



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45234 (13) U
(51) МПК (2009)
G05B 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИМ НЕЛІНІЙНИМ ОБ'ЄКТОМ

1

2

(21) u200906834

(22) 30.06.2009

(24) 26.10.2009

(46) 26.10.2009, Бюл.№ 20, 2009 р.

(72) ДИБСЬКА ІРИНА ЮРІЇВНА, БАНДУРА ІВАН
МИКОЛАЙОВИЧ, ТАРАСОВА АЛІНА СЕРГІЇВНА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕР-
СИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ
АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"(57) Система керування нестационарным нелиней-
ным объектом, что содержит два суматора, яка **від-
різняється** тим, що в неї введені спостерігач стану
по керуванню, вихід якого сполучений з першим
входом третього суматора, другий вхід якого з'єд-
наний з виходом спостерігача стану вихідного па-

метра об'єкта керування, причому вихід третьо-
го суматора та вихід нестационарного нелинейного
об'єкта сполучені з четвертим суматором, вихід
якого через ітераційний інверсний фільтр підклю-
чений до другого входу другого суматора, вихід
якого підключений до входів спостерігача стану по
керуванню та нестационарного нелинейного об'єкта,
при цьому до першого входу другого суматора
підключений вихід регулятора, вихід з першого
суматора сполучений з входом регулятора, до
першого входу першого суматора підключений
задавальний вплив, а до другого входу першого
суматора підключений вихід нестационарного нели-
нейного об'єкта.

Корисна модель належить до області електроні-
ки і може бути використана в проектуванні різно-
манітних систем з нестационарным нелинейним об-
єктом.

Найбільш близька до запропонованої є нелі-
нійна система керування, узятя як прототип, що
містить два підсилювача, два суматора, два диф-
ференціатора, нелінійний блок із зоною нечутливо-
сті, нестационарний об'єкт керування, два інтегра-
тора, регулятор та чотири помножувача (див.
Патент №RU2003161 C1 5 G 05B 13/00. Адаптивна
система керування нестационарным об'єктом. Ла-
щев А. Я.).

Недоліком зазначеної системи є низька пере-
шкодозахисність, тому що є диференційні контури.

Задачею корисної моделі є підвищення пере-
шкодостійкості системи за допомогою динамічного
компенсатора.

Поставлена задача вирішується тим, що в си-
стемі, яка містить два суматора, згідно з корисною
моделлю введені спостерігач стану по управлінню,
вихід якого сполучений з першим входом третього
суматора, другий вхід якого з'єднаний з виходом
спостерігача стану вихідного параметра об'єкта
керування, вихід з третього суматора та вихід не-
стационарного нелинейного об'єкта сполучені з чет-
вертим суматором, вихід з нього через ітераційний
інверсний фільтр підключений до другого входу
другого суматора, вихід якого підключений до вхо-

дів спостерігача стану по управлінню та нестацио-
нарного нелинейного об'єкта, до першого входу
другого суматора підключений вихід регулятора,
вихід з першого суматора сполучений з входом
регулятора, до першого входу першого суматора
підключений задаючий вплив, до другого входу
першого суматора підключений вихід нестационар-
ного нелинейного об'єкта.

Принцип дії запропонованого способу поясню-
ється блок-схемою системи, показаної на Фіг.1, та
блок-схемою реалізації ітераційно-інверсного фі-
льтра, показаної на Фіг.2.

До системи керування нестационарным нелі-
нійним об'єктом входять: суматори 1, 2, 3, 4, регу-
лятор 5 ($N(u(t))$), нестационарний нелинейний об'єкт
6 з передавальною функцією $W_0(s)$, спостерігач
стану по управлінню 7 з передавальною функцією
 $W_e^u(s)$, спостерігач стану вихідного параметра
об'єкта керування 8 з передавальною функцією
 $W_e^y(s)$, ітераційний інверсний фільтр 9 з переда-
вальною функцією $W_i(s)$, задаючий вплив 10 (g),
сигнал керування 11 (u), вихідний сигнал 12 (y),

сигнал оцінки виходу об'єкта 13 ($\hat{y}(t)$), сигнал по-
милки вихідного сигналу 14 (Δy), сигнал оцінки

(13) U
(11) 45234
(19) UA

збурювання 15 (\hat{v}).

До ітераційного інверсного фільтра входять:

$$(k_v = \frac{1}{W_e^{\hat{y}/u}(0)})$$

мірительний множник 16, нелінійні фільтра 17-19 з передавальними функціями

$W_e^{\hat{y}/u} \cdot k_v$, помилка вихідного сигналу 20 (Δy), 1-ше наближення сигналу оцінки збурювання 21

(\hat{v}_1), 2-ге наближення сигналу оцінки збурювання

22 (\hat{v}_2), 3-тє наближення сигналу оцінки збурю-

вання 23 (\hat{v}_3), n-1-ше наближення сигналу оцінки

збурювання 24 (\hat{v}_{n-1}), n-не наближення сигналу

оцінки збурювання 25 (\hat{v}_n).

