

ЦИФРОВЫЕ ИТЕРАЦИОННЫЕ СИНХРОННО-ФАЗОВЫЕ ДЕМОДУЛЯТОРЫ

Кожин И.А., Стеклов В.К.

Государственный университет информационно-коммуникационных технологий, г.Киев,

E-mail: info@uniis.kiev.ua

Abstract

Kozhin I.A., Steklov V.K. Digital iterative synchronous-phase demodulators. New structures of synchronous-phase demodulation based on iterative principle are offered. Fundamental transmission functions are entered and accuracy estimation in the set modes is given.

Синхронно-фазовые демодуляторы (СФД) находят широкое использование в связи и управлении [1-3].

Показано, что следящие измерители параметров сигнала весьма близки к оптимальным устройствам обработки, работающим по принципу максимума апостериорной вероятности, так как схема любого следящего измерителя содержит все элементы, присущие оптимальному приемнику: перемножитель – дискриминатор, интегратор – замкнутая узкополосная система, копия сигнала – сигнал с выхода объекта регулирования с информативным параметром, самоподгоняющимся под точку максимума апостериорной вероятности. В качестве оценки измеряемого параметра может служить значение соответствующего параметра сигнала, снимаемого с объекта регулирования на возможность построения итерационных систем указано в [4].

В настоящей работе решается задача повышения точности СФД путем построения итерационных структур. Применение итерационных СФД позволяет повысить точность в установившихся режимах. Кроме аналогового варианта этих систем, они могут быть выполнены как на элементах цифровой вычислительной техники, так и с применением управляющей микро-ЭВМ.

При построении цифровых и цифро-аналоговых СФД цифровым может быть как основной, так и дополнительный контуры управления (ОКУ и ДКУ). На рис.1 приведены структурные схемы двухконтурных итерационных систем. Здесь ЭС1, ЭС2 – элементы сравнения ОКУ и ДКУ соответственно, С – сумматор.

Выражение для сигнала ошибки итерационной системы ФАП в z – изображении имеет вид:

$$\Delta\varphi(z) = \alpha(z) - \beta(z) - W_{\Delta\varphi}(z)\alpha(z)$$

или

$$\Delta\varphi(z) = [C_0 + C_1 \frac{1-z^{-1}}{T} + C_2 \frac{1}{2!} (\frac{1-z^{-1}}{T})^{-2} + \dots + C_m \frac{1}{m!} (\frac{1-z^{-1}}{T})^m] \alpha(z), \quad (1)$$

где

$$W_{\Delta\varphi}(z) = \Delta\varphi(z)/\alpha(z) = W_{\Delta\varphi_1}(z)W_{\Delta\varphi_2}(z);$$

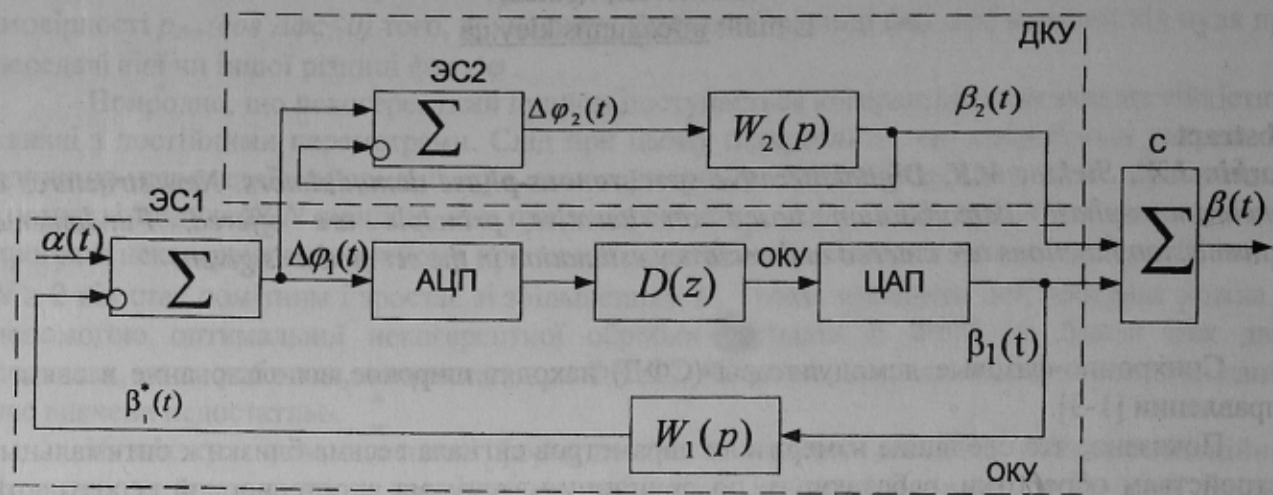
$$W_{\Delta\varphi_1}(z) = \Delta\varphi_1(z)/\alpha(z) = 1/[1 + D(z)W_1(z)];$$

