

ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДВУХСВЯЗНАЯ СИСТЕМА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РАЗОМКНУТОЙ СВЯЗЬЮ ПО ЗАДАЮЩЕМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Нетудыхата Л.И.

Государственный университет информационно-коммуникационных технологий, г.Киев

E-mail: info@uniis.kiev.ua

Abstract. Netudyhata L. Optimal on speed the two-connected system of phase self-tuning with the additional broken link on specifying effect. Two-coherent PLL system with additional linear communication on specifying influence is considered optimum on speed. This accuracy in the established modes raises and the control device of becomes simpler.

Для повышения быстродействия двухсвязной системы ФАП в разомкнутый канал управления включается устройство управления, обеспечивающее оптимальный по быстродействию переходный процесс основной системы ФАП (ОСФАП). Корректирующая система ФАП (КСФАП) вместе с каналом связи между КСФАП и ОСФАП обеспечивает уменьшение фазовой ошибки ОСФАП в установившихся режимах [1,3].

В настоящей работе **решается задача** построения оптимальных по быстродействию двухсвязных систем ФАП при наличии дополнительной линейной разомкнутой связи по задающему воздействию ОСФАП. В связи с этим возникает **вторая задача** оценки влияния линейной связи по задающему воздействию на условие оптимальности, которая тоже решается ниже.

Структурная схема двухсвязной оптимальной по быстродействию системы ФАП с дополнительной линейной связью по задающему воздействию ОСФАП изображена на рис.1.

Уравнение элементов двухсвязной системы ФАП определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_2(t) &= \alpha(t) - \beta_2(t); & \beta_2(t) &= W_2(p)\Sigma_1(t); \\ \Sigma_1(t) &= W_\alpha(p)\alpha(t) + W_1(p)\Sigma(t) + U_m(t); \\ \Sigma(t) &= \Delta\varphi_2(t) + W_k(p)\Delta\varphi_1(t); \\ \Delta\varphi_1(t) &= \alpha(t) - \beta_1(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $W_{p_1}(p)$ — оператор КСФАП в разомкнутом состоянии; $W_\alpha(p)$ — оператор дополнительной связи по задающему воздействию; $W_1(p) = W_{\phi_2}(p)$ — оператор фильтра ОСФАП; $W_2(p) = W_{yn_2}(p)W_u(p)W_{\phi_2}(p)$ — оператор последовательно соединенных усилителя-преобразователя, интегратора и фазовращателя ОСФАП; $W_k(p)$ — оператор связи между КСФАП и ОСФАП; $\Delta\varphi_1(t)$, $\Delta\varphi_2(t)$ — сигналы фазовой ошибки КСФАП и ОСФАП соответственно; $\beta_1(t)$, $\beta_2(t)$ — управляемые величины КСФАП и ОСФАП соответственно; $U_m(t)$ — сигнал управления, вырабатываемый устройством управления (УУ); $p \equiv d/dt$; $\alpha(t)$ — разность фаз двух сравниваемых по фазе напряжений.

