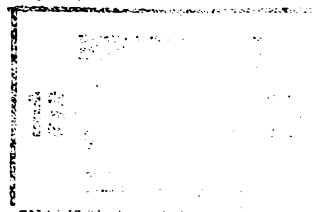




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3597179/24-24

(22) 30.05.83

(46) 23.12.84. Бюл. № 47

(72) В.И. Батищев и В.В. Лизунов

(71) Куйбышевский ордена Трудового
Красного Знамени политехнический
институт им. В. В. Куйбышева

(53) 621.3(088.8)

(56) 1. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А.
Вопросы прикладного анализа случай-
ных процессов. М., "Советское
радио", 1968, с. 84.

2. Авторское свидетельство СССР
№ 964657, кл. G 06 G 7/19, 1982
(прототип).

3. Батищев В.И. Разработка и
исследование аппроксимативных мето-
дов и средств оценки корреляционных
характеристик случайных процессов
для ИСС статического анализа. Авто-
реф. дис. на соиск. учен. степени
канд. техн. наук. Куйбышев, 1980.

4. Островский Л.А. Основы общей
теории электроизмерительных уст-
ройств. М., "Энергия", 1965, с. 355.

(54)(57) 1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕ-
ЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ СТРУКТУРНОЙ
ФУНКЦИИ, содержащее элемент НЕ,
вход которого объединен с входом
квадратора и является входом уст-
ройства, первый и второй каналы,
каждый из которых содержит первый
регулируемый фильтр, блок умножения,
второй регулируемый фильтр и блок
усреднения, вход которого подклю-
чен к выходу сумматора того же ка-
нала, первый и второй входы которо-
го подключены соответственно к вы-
ходам второго регулируемого фильтра
и блока умножения того же канала,

информационные входы вторых регули-
руемых фильтров двух каналов объеди-
нены и подключены к выходу квадра-
тора, первые входы блоков умноже-
ния двух каналов объединены и под-
ключены к выходу элемента НЕ, вто-
рой вход блока умножения каждого ка-
нала подключен к выходу первого
регулируемого фильтра того же кана-
ла, информационные входы первых ре-
гулируемых фильтров двух каналов
объединены и подключены к входу
элемента НЕ, о т л и ч а ю щ е е
с я тем, что, с целью расширения
его функциональных возможностей за
счет обеспечения возможности иссле-
дования моделей с нелинейным пара-
метром, в каждый канал введен функ-
циональный преобразователь, а во
второй канал - блок вычитания и
усилитель, вход которого подключен
к выходу блока вычитания того же
канала, выход усилителя соединен с
управляющими входами первого и вто-
рого регулируемых фильтров и функ-
циональных преобразователей двух
каналов, первый вход блока вычита-
ния второго канала подключен к вы-
ходу блока усреднения первого ка-
нала, второй вход - к выходу блока
усреднения того же канала, третий
вход сумматора каждого канала под-
ключен к выходу функционального пре-
образователя того же канала, инфор-
мационные входы функциональных пре-
образователей двух каналов объедине-
ны и подключены к выходу квадрато-
ра, выходы блока усреднения перво-
го канала и усилителя второго кана-
ла являются выходом устройства.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что функциональный преобразователь первого канала содержит усилитель и сумматор, первый вход которого объединен с информационным входом усилителя и является информационным входом функционального преобразователя, выход сумматора является выходом функционального преобразователя, управляющий вход усилителя является управляющим входом функционального преобразователя.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что функциональный преобразователь второго канала содержит первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой усилители, первый, второй и третий сумматоры, делитель, причем информационный вход первого усилителя объединен с информационными входами второго, третьего и четвертого усилителей и является информационным входом функционального преобразователя, выход первого усилителя

соединен с первым входом первого сумматора, второй вход которого подключен к выходу второго усилителя, выход первого сумматора соединен с первым входом делителя, второй вход которого подключен к выходу второго сумматора, выход делителя через пятый усилитель подключен к первому входу третьего сумматора, второй вход которого подключен к выходу шестого усилителя, выход третьего сумматора является выходом функционального преобразователя, информационный вход шестого усилителя подключен к выходу делителя, а управляющий вход объединен с управляющими входами второго и четвертого усилителей и является управляющим входом функционального преобразователя, выход третьего усилителя соединен с первым входом второго сумматора, второй вход которого подключен к выходу четвертого усилителя.

1

Изобретение относится к специализированным вычислительным средствам, предназначенным для статической обработки случайных процессов.

Известно устройство, содержащее блоки задержки, вычитания, возведения в квадрат и усреднения [1].

Недостатки устройства связаны с трудностью создания широкодиапазонных блоков задержки аналогового сигнала и неудобной для дальнейшего использования формой представления результатов измерения.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство, содержащее два фильтра Лагерра, группы перемножителей, сумматоров, блоков усреднения, квадратор и инвертор, причем вход первого фильтра Лагерра является входом устройства, а выходы его звеньев подключены к первым входам соответствующих блоков умножения, первые входы сумматоров подключены к выходам соответствующих блоков умно-

2

жения, вторые входы соединены с выходами соответствующих звеньев второго фильтра Лагерра, третий вход первого сумматора объединен с входом второго многозвенного фильтра Лагерра и подключен к выходу квадратора, вход которого объединен с входом инвертора и подключен к входу устройства, выход инвертора соединен с вторыми входами блоков умножения, выходы сумматоров подключены к входам соответствующих блоков усреднения [2].

В известном устройстве линейная, относительно оцениваемых параметров, модель структурной функции (СФ) является приемлемой для ограниченного класса процессов, и зачастую рациональным оказывается применение более компактной модели с нелинейно входящими в нее параметрами, подлежащими определению.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей за счет обеспечения возможности исследова-

5

10

15

20

25

ния моделей с нелинейным параметром.

Указанная цель достигается тем, что в устройство для определения параметров модели структурной функции, содержащее элемент НЕ, вход которого объединен с входом квадратора и является входом устройства, первый и второй каналы, каждый из которых содержит первый регулируемый фильтр, блок умножения, второй регулируемый фильтр,

и блок усреднения, вход которого подключен к выходу сумматора того же канала, первый и второй входы которого подключены соответственно к выходам второго регулируемого фильтра и блока умножения того же канала, информационные входы вторых регулируемых фильтров двух каналов объединены и подключены к выходу квадратора, первые входы блоков умножения двух каналов объединены и подключены к выходу элемента НЕ, второй вход блока умножения каждого канала подключен к выходу первого регулируемого фильтра того же канала, информационные входы первых регулируемых фильтров двух каналов объединены и подключены к входу элемента НЕ, в каждый канал введен функциональный преобразователь, а во второй канал - блок вычитания и усилитель, вход которого подключен к выходу блока вычитания того же канала, выход усилителя соединен с управляющими входами первого и второго регулируемых фильтров и функциональных преобразователей двух каналов, первый вход блока вычитания второго канала подключен к выходу блока усреднения первого канала, второй вход - к выходу блока усреднения того же канала, третий вход сумматора каждого канала подключен к выходу функционального преобразователя того же канала, информационные входы функциональных преобразователей двух каналов объединены и подключены к выходу квадратора, выходы блока усреднения первого канала и усилителя второго канала являются выходом устройства.

Функциональный преобразователь первого канала содержит усилитель и сумматор, первый вход которого объединен с информационным входом

усилителя и является информационным входом функционального преобразователя, выход сумматора является выходом функционального преобразователя, управляющий вход усилителя является управляющим входом функционального преобразователя.

Функциональный преобразователь второго канала содержит первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой усилители, первый, второй и третий сумматоры и делитель, информационный вход первого усилителя объединен с информационными входами второго, третьего и четвертого усилителей и является информационным входом функционального преобразователя, выход первого усилителя соединен с первым входом первого сумматора, второй вход которого подключен к выходу второго усилителя, выход первого сумматора соединен с первым входом делителя, второй вход которого подключен к выходу второго сумматора, выход делителя через пятый усилитель подключен к первому входу третьего сумматора, второй вход которого подключен к выходу шестого усилителя, выход третьего сумматора является выходом функционального преобразователя, информационный вход шестого усилителя подключен к выходу делителя, а управляющий вход объединен с управляющими входами второго и четвертого усилителей и является управляющим входом функционального преобразователя, выход третьего усилителя соединен с первым входом второго сумматора, второй вход которого подключен к выходу четвертого усилителя.

На фиг. 1 представлена блок-схема предлагаемого устройства; на фиг. 2 - блок-схема функционального преобразователя первого канала; на фиг. 3 - блок-схема функционального преобразователя второго канала.

Устройство (фиг. 1) содержит два канала по числу оцениваемых параметров α модели СФ, первый регулируемый фильтр 1 в каждом канале, информационные входы всех первых

регулируемых фильтров объединены с входами элемента НЕ 2, квадратора 3 и являются входом устройства, первый и второй входы блока 4 умножения каждого канала подключены соответственно к выходам первого регулируемого фильтра 1 того же канала и выходу элемента НЕ 2, информационные входы вторых регулируемых фильтров 5 и функциональных преобразователей 6 двух каналов объединены и подключены к выходу квадратора 3, выход функционального преобразователя 6 каждого канала соединен с соответствующим входом сумматора 7 того же канала, два других входа которого подключены к выходам блока 4 умножения и второго регулируемого фильтра 5 того же канала, выход сумматора 7 каждого канала соединен с входом блока 8 усреднения того же канала, второй канал устройства дополнительно содержит блок 9 вычитания и усилитель 10, вход которого подключен к выходу блока 10 вычитания того же канала, выход усилителя 10 второго канала соединен с управляющими входами первых и вторых регулируемых фильтров 1 и 5 и функциональных преобразователей 6 двух каналов. Первый вход блока 9 вычитания второго канала подключен к выходу блока 8 усреднения первого канала, второй вход блока 9 вычитания второго канала подключен к выходу блока 8 усреднения того же канала. Выходы блока 8 усреднения первого канала и усилителя 10 второго канала являются выходом устройства.

На фиг. 2 и фиг. 3 представлены блок-схемы функциональных преобразователей 6, входящих в состав каналов преобразования устройства в случае его реализации для определения параметров модели СФ вида $S_M(\tau, \alpha) = \alpha_0(1 - e^{-\alpha_1 \tau})$.

Функциональный преобразователь первого канала содержит усилитель 11 (с регулируемым коэффициентом усиления), сумматор 12, первый вход которого соединен с информационным входом усилителя 11 и является входом функционального преобразователя 6 первого канала, управляющий вход усилителя 11 является управляющим входом функционального преобразователя 6 первого канала, вы-

ход — подключен к второму входу сумматора 12, выход которого является выходом функционального преобразователя 6 первого канала.

Функциональный преобразователь второго канала содержит первый усилитель 13 (с коэффициентом усиления, равным двум), второй усилитель 14 (с регулируемым коэффициентом усиления), третий усилитель 15 (с коэффициентом усиления, равным трем), четвертый усилитель 16 (с регулируемым коэффициентом усиления), входы которых соединены и являются информационным входом функционального преобразователя 6 второго канала, первый и второй сумматоры 17 и 18, первые входы которых подключены к выходам первого и третьего усилителей соответственно 13 и 15, вторые входы первого и второго сумматоров 17 и 18 подключены к выходам соответственно второго 14 и четвертого 16 усилителей, а выходы первого и второго сумматоров 17 и 18 соединены с соответствующими входами делителя 19, пятый усилитель 20 (с коэффициентом усиления, равным двум) и шестой усилитель 21 (с регулируемым коэффициентом усиления), входы которых соединены и подключены к выходу делителя 19, третий сумматор 22, первый вход которого подключен к выходу пятого усилителя 20, второй вход сумматора 22 подключен к выходу шестого усилителя 21, а выход является выходом функционального преобразователя 6 второго канала, управляющие входы второго 14, четвертого 16 и шестого 21 усилителей соединены между собой и являются управляющим входом функционального преобразователя 6 второго канала.

Устройство работает следующим образом.

При подаче на вход реализации в общем случае нецентрированного, нестационарного по математическому ожиданию случайного процесса $x(t)$ усилитель 10 изменяет параметры регулируемых фильтров 1 и 5 и функциональных преобразователей 6 до обнуления выходного сигнала блока 9 вычитания. При этом выходной сигнал α_0 блока 8 усреднения первого канала и значения параметров α_1 фильтра и функциональных преобразовате-

лей принимаются в качестве оценок параметров модели

$$C_M(\tau, \alpha) = \alpha_0 C_{MH}(\alpha_1, \tau), \quad (1)$$

где C_{MH} - конечнопараметрическая модель нормированной СФ.

Полученные таким образом значения параметров α_0 и α_1 модели (1) обеспечивают минимум взвешенной среднеквадратической погрешности

$$\Delta = \int_0^\infty [C_X(\tau) - C_M(\tau, \alpha)]^2 \eta(\tau) d\tau. \quad (2)$$

где $C_X(\tau) = M[x(t) - x(t-\tau)]^2$ - структурная функция первого порядка случайного процесса;

$\eta(\tau)$ - весовая функция, определяемая областью приближения СФ выбранной моделью $C_M(\tau, \alpha)$.

Справедливость этого утверждения важно доказать следующим образом.

В установившемся режиме сигнал α_0^* описывается следующим выражением

$$\alpha_0^* = M^* \left\{ x^2(t) \varphi_0(\alpha) - x(t) \int_0^\infty x(t-\tau) H_0(\tau, \alpha) d\tau + \int_0^\infty x^2(t-\tau) h_0(\tau, \alpha) d\tau \right\}, \quad (3)$$

$$\text{где } \varphi_0(\alpha) = \frac{\int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau}{\int_0^\infty C_{MH}^2(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau}$$

функция преобразования преобразователя 6 первого канала;

$$H_0(\tau, \alpha) = \frac{2C_{MH}(\tau, \alpha) \eta(\tau)}{\int_0^\infty C_{MH}^2(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau}$$

импульсная характеристика первого регулируемого фильтра 1;

$$h_0(\tau, \alpha) = \frac{C_{MH}(\tau, \alpha) \eta(\tau)}{\int_0^\infty C_{MH}^2(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau}$$

импульсная характеристика второго регулируемого фильтра 5; оператор усреднения, реализуемый функциональным преобразователем 6 первого канала.

$M^*[\cdot]$ - оператор усреднения, реализуемый функциональным преобразователем 6 первого канала.

Аналогично, учитывая, что в установившемся режиме выходной сигнал блока 9 вычитания второго канала равен нулю, получают

$$M^* \left\{ x^2(t) \varphi_1(\alpha) - x(t) \int_0^\infty x(t-\tau) H_1(\tau, \alpha) d\tau + \int_0^\infty x^2(t-\tau) x \cdot h_1(\tau, \alpha) d\tau \right\} - \alpha_0 = 0, \quad (4)$$

$$\text{где } H_1(\tau, \alpha) = 2 \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) / \left(\int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) x \cdot \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau \right)$$

функция преобразования функционального преобразователя 6 второго канала,

$$H_1(\tau, \alpha) = 2 \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) / \left(\int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) x \cdot \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau \right)$$

импульсная характеристика первого регулируемого фильтра 1 второго канала,

$$h_1(\tau, \alpha) = \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) / \left(\int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) x \cdot \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau \right)$$

импульсная характеристика второго регулируемого фильтра 5.

С другой стороны условием минимума погрешности $\Delta(2)$ будет следующая система уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha_0} = 0; \\ \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha_1} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Подставляя в систему (5) выражения (1) и (2), а также учитывая, что $C_x(\tau) = M[x(t) - x(t - \tau)]^2$, получают

$$\begin{aligned} M \left\{ x^2(t) \int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau - 2x(t) \int_0^\infty x(t - \tau) C_{MH}(\tau, \alpha) \right. \\ \left. \times \eta(\tau) d\tau + \int_0^\infty x^2(t - \tau) C_{MH}(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau \right\} = \\ = \alpha_0 \int_0^\infty C_{MH}^2(\tau, \alpha) \eta(\tau) d\tau; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} M \left\{ x^2(t) \int_0^\infty \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau - 2x(t) \int_0^\infty x(t - \tau) \times \right. \\ \left. \times \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau + \int_0^\infty x^2(t - \tau) \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \times \right. \\ \left. \times \eta(\tau) d\tau \right\} - \alpha_0 \int_0^\infty C_{MH}(\tau, \alpha) \frac{\partial C_{MH}(\tau, \alpha)}{\partial \alpha_1} \eta(\tau) d\tau = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Если в выражение (3) подставить выражения для $\varphi_0(\alpha)$, $H_0(\tau, \alpha)$ и $h_0(\tau, \alpha)$, а в выражение (4) соответственно $\varphi_1(\alpha)$, $H_1(\tau, \alpha)$ и $h_1(\tau, \alpha)$, то после приведения каждого из уравнений (3) и (4) к общему знаменателю и замены оператора усреднения на оператор математического ожидания $M[\cdot]$, получают точное соответствие равенств (3) и (6) и уравнений (4) и (7). Таким образом, состояние в установившемся режиме предлагаемого устройства соответствует условию (5).

Вид импульсных характеристик регулируемых фильтров 4 и 5 и функций преобразования функциональных преобразователей 6 в каждом канале целиком и полностью определяется видом выбранной модели СФ и видом весовой функции $\eta(\tau)$.

Количество каналов (следовательно, количество регулируемых фильтров, блоков 4 умножения) определяется числом параметров модели СФ (1).

10 Пусть модель СФ исследуемого случайного процесса имеет вид

$$C_M(\tau, \alpha) = \alpha_0 (1 - e^{-\alpha_1 \tau}), \quad (8)$$

где α_0 - параметр, линейно входящий в модель СФ;

α_1 - параметр, нелинейно входящих в модель СФ.

В качестве весовой функции используют функцию вида $\eta(\tau) = e^{-\beta \tau}$. Величина параметра β для конкретного устройства является величиной постоянной.

Подставляя $C_M(\tau, \alpha)$ и $\eta(\tau)$ в выражения для $\varphi_0(\alpha)$, $h_0(\tau, \alpha)$, $H_0(\tau, \alpha)$, $\varphi_1(\alpha)$, $h_1(\tau, \alpha)$ и $H_1(\tau, \alpha)$, получают

$$\varphi_0(\alpha) = \frac{\int_0^\infty (1 - e^{-\alpha_1 \tau}) e^{-\beta \tau} d\tau}{\int_0^\infty (1 - e^{-\alpha_1 \tau})^2 e^{-\beta \tau} d\tau} = \frac{2\alpha_1 + \beta}{2\alpha_1}, \quad (9)$$

или заменяя $\frac{\beta}{\alpha_1} = \eta$, получают

$$\varphi_0(\alpha) = 1 + \frac{\eta}{2}; \quad (9)$$

$$h_0(\tau, \alpha) = \frac{(1 - e^{-\alpha_1 \tau}) e^{-\beta \tau}}{\int_0^\infty (1 - e^{-\alpha_1 \tau})^2 e^{-\beta \tau} d\tau} = \quad (10)$$

$$= \left[\beta e^{-\beta \tau} \left(1 + \frac{\eta}{2} \right) - (\alpha_1 + \beta) e^{-(\alpha_1 + \beta) \tau} \right] \left(1 + \frac{\eta}{2} \right);$$

$$H_0(\tau, \alpha) = 2h_0(\tau, \alpha); \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \varphi_1(\alpha) &= \frac{\int_0^\infty \frac{\partial (1 - e^{-\alpha_1 \tau})}{\partial \alpha_1} e^{-\beta \tau} d\tau}{\int_0^\infty (1 - e^{-\alpha_1 \tau}) \frac{\partial (1 - e^{-\alpha_1 \tau})}{\partial \alpha_1} e^{-\beta \tau} d\tau} = \\ &= \frac{(2\alpha_1 + \beta)^2 (\alpha_1 + \beta)^2}{(\alpha_1 + \beta)^2 (3\alpha_1^2 + 2\alpha_1(\beta))} = \frac{(2 + \eta)^2}{3 + 2\eta}; \end{aligned} \quad (12)$$

$$h_1(\tau, \alpha) = \frac{\frac{\partial(1-e^{-\alpha_1\tau})}{\partial\alpha_1} e^{-\beta\tau}}{\int_0^\infty (1-e^{-\alpha_1\tau}) \frac{\partial(1-e^{-\alpha_1\tau})}{\partial\alpha_1} e^{-\beta\tau} d\tau} = \quad (13)$$

$$= (\alpha_1 + \beta)^2 \tau e^{-(\alpha_1 + \beta)\tau} \frac{(2 + \eta)^2}{3 + 2\eta}; \quad (14)$$

$$H_1(\tau, \alpha) = 2h_1(\tau, \alpha).$$

Как видно из анализа выражений (10) и (11), (13) и (14), регулируемые фильтры с таким видом импульсных характеристик могут быть легко построены на основе типового линейного фильтра с передаточной характеристикой $W(p) = \frac{1}{1 + T_p p}$ и усилителей с регулируемым коэффициентом усиления [3].

Анализ выражения (9) показывает, что функциональный преобразователь с функцией преобразования $\varphi_0(\alpha) = 1 + \eta/2$ реализуется блок-схемой (фиг. 2).

Анализ выражения (12) показывает, что функциональный преобразователь с функцией преобразования $\varphi_1(\alpha) = \frac{(2 + \eta)^2}{3 + 2\eta}$ реализуется блок-схемой

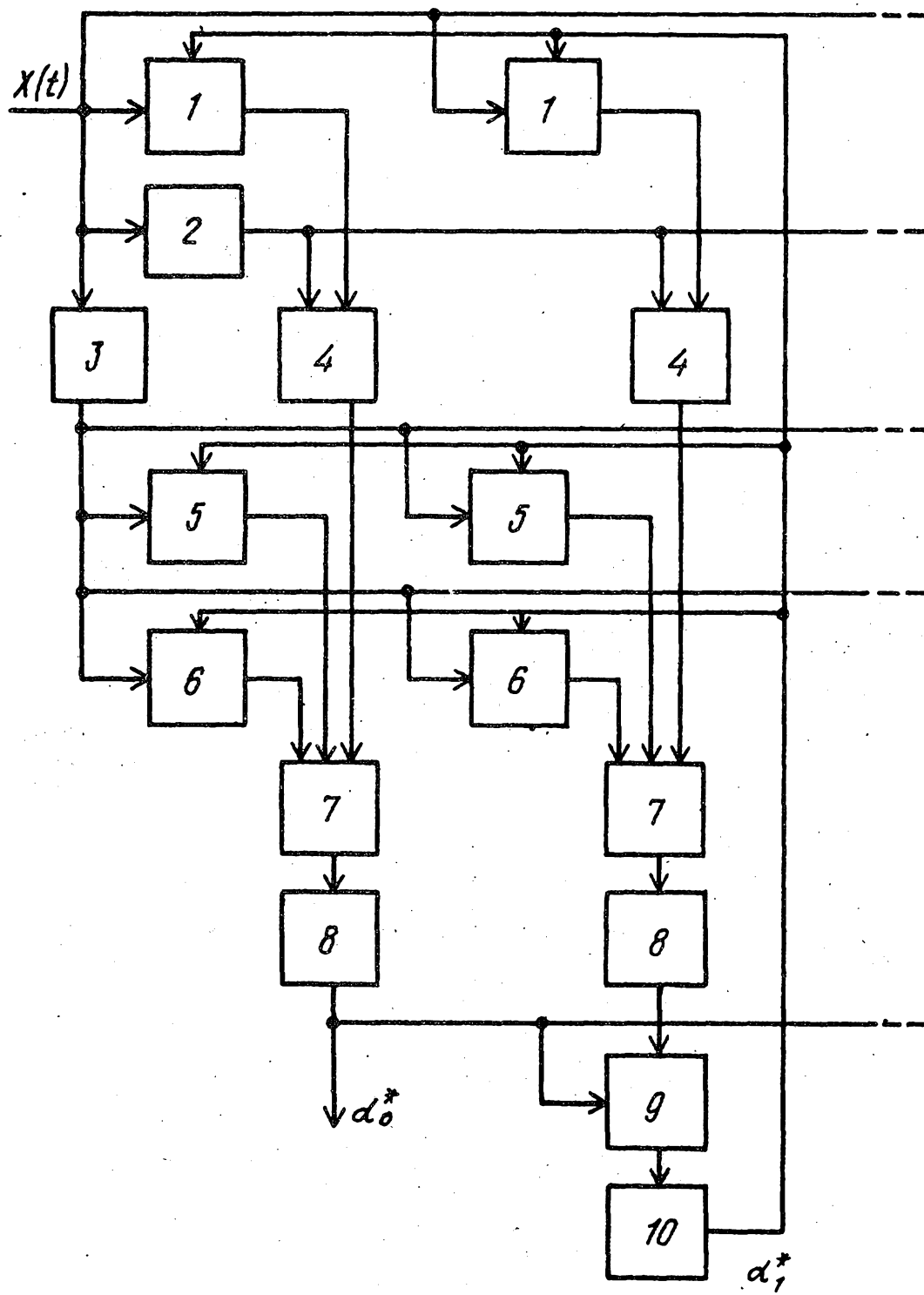
(фиг. 3). На управляющие входы функциональных преобразователей поступает управляющее напряжение с выхода усилителя 10 второго канала, который выполнен на основе операционного усилителя с максимально возможным коэффициентом усиления ($K_y = 500000 - 1000000$) по стандартной статической схеме регулирования [4].

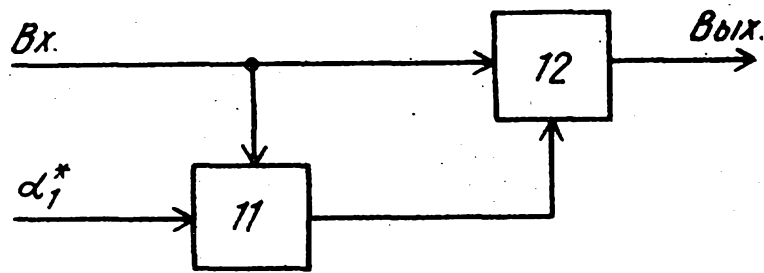
Анализ показывает, что оценки параметров α^* и α_1^* будут несмещенными для процессов с линейным трендом в случае, когда импульсные характеристики блоков 8 усреднения $g_i(\tau)$ удовлетворяют условию

$$\int_0^{T_y} g_i(\tau) d\tau = 1. \quad (15)$$

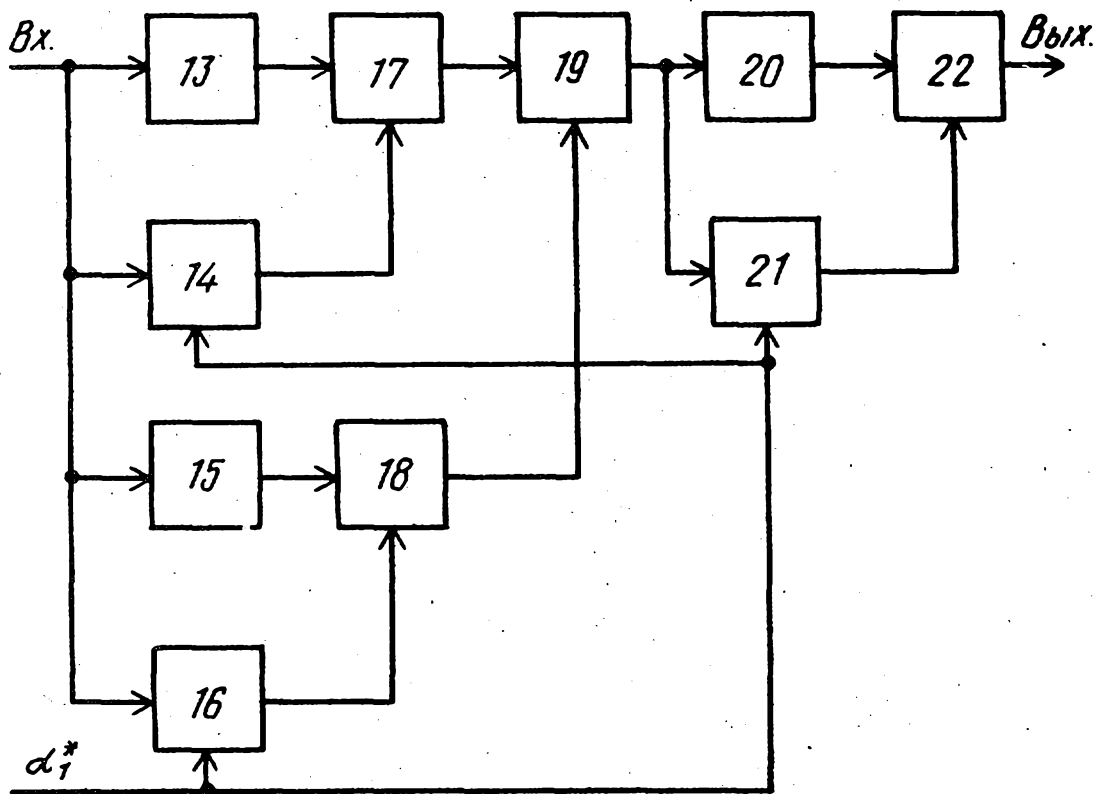
Дисперсия оценок (и, следовательно, статическая методическая погрешность оценки СФ) определяется отношением T_y/τ_k , где τ_k - интервал корреляции процесса $x(t)$, и уменьшается с ростом этого отношения.

Таким образом, в предлагаемом устройстве метод аппроксимации СФ получил дальнейшее развитие по сравнению с известными устройствами за счет использования новых классов моделей СФ.

 $\Phi_{uz.1}$



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор Р. Цицика Составитель А. Иванова Техред И. Асталом Корректор О. Билак

Заказ 9611/35 Тираж 698 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4