

УДК 621.38

ПОЛОСОВЫЕ И ЗАГРАЖДАЮЩИЕ СКОРОСТНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Л.Г. ЧУБРИКОВ

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого, Республика Беларусь

Известны фильтры нижних и верхних скоростей, блок-схемы которых приведены на рис.1, [1,2,3]. Базовый фильтр, блок-схема которого показана на рис.1а, содержит блок вычитания БВ, компаратор КМ, интегратор ИН, согласующий элемент СЭ.

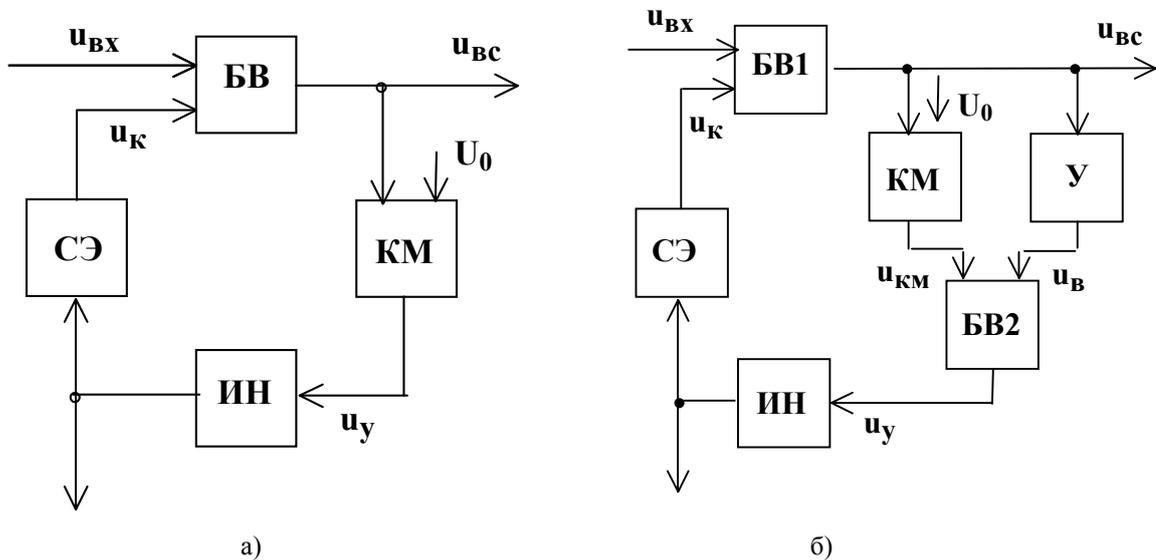


Рис.1. Блок-схема скоростных фильтров

Если снимать напряжение $u_{вс}$ с выхода БВ, то базовый фильтр будет выполнять функцию фильтра верхних скоростей (ФВС), а если снимать напряжение $u_{нс}$ с выхода ИН, то базовый фильтр будет выполнять функцию фильтра нижних скоростей (ФНС). В общем случае, для базового фильтра справедливы уравнения:

$$u_{вс} = K(u_{вх} - u_{к}), \quad (1)$$

$$u_{нс} = U_{нс} + K_n V_{\phi} t, \quad (2)$$

$$u_{к} = V_{\phi} t, \quad (3)$$

где K – коэффициент передачи БВ;

$$K_n = \frac{1}{q}, \quad q - \text{коэффициент передачи СЭ};$$

$U_{нс}$ - напряжение на выходе ФНС в момент появления на входе базового фильтра полезного сигнала;

V_{ϕ} - скорость настройки фильтра;

$u_{к}$ - напряжение компенсации входного напряжения $u_{вх} = u_n + u_c$;

u_n - напряжение гладкой помехи;

u_c - напряжение полезного сигнала.

Пока скорость изменения $u_{ex} V < V_\phi$, напряжение u_k успевает полностью компенсировать $u_{ex} = u_n$. Следовательно, $u_k = u_{ex}$, $u_{ec} = 0$, $u_{nc} = K_n u_{ex}$.

Если же $V > V_\phi$, то u_k не успевает скомпенсировать $u_{ex} = u_n + u_c$ и следовательно, $u_{ec} = K u_c$, а $u_n = U_{nc} + K_n V_\phi t$.

