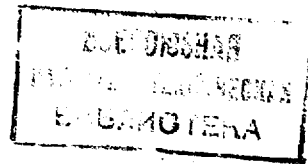




(51) 5 Н 03 Н 11/12

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

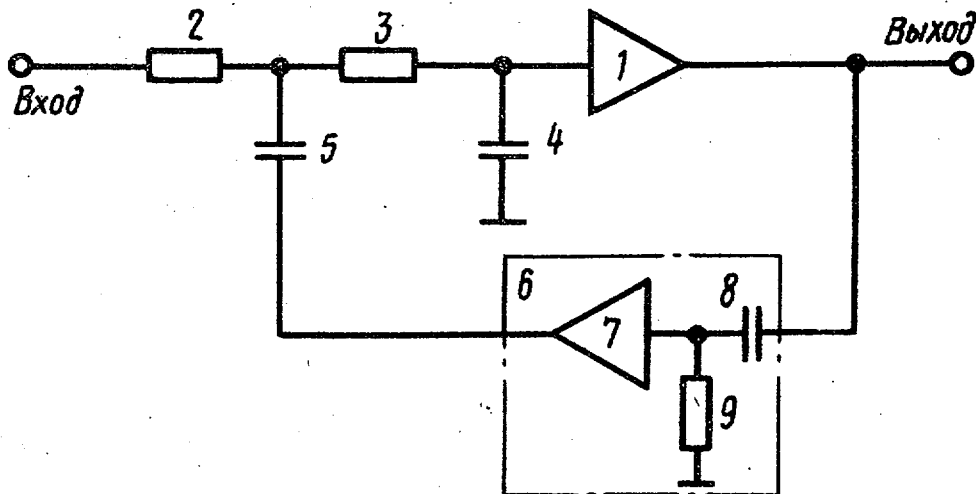


ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4343205/24-09
(22) 30.10.87
(46) 23.03.90. Бюл. № 11
(71) Минский радиотехнический институт
(72) А.Е. Курочкин
(53) 621.372.54 (088.8)
(56) Хейнлейн В.Е. и Холмс В.Х. Активные фильтры для интегральных схем. - М.: Связь, 1980, рис. 7.12а.
(54) АКТИВНЫЙ RC-ФИЛЬТР
(57) Изобретение относится к радио-

технике. Цель изобретения - повышение подавления сигналов вне полосы пропускания. Активный RC-фильтр содержит неинвертирующий усилитель 1, резисторы 2 и 3 и конденсаторы 4 и 5. Цель достигается введением фазосдвигающего звена 6, состоящего из повторителя 7 напряжения, конденсатора 8 и резистора 9, с помощью которых повышается крутизна спада АЧХ фильтра и сохраняется максимальный вносимый фазовый сдвиг $\Delta\varphi_{\text{Макс}} = 180^\circ$. 4 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в устройствах частотной селекции радиоприемных устройств.

Цель изобретения - повышение подавления сигналов вне полосы пропускания.

На фиг.1 приведена принципиальная схема активного RC-фильтра; на фиг.2 -10 диаграмма нулей и полюсов АЧХ активного RC-фильтра; на фиг.3 (кривая 1) - АЧХ активного RC-фильтра; на фиг.4 (кривая 1) - частотная зависимость крутизны спада АЧХ активного RC-фильтра.

Активный RC-фильтр содержит неинвертирующий усилитель 1, первый резистор 2, второй резистор 3, первый конденсатор 4, второй конденсатор 5, фазосдвигающее звено 6, содержащее

повторитель 7 напряжения, третий конденсатор 8, третий резистор 9.

Активный RC-фильтр работает следующим образом.

Передаточная функция активного RC-фильтра описывается выражением

$$T_p = \frac{K}{p^2 \hat{c}^2 + p \hat{c} (3 - K \frac{R \hat{c} \varphi_3}{1 + p \hat{c} \varphi_3}) + 1}, \quad (1)$$

где K - коэффициент передачи неинвертирующего усилителя.1;

\hat{c} = RC при условии, что номиналы первого и второго резисторов и первого и второго конденсаторов равны;

$\hat{c}_{\varphi_3} = R_3 C_3 - R_3$ - номинал третьего резистора 9;

C_3 - номинал третьего конденсатора 8.

Выражение (1), нормированное по уровню, можно записать в следующем виде:

$$\bar{T}(p) = \frac{1 + p \hat{c} \varphi_3}{p^2 \hat{c}^2 \hat{c}_{\varphi_3} + p^2 [\hat{c}^2 + \hat{c} \hat{c}_{\varphi_3} (3 - K)] + p (3 \hat{c} + \hat{c}_{\varphi_3}) + 1}, \quad (2)$$

где $T(p) = T(p)/K$.

Диаграмма полюсов и нулей, соответствующая выражению (2), приведена на фиг.2.