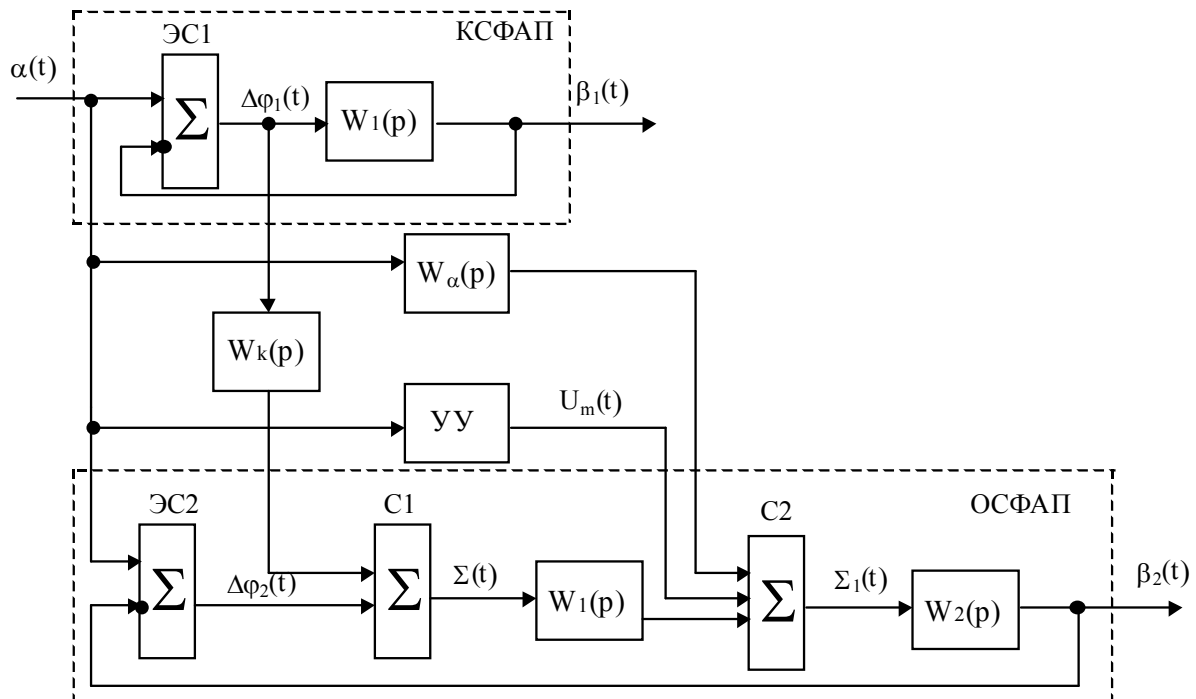


Рисунок 1 — Функциональная схема оптимальной по быстродействию двухсвязной системы ФАП

Из уравнений (1) получаем уравнение динамики двухсвязной системы ФАП относительно управляемой величины $\beta_2(t)$

$$[1 + W_{p_2}(p)]\beta_2(t) = W_2(t)\{[W_\alpha(p) + W_{k_1}(p) + W_1(p)]\alpha(t) + U_m(t)\}, \quad (2)$$

где

$$W_{p_2}(p) = W_1(p)W_2(p); \quad W_{k_1}(p) = W_{\Delta\varphi_1}(p)W_k(p);$$

$$W_{\Delta\varphi_1}(p) = \Delta\varphi_1(t) / \alpha(t) = 1 / \left[1 + W_{p_1}(p) \right].$$

Из уравнения (2) видно, что результирующий сигнал управления определяется выражением

$$u_p(t) = \left[W_\alpha(p) + W_{k_1}(p) + W_1(p) \right] \alpha(t) + U_m(t). \quad (3)$$

Как следует из выражения (3), результирующий сигнал управления изменяется с изменением $\alpha(t)$ и зависит от параметров фильтра ОСФАП, линейной связи по задающему воздействию и параметров КСФАП и связи между КСФАП и ОСФАП. Поэтому $u_p(t)$ не отвечает требованию постоянства амплитуды сигнала управления в соответствии с принципом максимума [2, 4]. Оптимальное по быстродействию управление может быть достигнуто при выполнении следующего условия [5]

$$\left[W_\alpha(p) + W_{k_1}(p) + W_1(p) \right] \alpha(t) + u(t) = U_m(t). \quad (4)$$

Из условия (4) получаем

$$u(t) = U_m(t) - \left[W_\alpha(p) + W_{k_1}(p) + W_1(p) \right] \alpha(t), \quad (5)$$

где $W_{\phi_2}(p) = W_1(p)$.

Структурная схема двухсвязной, оптимальной по быстродействию системы ФАП, в которой выполняется условие (5), изображена на рис.2. Для формирования сигналов управления со знакопеременной максимально возможной амплитудой U_m служит формирователь сигнала управления ФСУ.

