

## РОЗРОБКА ДИСКРЕТНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ШТОКУ ІНЖЕКТОРНОГО ПРИСТРОЮ

**Богута О.С., магістрант, Комольцев В.В. магістрант, Халімовський О.М., к.т.н., доц., Сокольський О.Л., к.т.н., доц.**

*КПІ імені Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** Введення інтелектуальних датчиків (ІД) у виробу з полімерних композиційних матеріалів в процесі екструзії дозволить проводити дистанційну діагностику та моніторинг цих виробів безпосередньо під час їх експлуатації [1]. Необхідність точного позиціонування обмеженої кількості ІД в задані просторові координати об'єму виробів з метою отримання в режимі реального часу інформації про характеристики відповідальних деталей та вузлів, зокрема, про їх напружено-деформований стан, визначає актуальність автоматизації процесу виробництва інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів (ІПКМ). Задача автоматизації процесу виробництва ІПКМ полягає у циклічному формуванні порції суміші полімеру з ІД і транспортуванні її у виробу на задану глибину.

**Мета роботи.** Синтез цифрових регуляторів векторно-керованого асинхронного електроприводу розробленої у [2] системи автоматичного керування (САК) рухом штоку інжекторного пристрою.

**Матеріали і результати досліджень.** За результатами аналітичного огляду різних типів інжекторних пристроїв (ІП), як найбільш перспективну, в роботі [2] було визначено конструкцію модифікованого ІП та розроблено аналогову САК швидкості руху штоку інжекторного пристрою з векторно-керованим асинхронним електроприводом. Значення параметрів контурів САК було розраховано для асинхронного двигуна (АД) типу 4АА56А4У3 потужністю  $P=0,12$ кВт. Для технічної реалізації САК необхідно визначити параметри цифрових регуляторів струму, потокозчеплення та швидкості. Структурна схема цифрової системи автоматичного регулювання (САР) польової компоненти вектору струму статора двигуна  $I_d$  з передаточними функціями цифрового регулятора  $W_{pez}(z)$  та зведеного об'єкта керування  $W_0(p)$  зображена на рис. 1.

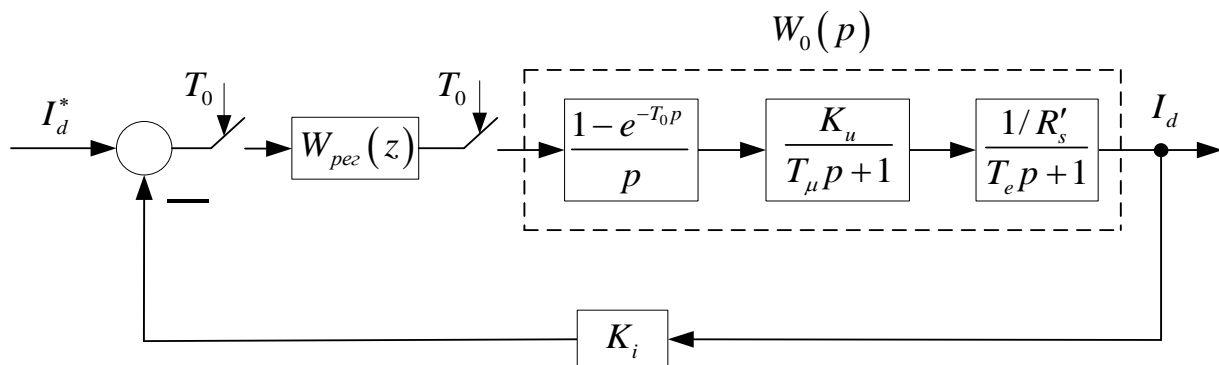


Рисунок 1 – Структурна схема цифрової САР польової компоненти вектора струму статора

Де:  $I_d^*$  – значення сигналу завдання;  $K_u$  – коефіцієнт передачі інвертора напруги;  $T_u$  – мала некомпенсована стала часу, що визначається періодом ШІМ силового перетворювача та сталою часу давачів струму;  $K_i$  – коефіцієнт зворотного зв'язку;  $T_e$  – електромагнітна стала часу;  $R'_s$  – активний опір;  $T_0$  – такт квантування. Друга з аперіодичних ланок об'єкта керування (рис.1) описує зв'язок між компонентами векторів напруги та струму статора АД. Такт квантування визначався з урахуванням теореми Котельникова-Шеннона за виразом

$$T_0 \leq \frac{\pi}{3 \cdot \omega_{cp}} = \frac{3.14}{3 \cdot 4000} = 0.00026 \text{ с,}$$

де  $\omega_{cp}$  – гранична частота фільтрування неперервної частини САР. Передаточна функція коригуючого пристрою, що отримана аналітично при налаштуванні контуру  $I_d$  на модульний оптимум [2] дорівнює:

$$W_{рег}(p) = \frac{0.3016p + 139.6}{p}$$

Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика (ЛАХ) передаточної функції об'єкта керування  $W_{ок}(p)$  представлена на рис. 2.

