

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ НА ОСНОВІ МІНІМІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ ФУНКЦІОНАЛІВ МИТТЄВИХ ЗНАЧЕНЬ ЕНЕРГІЇ РУХУ

**Островецький М.Я., доцент ; Манько В.В., Ворощенко В.Ю., Мисник О.В.  
бакалаври**

*кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

Класична теорія керування складними електромеханічними системами (взаємозв'язаними, нелінійними) базується на ідеях розкладання на відносно незалежні підсистеми та лінеаризації рівнянь руху з наступним вирішенням задач синтезу законів керування за спрощеними моделями. Достатньо громіздкі методи оптимального керування у формі зворотних зв'язків за інтегральними функціоналами якості неминуче приводять до вирішення рівнянь Ріккати чи рівнянь в часткових похідних. Практичне застосування законів керування координатами електромеханічних систем, отриманих на основі класичних методів, пов'язано з необхідністю мати повну й достовірну інформацію про структуру та параметри математичної моделі об'єкту керування [1,2].

Метою роботи є підвищення якості керування положенням електромеханічних систем шляхом синтезу регуляторів на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії руху. Суттєвою перевагою цієї концепції є те, що для визначення закону керування не потрібно вирішувати оптимізаційну задачу в традиційному розумінні, бо він записується безпосередньо по диференційному рівнянню об'єкту керування та по диференційному рівнянню, яким задається бажана якість керування. Отриманий закон керування забезпечує динамічну декомпозицію взаємозв'язаної електромеханічної системи та надає їй якісно нових властивостей: а саме, слабку чутливість до параметричних й координатних збурень об'єктів керування, обумовлюючи його практичну реалізацію.

На рис.1 показано структурну схему керування з двома регуляторами: внутрішнім за струмом та зовнішнім за положенням.

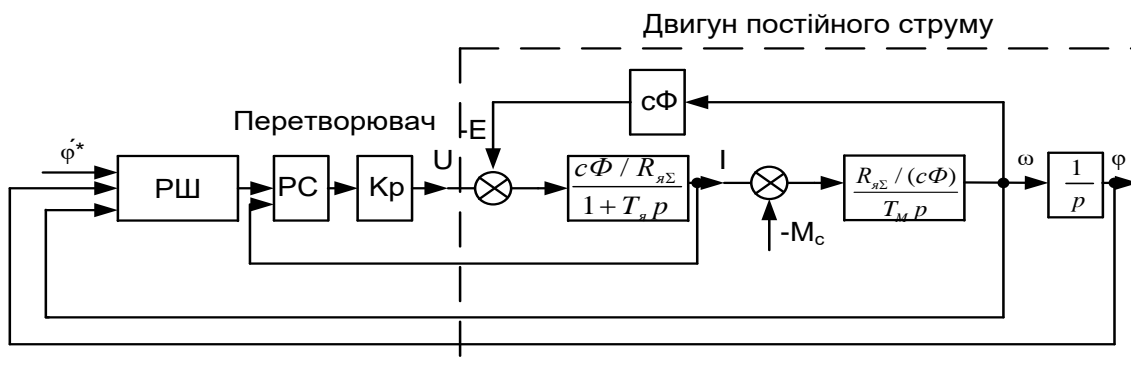


Рисунок 1 – Структурна схема системи керування

Синтез внутрішнього контуру струму починається із завдання бажаної якості керування. Як видно з рис.1, якірне коло описується рівнянням першого порядку, тому рівняння бажаної якості також має перший порядок

$$\dot{z} + \alpha_0 z = \alpha_0 x^* \quad (1)$$

Для стійкості збуреного руху системи коефіцієнти рівняння (1) повинні бути додатними  $\alpha_0 > 0$ . Ступінь наближення реального процесу керування до бажаного оцінюється функціоналом

$$G(u) = [\dot{z}(t) - \dot{I}(t, u)]^2 \quad (2)$$

При знаходженні керуючої функції  $u = u(I, \dot{I})$  класичними методами за умови абсолютного мінімуму функціонала

$$\min G(u) = 0 \quad (3)$$

отримується традиційний закон керування компенсаційного типу, для реалізації якого необхідна точна інформація про структуру та параметри об'єкту. Відхилення параметрів об'єкту від розрахункових призводить до суттєвого погіршення якості керування.

