



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89872 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
H04L 7/04  
H03L 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СИСТЕМА ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ІЗ ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

1

(21) а200807539

(22) 02.06.2008

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) ЗАЙЦЕВ ГРИГОРІЙ ФРОЛОВИЧ, БУЛГАЧ ВІКТОР ЛЕОНАРДОВИЧ, СТАСЬ ВАДИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ, БУРЦОВА ТЕТЯНА ВІКТОРІВНА

(73) ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(56) UA 15169 A, 30.06.1997

SU 319041, 12.01.1972

JP 56062439 A, 28.05.1981

JP 3187648 A, 15.08.1991

US 2005002482 A1, 06.01.2005

EP 1643707 A1, 05.04.2006

(57) Система фазового автопідстроювання з диференційним зв'язком для узгодження фаз двох змінних напруг однієї частоти, де перша напруга через перший вхід системи надходить на перший вхід фазового дискримінатора та на перший вихід системи, друга напруга через другий вхід системи надходить на перший вхід фазообертача, другий

2

вхід якого з'єднаний з виходом інтегратора, а вихід з'єднаний із другим виходом системи та через елемент зсуву фази на  $\pi/2$  з'єднаний із другим входом фазового дискримінатора, вихід якого з'єднаний з входом фільтра, вихід якого з'єднаний із входом підсилювача, яка відрізняється тим, що додатково введений диференційний зв'язок, який складається з динамічних ланок - блока математичних моделей фазового дискримінатора з фільтром, фазообертача, коригувального елемента і двох суматорів, причому перший вхід другого суматора з'єднаний з виходом фільтра, другий його вхід через послідовно з'єднані блок математичних моделей фазового дискримінатора з фільтром, фазообертача з'єднаний з виходом інтегратора, вихід другого суматора через коригувальний елемент з'єднаний з першим входом першого суматора, другий вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача, а вихід першого суматора з'єднаний із виходом інтегратора.

Винахід належить до систем автоматичного керування, зокрема, до систем фазового автопідстроювання (ФАП), які призначені для узгодження (ідентифікації) фаз двох перемінних напруг однакової частоти і широко застосовуються в радіолокації, зв'язку, електротехніці, телемеханіці та інших галузях, де потрібно забезпечити синфазність напруг перемінного струму.

Відома електронна система ФАП ([1], стор.25-35, мал.2.5). Дана система являє собою систему, що стежить, завдавальним впливом якої є різниця  $\alpha(t)$  фаз вхідних напруг  $U_1(t)$  і  $U_2(t)$ , а керованою величиною - фаза  $\beta(t)$ , яка внесена фазообертувачем у напругу  $U_2(t)$ . Завдання системи полягає в тому, щоб фаза  $\beta(t)$ , яка внесена фазообертувачем, більш точно відтворювала різницю фаз  $\alpha(t)$  напруг, яка змінюється в часі, і тим самим забезпечувала їх синфазність.

Дана система ФАП прийнята за прототип. Недолік системи-прототипу складається в низької точності синфазування напруг.

Винахід дозволяє підвищити динамічну точність і швидкодію системи ФАП.

Це досягається тим, що в із систему ФАП, що складається з елемента зсуву фази 1 на  $\pi/2$ , фазового дискримінатора 2, фільтра 3, що згладжує, підсилювача 4, елемента 5, що інтегрує, фазообертача 6 (Фіг.3), уведений диференційний зв'язок, що складається з динамічних ланок - блока фазообертача 7 ( $K_{ФВ}(p)$ ), блока математичних моделей фазового дискримінатора з фільтром 8 ( $K_{ФДФ}(p)$ ), корегуючого елемента 9 ( $K_{Д}(p)$ ) і суматорів 10 і 11.

На Фіг.1 зображена структурна схема (математична модель) системи ФАП без диференційного зв'язку ([1], мал. 2, 5, 6); на Фіг.2 - з диференційним зв'язком; на Фіг.3 - системи ФАП з диференційним зв'язком.

