

УДК 621.39

Зінченко О. В., магістр (Тел.: +380 (63) 350 32 63. E-mail: ZinchenkoOV@gmail.com)

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ВПЛИВУ ЗБУРЕНЬ НА ТОЧНІСТЬ ІТЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ В УСТАЛЕНИХ РЕЖИМАХ

Зінченко О. В. Метод компенсації впливу збурень на точність ітераційної системи фазового автопідстроювання в усталених режимах. Розглядається ітераційна система фазового автопідстроювання (ФАП) при заданому впливі, прикладеному в довільній точці. Ставиться і вирішується завдання оцінки впливу збурень, що діють як на основний, так і на додатковий контур керування ітераційної системи ФАП і пропонується метод усунення впливу збурень на точність ітераційної системи ФАП в усталених режимах. Пропонується метод, який дозволяє забезпечити практичну інваріантність системи по відношенню до впливу.

Ключові слова: ітераційна система, фазове автопідстроювання, ФАП, фазова помилка, синтез, усталений режим, завада, основний контур керування, інваріантність

Зинченко О. В. Метод компенсации влияния возмущений на точность итерационной системы фазовой автоподстройки в установившихся режимах. Рассматривается итерационная система фазовой автоподстройки (ФАП) при заданном воздействии, прилагаемом в произвольной точке. Ставится и решается задача оценки влияния возмущений, действующих как на основной, так и на дополнительный контур управления итерационной системы ФАП и предлагается метод устранения влияния возмущений на точность итерационной системы ФАП в установившихся режимах. Предлагается метод позволяющий обеспечить практическую инвариантность системы по отношению к заданному воздействию.

Ключевые слова: итерационная система, фазовая автоподстройка, ФАП, фазовая ошибка, синтез, установившийся режим, помеха, основной контур управления, инвариантность

Вступ і постановка задачі. Основна вимога до ітераційних систем фазового автопідстроювання (ФАП), полягає в тому, щоб відхилення керованої величини від необхідного значення як в перехідному, так і в усталеному режимах роботи були якнайменшими [1...4]. Чим повніше в системі скомпенсовано вплив збурень і точніше відтворюється задаючий вплив, тим досконаліша система. В цілому фізична сутність завдання керування полягає в компенсації впливу збурень на керовану величину, в досягненні її незалежності від збурень та забезпеченні точного відтворення задаючого впливу [5, 6].

На практиці на основний контур ітераційної системи (ІС) фазового автопідстроювання впливають різного роду збурення, які погіршують її показники якості [7...10]. Тому доцільно з'ясувати кількісні оцінки впливу цих збурень і знайти способи компенсації їх впливу.

У цій статті ставиться і вирішується завдання оцінки впливу збурень, що діють як на основний, так і на додатковий контур керування ітераційної системи ФАП і пропонується метод усунення впливу збурень на точність ітераційної системи ФАП в усталених режимах.

Основна частина. Структурна схема двоконтурної ІС (ДІС) ФАП, коли збурення докладено до основного контуру керування (ОКК), зображена на Рис.1 [1, 3]. Рівняння елементів ФАП визначаються виразами:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_1(t) &= \alpha(t) - \beta_1(t); \\ \beta_1(t) &= W_p(p) \sum(t); \\ \sum(t) &= W_{\varphi_1}(p) \Delta\varphi_1(t) - L(t); \\ \Delta\varphi_2(t) &= \Delta\varphi_1(t) - \beta_2(t); \\ \beta_2(t) &= W_{p_2}(p) \Delta\varphi_2(t); \\ \beta(t) &= \beta_1(t) + \beta_2(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де

$$W_p(p)W_{\phi_1}(p) = W_{p1}(p);$$

$$W_{p1}(p) = W_{\phi_1}(p)W_{y1}(p)W_n(p)W_{\Phi B1}(p);$$

$$W_{p2}(p) = W_{\phi_2}(p)W_{y2}(p)W_n(p)W_{\Phi B2}(p).$$

З рівнянь (1), виключаючи проміжні змінні, отримуємо рівняння руху ОКК ДІС ФАП щодо помилки $\Delta\varphi_1(t)$:

$$[1 + W_{\phi_1}(p)W_p(p)] = \Delta\varphi_1(t) = \alpha(t). \quad (2)$$

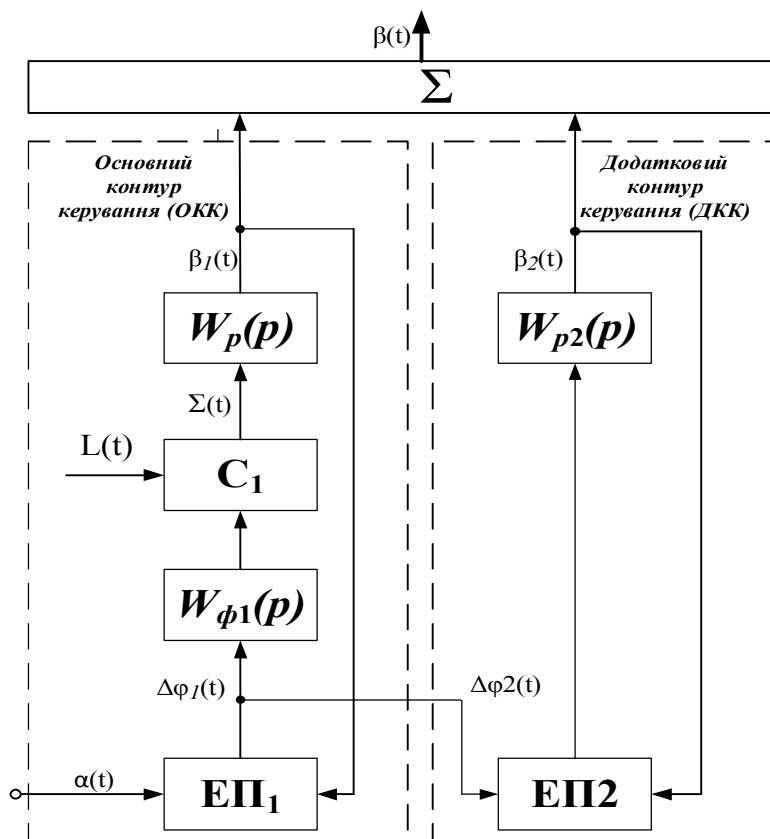


Рис. 1. Структурна схема ДІС ФАП зі збуреннями докладеними до основного контуру

З рівняння (2) визначаємо помилки $\Delta\varphi_1(t)$ ОКК:

$$\Delta\varphi_1(t) = W_{\Delta\varphi_1\alpha}(p)\alpha(t) + W_{\Delta\varphi_1L}(p)L(t), \quad (3)$$

де

$$\left. \begin{aligned} W_{\Delta\varphi_1\alpha}(p) &= \frac{1}{1 + W_{\phi_1}(p)W_p(p)} = \frac{1}{1 + W_{p1}(p)}; \\ W_{\Delta\varphi_1L}(p) &= \frac{W_p(p)}{1 + W_{p1}(p)}; \\ \Delta\varphi_{1\alpha}(t) &= W_{\Delta\varphi_1\alpha}(p)\alpha(t); \\ \Delta\varphi_{1L}(t) &= W_{\Delta\varphi_1L}(p)L(t). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Як випливає з виразу (3), помилка ОКК ітераційної системи ФАП складається з двох складових: складової $\Delta\varphi_{1\alpha}(t)$, обумовленої зміною задаючого впливу $\alpha(t)$, та $\Delta\varphi_{1L}(t)$, що залежить від характеру зміни збурення $L(t)$.

З урахуванням конкретних значень операторів ОКК отримаємо конкретні значення

операторів $W_{\Delta\varphi1\alpha}(p), W_{\Delta\varphi1L}(p)$.

Нехай оператори ОКК визначаються виразами:

$$\begin{aligned} W_{\varphi1}(p) &= k_{\varphi} / (T_{\varphi1}p + 1); \\ W_{y1}(p) &= k_{y1} / (T_{y1}p + 1); \\ W_u(p) &= k / p; \\ W_{\Phi B1}(p) &= 1. \end{aligned} \quad (5)$$

З урахуванням (5) оператори $W_{\Delta\varphi1\alpha}(p)$ и $W_{\Delta\varphi1L}(p)$ приймають вигляд:

$$W_{\Delta\varphi1\alpha}(p) = \frac{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)p}{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)p + \kappa_{p1}} = W_{\Delta\varphi1\alpha0}(p) p^{v_{\alpha}=1}; \quad (6)$$

$$W_{\Delta\varphi1L}(p) = \frac{(T_{\varphi1}p + 1)}{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)p + \kappa_{p1}} = W_{\Delta\varphi1L0}(p) p^{v_L=0}; \quad (7)$$

$$W_{\Delta\varphi1\alpha0}(p) = \frac{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)}{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)p + \kappa_{p1}};$$

$$W_{\Delta\varphi1L0}(p) = \frac{(T_{\varphi1}p + 1)}{(T_{\varphi1}p + 1)(T_{y1}p + 1)p + \kappa_{p1}};$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} W_{\Delta\varphi1\alpha0}(p) \neq 0;$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} W_{\Delta\varphi1L0}(p) \neq 0.$$

Як випливає з виразів (6) і (7), ОКК ітераційної системи ФАП є астатичним щодо задаючого впливу $\alpha(t)$ ($v_{\alpha} = 1$) та статичним щодо збурення $L(t)$ ($v_L = 0$), тобто містить всі складові фазової помилки.

