

УДК 621.797:621.664

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОМУ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ ФУНКЦІОНАЛІВ МИТТЄВИХ ЗНАЧЕНЬ ЕНЕРГІЙ**М. Я. Островерхов, М. П. Бурик**Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: ostroverkhov@list.ru

Розглянуто метод підвищення якості керування координатами електропривода шляхом синтезу законів керування на основі концепції зворотних задач динаміки при мінімізації локальних функціоналів миттєвих значень енергій, що забезпечує слабку чутливість до параметричних та координатних збурень. Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність розробленого закону керування швидкістю та показали його перевагу в порівнянні з традиційним законом керування.

Ключові слова: підпорядкована система, параметричні збурення, якість.**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГИЙ****Н. Я. Островерхов, Н. П. Бурик**Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"
просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: ostroverkhov@list.ru

Представлен метод улучшения качества управления координатами электропривода путем синтеза законов управления на основании концепции обратных задач динамики при минимизации локальных функционалов мгновенных значений энергий, что обеспечивает слабую чувствительность к параметрическим и координатным возмущениям. Результаты экспериментальных исследований подтвердили эффективность разработанного закона управления скоростью и показали его преимущества в сравнении с традиционным законом управления.

Ключевые слова: подчиненная система, параметрические возмущения, качество.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Найбільш поширеною структурою електропривода є система підпорядкованого регулювання координат з класичним настроюванням регуляторів, передаточні функції яких компенсують відповідні ланки об'єктів керування локальних контурів. Для забезпечення заданої якості керування потрібно знати точні значення параметрів об'єктів, а при їхній зміні – застосовувати додаткові алгоритми ідентифікації або адаптації. Іншою проблемою є наявність взаємозв'язку між координатами об'єкту, що обумовлює його нелінійність та застосування компенсаційних зв'язків у системі керування. Зважаючи на це, актуальним є підвищення якості керування електроприводу в умовах параметричних та координатних збурень шляхом синтезу та дослідження законів керування на основі концепції зворотних задач динаміки при мінімізації локальних функціоналів миттєвих значень енергій. Це забезпечує динамічну декомпозицію взаємозв'язаної нелінійної системи на незалежні лінійні підсистеми; проведення синтезу законів керування координатами взаємозв'язаної нелінійної системи за лінійними моделями локальних контурів керування; слабку чутливість до параметричних і координатних збурень об'єкту керування [1, 2].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Методика синтезу та дослідження законів керування координатами електроприводу викладається на прикладі розповсюдженої системи підпорядкованого регулювання кутовою швидкістю двигуна постійного струму з незалежним збудженням при розробці закону керування швидкістю з традиційним ПІ-регулятором струму якоря внутрішнього контуру.

Об'єкт керування контуру швидкості описується передаточною функцією другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{cF / k_{z\omega}}{Jk_1 p(2T_\mu + 1)}, \quad (1)$$

де cF – коефіцієнт кола збудження двигуна; $k_I, k_{z\omega}$ – коефіцієнти зворотних зв'язків за струмом та швидкістю; J – момент інерції електропривода; T_μ – стала часу силового перетворювача.

Для забезпечення контуру швидкості астатизму другого порядку із заданою добротністю $D_3 = \alpha_0$ диференціальне рівняння, яким задається бажана якість керування швидкістю, вибирається другого порядку:

$$\ddot{z} + \alpha_1 \dot{z} + \alpha_0 z = \alpha_1 \dot{\omega}^* + \alpha_0 \omega^*, \quad (2)$$

де α_0, α_1 – коефіцієнти, якими задається тривалість та вид перехідного процесу швидкості; ω^* – задана швидкість двигуна.

Ступінь наближення реального процесу в контурі швидкості до бажаного оцінюється функціоналом, який характеризує нормовану за моментом інерції енергію першої похідної кінетичної енергії:

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

де ω, I_z^* – швидкість та заданий струм двигуна.

Мінімізація функціоналу здійснюється за градієнтним законом першого порядку

$$\frac{dI^*(t)}{dt} = -\lambda_\omega \frac{dG(I^*)}{dI^*}, \quad (4)$$

де $\lambda_\omega > 0$ – константа.

У результаті мінімізації отримується нетрадиційний закон керування швидкістю (5), який не містить жодного параметру об'єкту керування, на відміну від традиційних регуляторів. Цим забезпечується слабка чутливість до параметричних та координатних збурень.

$$I^*(t) = k_{\omega}(z - \omega);$$

$$z = \int f_0 dt; \tag{5}$$

$$f_0 = \alpha_0 \int (\omega^* - \omega) dt - \alpha_1 (\omega^* - \omega),$$

де k_{ω} – коефіцієнт підсилення регулятора швидкості.