С помощью дополнительной связи по задающему воздействию, содержащей модель звена с оператором $W_m(p)$, сумматор С и логическое коммутирующее устройство $F(x_k, U_m)$, вырабатывается в течении переходного процесса (при $U_m(t) \neq 0$) компенсирующий сигнал

$$x_k(t) = W_m(p)\alpha(t) + W_{k_1}(p)\alpha(t), \quad (6)$$

где

$$W_m(p) = W_\alpha(p) + W_{\phi_2}(p);$$

$$W_{k_1}(p) = W_{\Delta\varphi_1}(p)W_k(p). \quad (7)$$

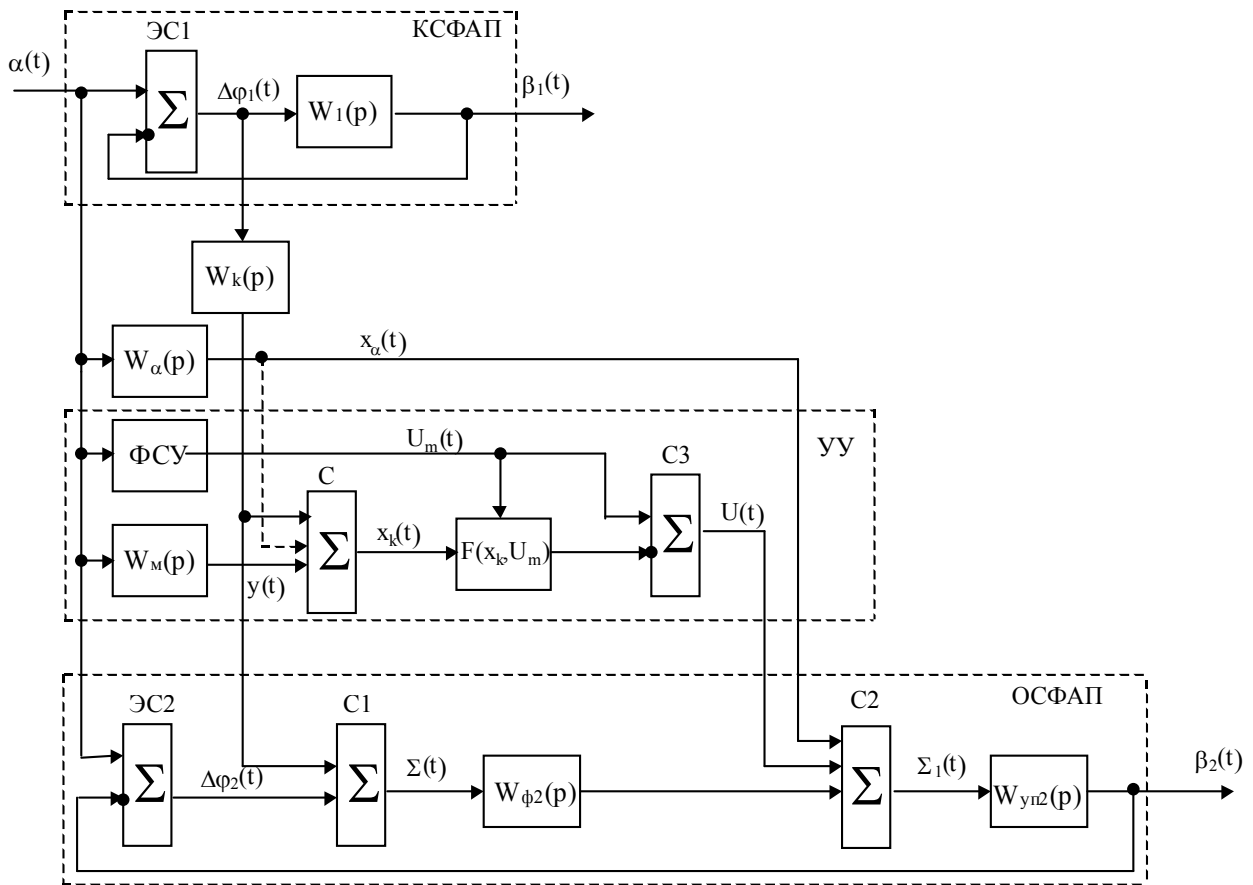


Рисунок 2 — Структурная схема оптимальной по быстродействию двухсвязной системы ФАП

Структурная схема модели изображена на рис.3 и представляет собой параллельное соединение двух звеньев с операторами $W_\alpha(p)$ и $W_{\phi 2}(p)$.