(13) C2

(11) 89872

(19) UA

На Фіг.1-3:

$$K_{\Phi ДФ}(p) = \frac{k_{\Phi Д} k_{\Phi}}{T_{\Phi p} + 1} - \text{передавальні функції}$$

фазового дискримінатора 2 з фільтром 3 (з урахуванням елемента 1 зсуву фази на  $\pi/2$ ) і відповід-

ної математичної моделі 8,  $K_{\Phi}(p) = k_{\Phi}$ ,  $K_{\Phi}(p) = \frac{k_{\Phi}}{p}$ ,

$K_{\Phi В}(p) = k_{\Phi В}$  - передавальні функції підсилювача 4, інтегратора 5, фазообертвача 6 і його математичної моделі 7 відповідно,  $K_{\Phi}(p)$  - передатна функція коригувального елемента 9 диференційного зв'язку (визначається в результаті синтезу відповідно до поставлених умов підвищення показників якості системи ФАП).

Відповідно до запропонованої структурної схеми (Фіг.2) система ФАП з диференційним зв'язком описується наступним рівнянням:

$$[1 + K_{\Phi ДФ}(p)K_{\Phi}(p)K_{\Phi В}(p)] \theta(p) = [1 - K_{\Phi ДФ}(p)K_{\Phi В}(p)K_{\Phi}(p)] \alpha(p).$$

З рівняння випливає, що передавальна функція  $K_{\Phi}(p)$  коригувального елемента диференційного зв'язку входить лише в умову інваріантності [2]

$$1 - K_{\Phi ДФ}(p)K_{\Phi В}(p)K_{\Phi}(p) = 0$$

і від її не залежить характеристичне рівняння (тобто стійкість замкнутої вихідної системи).

Тому в системі ФАП з диференційним зв'язком, структурна схема якої зображена на Фіг.2, відсутнє властиве системі-прототипу протиріччя між умовами підвищення динамічної точності і стійкості.

Вибираючи відповідним чином передавальну функцію  $K_{\Phi}(p)$  елемента 9 диференційного зв'язку відповідно до умови інваріантності можна домагатися необхідного підвищення точності синфазування напруг.

$$U_{\Sigma 2}(t) = k_{\Phi Д} k_{\Phi} \theta(t) + k_{\Phi Д} k_{\Phi} \beta(t) = k_{\Phi Д} k_{\Phi} [\beta(t) - \alpha(t)],$$

тобто напруга  $U_{\Sigma 2}(t)$  пропорційна побічно обмірюваному за допомогою диференційного зв'язку задавальному впливу  $\alpha(t)$ .

При зміні  $\alpha(t)$ , наприклад, з постійною швидкістю  $V$ :  $\alpha(t) = Vt$ ,  $d\alpha(t)/dt = V$ , необхідно з такою ж швидкістю змінювати  $\beta(t)$ . У системі-прототипі напруга на вході інтегратора 5, що забезпечує необхідну швидкість зміни  $\beta(t)$ , формується тільки з напруги помилки  $U_{\Phi}(t)$ . У системі ФАП з диференційним зв'язком з напругою помилки  $U_{\Phi}(t)$  в суматорі 11 складається напруга  $U_{\Phi}(t)$  з виходу диференційного зв'язку. У розглянутому випадку ( $\alpha(t) = Vt$ ) напруга  $U_{\Phi}(t)$  повинна дорівнювати

$$U_{\Phi}(t) = \frac{dU_{\Sigma 2}(t)}{dt} = k_{\Phi Д} k_{\Phi} \frac{d\alpha(t)}{dt} = k_{\Phi Д} k_{\Phi} V,$$

тобто коригувальна ланка 9 з передатною функцією  $K_{\Phi}(p)$  повинна бути диференціюючою. Тому що напруга  $U_{\Sigma 1}$  на вході інтегратора формується із суми напруг сигналу помилки  $U_{\Phi}(t)$  і напруги  $U_{\Phi}(t)$  диференційного зв'язку ( $U_{\Sigma 1}(t) = U_{\Phi}(t) + U_{\Phi}(t)$ ), то необхідна швидкість зміни  $\beta(t)$  в системі з диферен-

ційним зв'язком досягається за рахунок напруги  $U_{\Phi}(t)$ , формованого диференційним зв'язком.