Система керування нестационарним нелінійним об'єктом працює таким чином. Формується додатково сигнал компенсаційного керування 15 ($\Delta u(t)$) з урахуванням виходу ітераційного інверсного фільтра відновлення збурювання 9 як

$$\Delta u(t) = -W_l \left(y(t) - \hat{y}(t) \right),$$

де $W_l(s)$ - передавальна функція ітераційного

інверсного фільтра 9, y - вихідний сигнал 12, $\hat{y}(t)$ - оцінка виходу нестационарного нелінійного об'єкту 13, отримана на основі спостерігача стану по управлінню 7 і спостерігача стану вихідного параметра об'єкта керування 8 виду

$$\hat{y}(t) = W_e^u u(t) + W_e^y y(t),$$

у якому позначені

$$W_e^u(s) = C(sI - A + LC)^{-1} B^u + D^u,$$

$$W_e^y(s) = C(sI - A + LC)^{-1} L,$$

де A - матриця стану нестационарного нелінійного об'єкту, B - матриця керування, C - матриця виміру, D - матриця обходу, L - поліном

спостерігача, I - одинична матриця, $W_e^u(s)$ - передавальна функція спостерігача стану по управлін-

ню 7, $W_e^y(s)$ - передавальна функція спостерігача стану вихідного параметра об'єкта керування 8.

Сигнал компенсаційного керування 15 у замкнутій системі визначається з наступного операторного рівняння, отриманого у відповідності зі структурною схемою двоконтурного керування (див. Фіг.1)

$$(I - W_l W_e^u) \Delta u(t) = W_l (I - W_e^u) [W_e^u N(u_h(t) + \Delta u(t))] - W_l W_e^u u_h(t),$$

де W_e^u - передавальна функція спостерігача стану по управлінню 7, W_e^y - передавальна функ-

ція спостерігача стану вихідного параметра об'єкту керування 8, I - одинична матриця, $\Delta u(t)$ - сигнал компенсаційного керування 15, $N(u_h(t) + \Delta u(t))$ - нелінійна статична частина 1 з врахуванням компенсаційного керування, $u_h(t)$ - сигнал номінального керування.

Якщо прийняти $W_l = [W_e^u]^{-1}$, що можливо при виконанні умов інверсії оператора або оборотності системи по входу, то представлено вище рівняння спрощується до взаємозв'язку статичних характеристик

$$N(u_h(t) + \Delta u(t)) - K_h u_h(t) = 0,$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, що описує номінальну нелінійність нестационарного нелінійного об'єкту керування.

Представимо нелінійність нестационарного нелінійного об'єкту керування в наступному вигляді:

$$N(u(t)) = \begin{cases} K(u(t) - \Delta u_{dz}(t)), u(t) \geq 0 \\ K(u(t) + \Delta u_{dz}(t)), u(t) < 0 \end{cases},$$

а для номінальної моделі приймаємо $N_h(u(t)) = K_h u(t)$. Запишемо для даного типу нелінійності операторне рівняння

$$\begin{cases} W_e^u(u_h(t) + \Delta u(t) - \Delta u_{dz}(t)) - W_e^u u_h(t) = 0, u(t) \geq 0 \\ W_e^u(u_h(t) + \Delta u(t) + \Delta u_{dz}(t)) - W_e^u u_h(t) = 0, u(t) < 0 \end{cases},$$

де $u(t)$ - сигнал керування, $\Delta u_{dz}(t)$ - сигнал, що описує зону нечутливості.

Рішення останнього рівняння має вигляд

$$\begin{cases} \Delta u(t) = \Delta u_{dz}(t), u(t) \geq 0 \\ \Delta u(t) = -\Delta u_{dz}(t), u(t) < 0 \end{cases},$$

підстановка якого у вихід об'єкту дає

$$y(t) = \begin{cases} W_e^u(u_h(t) + \Delta u_{dz}(t) - \Delta u_{dz}(t)), u(t) \geq 0 \\ W_e^u(u_h(t) - \Delta u_{dz}(t) + \Delta u_{dz}(t)), u(t) < 0 \end{cases},$$

$$\text{т.ч. } y(t) = W_e^u u_h(t).$$

Таким чином, одержуємо збіг виходів нестационарного нелінійного об'єкта керування і номінальної моделі і тим самим забезпечуємо компенсацію розглянутої нелінійності.

