

ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ВЛАСТИВОСТЯМИ СЛАБКОЇ ЧУТЛИВОСТІ ДО ЗМІНИ НАПРУГИ МЕРЕЖІ

Острове́рхов М.Я., к.т.н., доц.,; Тітов О.О., Левицький Д.М., студенти
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Сучасний період розвитку електромеханічних систем характеризується постановкою і вирішенням технологічних задач, що враховують неточність наших знань про об'єкти керування і зовнішні збурення, що діють на них. Задачі синтезу регулятора і оцінки стану з врахуванням невизначеності в моделі об'єкта і характеристиках вхідних збурень є одними з основних в сучасній теорії керування. Їх важливість обумовлена в першу чергу тим, що майже в кожній технологічній задачі присутня невизначеність в моделі об'єкта (математична модель об'єкта, що отримана на основі теорії чи в результаті ідентифікації, відрізняється від реальної технічної системи) і в класах вхідних збурень. В результаті параметричних збурень умови оптимізації порушуються, що призводить до погіршення динамічних показників системи. В електроприводі постійного струму може змінюватися коефіцієнт передачі силових перетворювачів внаслідок зміни напруги мережі живлення [1].

Мета роботи полягає у забезпеченні якості керування системи підпорядкованого регулювання швидкості в умовах зміни напруги мережі живлення шляхом розробки законів керування на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії руху, що забезпечує слабку чутливість до параметричних збурень [2].

Матеріали досліджень. Математична модель двоконтурної системи керування швидкості двигуна постійного струму представлена на рис.1, де позначено: $u_{3\phi}$ – напруга завдання швидкості; u_{3c} – напруга завдання струму; $W_{\delta\phi}(\delta)$, $W_{PC}(p)$ – передаточні функції регуляторів швидкості та струму; $k_{i\phi}$ – коефіцієнт передачі перетворювача; T_{μ} – мала некомпенсована стала часу; R_{Σ} – сумарний опір якірного кола; T_{γ} – електромагнітна стала часу якірного кола; $c\Phi_H$ – коефіцієнт кола збудження; J_{Σ} – сумарний момент інерції електропривода; k_{ω} – коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю; k_c – коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом якоря; M_c – момент спору на валу двигуна; I , M , ω – відповідно струм, момент та кутова швидкість двигуна. Система керування включає внутрішній контур регулювання струму якоря та зовнішній контур регулювання швидкості. Вихідний сигнал регулятора швидкості є завданням для контуру регулювання струму.

Синтез починається з внутрішнього контуру струму. Якщо знехтувати некомпенсованою сталою часу T_{μ} та дією ЕРС, то об'єкт керування регулятора струму описується диференціальним рівнянням першого порядку

$$\dot{I} + a_0 I = b_0 u, \quad (1)$$

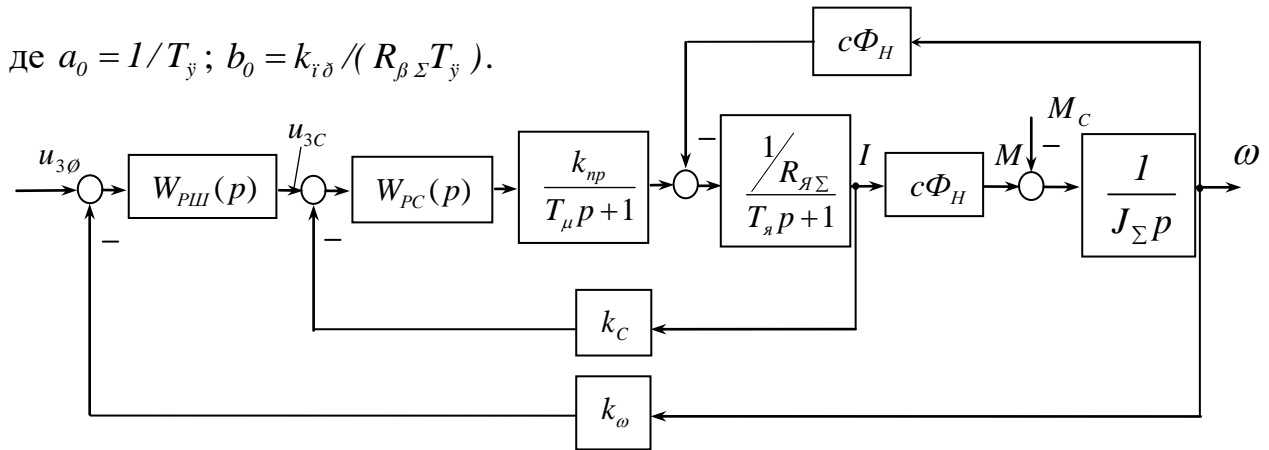


Рисунок 1 – Структурна схема системи підпорядкованого керування

Бажана якість керування замкнутого контуру струму двигуна також задається диференціальним рівнянням першого порядку, яке забезпечує монотонний перехідний процес з астатизмом першого порядку [3]

$$\dot{z} + \gamma_0 z = \gamma_0 I^* \quad (2)$$

За допомогою коефіцієнту $\gamma_0 = 3/t_{\dot{v}}$ задається тривалість аперіодичного перехідного процесу струму якоря t_{nn} .