Швидкісна помилка системи при цьому  $\theta(t) = 0$ . Усунення швидкісної помилки відповідає підвищенню порядку астатизму з першого до другого. Вибираючи передавальну функцію  $K_{\Phi}(p)$  коригувальної ланки 9 диференційного зв'язку можна домогтися більшого підвищення порядку астатизму (а отже, зменшення динамічних і середньоквадратичних помилок), а також підвищення показників якості перехідних процесів (наприклад, за рахунок мінімізації квадратичної інтегральної оцінки, компенсації повільно загасаючих компонентів перехідного процесу [2] і ін. методів).

Зіставлення з прототипом показує, що пристрій, що заявляється, відрізняється тим, що для підвищення точності синфазування в систему ФАП вводиться диференційний зв'язок, що складається з динамічних ланок - моделей фазового дискримінатора з фільтром  $K_{\Phi ДФ}(p) = \frac{k_{\Phi Д} k_{\Phi}}{T_{\Phi p} + 1}$  (8), фазообертача  $K_{\Phi В}(p) = k_{\Phi В}$  (7), корегувального елемента

Коригувальний елемент 9 диференційного зв'язку можна домогтися більшого підвищення порядку астатизму (а отже, зменшення динамічних і середньоквадратичних помилок), а також підвищення показників якості перехідних процесів (наприклад, за рахунок мінімізації квадратичної інтегральної оцінки, компенсації повільно загасаючих компонентів перехідного процесу [2] і ін. методів).

Зіставлення з прототипом показує, що пристрій, що заявляється, відрізняється тим, що для підвищення точності синфазування в систему ФАП вводиться диференційний зв'язок, що складається з динамічних ланок - моделей фазового дискримінатора з фільтром  $K_{\Phi ДФ}(p) = \frac{k_{\Phi Д} k_{\Phi}}{T_{\Phi p} + 1}$  (8), фазообертача  $K_{\Phi В}(p) = k_{\Phi В}$  (7), корегувального елемента

Коригувальний елемент 9 диференційного зв'язку можна домогтися більшого підвищення порядку астатизму (а отже, зменшення динамічних і середньоквадратичних помилок), а також підвищення показників якості перехідних процесів (наприклад, за рахунок мінімізації квадратичної інтегральної оцінки, компенсації повільно загасаючих компонентів перехідного процесу [2] і ін. методів).

Зіставлення з прототипом показує, що пристрій, що заявляється, відрізняється тим, що для підвищення точності синфазування в систему ФАП вводиться диференційний зв'язок, що складається з динамічних ланок - моделей фазового дискримінатора з фільтром  $K_{\Phi ДФ}(p) = \frac{k_{\Phi Д} k_{\Phi}}{T_{\Phi p} + 1}$  (8), фазообертача  $K_{\Phi В}(p) = k_{\Phi В}$  (7), корегувального елемента

Коригувальний елемент 9 диференційного зв'язку можна домогтися більшого підвищення порядку астатизму (а отже, зменшення динамічних і середньоквадратичних помилок), а також підвищення показників якості перехідних процесів (наприклад, за рахунок мінімізації квадратичної інтегральної оцінки, компенсації повільно загасаючих компонентів перехідного процесу [2] і ін. методів).

Зіставлення з прототипом показує, що пристрій, що заявляється, відрізняється тим, що для підвищення точності синфазування в систему ФАП вводиться диференційний зв'язок, що складається з динамічних ланок - моделей фазового дискримінатора з фільтром  $K_{\Phi ДФ}(p) = \frac{k_{\Phi Д} k_{\Phi}}{T_{\Phi p} + 1}$  (8), фазообертача  $K_{\Phi В}(p) = k_{\Phi В}$  (7), корегувального елемента



