

УДК 621.39

Зінченко О. В., старший викладач (Тел.: +380 (63) 350 32 63. E-mail: ZinchenkoOV@gmail.com)
(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ІТЕРАЦІЙНИЙ СИСТЕМИ ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ОСНОВНОГО КОНТУРУ

Зінченко О.В. Підвищення швидкодії ітераційний системи фазового автопідстроювання за рахунок підвищення швидкодії основного контуру. Розглянуто питання підвищення швидкодії ітераційної системи фазового автопідстроювання з а рахунок використання пристрою керування, розташованого в розімкнутому каналі управління основного контуру. Завдяки використанню такого пристрою керування підвищується швидкодія всієї ітераційної системи за рахунок підвищення швидкодії основного контуру. При цьому пристрій керування не впливає на стійкість основного контуру і всієї ітераційної системи фазового автопідстроювання.

Ключові слова: система фазового автопідстроювання, ФАП, ітераційна система, розімкнутий канал управління, спектральна щільність, дисперсія фазової помилки

Зинченко О.В. Повышение быстродействия итерационной системы фазовой автоподстройки за счет повышения быстродействия основного контура. Рассмотрены вопросы повышения быстродействия всей итерационной системы фазовой автоподстройки за счет использования устройства управления, расположенного в разомкнутом канале управления основного контура. Благодаря использованию такого устройства управления повышается быстродействие всей итерационной системы за счет повышения быстродействия основного контура. При этом устройство управления не влияет на устойчивость основного контура и всей итерационной системы фазовой автоподстройки.

Ключевые слова: система фазовой автоподстройки, ФАП, итерационная система, разомкнутый канал управления, спектральная плотность, дисперсия фазовой ошибки

1. Вступ і постановка задачі

Системи фазового автопідстроювання (ФАП), в тому числі ітераційні, як правило проектують, виходячи з вимог забезпечення певних показників якості. У багатьох випадках необхідне підвищення динамічної точності та поліпшення перехідних процесів систем ФАП досягається за допомогою коригувальних пристроїв [1...3].

Непогані результати дає введення в системи ФАП розімкнутих компенсаційних каналів і диференціальних зв'язків, синтезованих з тієї чи іншої умови інваріантності помилки відносно задаючих або збурюючих впливів [4...6]. Однак ефект впливу коригувальних пристроїв, розімкнутих компенсаційних каналів і еквівалентних їм диференціальних зв'язків на показники якості системи залежить від рівня обмеження сигналів нелінійними елементами системи. Кращі результати вирішення завдання підвищення показників якості ітераційної системи ФАП дає оптимальне управління.

2. Основна частина

У даній статті оптимізується основний контур двоконтурної ітераційної системи ФАП. Функціональна схема оптимальної за швидкістю ітераційної системи ФАП зображена на Рис.1. На входи 1 та 2 системи надходять напруги $u_1(t) = U_{m1} \cos[\omega t + \varphi_1(t)]$ і $u_2(t) = U_{m2} \cos[\omega t + \varphi_2(t)]$ однакової частоти, зсунуті по фазі на кут, який в загальному випадку змінюється в часі. Система ФАП забезпечує рівність фаз цих напруг.

До складу системи входять основний та додатковий контури керування. Основний контур містить розімкнутий канал керування, що містить фазовий дискримінатор ФД₁,

призначений для вимірювання задаючого впливу $\alpha(t)$, фільтр нижніх частот Φ_1 , пристрій керування ПК, що виробляє сигнал керування, суматор і замкнутий контур керування, що включає $\Phi_{Д2}$, Φ_2 , підсилювач Π_1 , інтегратор I та фазообертач Φ_{O1} . Додатковий контур керування містить дискримінатор $\Phi_{Д3}$, фільтр Φ_3 , підсилювач Π_2 , інтегратор і фазообертач Φ_{O2} . Для перетворення косинусоїдальних статичних характеристик ФД в синусоїдальні в ланцюг кожного з них включається елемент постійного зсуву фази на $\pi/2$.

