



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 163039

(13) U

(51) МПК

G05B 11/06 (2006.01)

G05B 11/36 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

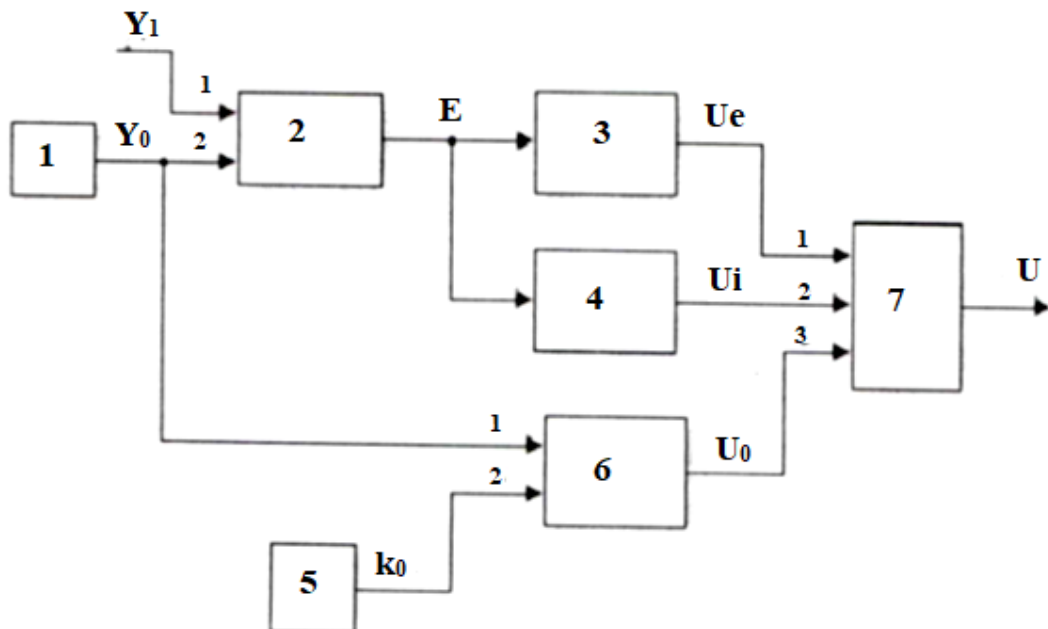
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 02338	(72) Винахідник(и): Луцків Микола Михайлович (UA), Дурняк Богдан Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.11.2025	(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА", вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 21.05.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 20.05.2026, Бюл.№ 20	

(54) ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИЙ І-РЕГУЛЯТОР

(57) Реферат:

Експоненціальний І-регулятор містить блоки додавання, ділення, експоненціального перетворення. Крім цього, додатково містить блок інтегрування, виконаний з можливістю формування інтегральної складової управління, яка разом з експоненціальною складовою і сигналом випередження за задачею створюють регулюючу дію, що забезпечує якісне регулювання інерційних об'єктів та усуває статичну похибку системи.



UA 163039 U

UA 163039 U

Корисна модель належить до галузі автоматики і може бути використана в системах автоматичного керування, у яких параметри об'єкта регулювання змінюються в широких межах та усувається статична похибка регулювання.

Відомі адаптивні системи автоматичного керування, які забезпечують стабільне управління при зміні зовнішніх впливів і параметрів об'єкта регулювання в широких межах. Адаптивні системи складаються з двох основних блоків: блока ідентифікації, який здійснює оцінку математичної моделі об'єкта і систему, та блока розрахунку основних параметрів і налагодження регулятора [1]. Існують адаптивні системи автоматичного керування, які містять еталонні моделі об'єкта і адаптивний регулятор, які забезпечують необхідну точність системи і задовільні перехідні процеси при швидких змінах параметрів об'єкта.

Недоліком адаптивних систем є те, що вони складні, що обмежує їх застосування для простих об'єктів регулювання.

Подані нечіткі цифрові регулятори об'єктів зі змінними параметрами містять блоки для оцінювання максимального і мінімального значення сигналу похибки регулювання, швидкості наростання похибки та прискорення, необхідні для їх масштабування до межі $[0,1]$, блоки фузифікації цих сигналів, блок формування логічного виводу і регулюючої дії на об'єкт [2].

Недоліком нечітких регуляторів є складність систем, велика кількість блоків, труднощі оцінки мінімальних і максимальних значень сигналів при зміні завдання на вході системи.

Відомий нечіткий регулятор змінних діапазонів для об'єкта зі змінними параметрами [3], який містить блок оцінки похибки регулювання та її похідної, блок фузифікації, блок формування логічного рішення, блок дефузифікації і додатково містить блок змінних діапазонів сигналів, який включає блок діапазонів похибки, блок приросту швидкості похибки і блок діапазону швидкості вихідної величини. Окремі блоки складаються із ряду блоків підсилення, додавання, добутку і ділення та інших.

Основним недоліком даного регулятора змінних діапазонів є складність схеми, що утрудняє їх налаштування і експлуатацію.

Відомі традиційні типові П, ПД, ПІ та ПІД-регулятори, які містять пропорційну ланку, диференціальну ланку та інтегруючу ланку [4].

Недоліком П-регулятора є низька точність регулювання (5-10 %), що обмежує його застосування. Введення Д-складової підвищує швидкодію системи, але амплітуда сигналу Д-складової досягає сотні і тисячі одиниць, яка фізично обмежується, наприклад, напругою операційного підсилювача чи мережі, внаслідок того, що сигнал Д-складової суттєво обмежується, система стає нелінійною, виникають коливання і система може стати нестійкою, що є недоліком.