Цей недолік усувається, якщо відмовитися від точного виконання умови (3), а обмежитися вимогою, щоб значення функціонала (2) належало околиці екстремуму-мінімуму. Для цього мінімізація функціонала здійснюється за градієнтним законом (де  $\lambda$ -константа)

$$\frac{du(t)}{dt} = -\lambda \frac{dG(u)}{du} \quad (4)$$

Після підстановки знаходимо закон керування (де  $k$ - коефіцієнт підсилення регулятора)

$$\dot{u}(t) = k(\dot{z} - \dot{I}), \quad (5)$$

Зміна  $\dot{z}$  в законі керування (5) виступає в ролі заданої похідної струму, яка обчислюється в темпі її руху з рівняння бажаної якості керування (1) за виразом

$$\dot{z} = \alpha_0(x^* - I) \quad (6)$$

шляхом замикання зворотним зв'язком за струмом  $z = I$

Після інтегрування рівняння (6) закон керування остаточно прийме вигляд

$$u(t) = k(z - I) \quad (7)$$

На основі рівнянь (6) , (7) будується структурна схема регулятора, що наводиться на рис.2

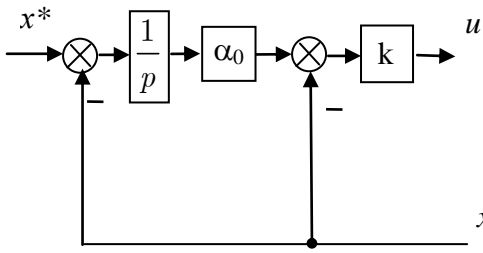


Рисунок 2 – Регулятор струму

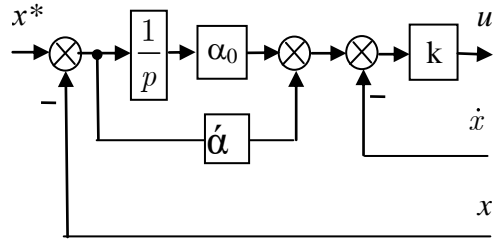


Рисунок 3 – Регулятор положення

Аналогічно розраховується зовнішній регулятор положення, який зображено на рис.3.

Дослідження системи проведено шляхом моделювання при наступних параметрах регулятора струму  $\alpha_0 = 3800$ ,  $k = 3000$  та регулятора положення  $\alpha_0 = 950$ ,  $\alpha_1 = 810$ ,  $k = 4000$ .

На рис.4. та рис.5. представлені графіки струму якоря та швидкості двигуна. На рис.6.показано графік зміни завдання.

