

Широкополосний активний полосовий фільтр

Винахід відноситься до галузі радіотехніки та автоматики, зокрема, до автоматичних систем керування.

Відомо, що існує широкополосний активний полосовий фільтр (Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984, стр. 53, рис. 5.2), що є підсилюючим пристроєм на операційному підсилювачі з інверсним входом і частотнозалежним ланцюгом зворотного зв'язку. Частотнозалежним ланцюгом є RC-ланцюг.

Проте, такий широкополосний активний полосовий фільтр має недоліки, змістом яких є підвищені вимоги до точності вибирання та стабільності параметрів комплектуючих елементів, складність збирання та налаштування, значні відхилення від постійного рівня коефіцієнта передачі в області пропускання, неможливість використання на частотах ≥ 100 КГц (Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984, стр. 6; Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: 2хт., Т. 2. Пер. с англ.- М.: Мир, 1984, стр. 415).

В основу цього винаходу положена мета побудови широкополосного активного полосового фільтру, електрична схема якого мала б такі елементи та зв'язки між ними, які забезпечили б можливість використання цього винаходу на частотах ≥ 100 КГц, дозволили б зменшити вимоги до точності вибирання та до стабільності параметрів комплектуючих елементів, зменшили б складність збирання та налаштування, дозволили б вирівняти коефіцієнт передачі в області пропускання.

Це забезпечується тим, що в широкополосному активному полосовому фільтрі в якості ланцюга зворотного зв'язку використовується LRC-ланцюг. LRC-ланцюг являє собою паралельне підключення один до одного паралельного та ланцюгового резонансного контурів, налаштованих на одну і ту ж резонансну

частоту, *при* цьому в ланцюговому контурі послідовно з індуктивністю та ємністю включено резистор, що є елементом, який регулює глибину зв'язку між контурами. Індуктивність ланцюгового контура дорівнює індуктивності паралельного контура. Ємність ланцюгового контура дорівнює ємності паралельного контура.

На відміну від прототипу, в якому в якості частотнозалежного ланцюга використаний RC-ланцюг, в пристрої що заявляється; в якості частотнозалежного ланцюга використано LRC -ланцюг. LRC-ланцюг в даному випадку дає переваги перед RC-ланцюгом. Ці переваги в літературі проаналізовано в загальному плані таким чином.

Активні фільтри (з використанням RC-частотнозалежного ланцюга) дуже умісно використовувати на низьких частотах, але на радіочастотах вони не застосовуються по тій причині, що для їх реалізації необхідні високі швидкості наростання операційних підсилювачів та широкі полоси пропускання. На частотах порядку 100 кГц та вище (а часто на більш низьких) краще всього використовувати фільтри, що складаються з індуктивностей та конденсаторів.

При більш детальному розгляді переваги зобумовлюються такими чинниками.

По-перше, в LRC - ланцюгу, що пропонується, паралельний та ланцюговий контури налаштовані на одну і ту же резонансну частоту. Завдяки цьому індуктивності та ємності в ланцюговому та паралельному контурах відповідно дорівнюють одна одній.

Це полегшує збирання та налаштування пристрою.

По-друге, еквівалентний опір LRC-ланцюга, що пропонується, в області частот навкруги резонансної практично незмінний та близький до чисто активного. Це забезпечує практичну стабільність коефіцієнта передачі в області режекції.

По-третє, в LRC-ланцюгу, що пропонується, паралельний резонансний контур зашунтовано малодобротним ланцюговим резонансним контуром (внаслідок присутності в ньому резистора, що регулює глибину зв'язку між

контурами). Тому стабільність параметрів комплектуючих елементів та точність їх відбирання не має суттєвого значення.

На фіг. 1 показано широкополосний активний полосовий фільтр. Він складається з вхідного резистора R (1), підключеного до інверсного входу операційного підсилювача 2 та частотнозалежного ланцюга зворотного зв'язку 3, який з'єднує вихід операційного підсилювача з його інверсним входом. Складові елементи 1, 2, 3 зібрані в схему підсилюючого пристрою на операційному підсилювачі з інверсним входом. Частотнозалежний ланцюг складається з паралельно підключених один до одного паралельного 4 та ланцюгового 5 контурів, налаштованих на одну і ту ж резонансну частоту. В ланцюговому контурі послідовно з індуктивністю L (6) та ємністю C (7) включено резистор R_0 (8) для регулювання глибини зв'язку між контурами. Індуктивність ланцюгового контура $L(6)$ дорівнює індуктивності паралельного контура $C(9)$. Ємність ланцюгового контура $C(7)$ дорівнює ємності паралельного контура $C(10)$.