$$\Delta\varphi_1(z) = \alpha(z) - \beta_1(z);$$

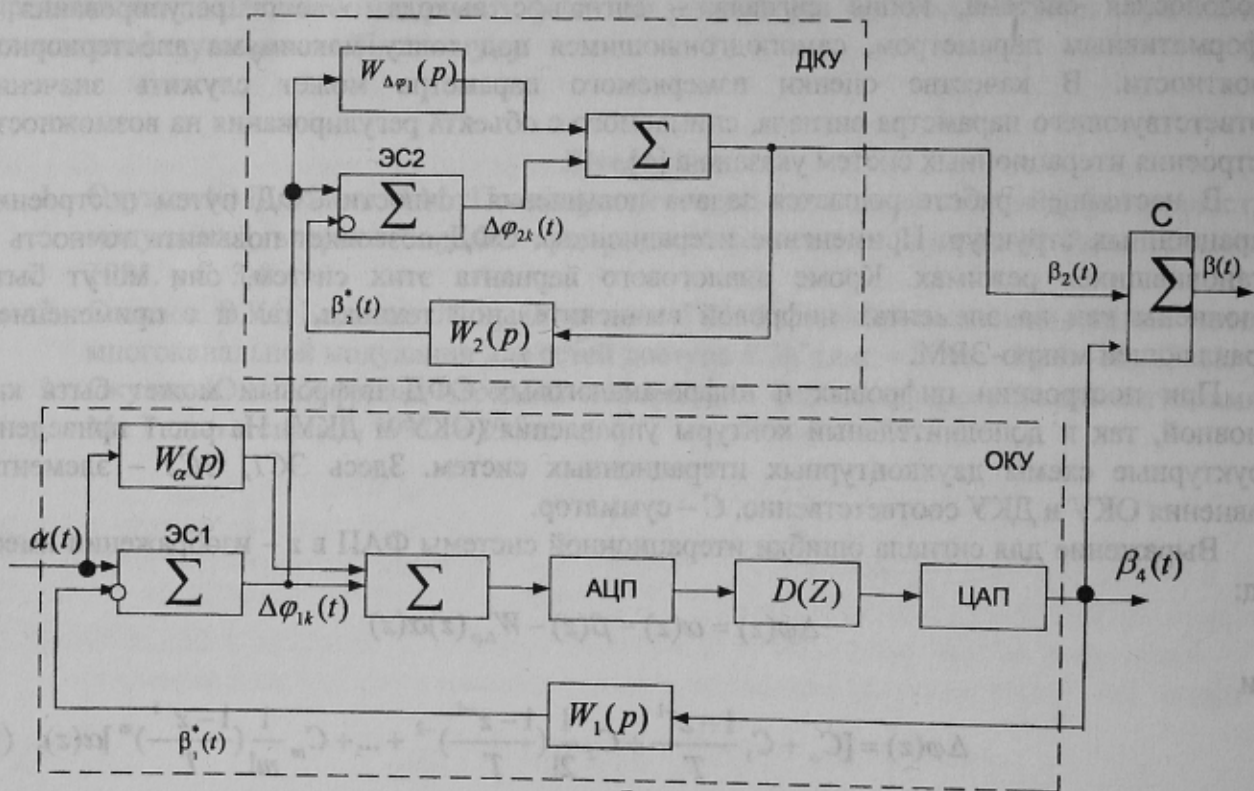
$$\beta_1(z) = \Delta\varphi_2(z)/\Delta\varphi_1(z) = 1/[1 + D_1(z)W_2(z)];$$

$$\Delta\varphi_2(z) = \Delta\varphi_2(z) - \beta_2(z) = W_{\Delta\varphi_2}(z)\Delta\varphi_1(z),$$

где $\alpha(z)$ - изображения задающего воздействия (разности фаз двух сравниваемых напряжений); $\beta_1(z), \beta_2(z)$ - изображения управляемых величин ОКУ и ДКУ соответственно; $\Delta\varphi_1(z), \Delta\varphi_2(z)$ - изображения сигналов ошибок ОКУ и ДКУ соответственно; $\beta(t) = \beta_2(t) + \beta_3(t)$; $C_j - j$ - коэффициент ошибки.