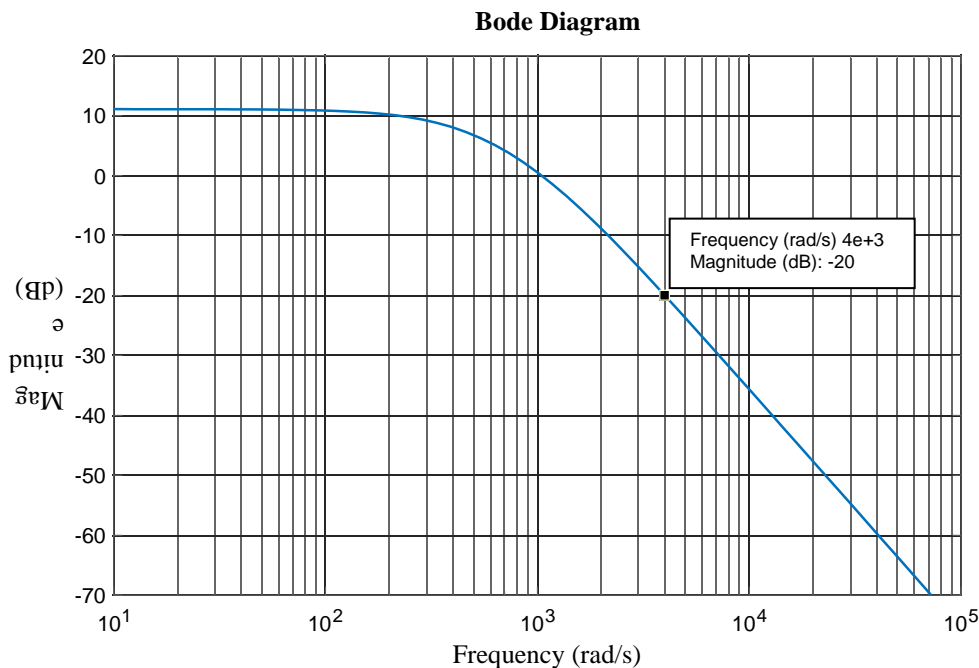


Рисунок 2 – ЛАХ об'єкту керування контуру  $I_d$

Передаточна функція цифрового регулятора, що отримана чисельним способом у програмному середовищі Matlab/Simulink шляхом використання функції  $c2d(W, T_0)$  для обраного  $T_0=0.0002\text{с}$  має вигляд

$$W_{рег}(z) = \frac{0.3016z - 0.2736}{z - 1}$$

Результати моделювання перехідних процесів компоненти струму  $I_d$  представлені на рис. 3.

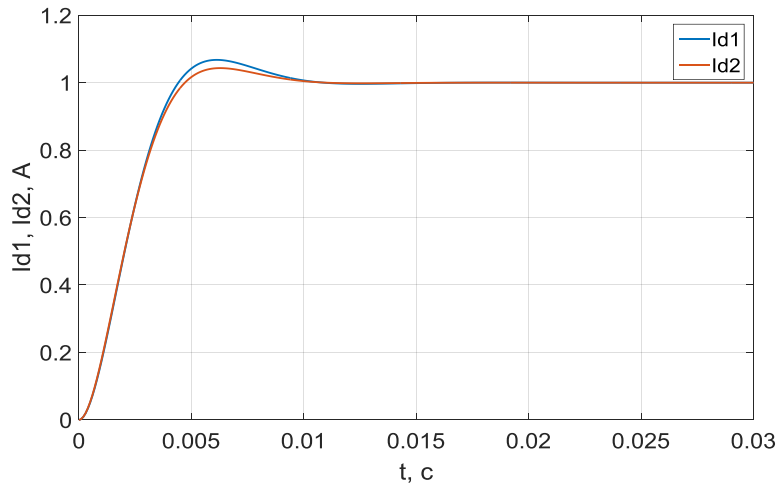


Рисунок 3 – Перехідні характеристики САР струму статора з цифровим  $I_{d1}(t)$  та аналоговим  $I_{d2}(t)$  регуляторами

Перехідні характеристики САР з цифровим та аналоговим регуляторами практично співпадають. Показники якості перехідного процесу САР з цифровим регулятором є задовільними. Для визначення передаточної функції цифрового регулятора модуля потокозчеплення ротора було застосовано аналогічну процедуру синтезу. Передаточна функція об'єкту керування має наступний вигляд

$$W_{ок}(p) = \frac{1/K_i}{2T_\mu p + 1} \times \frac{L_m}{T_r p + 1},$$

де:  $L_m$  – взаємна індуктивність;  $T_r = L_r/R_r$  – стала часу ротора.