Проте, залишається питання з реалізацією передавальної функції ітераційного інверсного фільтра 9.

Передавальні функції системи по збурюванню і управлінню мають вигляд:

$$W_{yv}(s) = \frac{W_0(s) \cdot \left(1 - W_e^{\hat{y}/u}(s) \cdot W_1(s) \right)}{1 + W_1(s) \cdot W_0(s) - W_1(s) \cdot W_0(s) \cdot W_e^{\hat{y}/y} - W_e^{\hat{y}/u} \cdot W_1},$$

$$W_{yu}(s) = \frac{W_0(s)}{1 + W_1(s) \cdot W_0(s) - W_1(s) \cdot W_0(s) \cdot W_e^{\hat{y}/y} - W_e^{\hat{y}/u} \cdot W_1},$$

де $W_e^{\hat{y}/u}(s)$ - передавальна функція сигналу оцінки виходу нестационарного нелінійного об'єкта

керування \mathcal{F} від сигналу керування $u(t)$, $W_e^{\hat{y}/u}$ - передавальна функція сигналу оцінки виходу нестационарного нелінійного об'єкта керування \mathcal{F} від вихідного сигналу.

Виходячи з передавальної функції системи по збурюванню, якщо забезпечити виконання умови

$$W_l(s) = \left[W_e^{\hat{y}/u}(s) \right]^{-1},$$

то система стане інваріантною щодо збурювання. Труднощі складаються з визначенням передавальної функції ітераційного інверсного фільтра 9 із приведеної вище умови, тому

де $\left[W_e^{\hat{y}/u}(s) \right]^{-1}$ - передавальна функція ітераційного інверсного фільтра 9,

k_v - мірний множник 16, $W_e^{\hat{y}/u}(s)$ - передавальна функція сигналу оцінки виходу нестационарного нелінійного об'єкта керування \mathcal{F} , від сигналу керування $u(t)$, n - ступінь наближення.

Структурно дане представлення передавальної функції ітераційного інверсного фільтра 5 можна представити у вигляді, показаному на Фіг.2.

Таким чином, компенсація нелінійності інерційного елемента типу «зона нечутливості» відбу-

що якщо порядок чисельника $W_e^{\hat{y}/u}(s)$ буде більше порядку його знаменника, то в чисельнику передавальної функції ітераційного інверсного фільтра 9 з'явиться диференціююча ланка, яка є не бажаною і важкою для реалізації.

Тому застосовуємо для одержання передавальної функції ітераційного інверсного фільтра 9 метод розкладання в ряд Неймана.

$$k_v = \frac{1}{W_e^{\hat{y}/u}(0)}$$

Якщо позначити $W_e^{\hat{y}/u}(0)$, то переда-

льну функцію $\left[W_e^{\hat{y}/u}(s) \right]^{-1}$ можна представити як

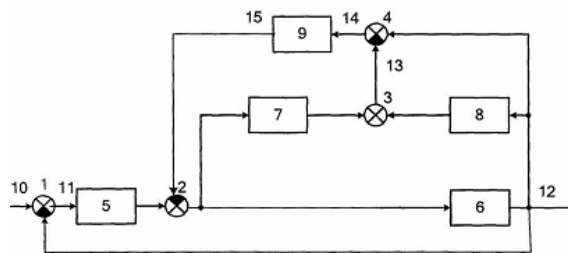
$$\left[W_e^{\hat{y}/u}(s) \right]^{-1} = k_v \cdot \left[1 + \left(1 - W_e^{\hat{y}/u}(s) \cdot k_v \right) + \left(1 - W_e^{\hat{y}/u}(s) \cdot k_v \right)^2 + \dots + \left(1 - W_e^{\hat{y}/u}(s) \cdot k_v \right)^n \right],$$

вається за рахунок введення додаткового складового сигналу компенсаційного керування 15 ($\Delta u(t)$) з урахуванням виходу ітераційно-інверсного фільтра відновлення збурювання 9 як

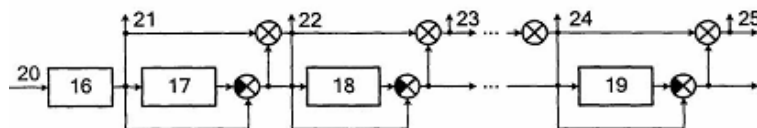
$$\Delta u(t) = -W_l \left(y(t) - \hat{y}(t) \right).$$

$$\hat{y}(t) = W_e^u u(t) + W_e^y y(t)$$

Таким чином, запропонована система дозволяє компенсувати різницю між виходом моделі та виходом нестационарного нелінійного об'єкта, підвищити перешкодостійкість.



Фіг. 1



Фіг. 2