Вважаючи, що оператори елементів ДКК визначаються виразами

$$\left. \begin{aligned} W_{\varphi2}(p) &= k_{\varphi2} / (T_{\varphi2}p + 1); \\ W_{y2}(p) &= k_{y2} / (T_{y2}p + 1); \\ W_u(p) &= k_u / p; \\ W_{\Phi B2}(p) &= 1, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

визначимо оператор ДКК щодо помилки $\Delta\varphi_2(t)$:

$$W_{\Delta\varphi2}(p) = \frac{(T_{\varphi2}p + 1)(T_{y2}p + 1)p}{(T_{\varphi2}p + 1)(T_{y2}p + 1)p + \kappa_{p2}} = W_{\Delta\varphi20}(p) p^{v_2=1}; \quad (9)$$

$$W_{\Delta\varphi20}(p) = \frac{(T_{\varphi2}p + 1)(T_{y2}p + 1)}{(T_{\varphi2}p + 1)(T_{y2}p + 1)p + \kappa_{p2}};$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} W_{\Delta\varphi20}(p) \neq 0;$$

Як випливає з виразу (9), ДКК ітераційної системи ФАП є астатичним щодо задаючого впливу $\Delta\varphi_1(t)$ тобто щодо помилки ОКК.

Висновки

Таким чином, якщо в ОКК ітераційної системи ФАП з'являється статична помилка, обумовлена збуренням $L(t)$, то вона повністю усувається ДКК.

Дійсно, помилка ітераційної системи

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_1(t) &= \alpha(t) - \beta_1(t) = W_{\Delta\varphi\alpha}(p)\alpha(t) + W_{\Delta\varphi L}(p)L(t) = \\ &= W_{\Delta\varphi_1}(p)W_{\Delta\varphi_2}(p)\alpha(t) + W_{\Delta\varphi_2}(p)W_{\Delta\varphi_{12}}(p)L(t) = \Delta\varphi_\alpha(t) + \Delta\varphi_L(t) \end{aligned} \quad (10)$$

де

$$\begin{aligned} W_{\Delta\varphi L}(p) &= W_{\Delta\varphi_2}(p)W_{\Delta\varphi_{1L}}(p); \\ \Delta\varphi_\alpha(t) &= W_{\Delta\varphi_1}(p)W_{\Delta\varphi_2}(p)\alpha(t); \\ \Delta\varphi_L(t) &= W_{\Delta\varphi_2}(p)W_{\Delta\varphi_{1L}}(p)L(t). \end{aligned}$$

З виразу (10) отримуємо

$$\left. \begin{aligned} W_{\Delta\varphi}(p) &= W_{\Delta\varphi_1}(p)W_{\Delta\varphi_2}(p) = W_{\Delta\varphi_{10}}(p)W_{\Delta\varphi_{20}}(p)p^{\nu_1+\nu_2=2} \\ W_{\Delta\varphi L}(p) &= W_{\Delta\varphi_2}(p)W_{\Delta\varphi_{1L}}(p) = W_{\Delta\varphi_{20}}(p)W_{\Delta\varphi_{1L_0}}(p)p^{\nu_2+\nu_L=1} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

де $\nu_1 = \nu_2 = 1$; $\nu_L = 0$.

З виразу (11) випливає, що ітераційна система ФАП є астатичною з астатизмом другого порядку щодо задаючого впливу $\alpha(t)$ і астатичною з астатизмом першого порядку ($\nu = 1$) щодо збурення $L(t)$, тобто в ітераційній системі ФАП завдяки наявності ДКК відбувається компенсація збурюючих впливів що повільно змінюються, які прикладені в довільній точці ОКК, тобто ДКК дозволяє забезпечити практичну інваріантність системи по відношенню до впливу.

Література

1. Стеклов В. К. Итерационные системы фазовой автоподстройки / В. К. Стеклов, В. В. Коробко – Київ : Техніка, 2004. – 328 с.
2. Стеклов В. К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В. К. Стеклов, Б. Я. Костік, Л. Н. Беркман. – Київ : Техніка, 2005. – 400 с.
3. Стеклов В. К. Комбинированные системы фазовой автоподстройки. – Київ : Техніка, 2004. – 327 с.
4. Беркман Л. Н. Цифровые итерационные системы / Л. Н. Беркман, В. В. Коробко // Вісник національного політехнічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2000. – №121. – С.47-49.
5. Охрущак Д. В. Итерационные системы фазовой автоподстройки/ Д. В. Охрущак, Н. В. Катасова, И. С. Лебидь, И. В. Шерепа : учебное пособие. – Київ: УНДІЗ, 2001. –78 с.
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.
7. Goldberg V.G. Digital Frequency Synthesis Demystified / V.G. Goldberg. – LLN Publishing, 1999.
8. William F. Egan Phase-Lock Basics. Wiley-Interscience / William F. Egan. – 1-st edition. – NewYork, NY, , 1998.
9. Зайцев Г. Ф. Показатели качества комбинированной системы фазовой автоподстройки / Г. Ф.Зайцев, В. Л. Булгач, В. В. Стась // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2009. – № 1(9). – С. 36-40.
10. Carvalho J. R. A PLL-Based Multirate Structure for Time-Varying Power Systems Harmonic/Interharmonic Estimation / J. R. de Carvalho, C. A. Duque, et al, // IEEE Trans. Power Delivery. – Oct. 2009. – Vol. 24, No. 4. – PP. 1789-1800/

Дата надходження в редакцію: 18.03.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В. І. Гостев