а



б

Рисунок 1. Структурные схемы итерационных СФД: а – с управлением по отклонению; б – комбинированные.

Поскольку при построении итерационных структур СФД порядок астатизма является суммой порядков астатизмов основного и вспомогательного контуров, и эти контуры имеют порядок астатизма $\nu_1 = \nu_2 \geq 1$, то в выражении (1) коэффициенты C_0 и C_1 равны нулю.

В общем случае:

$$\begin{aligned} \Delta(z^{-1}) &= W_{\Delta_{10}}(z^{-1})^{v_1} \cdot W_{\Delta_{20}}(z^{-1})(1-z^{-1})^{v_2} \alpha_{ex}(z^{-1}) = \\ &= W_{\Delta_{10}}(z^{-1})W_{\Delta_{20}}(z^{-1})(1-z^{-1})^{v_1+v_2} \alpha_{ex}(z^{-1}), \end{aligned} \quad (2)$$

где $v_1 \cdot v_2$ - порядок астатизма основного и вспомогательного контуров соответственно:

$$\begin{aligned} \lim_{z^{-1} \rightarrow 1} W_{\Delta_{10}}(z^{-1}) &\neq 0; \quad \lim_{z^{-1} \rightarrow 1} W_{\Delta_{20}}(z^{-1}) \neq 0; \\ W_{\Delta_{10}}(z^{-1}) &= W_{\Delta_{10}}(z^{-1})(1-z^{-1}); \quad W_{\Delta_{20}}(z^{-1})(1-z^{-1}). \end{aligned}$$

Как следует из выражения (2) порядок астатизма ν тем больше, чем больше v_1 и v_2 . Повышение порядка астатизма v_1 и v_2 может быть достигнуто введением, как и в случае непрерывных СФД, корректирующих устройств, издромных звеньев, дополнительных разомкнутых каналов управления (рис. 1, б). Операторы разомкнутых компенсационных каналов $W_{\alpha}(p)$ и $W_{\Delta\varphi_{\alpha}}(p)$ синтезируются из условия повышения порядка астатизма основного и дополнительного контуров итерационного СФД. В этом случае дискретные передаточные функции основного и дополнительного контуров управления относительно ошибки имеют вид:

$$\begin{aligned} W_{\Delta\varphi_1}(z) &= \Delta\varphi_1(z)/\alpha(z) = [1 - W_{\alpha}(z)D(z)W_H(z)]/[1 + D(z)W_H(z)]; \\ W_{\Delta\varphi_2}(z) &= \Delta\varphi_2(z)/\Delta\varphi_{1k}(z) = [1 - W_{\Delta\varphi_{1k}}(z)D(z)W_H(z)]/[1 + D(z)W_{H1}(z)]; \end{aligned}$$

где $W_{\alpha}(z), W_{\Delta\varphi_{1k}}(z)$ - дискретные передаточные функции разомкнутых каналов управления основного и дополнительного контуров.

В итерационном СФД (рис. 2, б) основной контур выполнен в аналоговом варианте, а ЦВУ с передаточной функцией $D_1(z)$ выполняет роль последовательного корректирующего устройства, реализованного программно. На рис. 2, в изображена структурная схема итерационного СФД, где программно реализуется дискретная передаточная функция ДКУ $W_{\Delta\varphi_2}(z)$.

В преобразователе АЦП осуществляется преобразование аналоговых величин $U_{вых1}(t)$ и $U_{вых2}(t)$. Выходной сигнал $U_{вых}(t)$ преобразователя также является аналоговым.

На рис. 2, б изображена схема итерационного СФД, у которого сигналы основного и дополнительного контуров поступают на преобразователь в дискретном виде. Разновидностью итерационного СФД с преобразованием дискретных входных сигналов является система (рис. 2, в). Особенностью этой системы является то, что входной и выходной сигналы с помощью аналого-цифровых преобразователей преобразуются в цифровой код.

На рис. 3 изображена итерационная СФД с двумя дополнительными контурами управления. В общем случае таких контуров может быть k , а следовательно порядок астатизма может быть повышен на k единиц, если порядок астатизма каждого дополнительного контура равен единице.

Таким образом можно сделать вывод, что применение итерационных СФД позволяет повысить точность в установившихся режимах: они могут быть выполнены как на элементах цифровой вычислительной техники, так и с применением управляющей микро-ЭВМ.

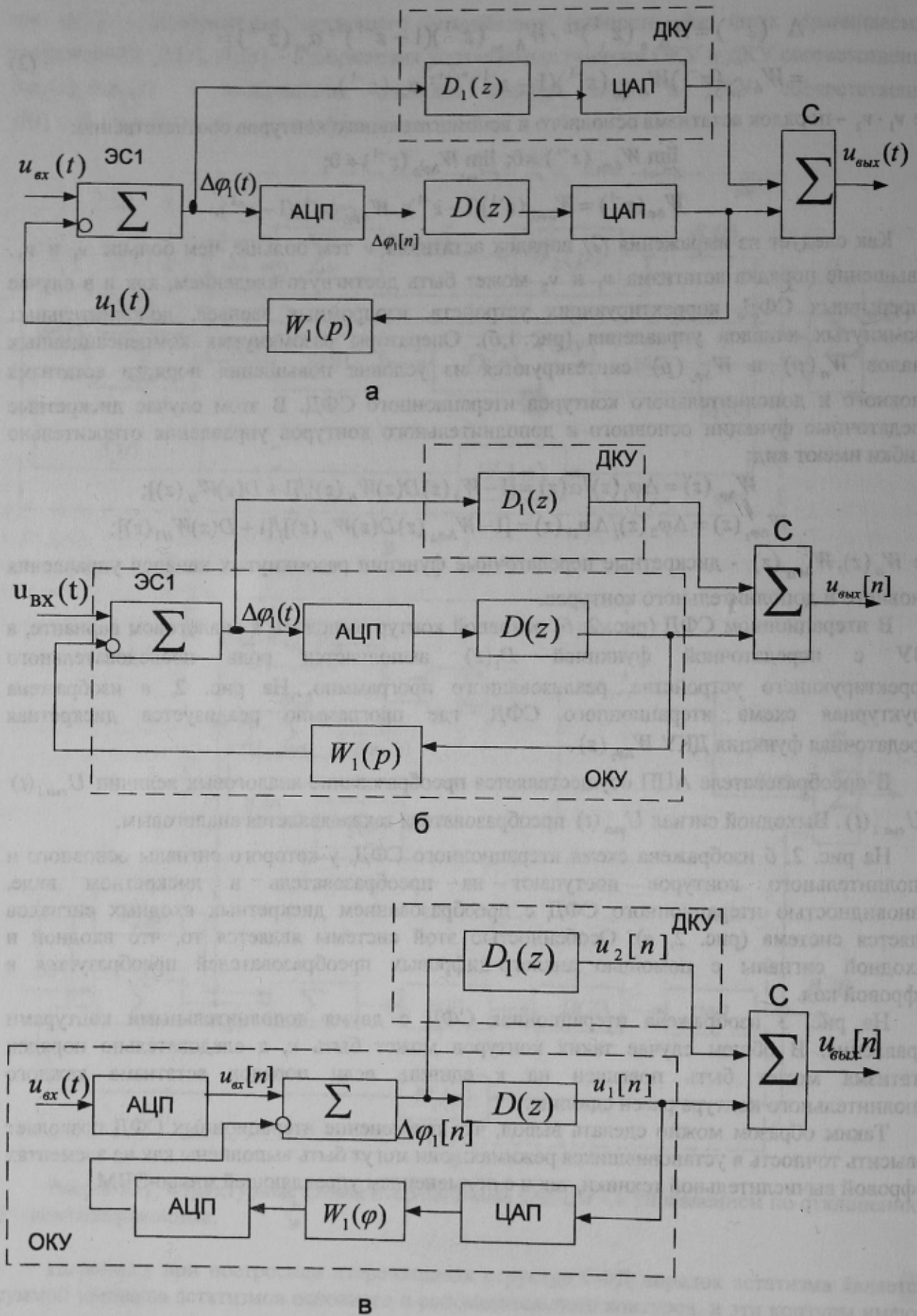


Рисунок 2. Структурные схемы цифровых итерационных СФД. $D_1(z) = W_{\Delta\varphi_2}(z)$

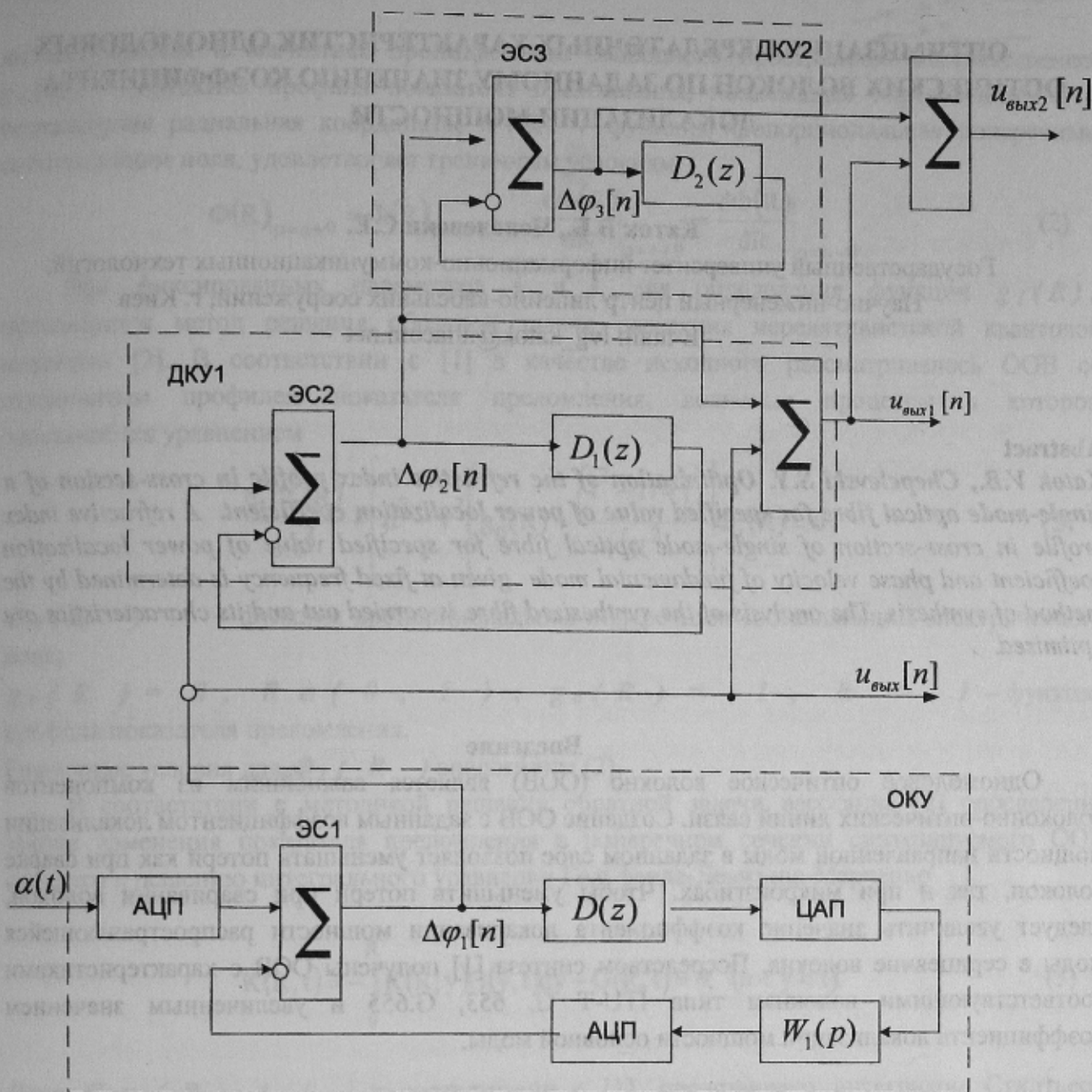


Рисунок 3. Структурная схема СФД с двумя дополнительными каналами

Литература

1. Аналоговые и цифровые синхронно-фазовые измерители и демодуляторы / А.Ф. Фомин, А.И. Хорошавин, О.И. Шелухин; Под. ред. А.Ф. Фомина – М.: Радио и связь, 1987. – 248 с.
2. Стеглов В.К., Склярченко С.Н., Костик Б.Я. Системы фазовой автоподстройки с дифференциальными связями. – К.: Техника, 2003. – 328 с.
3. Зайцев Г.Ф., Стеглов В.К., Брицкий О.І. Теорія автоматичного управління. – К.: Техніка, 2002. – 628 с.
4. Осмоловский П.Ф. Итерационные многоканальные системы автоматического управления. – К.: Сов. радио, 1969. – 256 с.