Выражение для АЧХ определяется модулем $T(p)$

$$|\bar{T}(p)| = \frac{\sqrt{1 + a^2 \omega^2}}{\sqrt{(1 - b \omega^2)^2 + \omega^2 (c - d \omega^2)^2}}, \quad (3)$$

где $a = \hat{c} \varphi_3$;

$b = \hat{c}^2 + \hat{c} \hat{c}_{\varphi_3} (3 - K)$;

$c = 3 \hat{c} + \hat{c}_{\varphi_3}$;

$d = \hat{c}^2 \hat{c}_{\varphi_3}$.

$$\frac{\partial B}{\partial \gamma} = -6 \left[\frac{a^2}{a^2 + \varphi^2} - \frac{3d^2 + 2(b^2 - 2cd)\varphi + (c^2 - 2b)\varphi^2}{d^2 + (b^2 - 2cd)\varphi + (c^2 - 2b)\varphi^2 + \varphi^3} \right], \quad (5)$$

где $\varphi = \omega^2$.

Сравним выражения (2) и (5) с соответствующими выражениями для известного устройства, передаточная функция которого получена аппроксимацией по Чебышеву

$$\bar{T}_4(p) = \frac{1}{p^2 \hat{c}_4^2 + p \hat{c}_4 (3 - K_4) + 1}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial B_4}{\partial \gamma} = -6 \left[\frac{2b_4^2 + (c_4^2 - 2b_4)\varphi}{b_4^2 + (c_4^2 - 2b_4)\varphi + \varphi^2} \right]; \quad (7)$$

где K_4 - коэффициент передачи усилителя;

$c_4 = \hat{c}_4 (3 - K_4)$;

$b_4 = \hat{c}_4^2$;

\hat{c}_4 - постоянная времени звеньев ФНЧ известного устройства.

Сравнение производят для следующих условий: $\hat{c} = \hat{c}_4 = 1$, неравномерность АЧХ = 3 дБ, что обеспечивается при $K_4 = 2,23$; $K = 2,6$; $\hat{c}_{\varphi_3} = 3$.

На фиг.3 приведены нормированные относительно частоты среза АЧХ активного RC-фильтра (кривая 1) и устройства-прототипа (кривая 2); на фиг.4 приведены частотные зависимости крутизны АЧХ обоих устройств, расчи-

танные по выражениям (5) и (7). Как видно из зависимостей, крутизна спада АЧХ активного RC-фильтра (кривая 1) достигает на частоте ω_c 20 дБ при неравномерности АЧХ $\alpha = 3$ дБ, что превышает крутизну спада АЧХ известного устройства приблизительно на 6 дБ.

Причины повышения крутизны спада АЧХ предложенного устройства можно выявить из анализа диаграммы расположения полюсов и нулей (фиг. 2).

Положения полюсов и нуля можно определить по следующим приближенным выражениям

$$\sigma_1 \approx \frac{\hat{c}^2 + \hat{c}\hat{c}\varphi_3(3 - K)}{2\hat{c}_2\hat{c}\varphi_3}; \quad (8)$$

$$\omega_p \approx \frac{\sqrt{4\hat{c}^2\hat{c}\varphi_3(3\hat{c} + \hat{c}\varphi_3) - [\hat{c}^2 + \hat{c}\hat{c}\varphi_3(3 - K)]^2}}{2\hat{c}_2\hat{c}\varphi_3}; \quad (9)$$

$$\sigma_2 = -\frac{1}{\hat{c}\varphi_3}; \quad (10)$$

$$\sigma_3 = -\frac{1}{3\hat{c} + \hat{c}\varphi_3}. \quad (11)$$

Из выражений (8) - (11) можно установить следующее: при $\alpha = \text{const}$ нуль σ_2 по сравнению с полюсами находится на значительном удалении от мнимой оси, что позволяет пренебречь

им при расчетах в пределах полосы прозрачности.

Например, для $\hat{c}\varphi_3 = 0,01$ получают

$$\sigma_1 = -15;$$

$$\omega_p = 8,6$$

$$\sigma_2 = -100;$$

$$\sigma_3 = -0,33,$$

т.е. нулем можно пренебречь, а выражение (2) можно записать в виде

$$\bar{T}(p) \approx \frac{1}{p^3\hat{c}^2\hat{c}\varphi_3 + p^2[\hat{c}^2 + \hat{c}\hat{c}\varphi_3(3 - K)] + p(3\hat{c} + \hat{c}\varphi_3) + 1}. \quad (12)$$

Это очень важная особенность активного RC-фильтра, так как, изменяя положение нуля σ_2 с помощью $\hat{c}\varphi_3$, в районе частоты среза повышается порядок системы (появляются 3 полюса), что позволяет повысить крутизну спада АЧХ и приблизить ее к крутизне спада АЧХ фильтра третьего порядка с заданным значением α . Диапазон изменения вносимого фазового сдвига можно установить из (1) при $p = 0$ и $p \neq \infty$. При $p = 0$, как видно из выражения, получают $\Delta\varphi = 0$, а при $p = \infty$ получают

