

# Метод бажаних передавальних функцій, як ефективний спосіб керування роботом-маніпулятором

Ціпов'яз А. О.  
науковий керівник: Тачиніна О. М.  
НН АКІ НАУ  
Київ, Україна  
artemiypromark@gmail.com

Зунунов А. О.  
науковий керівник: Тачиніна О. М.  
НН АКІ НАУ  
Київ, Україна  
artemiypromark@gmail.com

**Анотація** - у даній роботі синтезовано регулятор методом бажаних передавальних функцій, який суттєво покращує якісні характеристики роботи об'єкта, та виконано порівняння роботи регулятора, налаштованого різними методами.

**Ключові слова** — система керування; поліноміальні рівняння; бажані функції; робот-маніпулятор; привід; двигун постійного струму

## I. ВСТУП

Кожен сучасний виробничий процес, кожна сфера діяльності в цілому у наш час автоматизується. Ефективний, якісний та швидкий спосіб вирішення будь-якого завдання завжди був першочерговою задачею у різних сферах життя.

Медицина, виробництво, дослідницькі операції, ліквідаційні роботи всі ці сфери об'єднує те, що можливості людини обмежені у даних галузях виходячи з багатьох факторів, тому виникає невідкладна необхідність у використанні систем автоматичного керування, які створенні для виконання складних завдань для людини.

Автоматизація є необхідною умовою сьогодення, адже сучасна людська діяльність поєднує в собі важку, монотонну та часом небезпечну роботу. Інтеграція робототехнічних комплексів торкнулася кожної галузі людських інтересів.

Проте найважливішу роль робототехнічні системи відіграють там, де вирішальною є швидкість та точність виконання. Саме тому широкої популярності набули роботи-маніпулятори, які завдяки своїй структурі та кількості ступенів рухомості дозволяють імітувати рухи людської руки, що якісно збільшує кількість маніпуляцій, які може провести робот.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Забезпечення якісної роботи та успішне виконання завдання – основна задача маніпулятора, за реалізацію якої відповідає система керування роботом. Система керування, у свою чергу, налаштовується за допомогою

регулятора, синтез якого вважається однією з найважливіших задач у створенні робота.

Серед великої кількості сучасних регуляторів найбільшої популярності набув ПІД-регулятор у різних його конфігураціях, проте, не зважаючи на відносну легкість проектування та достатню точність, існують методи, які значно підвищують якість системи. До таких методів відноситься метод бажаних передавальних функцій. Характерною відмінністю даного методу є те, що корегувальний пристрій синтезується виходячи з умов якості, яких потребує конкретна задача, це виконується шляхом визначення різниці вихідної і бажаної логарифмічно-частотної характеристики системи.

Метою роботи є синтез цифрового регулятора для системи автоматичного керування (САК) роботом-маніпулятором.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Синтез цифрового регулятора методом бажаних передавальних функцій зводиться до знаходження структури і параметрів корегуючого пристрою. Ця задача вирішується визначенням різниці вихідної і бажаної логарифмічної амплітудно-частотної характеристики (ЛАЧХ). Якість системи буде визначатись низькочастотною областю її ЛАЧХ.

При синтезі ЦСАК методом побудови бажаних передавальних функцій будемо вважати, що її незмінна частина обрана. Вважатимемо, що передавальна функція ЦСАК обрана і дорівнює бажаній  $H_x(z) = H_b(z)$ :

$$H_x(z) = \frac{D(z) \cdot W_{\text{ПДОК}}(z)}{1 + D(z) \cdot W_{\text{ПДОК}}(z)}$$

При цьому передавальна функція ОК відома з точністю до номінальних параметрів ОК:

$$W_{\text{ПДОК}} = W_{\Pi_0}(z) = \frac{P_0(z)}{Q_0(z)} z^{-s_n},$$

де  $s_n$  - реальне запізнення в ОК.

Із записаних виразів можливо обчислити передавальну функцію цифрової обчислювальної машини (ЦОМ):

$$D(z) = \frac{1}{W_{\Pi_0}(z)} \cdot \frac{H_B(z)}{1 - H_B(z)} = \frac{Q_0(z)}{P_0(z)} \cdot z^{s_n} \cdot \frac{H_B(z)}{1 - H_B(z)} = \frac{Q_{0+}(z) \cdot Q_{0-}(z)}{P_{0+}(z) \cdot P_{0-}(z)} \cdot z^{s_n} \cdot \frac{H_B(z)}{1 - H_B(z)}$$

Тоді для обчислення параметрів передавальної функції ЦОМ та бажаної передавальної функції замкненої ЦСАК можливо використовувати наступне поліноміальне рівняння:

$$G(z) \cdot z^{s_s} = A(z) \cdot M(z) + B(z) \cdot N(z) \cdot z^{s_s}$$

Обов'язковою є наявність необхідних умов реалізованості, а саме:

1. Бажана передавальна функція повинна мати запізнення не менше ніж реальний ОК.