За розрахунками такт квантування САР контуру потокозчеплення складає 0.003с. Передаточна функція регулятора має наступний вигляд

$$W_{рег.\psi_r}(z) = \frac{8.235z - 7.845}{z - 1}.$$

Результати моделювання перехідних процесів САР модулю потокозчеплення ротора представлені на рис. 4.

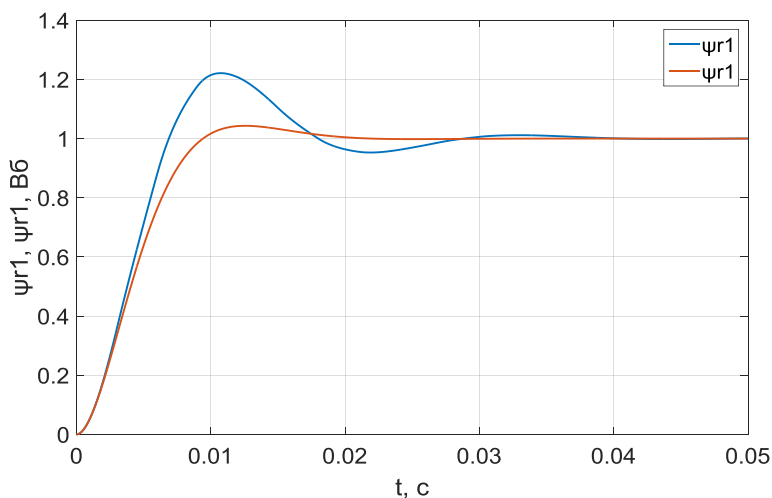


Рисунок 4 – Перехідні характеристики САР модуля потокозчеплення ротора з цифровим  $\psi_{r1}(t)$  та аналоговим  $\psi_{r2}(t)$  регуляторами

Контур швидкості САК при синтезі налаштовувався на симетричний оптимум. Для визначеного за допомогою ЛАХ такту квантування  $T_0=0.001\text{c}$  передаточна функція регулятора має вигляд

$$W_{\text{рез.}\omega}(z) = \frac{0.06143z - 0.05375}{z - 1}.$$

Результати моделювання перехідних характеристик контуру швидкості САК представлені на рис. 5.

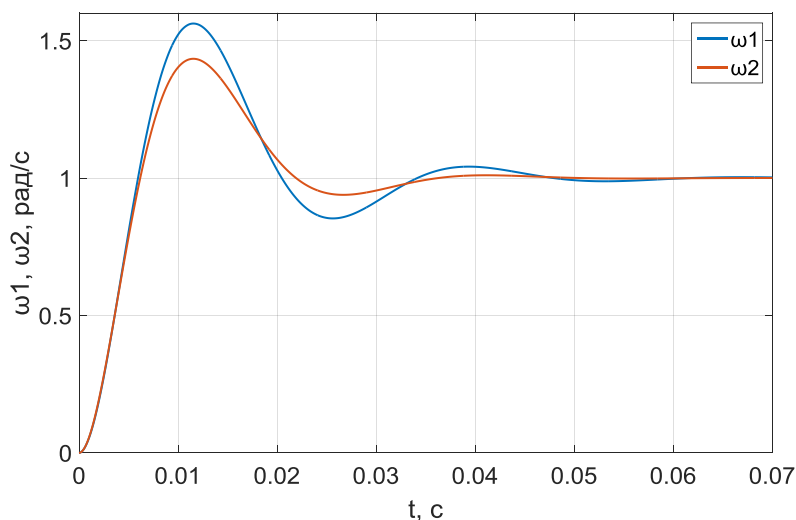


Рисунок 5 – Перехідні характеристики контуру швидкості з цифровим  $\omega_1(t)$  та аналоговим  $\omega_2(t)$  регуляторами

Перерегулювання перехідної характеристики  $\omega_1(t)$  (рис.5) контуру швидкості з цифровим регулятором складає 56%.

**Висновки.** Для технічної реалізації САК рухом штоку інжекторного пристрою синтезовано цифрові регулятори контурів швидкості, компонент вектору струму, модуля вектору потокозчеплення ротора. Порівняння динамічних характеристик контурів з аналоговими і цифровими регуляторами підтвердило можливість використання останніх для забезпечення руху штоку із заданими показниками якості.

#### Перелік посилань

1. Молодцов Г. А. Формостабильные и интеллектуальные конструкции из композиционных материалов [Текст] / Г. А. Молодцов и др. — М.: Машиностроение, 2000. - 352 с.

2. V.I. Sivetskyu, O.M. Khalimovskyy, O.L. Sokolskyu, I.I. Ivitskyu. Automation of Intelligent Sensor Injection Inlet In Polymer Moldings By Using Vector Controlled Electric Drive/2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering. May 29 – June 2. Kyiv, Ukraine. - S. 524-537.