



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107617** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
H03F 3/213 (2006.01)
H03F 3/217 (2006.01)
H01H 11/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 08297	(72) Винахідник(и): Сліпченко Микола Іванович (UA), Федотов Павло Дмитрович (UA), Федотов Дмитро Олексійович (UA), Крук Олег Ярославович (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.07.2013	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.01.2015	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. М: Высшая школа, 1991. – С. 331-350 Слипченко Н.И., Федотов П.Д., Федотов Д.А., Крук О.Я. Исследование точности процесса преобразования при многокаскадном усилении // Системы обработки информации: 36. научных работ. Выпуск 3(101). Том 1, Харків, 2012. – С. 50- 55. UA 81087 C2, 26.11.2007 US 7817973 B1, 19.10.2010 US 4454480 A, 12.06.1984 WO 98/33272 A1, 30.07.1998 JP 2004159123 A, 03.06.2004
(41) Публікація відомостей про заявку: 12.01.2015, Бюл.№ 1	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.01.2015, Бюл.№ 2	

(54) СПОСІБ ЗАДАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПІДСИЛЕННЯ У БАГАТОКАСКАДНОМУ ПІДСИЛЮВАЧІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб задання коефіцієнта підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі та пристрій для його здійснення належить до області електроніки, радіоелектроніки й стосується побудови електронних компонентів різноманітного призначення з використанням операційних підсилювачів (ОП) як активних елементів. В багатокаскадному підсилювачі, згідно з винаходом, послідовно визначають кількість каскадів з виразу $m' = \ln K_U$, округляють їх кількість до цілочислового значення $m = \text{int}(m')$, встановлюють каскадні коефіцієнти підсилення напруги, рівні значенню $K_{U_i} = 2,718 = e$ - основа натурального логарифма, та компенсують відхилення від загального коефіцієнта K_U додатковим $m+1$ каскадним коефіцієнтом $K_{U_{m+1}} = 1 \dots e$ підсилення. Запропоноване рішення розширює теоретичні положення і практичні можливості при застосуванні в електроніці, у схемотехніці побудови електронних пристроїв та вузлів радіоелектронної апаратури, компонентів комп'ютерних систем на новому рівні за точністю.

UA 107617 C2



Fig. 2

Спосіб задання коефіцієнта підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі належить до області електроніки, радіоелектроніки й стосуються побудови електронних компонентів різноманітного призначення з використанням операційних підсилювачів (ОП) як активних елементів.

5 Відомі способи задання загального коефіцієнта підсилення напруги K_U в активних схемах перетворення корисного сигналу для пристроїв електроніки, які передбачають взаємодію каналу прямої передачі (ПП) з суттєвим в ньому коефіцієнтом $K_{ПП}$ підсилення та каналу зворотного зв'язку, що задає необхідну функцію та забезпечує методичну похибку Δ перетворення [Бобровников Л.З. Радиотехника и электроника: учеб. для вузов. - 4-е изд., М.: Недра, 1990. - 374 С. ISBN 5-247-01313-1, - С. 97-103].

10 Недоліком такого способу встановлення коефіцієнту підсилення напруги пристроїв є обмежене значення максимального підсилення. Через наявну Δ похибку перетворення не рекомендується застосовувати підсилювання $K_U > 10^3$ в одному каскаді, навіть сучасними ОП з $K_{ПП} = K_{ОП} = 10^6$.

15 Найбільш близьким за функціональною та технічною суттю рішення є спосіб задання коефіцієнта підсилення напруги в багатокаскадному підсилювачі, який полягає у тому, що загальний K_U коефіцієнт підсилення напруги встановлюють добутком каскадних K_{Ui} коефіцієнтів за принципом конвеєра напруги. Для реалізації способу задання коефіцієнтів підсилення у багатокаскадному підсилювачі застосовують пристрій, який включає послідовно

20 з'єднані каскади підсилення з каскадними коефіцієнтами K_{Ui} . [Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. М: Высшая школа, 1991. - 622 С., глава 5, - С. 331-350].

Недоліки відомого способу та пристрою для його здійснення полягають у недостатній точності функціонування, суттєво обмеженій полосі частоти та неоптимальному фазовому зсуві. Це відбувається за відсутності контролю методичної похибки перетворення, неналежного обґрунтування вибору, як кількості m каскадів, так і співвідношення каскадного підсилення, що зумовлює вказані недоліки.

25 Технічною задачею винаходу "Спосіб задання коефіцієнта підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі та пристрій для його здійснення" є підвищення точності встановлення коефіцієнту підсилення напруги, за рахунок визначення оптимальної кількості каскадів, співвідношення якості у підсилювачі, а саме максимальної полоси частоти підсилення, мінімальних фазового зсуву та похибок.

Вказана технічна задача вирішується таким чином. В способі задання коефіцієнта підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі, який полягає у тому, що загальний коефіцієнт підсилення напруги K_U встановлюють як добуток каскадних коефіцієнтів підсилення напруги K_{Ui} за принципом конвеєра напруги, згідно з винаходом, визначають кількість каскадів з виразу $m' = \ln K_U$, результат округлюють до цілочислового значення $m = \text{int}(m')$, встановлюють каскадні коефіцієнти підсилення напруги, рівні значенню $K_{Ui} = 2,718 = e$ - основа натурального логарифма, та компенсують отримане значення відхилення коефіцієнта підсилення напруги від встановленого загального коефіцієнта K_U додатковим регульованим $m+1$ каскадним

40 коефіцієнтом підсилення напруги $K_{Um+1} = 1...e$.

В пристрої для здійснення способу задання коефіцієнта підсилення у багатокаскадному підсилювачі, який включає послідовно з'єднані каскади підсилення з каскадними коефіцієнтами напруги K_{Ui} , згідно з винаходом, додатково уведений каскад регульованого підсилення напруги, при цьому кількість каскадів становить $m = \text{int}(\ln K_U)$, кожен з яких має фіксований коефіцієнт каскадного підсилення $K_{Ui} = e$, а додатковий $m+1$ каскад має регульований коефіцієнт підсилення напруги $K_{Um+1} = 1...e$.

На фіг. 1 наведена структурна схема реалізації способу задання коефіцієнта підсилення у багатокаскадному підсилювачі.

На фіг. 2 показана схема пристрою із забезпечення реалізації способу задання коефіцієнта підсилення у багатокаскадному підсилювачі.

На фіг. 3 наведено графічне обґрунтування переваг запропонованого технічного рішення стосовно прикладу виконання підсилювача з $K_U = 100$ та $K_U = 1000$ при застосуванні операційного підсилювача з власним коефіцієнтом підсилення $K_{OP} = 10^6$.

Спосіб задання коефіцієнтів підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі (фіг. 1) передбачає виконання операцій:

- визначення оптимальної кількості каскадів з виразу $m' = \ln K_U$;
- виділення цілого значення $m = \text{int}(m')$ числа каскадів;
- встановлення коефіцієнтів каскадного підсилення напруги $K_{Ui} = 2,718 = e$;
- компенсування відхилення від загального коефіцієнта K_U підсилення додатковим підсиленням $K_{Um+1} = 1 \dots e$.

Формування загального коефіцієнту підсилення напруги здійснюється добутком каскадних коефіцієнтів підсилення напруги, а саме: $K_U = m \cdot K_{Ui} \cdot K_{Um+1} = m \cdot e \cdot (1 \dots e)$.

Реалізація способу задання коефіцієнта підсилення напруги у багатокаскадному підсилювачі можлива пристроєм за фіг. 2, який включає розраховану за даним способом та визначену для m -каскадного підсилювача 1 цілочислову кількість m каскадів, з'єднаних послідовно у конвеєр напруги: 1.1, 1.2, ... 1.i, ... 1.m. В кожній ланці 1.i конвеєра напруги встановлюється підсилення $K_{Ui} = 2,718 = e$. Схема 2 додаткового підсилення включена в конвеєр напруги на вихід каскаду

1.m, так, що функція підсилення становить $K_U = \prod_{i=1}^{m+1} K_{Ui} = m \cdot e \cdot K_{Um+1}$, а сума $\sum_{i=1}^{m+1} K_{Ui}$ складає значення коефіцієнта $K_{\Delta}(m)$ похибки при виконанні каскаду на операційному підсилювачі з власним коефіцієнтом K_{OP} . Таке виконання надає унікальні властивості багатокаскадному підсилювачу.

Функціонування запропонованого способу задання коефіцієнтів підсилення у багатокаскадному підсилювачі за фіг. 1 здійснюється наступним чином.