Фильтр с регулированием крутизны скоростной характеристики (СХ), блок-схема которого показана на рис.1б, кроме блоков, указанных на рис.1а, дополнительно содержит усилитель У и второй блок вычитания БВ2, при помощи которых в этом фильтре осуществлена положительная обратная связь (ПОС) по напряжению. Для такого фильтра скорость настройки фильтра будет изменяться в зависимости от величины u_{ec} :

$$V_\phi = V_{\phi 0} - K_3 K_y u_{ec} = V_{\phi 0} (1 - \xi u_{ec}), \quad (4)$$

где $V_{\phi 0}$ - скорость начальной настройки фильтра;

K_y - коэффициент усиления усилителя У;

K_3 - постоянный коэффициент, зависящий от параметров схемы;

$\xi = \frac{K_3 K_y}{V_{\phi 0}}$ - коэффициент регулирования крутизны СХ.

$$\text{Тогда } u_k = V_\phi t = V_{\phi 0} (1 - \xi u_{ec}) t, \quad (5)$$

и, следовательно, на основании уравнений (1) и (2)

$$u_{ec} = K [u_{ex} - V_{\phi 0} (1 - \xi u_{ec}) t], \quad (6)$$

$$u_{nc} = U_{nc} + K_n V_{\phi 0} (1 - \xi u_{ec}) t. \quad (7)$$

Таким образом, устанавливая коэффициент регулирования $\xi \leq 1$, можно установить необходимую крутизну СХ.

Полосовые скоростные фильтры (ПСФ) используют для выделения сигналов определенной полосы скоростей. Для построения полосовых скоростных фильтров используют ФВС и ФНС, как показано на рис.2. Когда не требуется высокая крутизна СХ, то используются два последовательно соединенных базовых фильтра (блок-схема на рис.1а).

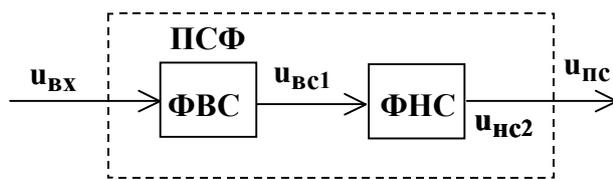


Рис.2. Блок-схема ПСФ

Скорость ФВС выбирают из условия

$$V_{\phi 1} = \mathbf{ж} V_{n.\max}, \quad (8)$$

где $V_{n.\max}$ - максимальная скорость изменения гладкой помехи;

$\mathbf{ж} > 1$ - коэффициент запаса, учитывающий неточность в определении $V_{n.\max}$.

Скорость ФНС выбирают из условия

$$V_{\phi 2} = V_{c.\max}, \quad (9)$$

где $V_{c.\max}$ - максимальная скорость изменения полезного сигнала.

В тех случаях, когда требуется высокая крутизна скоростной характеристики для построения ПСФ, необходимо использовать ФВС и ФНС с регулируемой крутизной СХ (блок-схема на рис.1б).

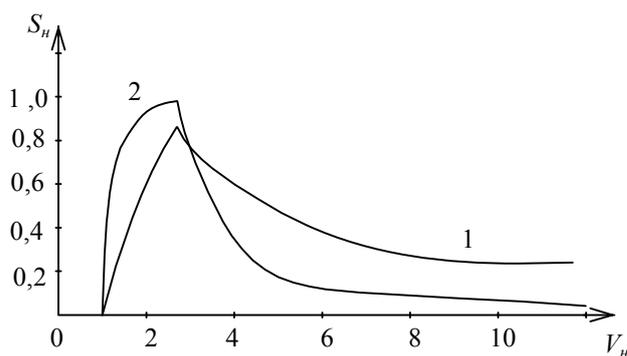


Рис.3. Нормированные АСХ ПСФ

Как известно, основной характеристикой скоростных фильтров является скоростная характеристика (СХ):

$$S = f(V), \text{ где } S = \frac{u_{вых}}{u_{вх}} / V = const -$$

коэффициент передачи фильтра. Более удобно использовать нормированную скоростную характеристику

$$(НСХ) S_n = f(V_n), \text{ где } S_n = \frac{S}{S_{max}} \text{ и}$$

$$V_n = \frac{V}{V_{\phi 1}}. \text{ На рис.3 показаны НСХ}$$

полосовых фильтров. Нормированная скоростная характеристика 2 ПСФ на фильтрах с регулируемой крутизной СХ построена при отношении $\frac{V_{\phi 2}}{V_{\phi 1}} = 3$, а НСХ 1 ПСФ - на ба-

зовых фильтрах при отношении $\frac{V_{\phi 2}}{V_{\phi 1}} = 1,5$. Несмотря на то, что отношение заданных

скоростей в ПСФ на основе базовых схем в два раза меньше, ширина полосы пропускания у него больше, чем у ПСФ на основе фильтров с регулируемой крутизной, а крутизна характеристики меньше.

Заграждающие скоростные фильтры (ЗСФ) не пропускают сигналов в заданном диапазоне скоростей и пропускают сигналы вне заданного диапазона скоростей. Заграждающие фильтры можно получить путем параллельного соединения ФВС и ФНС, выходные напряжения $u_{вс}$ и $u_{нс}$ которых суммируются при помощи блока суммирования БС. Как и в ПСФ, здесь также можно использовать базовые схемы фильтров и фильтры с регулируемой крутизной СХ.