2. Порядок передавальної функції регулятора повинен бути не меншим, ніж порядок передавальної функції ОК.

За умови збереження «грубості» системи та виключення додаткових перехідних процесів в управляючому сигналі на виході ЦОМ, тобто:

$$A(z) = P_{0-}(z) \cdot P_{0+}(z) = P_0(z);$$

$$B(z) = Q_{0-}(z);$$

$$D(z) = Q_{0+}(z) \cdot \frac{M(z)}{N(z)} \cdot e^{-(s_0 - s_{\Pi})}.$$

Поліноміальне рівняння синтезу набуває вигляду:

$$G(z) \cdot z^{s_s} = P_0(z) \cdot M(z) + Q_{0-}(z) \cdot N(z) \cdot z^{s_s}$$

і носить назву другого поліноміального рівняння синтезу алгоритму ЦОМ, за яким задається передавальна функція цифрового регулятора.

Для об'єктивного аналізу отриманих результатів при синтезі регулятора методом бажаних передавальних функцій, здійснено моделювання метода Зіглера-Ніколса та метода PID Tuner.

Обрано саме ці методи, виходячи з принципової різниці кожного між собою, простою використання та достатньою надійністю методів.

Моделювання виконано за допомогою програмного середовища MatLab.

Для коректної оцінки синтезованого регулятора проведено порівняльний аналіз різних методів налаштування регулятора. Графіки перехідних процесів при налаштуванні даними методами приведені на рис. 1.

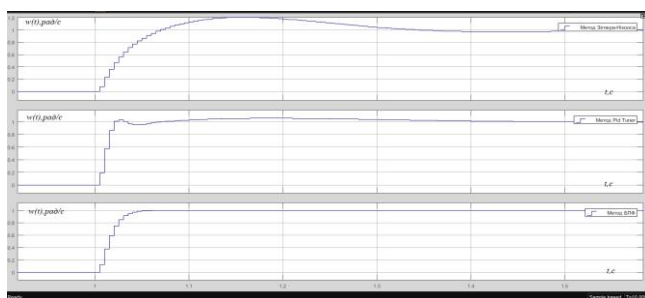


Рис. 1. Перехідні процеси отримані при налаштуванні різними методами

Порівняння проводилось на основі таких якісних характеристик: час регулювання, перерегулювання. Результати представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Якісні характеристики перехідних процесів за різних методів налаштування регулятора

	Метод Зіглера-Нікольса	Метод PID Tuner	Метод БПФ
Час регулювання (Т, с)	1,44	1,63	1,02
Перерегулювання (σ, %)	20%	3,3%	0%

#### IV. ВИСНОВОК

У ході роботи проаналізовано стан розвитку методів налаштування на теперешній час. Синтезовано цифровий регулятор для системи автоматичного керування роботом-маніпулятором методом бажаних передавальних функцій на основі другого поліноміального рівняння.

Такий спосіб налаштування регулятора дозволить покращити якісні характеристики перехідних процесів, а саме: зменшити час перехідного процесу на 0,5 с та забезпечити перерегулювання 0%.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ганс Бергер, Автоматизация посредством STEP 7 с использованием LAD и FBD и программируемых контроллеров. перевод по 2-му изд. Automating with Step 7 in LAD & FBD. Hans Berger. 2001. – 290 с.
- [2] Деменков Н.П. и другие, Системы автоматического управления на основе программируемых логических контроллеров. Техническая коллекция Schneider Electric. выпуск 16, 2006. – 365 с.
- [3] Деменков Н. П., Языки программирования промышленных контроллеров: Учебное пособие. под ред. К. А. Пупкова. – М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 340 с.
- [4] Егунов Н. Д., Пупков К. А., Баркин А. И. Синтез регуляторов систем автоматического управления. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 656 с.
- [5] Елизаров И. А., с соавторами. Мартемьянов Ю. Ф. и другие, Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры. – М.: Машиностроение. – 2004. – 410 с.
- [6] Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления Текст./ Г. Олссон, Д. Пиани, – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
- [7] Чебурахин И. Синтез дискретных управляющих систем и математическое моделирование: теория, алгоритмы, программы. Изд-во: НИЦ РХД, ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 248с.