



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111086** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
H03G 3/00
H03H 11/00
H03F 3/45 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

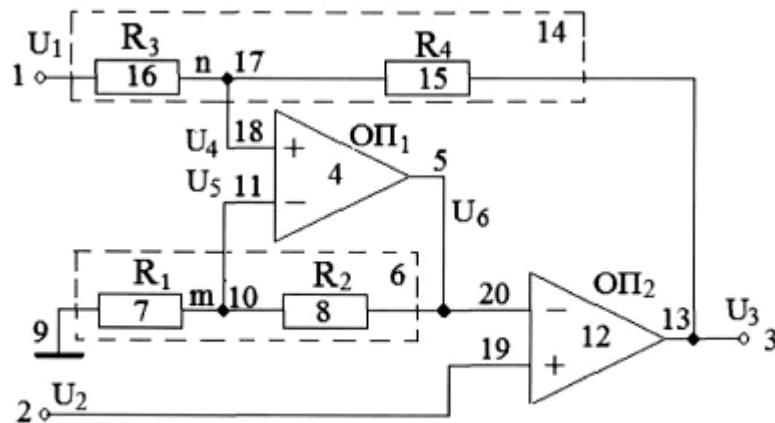
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 05760	(72) Винахідник(и): Федотов Дмитро Олексійович (UA), Пономаренко Андрій Петрович (UA), Білик Захар Валентинович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.05.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2016, Бюл.№ 20	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)

(54) ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ РІЗНИЦІ СИГНАЛІВ

(57) Реферат:

Функціональний пристрій різниці сигналів містить перший, другий входи і вихід пристрою, резистивний дільник та операційний підсилювач, вихід якого через резистивний дільник заземлено, а точка ділення резистивного дільника підключена до інверсного входу операційного підсилювача. Додатково уведений другий операційний підсилювач та другий дільник на резисторах. Перший вхід пристрою через другий дільник на резисторах зв'язано з виходом пристрою і виходом уведеного операційного підсилювача, неінвертуючий вхід якого підключено до другого входу пристрою. Інвертуючий вхід уведеного операційного підсилювача з'єднано з виходом існуючого операційного підсилювача, який своїм неінвертуючим входом підключено до точки ділення другого дільника на резисторах.



Фіг. 1

UA 111086 U

Корисна модель належить до області електроніки, радіоелектроніки. Він стосується схемотехніки застосування операційних підсилювачів (ОП) для побудови радіоелектронних пристроїв, приладів різноманітного призначення.

Відомі схеми на операційних підсилювачах, які виконують операції різниці, перетворень заданого виду, чи підсилення з різним знаком [1].

Недоліки таких пристроїв полягають у диференціації схем за призначенням, а саме формування перетворення з різним знаком можливе різними схемами, при цьому коефіцієнти підсилення суттєво відрізняються. Так, схеми з інверсією функціонують як атенюатори і підсилювачі, а схеми без інверсії характеризуються тільки підсиленням. Особливо проблематичним є виконання різниці двох сигналів або її підсилення [3].

Відомі універсальні підсилювачі, які побудовано на базі інструментального підсилювача, потребують обов'язкового використання, крім схем підсилення, схеми різниці сигналів при тому, що на практиці формування різниці двох сигналів є складною операцією, оскільки вимагає узгодження щонайменше чотирьох резисторів [2].

Найбільш близьким за технічним рішенням є неінвертуюча схема на операційному підсилювачі, вихід якого через резистивний дільник на двох резисторах заземлено, а точка ділення резистивного дільника підключена до інверсного його входу [1].

Недоліками такого пристрою є обмежене функціонування, - виконання тільки операції підсилення без інверсії, відсутність можливості отримання різниці сигналів. Тому ця та жодна з відомих схем не характеризується універсальністю у використанні.