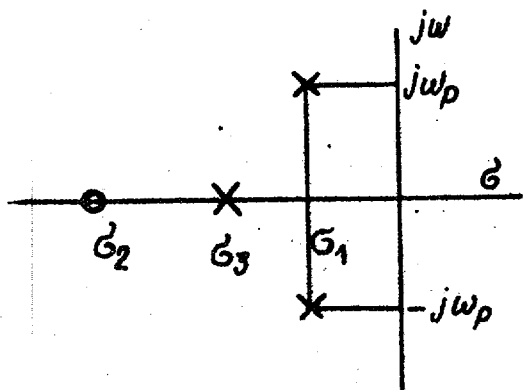
$$T(p = \infty) \approx \frac{K}{p^2\hat{c}^2 + 3p\hat{c} + 1}, \quad (13)$$

что соответствует $\Delta\varphi_{\text{макс}} = 180^\circ$ для ФЧХ второго порядка.

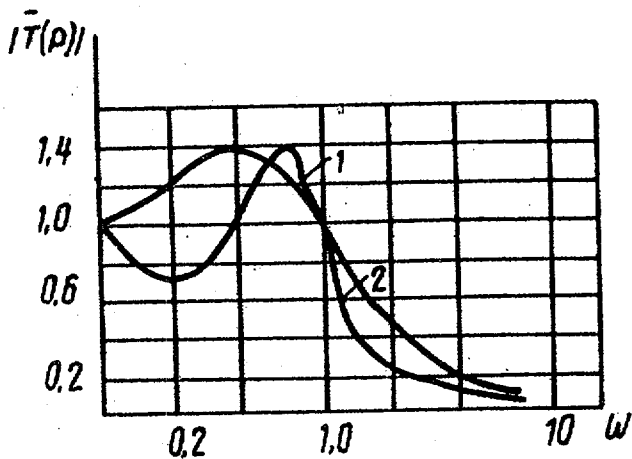
Таким образом предложенное устройство позволяет повысить крутизну спада АЧХ и сохранить максимальный вносимый фазовый сдвиг $\Delta\varphi_{\text{макс}} = 180^\circ$.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

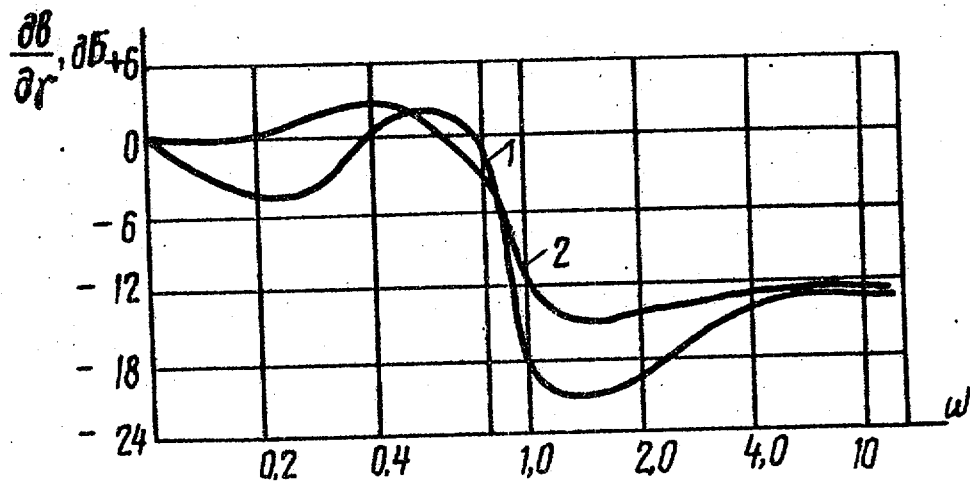
Активный RC-фильтр, содержащий последовательно соединенные первый резистор, второй резистор и неинвертирующий усилитель, вход которого через первый конденсатор соединен с общей шиной, а выход является выходом активного RC-фильтра, первый вывод первого резистора является входом активного RC-фильтра, а с вторым выводом первого резистора соединен первый вывод второго конденсатора, отличающийся тем, что, с целью повышения подавления сигналов вне полосы пропускания, введено фазосдвигающее звено, вход которого соединен с выходом неинвертирующего усилителя, а выход соединен с вторым выводом второго конденсатора, а фазосдвигающее звено выполнено в виде последовательно соединенного третьего конденсатора и повторителя напряжения, вход которого соединен через третий резистор с общей шиной.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Редактор А. Мотыль Составитель Ю. Чернышов Техред М. Дидык Корректор А. Обручар

Заказ 339 Тираж 651 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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