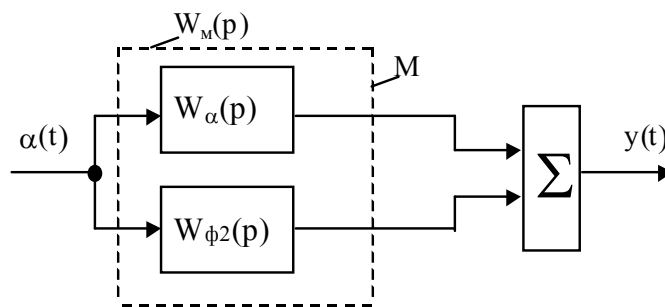


Рисунок 3 — Структурная схема модели

Если использовать сигнал $x_\alpha(t)$ с выхода линейной связи с оператором $W_\alpha(p)$ и подать на сумматор С (как показано на рис.2 пунктиром), то модель упрощается и будет содержать модель одного звена — фильтра Ф2, т.е.

$$W_m(p) = W_{\phi_2}(p). \quad (8)$$

По окончании переходного процесса ($U_m(t) = 0$) логический коммутатор $F(x_k, U_m)$ разрывает цепь компенсации и начинает функционировать двухсвязная система ФАП без влияния на неё сигнала управления $U_m(t)$. Уравнения элементов системы рис.2 определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_2(t) &= \alpha(t) - \beta_2(t); \quad \beta_2(t) = W_{yn_2}(p)\Sigma_1(t); \\ \Sigma_1(t) &= x_\alpha(p) + U(t) + W_{\phi_2}(p)\Delta\varphi_2(t); \\ x_k(t) &= W_m(p)\alpha(t) + W_k(p)\Delta\varphi_1(t); \\ \Delta\varphi_1(t) &= \alpha(t) - \beta_1(t); \quad \beta_1(t) = W_{p_1}(p)\Delta\varphi_1(t); \\ F(x_k, U_m) &= \begin{cases} x_k(t), & U_m(t) \neq 0; \\ 0, & U_m(t) = 0. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где $U_m(t)$ — знакопеременный сигнал управления максимально возможной амплитуды (рис.4), изменяющийся скачком в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n .

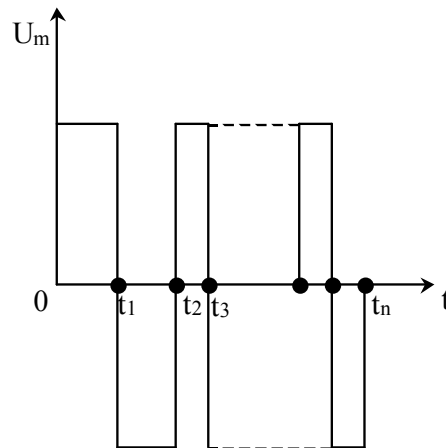


Рисунок 4 — Вид сигнала управления

В соответствии с уравнением элементов (9) уравнение динамики оптимальной по быстродействию двухсвязной системы ФАП при $U_m(t) \neq 0$, т.е. в режиме переходного процесса, имеет вид

$$\left[1 + W_{p_2}(p)\right] \beta_2(t) = W_2(p) U_m(t). \quad (10)$$

Эквивалентная структурная схема системы ФАП в режиме переходного процесса, соответствующая уравнению (10), изображена на рис.5.

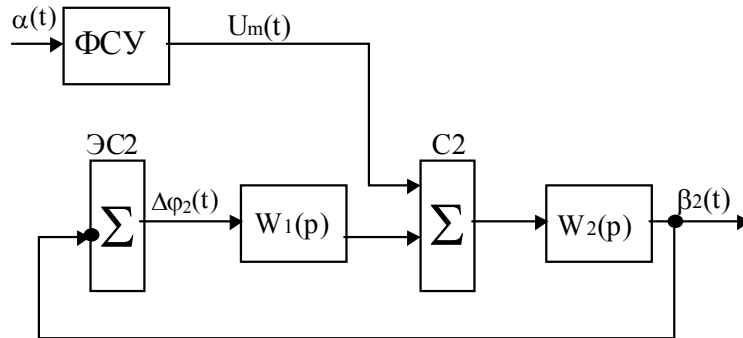


Рисунок 5 — Эквивалентная структурная схема ФАП для режима переходного процесса

По окончании переходного процесса ($U_m(t) = 0$) в установившемся динамическом режиме система ФАП в соответствии с выражением (9) описывается уравнением

$$\left[1 + W_{p_2}(p)\right] \beta_2(t) = \left[1 - W_{\alpha_s}(p) W_2(p)\right] \alpha(t), \quad (11)$$

где $W_{\alpha_s}(p) = W_{\alpha}(p) + W_{\Delta\varphi_1}(p) W_k(p)$.