Технічною задачею корисної моделі є розширення функціональних можливостей до виконання всієї сукупності операцій, включно різниці сигналів, за рахунок атенюації чи підсилення з різним знаком єдиним за модулем коефіцієнтом; підвищення точності перетворення завдяки узгодженню співвідношення опорів резисторів мостової схеми одним елементом за наявності двох незалежних коефіцієнтів підсилення.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій різниці сигналів, який містить перший, другий входи і вихід пристрою, резистивний дільник та операційний підсилювач, вихід якого через резистивний дільник заземлено, а точка ділення резистивного дільника підключена до інверсного входу операційного підсилювача, згідно з корисною моделлю, додатково уведений другий операційний підсилювач та другий дільник на резисторах, при цьому перший вхід пристрою через другий дільник на резисторах зв'язано з виходом пристрою і виходом уведеного операційного підсилювача, неінвертуючий вхід якого підключено до другого входу пристрою, при цьому інвертуючий вхід уведеного операційного підсилювача з'єднано з виходом існуючого операційного підсилювача, який своїм неінвертуючим входом підключено до точки ділення другого дільника на резисторах.

На кресленні Фіг. 1 наведена схема принципова функціонального пристрою різниці сигналів. На Фіг. 2 зображено результат моделювання схеми за умови отримання різниці сигналів, підсиленої двома різними коефіцієнтами.

За кресленням Фіг. 1, функціональний пристрій різниці сигналів містить входи 1 та 2 і вихід 3 з відповідними напругами U_1, U_2 та U_3 , операційний підсилювач 4 - ОП1, який виходом 5 з напругою U_6 через перший дільник 6 напруги на резисторах 7 - R_4 та 8 - R_3 , підключено до шини 9 нульового потенціалу (заземлення), а проміжна m-точка 10 з'єднання резисторів 7 - R_2 та 8 - R_1 , з напругою U_5 зв'язана з інвертуючим входом 11 операційного підсилювача 4 - ОП1. Операційний підсилювач 12-ОП2 виходом 13 з'єднано з виходом 3 пристрою та через другий дільник 14 напруги на резисторах 15 - R_4 та 16 - R_3 підключено до першого входу 1 пристрою. Проміжна n-точка 17 з'єднання резисторів 15 - R_4 та 16 - R_3 з напругою U_4 зв'язана з неінвертуючим входом 18 операційного підсилювача 4 - ОП1. При цьому другий вхід 2 пристрою підключено до неінвертуючого входу 19 операційного підсилювача 12 - ОП2, інвертуючий вхід 20 якого з'єднано з виходом 5 операційного підсилювача 4 - ОП1.

Роботу запропонованого функціонального пристрою різниці сигналів можна описати аналітично наступним чином.

Функціональний пристрій різниці сигналів за Фіг. 1 дільниками 6 та 14 створює пропорції m, n ділення, які можна визначити відповідно:

$$m = \frac{R_1}{R_1 + R_2}; n = \frac{R_3}{R_3 + R_4}. \quad (1)$$

З урахуванням (1), напруги U_4 та U_5 можна записати:

$$U_4 = n \cdot U_3 + (1 - n) \cdot U_1; U_5 = m \cdot U_6.$$

Вихідна напруга U_6 першого операційного підсилювача 4 - ОП1 складе:

$$U_6 = K_{on}U_4 - K_{on}U_5 = nK_{on}U_3 + (1-n)K_{on}U_1 - mK_{on}U_6;$$

$$U_6 = (1+mK_{on})nK_{on}U_3 + (1-n)K_{on}U_1; U_6 = \frac{nK_{on}U_3}{1+mK_{on}} + \frac{(1-n)K_{on}U_1}{1+mK_{on}}.$$

Це дозволяє визначити вихідну напругу U_3 наступним чином:

$$5 \quad U_3 = -K_{on}U_6 + K_{on}U_2 = \frac{nK_{on}^2U_3}{1+mK_{on}} - \frac{(1-n)K_{on}^2U_1}{1+mK_{on}} + K_{on}U_2;$$

$$U_3 \left(1 + \frac{nK_{on}^2}{1+mK_{on}}\right) = -\frac{(1-n)K_{on}^2}{1+mK_{on}}U_1 + K_{on}U_2.$$

Множник вихідної напруги U_3 , після перетворень, складе

$$1 + \frac{nK_{on}^2}{1+mK_{on}} = \frac{1+mK_{on}+nK_{on}^2}{1+mK_{on}}. (2)$$

Розрахунок вихідної напруги з урахуванням (2) визначить

$$10 \quad U_3 = -\frac{(1-n)K_{on}^2(1+mK_{on})}{(1+mK_{on})(1+mK_{on}+nK_{on}^2)}U_1 + \frac{K_{on}(1+mK_{on})}{1+mK_{on}+nK_{on}^2}U_2;$$

$$U_3 = -\frac{(1-n)K_{on}^2}{1+mK_{on}+nK_{on}^2}U_1 + \frac{K_{on}+mK_{on}^2}{1+mK_{on}+nK_{on}^2}U_2. (3)$$

Після скорочення на K_{on}^2 у виразі (3) отримаємо наступне:

$$U_3 = -\frac{(1-n)}{\Delta^2+m\Delta+n}U_1 + \frac{\Delta+m}{\Delta^2+m\Delta+n}U_2 \cong -\frac{1-n}{n}U_1 + \frac{m}{n}U_2, (4)$$

де: $\Delta = 1/K_{on} \rightarrow 0$; $\Delta^2 = 1/K_{on}^2 \Rightarrow 0$ та $m, n < 1$,

$$15 \quad \text{Тоді з виразу (4) за доцільної умови: } 1-n = m \quad (5)$$

$$U_3 = \frac{m}{n}(U_2 - U_1) = \frac{R_1(R_3 + R_4)}{R_3(R_1 + R_2)}(U_2 - U_1). (6)$$

Умова (5) виконання операції різниці встановлює відповідність:

$$1-n = m; 1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_3}{R_3 + R_4}; R_2R_3 + R_2R_4 = R_1R_3 + R_2R_3.$$

Після зведення подібних маємо таке визначення:

$$20 \quad R_2R_4 = R_1R_3. (7)$$

Отримана рівність (7) відома, як баланс мостової схеми на резисторах $R_1 - R_4$. Вона є необхідною та достатньою умовою для операції різниці. З урахуванням вимоги (7) різниця напруг однозначно існує у випадках:

$$U_3 = \frac{R_1}{R_3} \cdot \frac{(R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2)} \cdot (U_2 - U_1) = K_{U1} \cdot K_{U2} \cdot (U_2 - U_1) = K_U(U_2 - U_1), (8)$$

25 де $K_{U1} = R_1/R_3$; $K_{U2} = (R_3 + R_4)/(R_1 + R_2)$ - коефіцієнти, що забезпечують підсилену $K_U > 1$, послаблену $K_U < 1$ або компенсовану ($K_{U1} \cdot K_{U2} \cong 1$) різницю вхідних напруг з балансьним (при регулюванні одним резистором мостової схеми на резисторах $R_1 - R_4$) чи диференціальним способом керування, що реалізовано схемою, наведеною прикладом Фіг. 2.

За умови балансу мостової схеми (7), функціональність пристрою забезпечує у випадках:

$$30 \quad 1) R_1 + R_2 = R_3 + R_4 - \text{різницю сигналів з підсиленням } K_{U1} = R_1/R_3:$$

$$U_3 = \frac{R_1}{R_3} \cdot (U_2 - U_1) \quad (9)$$

2) $U_1 = 0$ - підсилення чи послаблення сигналу U_2 без інверсії:

$$U_3 = \frac{R_1}{R_3} \cdot U_2 \quad (10)$$

3) $U_2 = 0$, - підсилення чи послаблення напруги U_1 , з інверсією:

$$35 \quad U_3 = -\frac{R_1}{R_3} \cdot U_1. \quad (11)$$

4). При характерній для класичної рівності $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ маємо тривіальний випадок одиничної реалізації операції різниці двох сигналів.

Отже, запропонований функціональний пристрій забезпечує до цього часу не реалізований комплекс операцій: власне, різницю, - підсилення/послаблення, - з інверсією/без інверсії різниці чи кожного з сигналів єдиним коефіцієнтом перетворення.

Для виконання керованої операції різниці відповідає необхідність узгоджувати чотири резистори в схемі. Достатньо забезпечити необхідну та достатню умову (7) балансу в мостовій схемі, що здійснюється у балансовому режимі одним елементом, або двома - диференціальним способом.