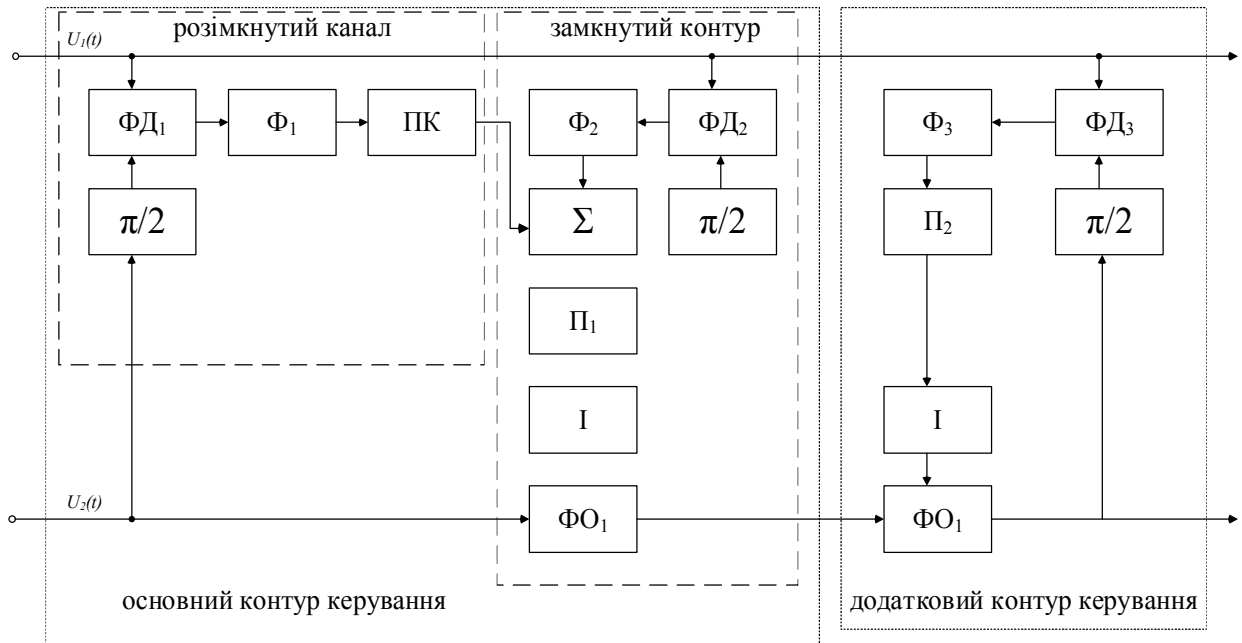


Рис. 1. Функціональна схема ітераційної системи ФАП

Структурна схема ітераційної системи ФАП, яка відповідає функціональній схемі на Рис. 1, показана на Рис. 2.

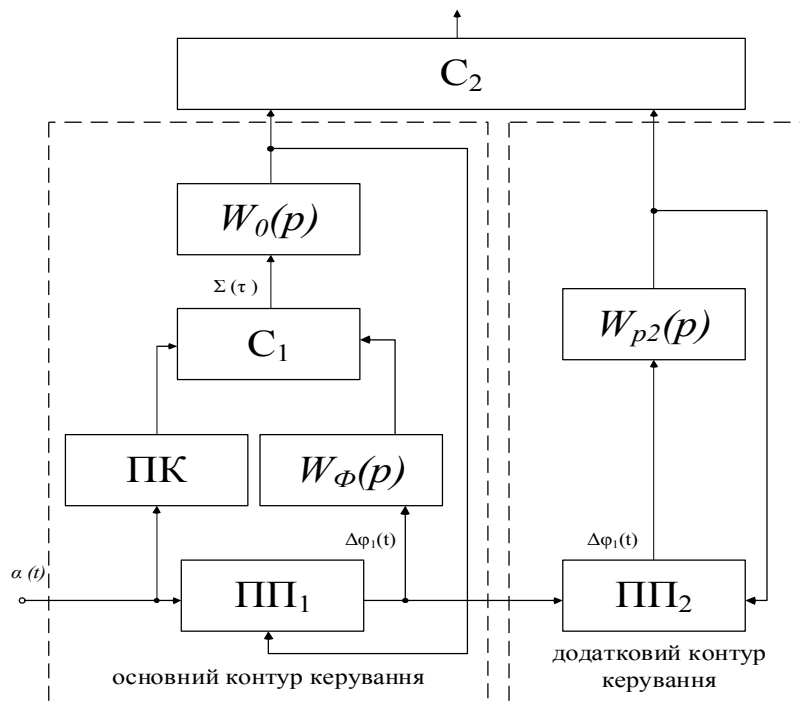


Рис. 2. Структурна схема ітераційної системи ФАП

На Рис. 2 прийняті позначення: $\alpha(t)$ – задаючий вплив; $\beta(t)$ – керована величина (різниця фаз вхідної напруги ΦO_1 і вихідної напруги ΦO_2); $\Delta\varphi_1(t), \Delta\varphi_2(t)$ – фазові помилки основного і додаткового пристроїв керування; ПП₁, ПП₂ – пристрої порівняння; C_1, C_2 – суматори;

