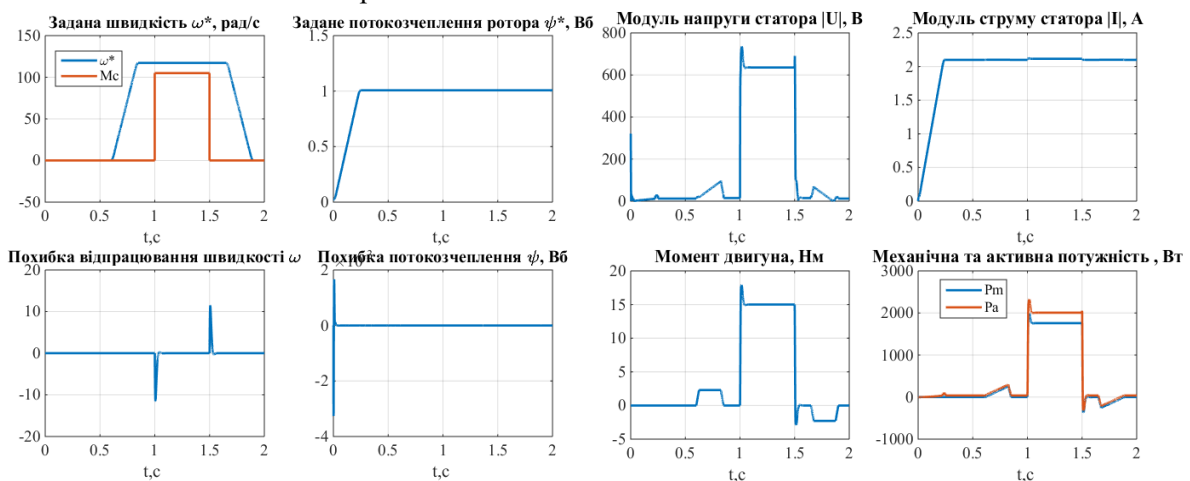


Рис. 4. Графіки перехідних процесів при відпрацюванні номінальної швидкості та динамічним моментом $M_c \cdot 200\%$

Графіки перехідних процесів при відпрацюванні номінальної швидкості та динамічним моментом $M_c \cdot 50\%$ показані на рис. 5.

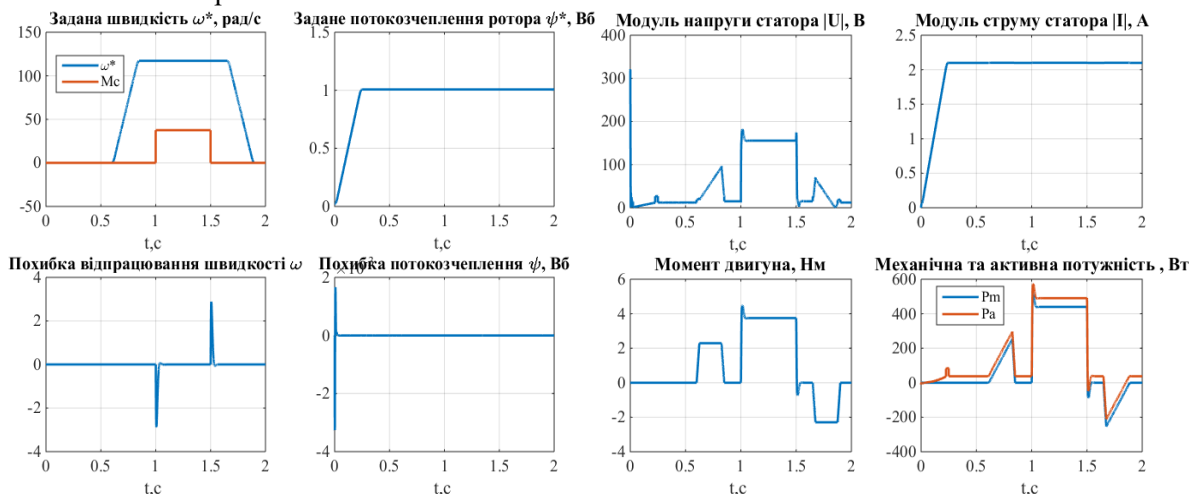


Рис. 5. Графіки перехідних процесів при відпрацюванні номінальної швидкості та динамічним моментом $M_c \cdot 50\%$

Висновки

На основі аналізу отриманих графіків перехідних процесів, зроблено такі висновки: під час відпрацювання заданої швидкості, забезпечуються умови асимптотичного відпрацювання заданих траєкторій похибок відпрацювання кутової швидкості та модуля вектора потокозчеплення ротора, відбувається полеорієнтування, процеси в механічній та електромагнітній підсистемах повністю розв'язані. Відсоток перерегулювання швидкості в номінальному режимі становить 4,9 %.

Проблеми підтримання швидкості двигунів та їхньої синхронізації були вирішені реалізацією в системі керування від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю. Було використано принцип «головний-ведений двигун»: на першому двигуні встановлено датчик швидкості, який передає сигнал на керівний контролер, а він, своєю чергою, розраховує швидкість обертання двигуна. Отже, перший двигун є головним для всієї системи, а інші двигуни – веденими, які синхронізуються за сигналом головного двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Червячные редукторы с 4-х полосным двигателем. URL: <http://siti.com.ua/gearboxes/worm-gearboxes-gearmotors/worm-gear-series-u- -mu/4p> (Дата звернення 31.05.2022).

Прінько Юрій Володимирович – студент групи ЕП-11мп, факультет електроенерготехніки та автоматики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: yuraprinko2000@gmail.com

Науковий керівник: **Шановал Іван Андрійович** – д-р техн. наук, с.н.с., доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Prinko Yuri V. – Faculty of Electrical Power Engineering and Automatics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky KPI, Kyiv, e-mail: yuraprinko2000@gmail.com

Supervisor: **Shapoval Ivan A.** – Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Electromechanical Systems Automation and Electrical Drives, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv