



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1626236 A1

(51)5 G 01 S 13/66

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4662779/09

(22) 13 03 89

(46) 07 02.91. Бюл. № 5

(71) Харьковский институт инженеров железнодорожного транспорта им. С.М. Кирова

(72) Г.И. Загарий, Б.Т. Сытник, Б.С. Левочкин, А.В. Мамочов, И.В. Гусев, П.В. Гусев, В.С. Коновалов и В.Г. Пороцкий

(53) 621 396 96 (088 8)

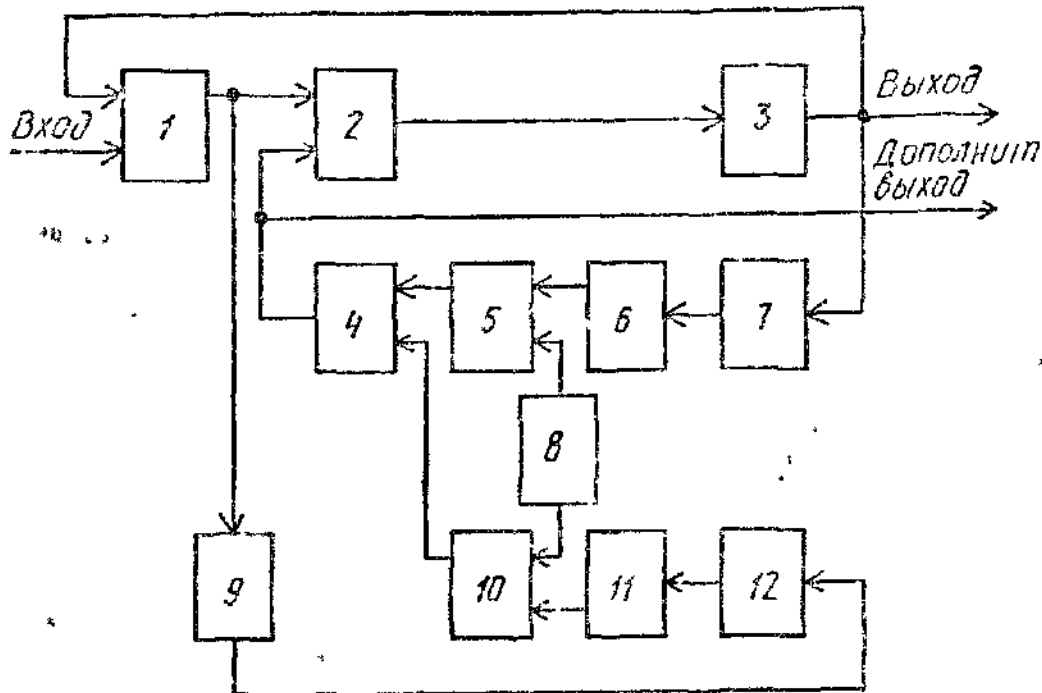
(56) Авторское свидетельство СССР № 944080, кл. Н 03 Н 21/00, 1980.

Авторское свидетельство СССР № 1374408, кл. Н 03 Н 21/00, 1986

(54) АДАПТИВНЫЙ ФИЛЬТР

(57) Изобретение относится к радиотехнике

Цель изобретения — уменьшение искажений сигнала при наличии узкополосной помехи и широкополосного шума. Адаптивный фильтр содержит блок 1 вычитания, перемножитель 2, интегратор 3, блок 4 деления, блок 5 сложения, блок 6 взятия модуля, блок 7 дифференцирования, датчик 8 опорных сигналов, дополнительный блок 9 взятия модуля, дополнительный блок 10 сложения, масштабный усилитель 11, блок 12 сглаживания. Поставленная цель достигается путем регулирования эквивалентной постоянной времени адаптивного фильтра при изменении соотношения сигнал/помеха на его входе при условии сохранения постоянным выходного отношения сигнал/помеха 4 ил.



Фиг. 1

(19) SU (11) 1626236 A1

Изобретение относится к радиотехнике и может использоваться в следящих измерителях для выделения низкочастотной составляющей измеряемых сигналов с получением текущей информации о значении эквивалентной постоянной времени фильтра.

Цель изобретения – уменьшение искажения сигнала при наличии узкополосной помехи и широкополосного шума.

На фиг. 1 приведена структурная электрическая схема предлагаемого адаптивного фильтра, на фиг. 2–4 – результаты экспериментального исследования адаптивного фильтра

Адаптивный фильтр содержит блок 1 вычитания, перемножитель 2, интегратор 3, блок 4 деления, блок 5 сложения, блок 6 взятия модуля, блок 7 дифференцирования датчик 8 опорных сигналов, дополнительный блок 9 взятия модуля, дополнительный блок 10 сложения, масштабный усилитель 11 и блок 12 сглаживания.

Адаптивный фильтр работает следующим образом.

Входной сигнал $x(t) + v(t)$, где $x(t)$ – полезный сигнал, $v(t)$ – аддитивная помеха с нулевым средним значением, подается на второй вход блока 1 вычитания, на первый вход которого поступает выходной сигнал устройства $\tilde{x}(t)$, являющийся оценкой полезного сигнала. Выходной сигнал блока 1 вычитания $z(t) = x(t) + v(t) - \tilde{x}(t)$, являющийся оценкой помехи, в качестве первого сомножителя поступает на первый вход перемножителя 2 и через дополнительный блок 9 взятия модуля на вход блока 12 сглаживания. Сглаженный сигнал модуля ошибки $|\xi(t)|$ с выхода блока 12 сглаживания через масштабный усилитель 11 поступает на первый вход дополнительного блока 10 сложения, на второй вход которого поступает сигнал $c_1 = \text{const}$ с второго выхода датчика 8 опорных сигналов. Выходной сигнал дополнительного блока 10 сложения $u_{10} = k|\xi(t)| + c_1$ поступает на второй вход блока 4 деления в качестве делителя.

Сигнал $\tilde{x}(t)$ с первого выхода адаптивного фильтра через блок 7 дифференцирования поступает на вход блока 6 взятия модуля. Выходной сигнал последнего $u_6 = T_g \left| \frac{d\tilde{x}(t)}{dt} \right|$ поступает на второй вход блока 5 сложения, на первый вход которого поступает сигнал $c_2 = \text{const}$ с первого выхода датчика 8 опорных сигналов.

Выходной сигнал блока 5 сложения $u_5 = u_6 + c_2$ в качестве делимого поступает на первый вход блока 4 деления. Выходной

сигнал последнего $u_4 = \alpha u_5 u_{10}^{-1}$, обратно пропорциональный эквивалентной постоянной времени адаптивного фильтра, в качестве второго сомножителя поступает на второй вход перемножителя 2.

Выходной сигнал перемножителя 2 $u_2 = u_4 \xi(t)$ поступает на вход интегратора 3, на выходе которого формируется отфильтрованный сигнал $\tilde{x}(t)$

Эквивалентная постоянная времени адаптивного фильтра

$$T_{\text{аф}} = \frac{T_n [k |\xi(t)| + c_1]}{\left[T_g \left| \frac{d\tilde{x}(t)}{dt} \right| + c_2 \right] \alpha} \quad (1)$$

Поскольку величина c_1 выбирается достаточно малой, то из (1) следует, что при отсутствии помех на входе адаптивного фильтра его эквивалентная постоянная времени также является малой.

Адаптивно-частотная и фазочастотная характеристики адаптивного фильтра описываются выражениями:

$$H_{\text{аф}}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{T_{\text{аф}}^2 \omega^2 + 1}}; \quad (2)$$

$$\theta_{\text{аф}}(\omega) = -\text{arctg}(T_{\text{аф}} \omega). \quad (3)$$

Из выражений (1) – (3) следует, что при отсутствии помех на входе адаптивного фильтра $H_{\text{аф}}(\omega) \rightarrow 1$, $\theta_{\text{аф}}(\omega) \rightarrow 0$, т. е. погрешность передачи полезного сигнала практически отсутствует. Кроме того, зависимость величины эквивалентной постоянной времени адаптивного фильтра от частотных характеристик полезного сигнала обеспечивает в заданном диапазоне их изменения устранение вносимых адаптивными фильтрами дополнительных амплитудно-фазовых искажений полезного сигнала, а также более эффективное подавление помехи.

На фиг. 2 и 3 представлены результаты экспериментальных исследований – графики процессов фильтрации соответственно для известного и предлагаемого адаптивных фильтров, настроенных по минимуму интеграла квадрата ошибки фильтрации

$$I = \int_0^T e^2(t) dt, \quad \text{где } e(t) = \tilde{x}(t) - x(t). \text{ Кривая А – полезный сигнал } x(t); \text{ кривая Б – входной сигнал } x(t) + v(t); \text{ кривая В – выходной сигнал фильтра } \tilde{x}(t).$$

В качестве полезного сигнала и помех используются синусоидальные сигналы $x(t) = A_c \sin \omega_c t$, $v(t) = A_n \sin \omega_n t$ при соотноше

нии частот $\omega_n/\omega_c = 100$ и амплитуд $A_n/A_c = 1$. Применение для анализа работы фильтров гармонических сигналов обусловлено равенством гармонических и статистических коэффициентов передачи нелинейных элементов при гармонических воздействиях.

Для сравнительной оценки качества фильтрации в известном и предлагаемом адаптивных фильтрах используются показатели интеграла модуля ошибки фильтрации I_1 и интеграла квадрата ошибки фильтрации I_2 :

$$I_1 = \int_{t_1}^{t_2} |e(t)| dt; \quad I_2 = \int_{t_1}^{t_2} e^2(t) dt.$$

Диаграммы изменения нормированного показателя I_1 (фиг. 4а) приведены в зависимости от соотношения амплитуд полезного сигнала и помехи A_c/A_n , где кривая А — для известного адаптивного фильтра, кривая Б — для предлагаемого адаптивного фильтра, при $\omega_n/\omega_c = 100$, и аналогичные диаграммы для нормированного показателя I_2 (фиг. 4б).

Диаграммы изменения нормированных показателей I_1 и I_2 (фиг. 4в) приведены в зависимости от соотношения частот полезного сигнала и помехи ω_c/ω_n при $A_c/A_n = 1$, где кривые А и Б — диаграммы изменения показателя I_1 , кривые В и Г — показателя I_2 для известного и предлагаемого адаптивных фильтров соответственно.

Диаграммы изменения эквивалентных постоянных времени $T_{эф}$ (фиг. 4г) приведены в зависимости от соотношения амплитуд полезного сигнала и помехи A_c/A_n при $\omega_n/\omega_c = 100$.

Предлагаемый адаптивный фильтр обеспечивает лучшее по сравнению с известным качество фильтрации во всех диапазонах изменения амплитудных и частотных характеристик полезного сигнала и помех

при большем диапазоне изменения эквивалентной постоянной времени. При этом не требуется знания априорной информации о характеристиках как помех, так и полезных сигналов. Наличие в предлагаемом адаптивном фильтре дополнительного выхода, в котором формируется сигнал, обратно пропорциональный эквивалентной постоянной времени, обеспечивает возможность использования предлагаемого адаптивного фильтра непосредственно в контуре адаптивного регулирования (не показано).

Формула изобретения

Адаптивный фильтр, содержащий блок вычитания, блок взятия модуля, масштабный усилитель, блок сложения, блок деления и интегратор, выход которого соединен с первым входом блока вычитания и является выходом адаптивного фильтра, входом которого является второй вход блока вычитания, отличающийся тем, что, с целью уменьшения искажений сигнала при наличии узкополосной помехи и широкополосного шума, введен перемножитель, блок дифференцирования, дополнительный блок сложения, дополнительный блок взятия модуля, блок сглаживания и датчик спорных сигналов, при этом выход блока вычитания через последовательно соединенные перемножитель, интегратор, блок дифференцирования, блок взятия модуля и блок сложения соединен с первым входом блока деления, выход блока вычитания через последовательно соединенные дополнительный блок взятия модуля, блок сглаживания, масштабный усилитель и дополнительный блок сложения соединен с вторым входом блока деления, выход которого соединен с вторым входом перемножителя и является дополнительным выходом адаптивного фильтра, а первый и второй выходы датчика спорных сигналов соединены с вторыми входами соответственно блока сложения и дополнительного блока сложения.