Как следует из уравнения (11) двухсвязная оптимальная по быстродействию система в установившемся режиме работает как обычная комбинированная система ФАП с эквивалентным разомкнутым каналом связи по задающему воздействию, имеющим оператор $W_{\alpha_s}(p)$.

Эквивалентная структурная схема двухсвязной оптимальной по быстродействию двухсвязной система ФАП для установившихся режимах ($U_m(t) = 0$) изображена на рис.6.

Выводы.

Предложено включение дополнительной линейной связи по задающему воздействию при построении оптимальных по быстродействию двухсвязных систем ФАП, что позволяет за счет дополнительной связи решать задачу улучшения показателей качества в установившихся режимах.

Для исключения влияния разомкнутой связи на условие оптимальности дополнительно реализованы модель фильтра и логическое коммутирующее устройство.

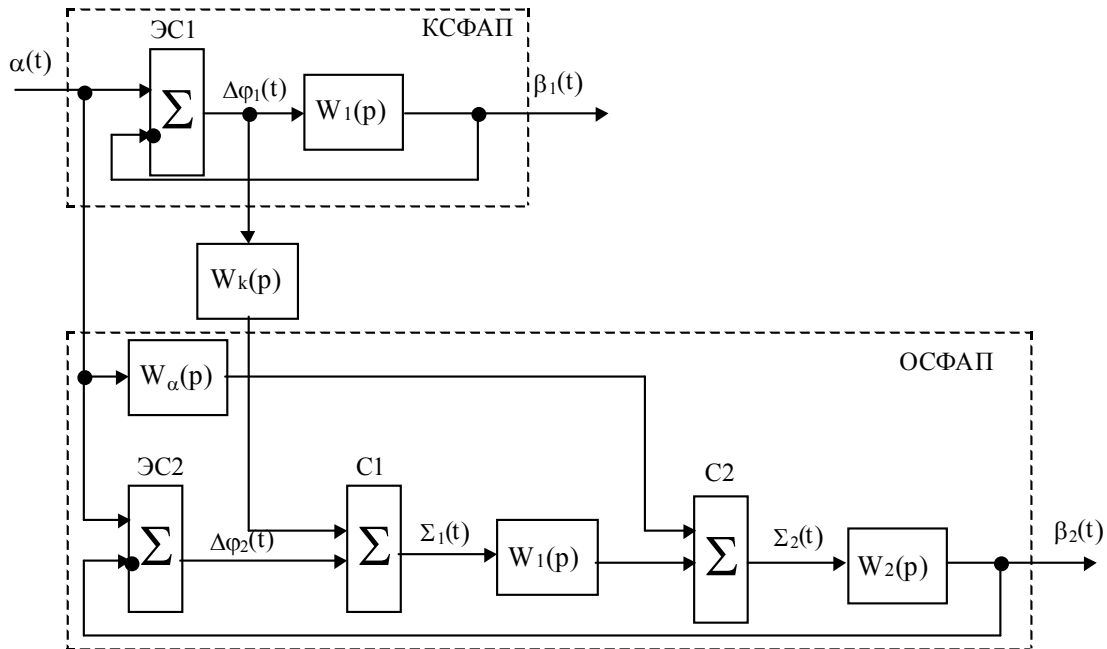


Рисунок 6 — Эквивалентная структурная схема ФАП для установившегося режима

Литература

1. Созонник Г.Д., Стеклов В.К. Цифровые системы управления. — К.: Техника, 1991. — 191с.
2. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Квазиоптимальные следящие системы. — К.: Высшая шк.. — 198с.
3. Новоселов Б.В. Проектирование квазиоптимальных следящих систем комбинированного управления. — М.: Энергия. 1972. — 199с.
4. Теорія автоматичного управління/ Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький; За ред. проф. Г.Ф. Зайцева. — К.: Техніка, 2002. — 688с.
5. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. — 616с.

Сдано в редакцию:

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Ткаченко В.Н.