Інтегральна складова сигналу управління значно "відстає" від сигналу похибки, внаслідок чого зменшується швидкодія системи. Зміна параметрів об'єкта і особливо коефіцієнта передачі об'єкта значно впливає на якість регулювання. У типових регуляторах для створення регулюючої дії на об'єкт застосовують тільки одну змінну - сигнал похибки регулювання, при цьому більш ніякої інформації про об'єкт чи систему автоматичного керування не використовують, що обмежує їх можливості.

Відомий вибраний експоненціальний П-регулятор [5], який складається із двох основних блоків: блока експоненціального алгоритму управління і блока масштабування управління і випередження за задачею. Блок експоненціального алгоритму складається із послідовно з'єднаних блоків віднімання, блока ділення, блока експоненціального перетворення сигналу похибки. Окремі блоки складаються із ряду блоків підсилення, додавання, добутку і ділення.

Основним недоліком даного експоненціального П-регулятора є низька статична точність системи при зміні коефіцієнта передачі об'єкта і складність системи і велика кількість блоків.

В основу корисної моделі поставлена задача створити експоненціальний І-регулятор для об'єктів із багатократною зміною сталих часу і експоненціальними та інтегральним алгоритмом перетворення сигналу Е абсолютної похибки регулювання створює ефективне управління $U=k \int E dt + 10[1 - \exp(-\alpha E)]$, де k - коефіцієнт передачі, α - показник ступеня експоненти, які є параметрами налаштування регулятора і додаткового блока випередження, що усуває статичну похибку системи, враховує вхідне завдання системи і коефіцієнт передачі об'єкта, що підвищує якість регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що експоненціальний І-регулятор, який містить блоки додавання, ділення, експоненціального перетворення, згідно з корисною моделлю, додатково містить блок інтегрування, виконаний з можливістю формування інтегральної складової управління, яка разом з експоненціальною складовою і сигналом випередження за задачею створюють регулюючу дію, що забезпечує якісне регулювання інерційних об'єктів та усуває статичну похибку системи.

Експоненціальний І-регулятор для об'єктів із багатократною зміною сталих часу містить блоки додавання, ділення, експоненціального перетворення та додатково містить блок інтегрування, на вхід якого подається сигнал Е похибки регулювання із виходу блока віднімання, на перший вхід якого подається вихід Y_1 об'єкта регулювання, а на його другий вхід подається вхідне завдання Y_0 системи, на виході блока віднімання отримується сигнал Е похибки, який подається на вхід блока експоненціального перетворення і на вхід блока інтегрування, а їх виходи з'єднані із блоком додавання, завдання Y_0 подається на перший вхід блока ділення, а його другий вхід з'єднаний із виходом блока задання коефіцієнта k_0 передачі об'єкта, вихід блока ділення з'єднаний із блоком додавання, на виході якого створюється регулююча дія U на об'єкт і подається на вхід об'єкта регулювання.

В результаті отримаємо експоненціальний І-регулятор об'єктів із кратною зміною сталих часу, що усуває статичну похибку системи та забезпечує якісне регулювання інерційних об'єктів.

І-регулятор складається із таких блоків: блока вхідного завдання 1 Y_0 і блока 5 коефіцієнта k_0 об'єкта, блока 2 віднімання, блока 3 експоненціального перетворення, блока 4 інтегрування, блока 6 ділення, блока 7 додавання, на виході якого формується регулююча дія на об'єкт U.

І-регулятор працює наступним чином. Вхідне завдання 1 Y_0 і вихід об'єкта Y подаються на вхід блока 2 віднімання, а на його виході одержується сигнал Е-похибки регулювання, яка надходить на вхід блока 3 експоненціального перетворення, яка перетворюється у експоненціальну складову управління $U_e = (10[1 - \exp(-\alpha E)])$, де показник ступеня α - параметр налагодження, та подається на перший вхід блока 7 додавання. Сигнал Е похибки паралельно подається на вхід блока 4 інтегрування, який формує інтегральну складову U_i управління та подається на другий вхід блока 7 додавання. Для врахування зміни вхідного завдання Y_0 воно подається на перший вхід блока 6 ділення, а на його другий вхід подається коефіцієнт k_0 передачі об'єкта із блока 5. В результаті сигнал U_0 випередження за задачею подається на третій вхід блока 7 додавання, на виході якого формується ефективна регулююча дія U на об'єкт, що забезпечує кращу якість регулювання і стійку роботу системи при зміні сталих часу і вхідного завдання.

Джерела інформації:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. - К.: Либідь, 2007. - 656 с.
2. Гостев В.І. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. - К.: "Радиомотор". - 2008. - 228 с.
3. Нечіткий регулятор змінних діапазонів. Патент на винахід, № 74706. Україна. Гостев В.Т., Яременко В.Н., Опуб. 10.01.2006, Бол. № 1, 2006.
4. Савицький В.К., Федоришин Р.М., Технічні засоби автоматизації: навч. посібник. - Львів: Видавництво Львівської політехніки. - 2018. - 292 с.
5. Експоненціальний П-регулятор. Патент на винахід № 126312, Україна, Луцків М.М., Дурняк Б.В., Петріашвілі. Опуб. 14.09.2022, Бюл. №37, 2022 - найближчий аналог.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Експоненціальний І-регулятор, який містить блоки додавання, ділення, експоненціального перетворення, який **відрізняється** тим, що додатково містить блок інтегрування, виконаний з можливістю формування інтегральної складової управління, яка разом з експоненціальною складовою і сигналом випередження за задачею створюють регулюючу дію, що забезпечує якісне регулювання інерційних об'єктів та усуває статичну похибку системи.