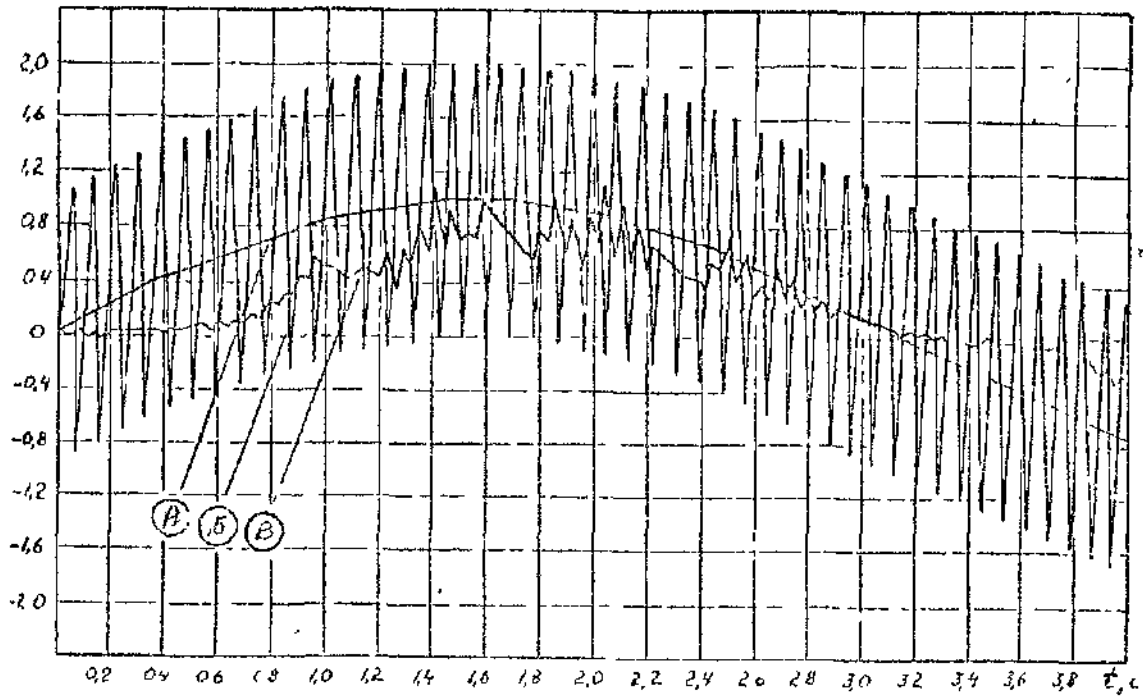
$\chi(t), \bar{\chi}(t), \lambda(t), B$ 

Fig 2

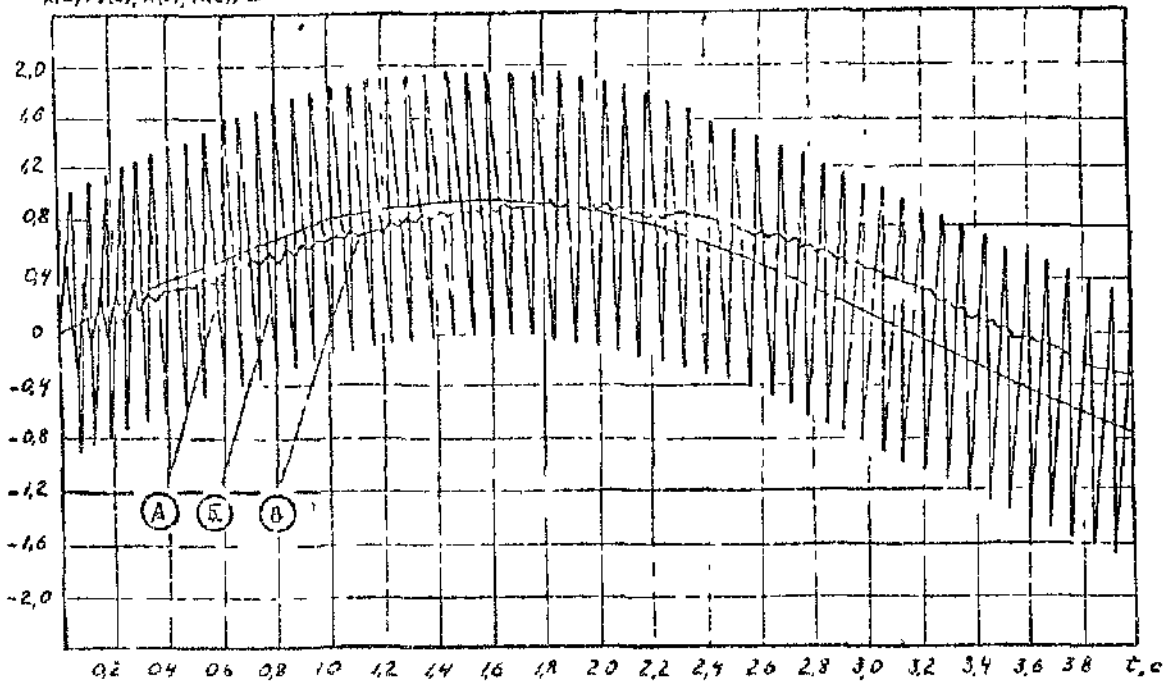
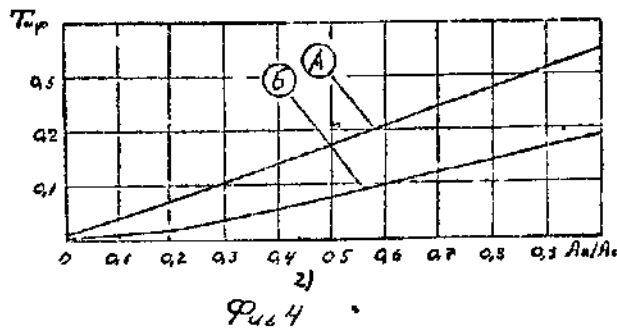
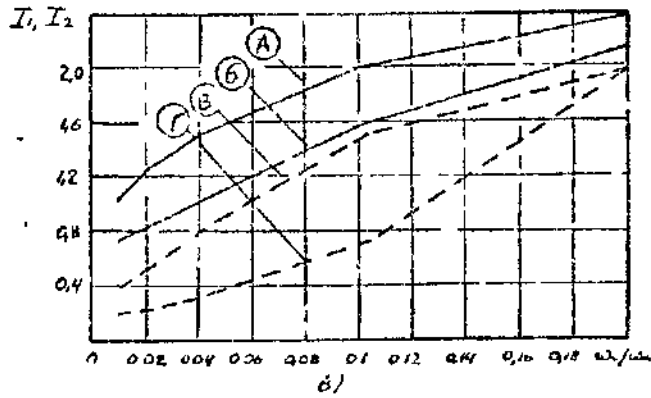
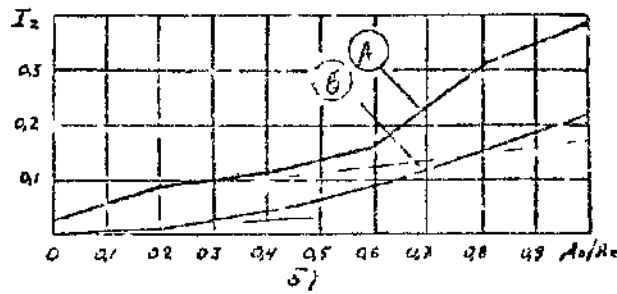
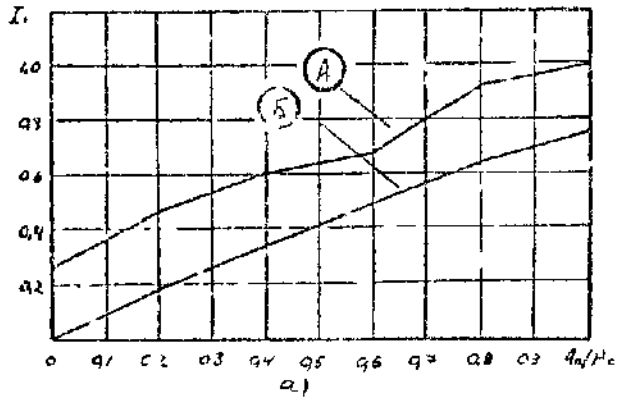
 $\chi(t), v(t), \bar{\chi}(t), \lambda(t), E$ 

Fig 5



Редактор Н.Бобкова

Составитель В.Иванов
Техред М.Моргентал

Корректор С.Шекмар

Заказ 278

Тираж 367

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Рауцкая наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