$$W_0(p) = W_{y1}(p)W_u(p)W_{\phi B1}(p);$$

$$W_{p1}(p) = W_{\phi 2}(p)W_0(p);$$

$$W_{p2}(p) = W_{\phi 3}(p)W_{y2}(p)W_u(p)W_{\phi B2}(p),$$

де $W_{\phi 2}(p), W_{\phi 3}(p), W_{y1}(p), W_{y2}(p), W_u(p), W_{\phi B1}(p), W_{\phi B2}(p)$ – оператори фільтрів, підсилювачів, інтеграторів і фазообертачів відповідних контурів керування.

Будемо оптимізувати перехідний процес основного контуру керування при відключеному додатковому контурі на час тривалості перехідного процесу. У цьому випадку структурна схема оптимального за швидкодією основного контуру ітераційної системи ФАП приймає вигляд, зображений на Рис. 3,а. В оптимальному за швидкодією основному контурі ітераційної системи ФАП пристрій керування включено в розімкнутий канал керування. Так як розімкнутий канал з ПК не впливає на стійкість замкнутого контуру і на її точність в усталених режимах, то стає можливим синтезувати ПК тільки відповідно до умов оптимальності, не враховуючи умов стійкості замкнутого контуру і вимог до його точності в усталених режимах. Це забезпечує управління в таких системах, в перехідних режимах, з меншими відхиленнями від оптимального, у порівнянні з замкнутими системами, коли ПК входить в замкнутий контур, який синтезується у відповідності з умовами стійкості і вимогами точності в усталених режимах без відповідного обліку умов оптимальності за швидкодією, що дає можливість отримання високої динамічної точності.

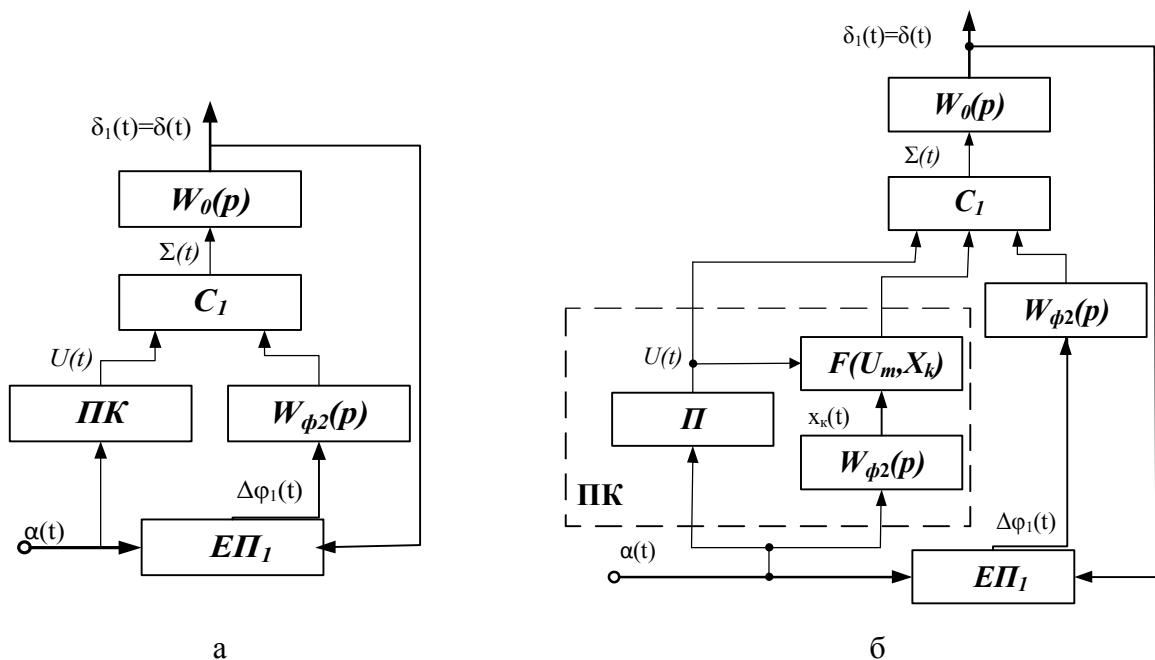


Рис. 3. Структурні схеми системи ФАП

Завдання синтезу оптимального за швидкодією основного контуру ітераційної системи ФАП зводиться до синтезу такого ПК, яке забезпечувало б перехід вектора стану керованої величини з початкової точки $\overline{\beta}_1 = \overline{\beta}_{10}$ у кінцеву $\overline{\beta}_k = \overline{\alpha}$ за мінімальний час.