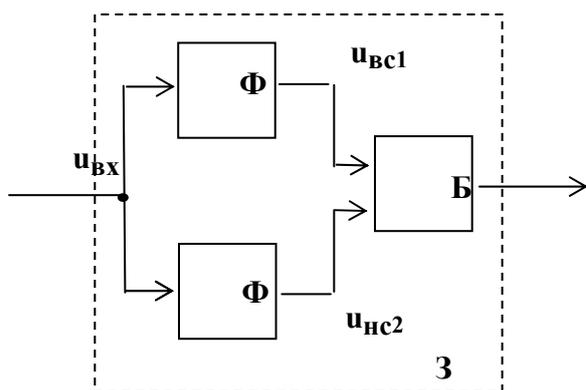


Рис.4. Блок-схема ЗСФ

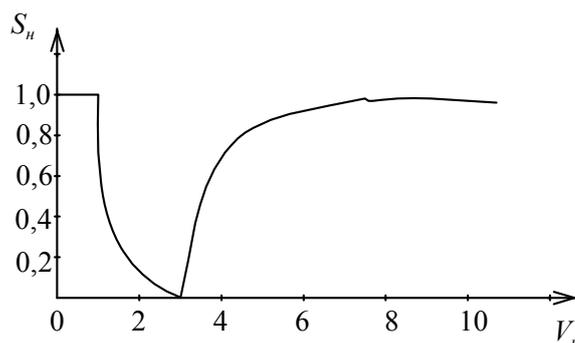


Рис.5. Нормированная АСХ ЗСФ

На рис.4 приведена блок-схема ЗСФ. В ФВС скорость настройки фильтра выбирают из условия $V_{\phi 2} = V_{з. max}$, где $V_{з. max}$ - максимальная скорость задерживаемого фильтром сигнала. В ФНС скорость настройки фильтра выбирают из условия $V_{\phi 1} = V_{з. min}$, где $V_{з. min}$ - минимальная скорость задерживаемого фильтром сигнала.

Напряжение на выходе ЗСФ

$$u_{зс} = K_c (u_{вс1} + u_{нс2}), \tag{10}$$

где K_c - коэффициент передачи блока суммирования БС.

На рис.5 показана НСХ ЗСФ на основе фильтров с регулируемой крутизной СХ для отношения $\frac{V_{\phi 2}}{V_{\phi 1}} = 3$.

Можно изготовить такое электронное устройство, которое позволит путем несложной перенастройки (изменение некоторых параметров схемы) получить характеристики ФВС, ФНС, ПСФ, ЗСФ. Это устройство, по сути дела, является универсальным скоростным фильтром. Такой фильтр можно изготовить в виде отдельной микросхемы, а перенастройку осуществлять путем переключения внешних резисторов и конденсаторов. Это позволит резко повысить надежность и снизить стоимость скоростных фильтров. В общем случае блок-схему универсального скоростного фильтра можно представить в виде, показанном на рис.6.

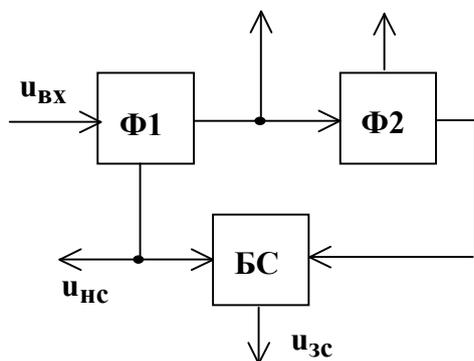


Рис.6. Обобщенная блок-схема универсального фильтра

Универсальный скоростной фильтр состоит из двух последовательно соединенных скоростных фильтров Ф1 и Ф2, указанных на рис.1, и блока суммирования БС, на входы которого подаются напряжение $u_{нс1}$ первого фильтра Ф1 и напряжение $u_{нс2}$ второго филь-

тра Ф2. При одном входе универсальный фильтр имеет четыре выхода. В зависимости от настройки фильтра и от того, с какого выхода будет сниматься напряжение, устройство будет выполнять функции ФНС (выход $u_{нс}$), ФВС (выход $u_{вс}$), ПСФ (выход $u_{пс}$), ЗСФ (выход $u_{зс}$).

Литература

1. Чубриков Л.Г. Базовая схема скоростных фильтров сигналов. -М.: Информприбор, 1988, N 4132, - пр.88, 28с.
2. Чубриков Л.Г. Скоростные фильтры сигналов: Материал I международной НТК "Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления".- Минск, 1995.- С.88-91.
3. Чубриков Л.Г., Чубрикова Т.Л. Фильтры с меняющимися скоростями настройки: Материалы II международной НТК "Современные методы цифровой обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления".-Минск, 1998.- С.283-286.