Після підстановки закону керування швидкістю (5) у рівняння об'єкта (1) отримується диференціальне рівняння замкнутого контуру швидкості:

$$2T_{\mu} p^4 + p^3 + bk_{\omega} p^2 + \alpha_1 bk_{\omega} p + \alpha_0 bk_{\omega} = \alpha_1 bk_{\omega} p + \alpha_0 bk_{\omega}; \tag{6}$$

де $b = cFk_{zz\omega}/(k_k J)$.

Усталений рух замкнутого контуру буде асимптотично стійким, якщо для його характеристичного рівняння

$$2T_{\mu} p^4 + p^3 + bk_{\omega} p^2 + \alpha_1 bk_{\omega} p + \alpha_0 bk_{\omega} = 0 \tag{7}$$

виконуються наступні нерівності, згідно з критерієм Гурвиця, швидкості:

$$\alpha_1 < \frac{1}{2T_{\mu}}; \alpha_1 bk_{\omega} (1 - 2T_{\mu} \alpha_1) > \alpha_0. \tag{8}$$

Дослідження наданої системи підпорядкованого керування кутовою швидкістю проведено на експериментальній установці порівняно з роботою традиційного ПІ-регулятора швидкості при зменшенні удвоє магнітного потоку двигуна. Двигун типу МІ-42 має наступні дані: $P_n = 1,1$ кВт; $\omega_n = 104,72$ рад/с; $U_n = 220$ В; $I_n = 6,3$ А – номінальна потужність, кутова швидкість, напруга та струм якоря. Силовий перетворювач характеризується коефіцієнтом передачі $k_{pr} = 23$ та сталою часу $T_{\mu} = 0,01$ с. Параметри нетрадиційного регулятора кутової швидкості дорівнюють $\alpha_0 = 100$, $\alpha_1 = 20$, $k_{\omega} = 22$.

Під час виконання дослідження використовувалася стандартний тест, який включав відпрацювання заданої траєкторії кутової швидкості з наступним накиданням ступінчатого навантаження. Показники якості систем керування наведено в табл. 1, де позначено: ПІ – традиційний пропорційно-інтегральний

регулятор; Н – розроблений регулятор з нетрадиційною структурою. У дужках вказано значення коефіцієнта кола збудження двигуна cF .

Таблиця 1 – Показники якості систем керування

При відпрацюванні завдання		При компенсації навантаження	
тип регулятора	динамічна похибка	час компенсації	динамічна похибка
ПІ (1,895)	0,13	0,5	0,387
Н (1,895)	0,17	0,5	0,278
ПІ (0,947)	0,185	1	0,305
Н (0,947)	0,21	0,5	0,2

ВИСНОВКИ. Запропонований метод синтезу законів керування координатами електроприводу забезпечує високу якість керування в статичному режимі та під час перехідних процесів в умовах дії параметричних та координатних збурень. Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність розроблених законів керування та показують їх переваги порівняно з традиційними законами керування регуляторів. Зменшення удвічі коефіцієнта кола збудження двигуна практично не впливає на вид перехідних процесів запропонованої системи керування кутовою швидкістю.

ЛІТЕРАТУРА

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. Островерхов Н.Я., Бурик Н.П. Управление координатами электроприводов на основании концепции обратных задач динамики при минимизации локальных функционалов мгновенных значений энергий // Электротехника та електроенергетика. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – № 1. – С. 41–49.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE LAW SPEED CONTROL ELECTRIC DRIVE WHILE MINIMIZING LOCAL FUNCTIONALS INSTANTANEOUS VALUES OF ENERGIES

N. Ostroverkhov, N. Buryk

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

prosp. Peremohy, 37, Kyiv, 03506, Ukraine. E-mail: ostroverkhov@list.ru

Considered the method of improving the quality control coordinates of the electric drive by the synthesis of control laws based on the concept of inverse problems of dynamics while minimizing local functionals instantaneous values of energies, providing a weak sensitivity to parametric and coordinate perturbations. The results of experimental studies confirmed the effectiveness of the developed of law control speed and shown its advantage over traditional control law.

Key words: slave system, parametric perturbations, quality.

REFERENCES

1. Krut'ko P.D. Robustly stable structures of control systems of high dynamic precision. algorithms and dynamics of control of model objects // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. – 2005. – № 2. – PP. 120–140. [in Russian]
2. Ostroverkhov N.Ya., Buryk N.P. Control of coordinates electric drives based on the concept of inverse dynamics problems for minimization local

functionals momentary values of energy // *Electrotechnics and electroenergetics*. – Zaporizhzhya: ZNTU, 2011. – № 1. – PP. 41–49. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 20.07.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Сергіємком С.А.