Характерним при оптимальному за швидкодією керуванні є ступенева зміна різниці фаз (задаючого впливу), тобто $\alpha(t) = A_0 1(t)$. Сигнал управління, що виробляється ПК, як відомо [1], повинен являти собою постійний за величиною сигнал, полярність якого змінюється в певні моменти часу. Уточнимо структуру оптимального за швидкодією основного контуру керування ітераційної системи ФАП, в якому б виконувалися вимоги сталості величини (амплітуди) результуючого сигналу управління незалежно від значення задаючого впливу $\alpha(t)$.

Рівняння елементів системи ФАП (Рис. 3,а) визначаються виразами:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi(t) &= \alpha(t) - \beta_1(t); \beta_1(t) = W_0(p) \sum(t); \\ \sum(t) &= W_{\phi_2}(p) \Delta\varphi_1(t) + U(t); U(t) = \psi[\alpha(t)], \end{aligned} \quad (1)$$

де $\psi[\alpha(t)]$ – нелінійний оператор ПК; $W_{\phi_2}(p) = \frac{k_{\phi_2}}{T_{\phi_2} + 1}$; $W(p) = \frac{k_0}{\sum_{p=v}^n d_j p^j}$;

$p \equiv d/dt$; v – порядок астатизму основного контуру керування.

З рівнянь елементів (1) отримуємо рівняння динаміки основного контуру керування щодо керованої величини:

$$[1 + W_{p1}(p)] \beta_1(t) = W_0(p) [W_{\phi_2}(p) \alpha(t) + U(t)], \quad (2)$$

де $W_{p1}(p) = W_{\phi_2}(p) W_0(p)$, $U_p(t) = W_{\phi_2}(p) \alpha(t) + U(t)$.

З виразу (2) випливає, що результуючий сигнал управління змінюється зі зміною задаючого впливу $\alpha(t)$ і тому не відповідає згаданій вимозі сталості амплітуди. Оптимальне за швидкодією управління може бути досягнуто при виконанні наступної умови:

$$W_{\phi_2}(p) \alpha(t) + U(t) = U_m(t), \quad (3)$$

де $U_m(t)$ – максимально можливий постійний за величиною знаковмінний сигнал керування. З умови (3) отримуємо значення сигналу керування

$$U(t) = U_m(t) - W_{\phi_2}(p) \alpha(t) \quad (4)$$

Структурна схема основного контуру ітераційної системи ФАП, в якій виконується умова оптимальності (4), зображена на Рис. 3,б. Для формування імпульсів з амплітудою U_m служить перетворювач П, що перетворює амплітуду стрибка $\alpha(t)$ в тривалості імпульсу. За допомогою додаткового зв'язку по задаючому впливу, який містить модель ланки з оператором $W_{\phi_2}(p)$ і логічний комутатор $F(U_m, x_k)$ виробляється протягом перехідного процесу при $[U_m(t) \neq 0]$ компенсуючий сигнал

$$x_k(t) = W_{\phi_2}(p) \alpha(t).$$

Після закінчення перехідного процесу $[U_m(t) = 0]$ логічний комутатор $F(U_m, x_k)$ розриває ланцюг компенсації і починає функціонувати замкнутий основний контур системи ФАП без впливу на нього сигналу управління $U(t)$.

Рівняння елементів основного контуру (Рис. 3, б) має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi_1(t) = \alpha(t) - \beta_1(t); \\ \beta_1(t) = W_0(p)\Sigma(t); \\ \Sigma(t) = W_{\phi_2}(p)\Delta\varphi_1(t) + U_m(t) - F(U_m, x_k); \\ x_k(t) = W_{\phi_2}(p)\alpha(t); \\ F(U_m, x_k) = \begin{cases} x_k(t), U_m(t) \neq 0, t < t_p, \\ 0, U_m(t) = 0, t > t_p, \end{cases} \end{array} \right. \quad (5)$$

де t_p – тривалість перехідного процесу основного контуру.