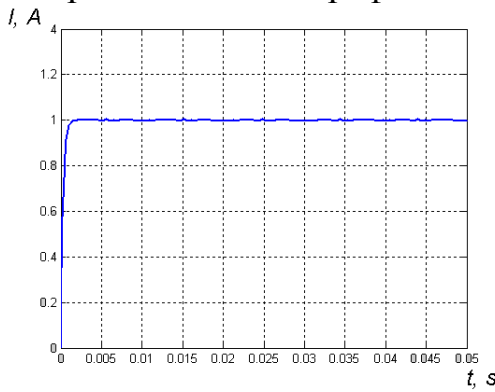


Рисунок 4 – Графік струму якоря

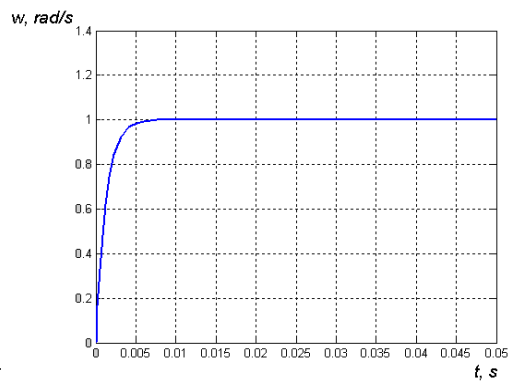


Рисунок 5 – Графік швидкості двигуна

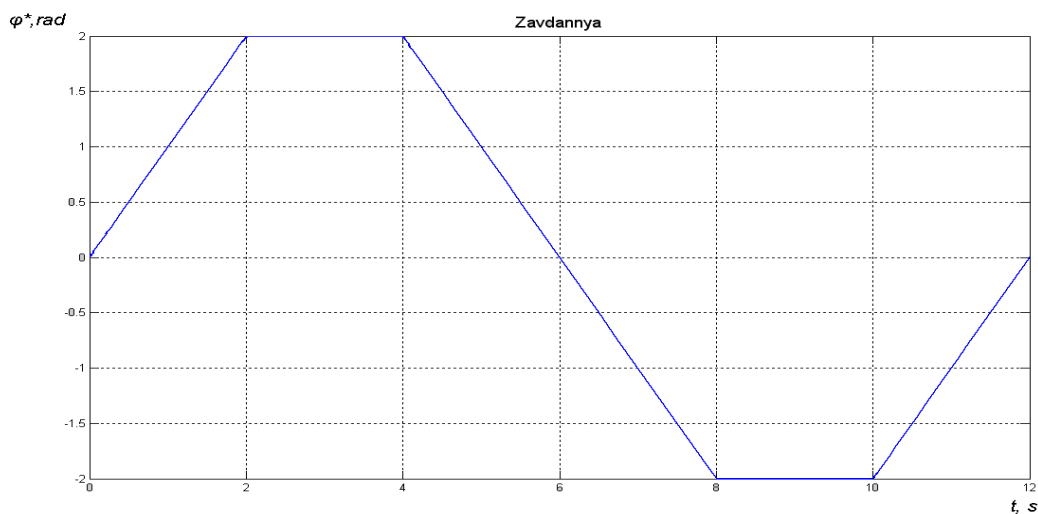


Рисунок 6 – Графік завдання положення

В процесі роботи системи може змінюватися момент інерції механізму і відповідно електромеханічна стала часу  $T_M$ . На рис.7. представлені графіки похибок положення при зміні електромеханічної сталої  $T_M$ . Як видно, що при такій суттєвій зміні електромеханічної сталої похибка відпрацювання завдання практично не змінюється. Значення середньо квадратичних похибок відповідно дорівнюють 0,000528; 0,0005273; 0,0005277.

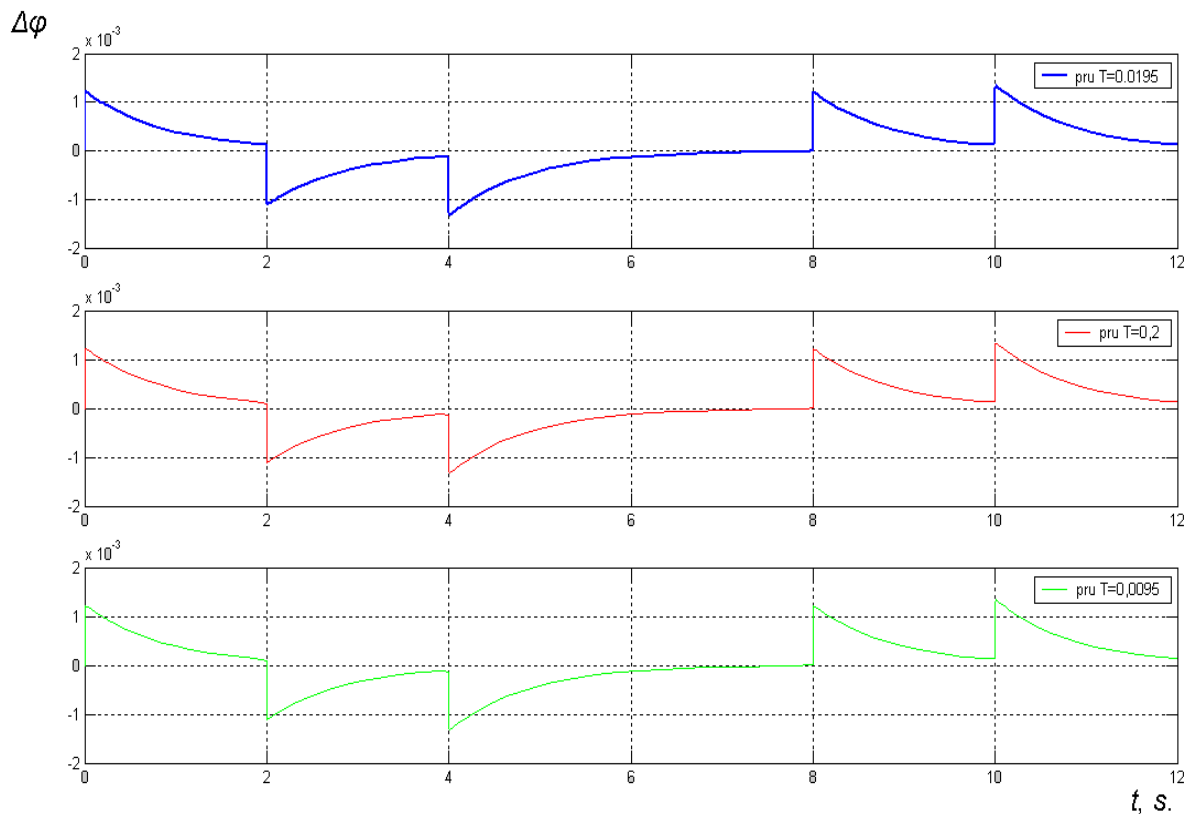


Рисунок 7 – Похибки керування положення при різних значеннях електромеханічної сталої  $T_M$

Таким чином, представлений метод синтезу законів керування координатами електромеханічних систем на основі концепції зворотних задач динаміки в сполученні з мінімізацією локальних функціоналів енергії руху забезпечує високу якість керування в статичному режимі та під час перехідних процесів в умовах параметричних та координатних збурень.

#### Перелік посилань

1. Крутько П. Д. Робастно устойчивые структуры управляемых систем высокой динамической точности. Алгоритмы и динамика управления движением модельных объектов // Изв. РАН. ТИСУ.-2005.-№2.-С. 120-140.
2. М. Я. Островерхов. Метод синтезу регуляторів електромеханічних систем на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії руху/ Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут".- Харків: НТУ "ХПІ", 2008.-№30.- С.105-110.