Пристрій працює так.

Коефіцієнт передачі підсилюючого пристрою

$$K_{\text{и}} = Z_{\text{екВ}} jR$$

де: $Z_{\text{екВ}}$ - еквівалентний опір частотнозалежного ланцюга.

Опір резистора R_0 , що включений в ланцюговому контурі, визначає вигляд залежності $Z_{\text{екВ}}$ від частоти. При слабкому зв'язку між контурами (опір R_0 великий) $Z_{\text{екВ}}$ подібний до опору поодинокого резонансного контура. При сильному зв'язку між контурами (опір R_0 малий) $Z_{\text{екВ}}$ має "двухгорбий" характер (як і повинно бути в зв'язаних резонансних системах).

При оптимальном зв'язку між контурами ($R_0 = R_{0\text{опт}}$) в характеристиці $Z_{\text{м}} = Z_{\text{екВ}}(f)$, тобто в залежності $Z_{\text{екВ}}$ від частоти, проявляється "полочка" навкруги резонансної частоти.

Відомо, що резонансний опір паралельного та ланцюгового контурів

пар рез ТЭ. ланц рез ДОРІВНЮЮТЬ

$$Z_{\text{пар рез}} = R_d \Gamma_L$$

$$\frac{7}{\text{шунт}} - \frac{2}{L}$$

Де: $L_i = 4^L I^C \sim$ характеристичний опір контура, z - активний опір індуктивності.

Резонансний опір ланцюгового контура, що використовується в даному випадку, $Z_{\text{ланц}} = r_L + R_o$. З урахуванням того, що завжди $R_o \gg r_L$, можна сказати, що $Z_{\text{ланц}} = R_o$. Резонансний опір паралельного контура $Z_{\text{пар рез}} \gg Z_{\text{ланц}}$. Окрім того, в даному випадку $Z_{\text{пар рез}} \gg Z_{\text{ланц}}^*$. Це означає, що в області резонансної частоти великий опір $Z_{\text{пар}}$ шунтується малим $Z_{\text{ланц}}$. Фактично на резонансній частоті, та навколо неї, опір частотнозалежного LRC-ланцюга, що використовується замість частотнозалежного RC-ланцюга,

За рахунок цього в характеристиці $Z_{\text{екв}} \sim \langle p(f) \rangle$ проявляється "поличка" навкруги резонансної частоти. З урахуванням вище приведених фактів в області резонансної частоти

А це означає, що при $R_o \gg R$ в області резонансної частоти частотна характеристика пристрою, що розглядається, набуває вигляду характеристики активного полосового фільтру. Для перевірки вище викладених міркувань функція $K_u = \langle p(f) \rangle$ була протабульована на ПЕОМ. Програму написано на мові СІ. Результати машинного аналізу приведені на фіг. 2 для таких числових параметрів:

$N=1000$ - ємність резонансних контурів,

$f_0=100$ кГц - резонансна частота контурів,

$r_L=2$ Ом - активний опір індуктивності резонансних контурів,

$R_o=2400$ Ом - опір резистора, що визначає міру глибини зв'язку між контурами,

$R = 200 \text{ Ом}$ - опір резистора, що підключений до інверсного входу операційного підсилювача, на якому зібрано схему активного полосового фільтру, $K_u = <p(f)$ - частотна характеристика активного полосового фільтру,

$f_{\text{uovc}} = 247\,500 \text{ кГц}$ - максимальна частота діапазону, в якому проводився аналіз залежності K_u від частоти;