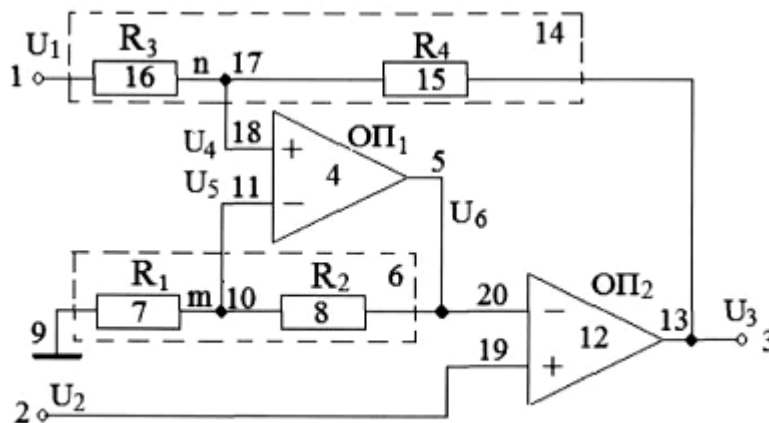
З аналітичного обґрунтування та наведеного прикладу (Фіг. 2) очевидна універсальність запропонованого пристрою. Підвищення точності перетворення досягається суттєво спрощеним узгодженням резисторів мостової схеми. У запропонованому вигляді технічне рішення розширює практичні можливості електроніки і може бути застосованим для побудови електронних пристроїв та вузлів радіоелектронної апаратури у всіх сферах технічного використання.

Джерела інформації:

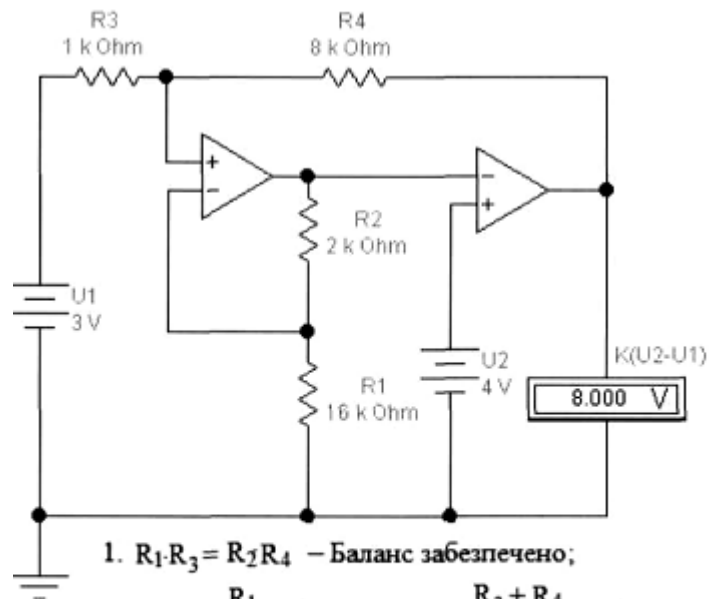
1. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы: Пер. с англ. - М.: Мир. 1988. - 583 с. ил. (глава 5. - С. 282-412).
2. П. Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники: В 2-х т. - Т.1. Изд. стереотип. - М.: "Мир", 1984. - 598 с., ил., п. 7.09. - С. 451-454.
3. Д.О. Федотов, П.Д. Федотов, В.О. Алексеев Дослідження сустратора та схем на його основі, побудованих на операційних підсилювачах // НТЖ "Технология приборостроения" 2007. - № 1. - С. 21-25.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Функціональний пристрій різниці сигналів, що містить перший, другий входи і вихід пристрою, резистивний дільник та операційний підсилювач, вихід якого через резистивний дільник заземлено, а точка ділення резистивного дільника підключена до інверсного входу операційного підсилювача, який **відрізняється** тим, що додатково уведений другий операційний підсилювач та другий дільник на резисторах, при цьому перший вхід пристрою через другий дільник на резисторах зв'язано з виходом пристрою і виходом уведеного операційного підсилювача, неінвертуючий вхід якого підключено до другого входу пристрою, інвертуючий вхід уведеного операційного підсилювача з'єднано з виходом існуючого операційного підсилювача, який своїм неінвертуючим входом підключено до точки ділення другого дільника на резисторах.



Фіг. 1



Фіг. 2