Необхідно знайти таку керуючу функцію регулятора струму u , щоб якість керування наближалася до бажаної, заданої рівнянням (2). Ступінь наближення реального процесу до бажаного оцінюється функціоналом, який характеризує нормовану за індуктивністю енергію першої похідної магнітного поля

$$G(u) = \frac{1}{2} [\dot{z}(t) - \dot{I}(t, u)]^2 \quad (3)$$

Мінімізація функціоналу здійснюється за градієнтною схемою першого порядку [2]

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

де $\lambda_i > 0$ – константа.

Після чого закон керування струмом якоря приймає вигляд

$$\begin{aligned} u(t) &= k_i (z - I) \\ z &= \gamma_0 \int (I^* - I) dt \end{aligned} \quad (5)$$

На основі (5) побудована структурна схема регулятора струму, що показана рис. 2. Як видно з рисунку, параметри регулятора не залежать від параметрів об'єкту керування, чим забезпечується слабка чутливість до параметричних збурень. Аналогічно синтезується регулятор швидкості з астатизмом другого порядку при мінімізації функціоналу, що характеризує кінетичну енергію.

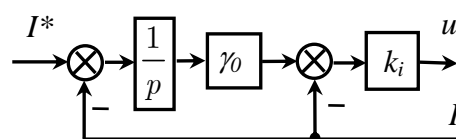


Рисунок 2 – Структурна схема регулятора струму

Дослідження якості перехідних процесів проведено шляхом моделювання традиційної системи з ПІ-регуляторами струму й швидкості та запропонованої системи. Для регулятора струму нової системи встановлено параметр $\gamma_0=110$, коефіцієнт підсилення $k=1000$, а для регулятора швидкості $\gamma_0=400$, $\gamma_1=70$ та $k=2000$. Після плавного пуску до швидкості 200 рад/с за час 0,5 с здійснювалося навантаження двигуна на номінальний момент на 1,5 с процесу. На рис. 3а представлено похибки керування швидкості традиційної системи при розрахунковому значенні коефіцієнта передачі силового перетворювача $k_{i0}=23$ та при зменшеному на 40 %. (суцільна та пунктирна лінія). Запропонована система на відміну від традиційної забезпечує слабку чутливість до параметричного збурення. Отримані графіки похибок зливаються між собою (рис. 3б).

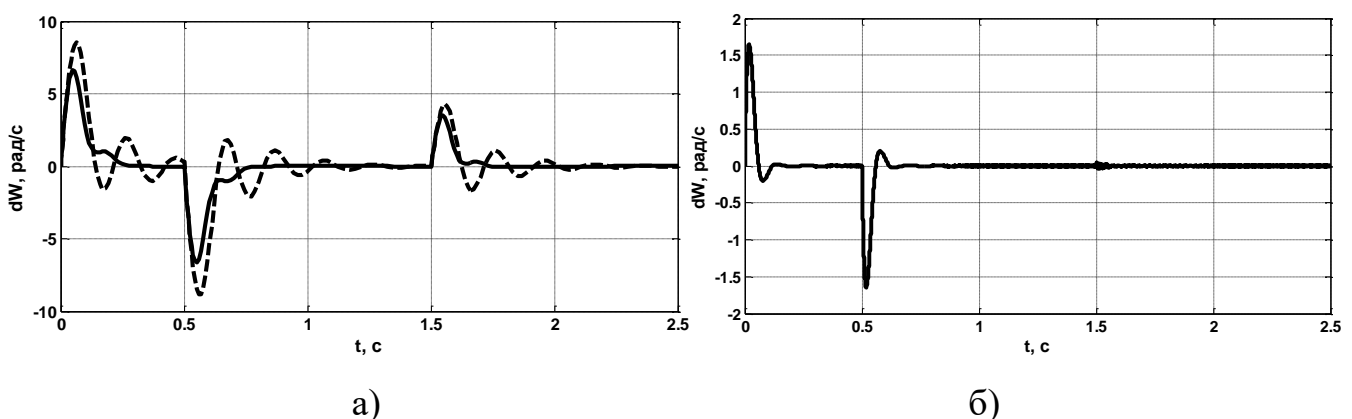


Рисунок 3 – Графіки перехідних процесів похибок швидкостей

Висновки. Представлена система підпорядкованого регулювання швидкості на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів енергій руху забезпечує в умовах зміни напруги мережі високу якість керування в статичному режимі та під час перехідних процесів без застосування громіздких алгоритмів ідентифікації параметрів чи адитивного керування.

Перелік посилань

1. Попович М. Г., Лозинський О.Ю. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. – К.: Либідь, 2005. – 672 с.
2. Крутько П.Д. Робастно устойчивые структуры управляемых систем динамической точности. Алгоритмы и динамика управления движением модельных объектов // Изв. РАН. ТИСУ. – 2005 – С.120 – 140.
3. Островерхов М.Я. Метод синтеза регуляторов электромеханических систем на основе концепции обратных задач динамики в сочетании с минимизацией локальных функционалов миттєвих значень енергії / Вісник НТУ “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. - № 30. – С.105 – 110.