У відповідності з рівняннями елементів (5) рівняння динаміки основного контуру при $U_m(t) \neq 0$, тобто в режимі перехідного процесу, має вигляд

$$[1 + W_{p1}(p)]\beta_1(t) = W_0(p)U_m(t) \quad (6)$$

Еквівалентна структурна схема основного контуру ітераційної системи ФАП в режимі перехідного процесу, яка відповідає рівнянню (6), зображена на Рис. 4.

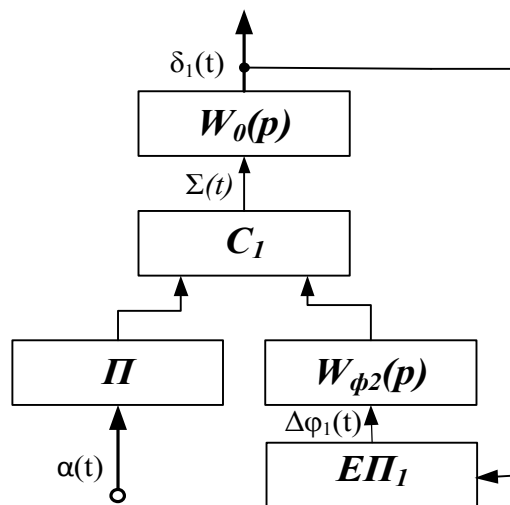


Рис. 4. Еквівалентна структурна схема основного контуру ітераційної системи ФАП

По закінченню перехідного процесу $[U_m(t) = 0]$ в сталому режимі система у відповідності з виразом (5) описується рівнянням

$$[1 + W_{p1}(p)]\beta_1(t) = W_{\phi_2}(p)W_0(p)\alpha(t),$$

тобто в сталому динамічному режимі ПК відключається і система працює як звичайна система з принципом управління за відхиленням.

Для, того щоб додатковий контур керування відключався від основного контуру ітераційної системи ФАП між системами включається комутатор $F(U_m, \Delta\varphi_1)$, а схема двоконтурної ітераційної системи приймає вигляд, зображений на Рис. 3,б, де

$$F(U_m, \Delta\varphi_1) = \begin{cases} 0, U_m(t) \neq 0, t < t_p; \\ 1, U_m(t) = 0, t > t_p. \end{cases} \quad (7)$$

Для сталого режиму $[U_m(t) = 0]$ еквівалентна структурна схема має вигляд представлений на Рис. 3,а. При $U_m(t) = 0$ підвищується точність системи ФАП в сталих режимах, оскільки порядки астатизма основного і додаткового контурів керування складаються, тобто

$$v = v_1 + v_2,$$

де v_1, v_2 – порядки астатизма основного і додаткового контурів керування.

3. Висновки. Таким чином, завдяки використанню пристрою керування, розташованого в розімкнутому каналі управління основного контуру, підвищується швидкодія всієї ітераційної системи за рахунок підвищення швидкодії основного контуру. При цьому ПК не впливає на стійкість основного контуру і всієї ітераційної системи ФАП.

Література

1. Стеклов В. К. Итерационные системы фазовой автоподстройки / В. К. Стеклов, В. В. Коробко. – К.: Техніка. 2004. – 328 с.
2. Стеклов В. К. Комбинированные системы фазовой автоподстройки / В. К. Стеклов. - К.: Техніка, 2004. – 327 с.
3. Беркман Л. Н. Цифровые итерационные системы / Л. Н. Беркман, В. В. Коробко // Вісник національного політехнічного університету – «ХПИ». – 2000. – №121. – С. 47-49.
4. Охрущак Д.В. Итерационные системы фазовой автоподстройки/ Д. В. Охрущак, Н. В. Катасова, И. С. Лебидь, И. В. Шерепа : учебное пособие. – К.: УНДІЗ, 2001. – 78 с.
5. Зайцев Г. Ф. Системы фазовой автоподстройки с дифференциальной связью / Г. Ф. Зайцев, В. Л. Булгач, Т. В. Бурсова, В. В. Стась // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2009. – № 2(10). – С. 4-12.
6. Стеклов В. К. Синтез многоконтурных итерационных систем фазовой автоподстройки в установившихся режимах / В. К. Стеклов, Д. В. Охрущак, В. И. Стасюк // Изв. вузов Радиоэлектроника. – 2003. – Т.46, №8. – С.21-26.

Дата надходження в редакцію: 20.03.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В. І. Гостев