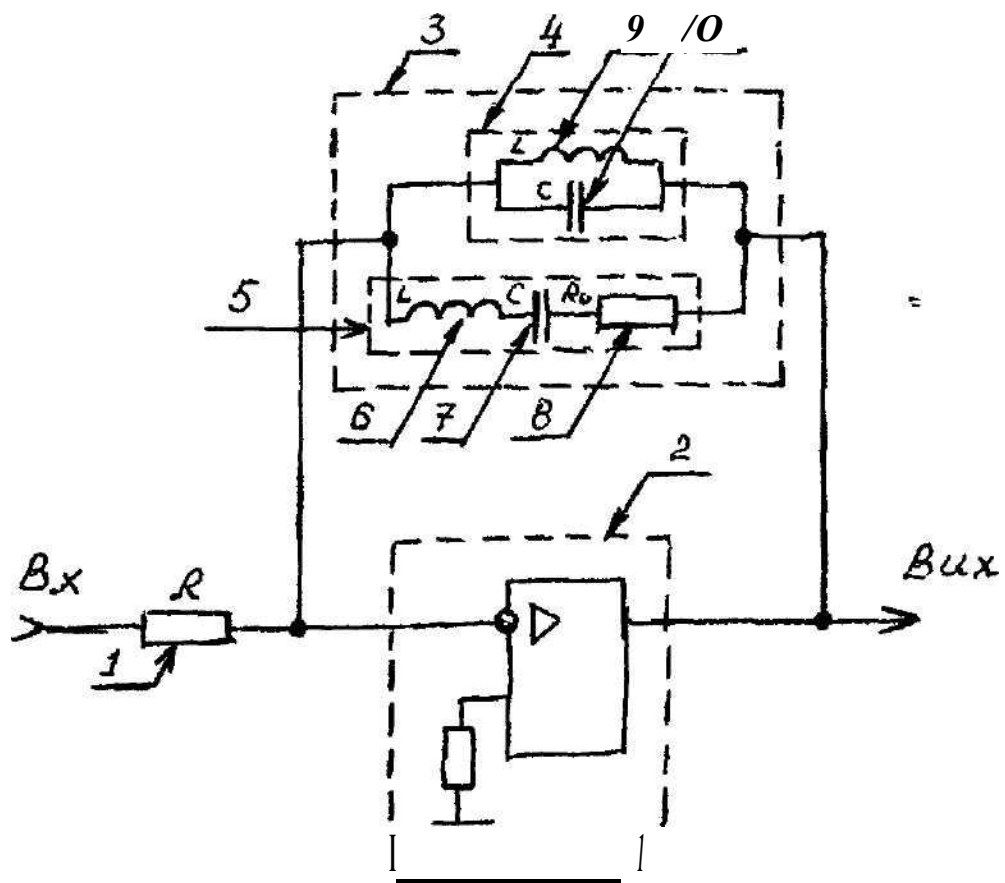
$Z_{\text{max}} = 2404,286 \text{ Ом}$ - максимальна величина еквівалентного опіру частотнозалежного LRC - ланцюга,

$K_{\text{umax}} = 12,02143 \text{ Ом}$ - максимальне значення коефіцієнта передачі полосового фільтру.

Видно, що характеристика $K_u = p(f)$ має вигляд характеристики активного полосового фільтру.

Таким чином, завдячуючи стабільності та якості характеристик, простоті збирання, простоті налаштування та, внаслідок цього, надійності експлуатації, пристрій, що заявляється, доцільно використовувати в якості широкополосних активних полосових фільтрів в приймально-передавальних трактах систем передачі інформації на частотах 100 кГц та вищих.

Широкополосний активний полосовий фільтр



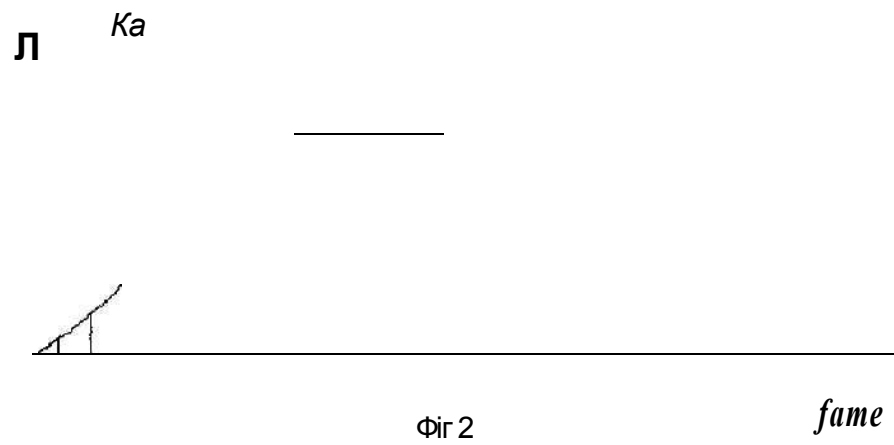
Фіг. 1

Автори:

-Рогальський Ф.Б.

Корніловська Н.В.

Широкополосний активний полосовий фільтр



Автори:

Рогальський Ф.Б.

Корншувська Н.В.