Відомо, що модуль абсолютної похибки $|\Delta a(m)|$ m -каскадної схеми становить $|\Delta a(m)| = K_{\Delta}(m) \cdot K_U / K_{OP}$,

де $K_{\Delta}(m) = \sum_{i=1}^m K_{Ui}$ - коефіцієнт похибки;

- $K_{\Delta}(m)_{opt} = m \cdot \sqrt[m]{K_U}$ - оптимальний коефіцієнт похибки при рівнопідсилювальному режимі;

- K_U - загальний коефіцієнт підсилення схеми;

- K_{OP} - власний коефіцієнт підсилення ОП [Слипченко Н.И. Исследование точности процесса преобразования при многокаскадном усилении / Н.И. Слипченко, П.Д. Федотов, Д.А. Федотов, О.Я. Крук // Системи обробки інформації: Зб. наукових праць. Випуск 3(101). Том 1, Харків, 2012. - С. 50-55].

Подальші дослідження дозволяють встановити відносну похибку:

$$|\Delta_{вдн}(m, f_{3P})|_{opt} = \frac{f_{3P} \cdot K_{\Delta opt}}{f_{3P} \cdot K_{\Delta opt} + K_{OP}} = \frac{f_{3P} \cdot m \cdot \sqrt[m]{K_U}}{f_{3P} \cdot m \cdot \sqrt[m]{K_U} + K_{OP}}, \quad (1)$$

та полосу частот підсилення обмежену частотою f_{3P} зрізу АЧХ на рівні - 3 дБ:

$$f_{3P} = \frac{0,7071 \cdot K_{OP}}{0,2929 \cdot m \cdot \sqrt[m]{K_U}} = 2,4142 \cdot \frac{K_{OP}}{m \cdot \sqrt[m]{K_U}}. \quad (2)$$

Знаходження екстремуму функцій (1) та (2) визначає однозначно:

$$m = \ln K_U. \quad (3)$$

В цьому випадку вираз (2) уточнюється та має вигляд:

$$f_{3P}(m) = \frac{2,4142}{e} \cdot \frac{K_{OP}}{\ln(K_U)} = \frac{2,4142}{2,718281828} \cdot \frac{K_{OP}}{\ln(K_U)} = 0,888 \cdot \frac{K_{OP}}{\ln(K_U)}. \quad (4)$$

За формулами (1) і (4) на фіг. 3 побудовані суміщені графіки частот зрізу та відносної похибки для $K_U = 100, 1000$, $m = 1 \dots 10$, $K_{оп} = 10^6$. (Для аналітично точної побудови, наочності при одночасному зображенні різних величин масштабний коефіцієнт відносної похибки склав $5 \cdot 10^9$).

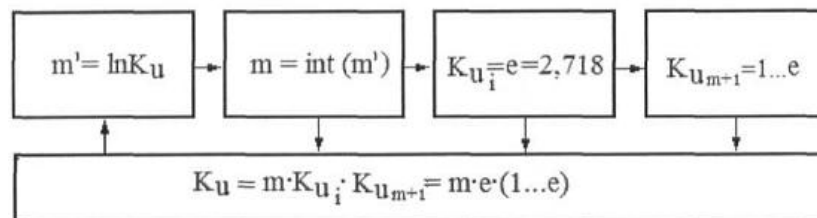
Результати вказують (фіг. 3), що оптимальне багатокаскадне включення із застосуванням е-коефіцієнта каскадного підсилення у порівнянні з однокаскадним ($m = 1$) підсилювачем в десятки разів розширює частотний діапазон, зменшує фазовий зсув, при цьому суттєво знижується відносна похибка, чим досягається поставлена задача винаходу.

Запропоноване рішення розширює теоретичні положення і практичні можливості при застосуванні в електроніці, у схемотехніці побудови електронних пристроїв та вузлів радіоелектронної апаратури на новому рівні за точністю.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб задання коефіцієнта підсилення напруги в багатокаскадному підсилювачі, який полягає у тому, що встановлюють загальний коефіцієнт підсилення напруги K_U , рівний добутку каскадних коефіцієнтів підсилення напруги K_{U_i} , який **відрізняється** тим, що додатково визначають кількість каскадів підсилювача з виразу $m' = \ln K_U$, округляючи результат до цілочислового значення $m = \text{int}(m')$, встановлюють каскадні коефіцієнти підсилення напруги, рівні значенню $K_{U_i} = 2,718 = e$ - основа натурального логарифма, та компенсують отримане значення відхилення коефіцієнта підсилення напруги від встановленого загального коефіцієнта підсилення напруги K_U додатковим регульованим $m+1$ каскадним коефіцієнтом підсилення напруги $K_{U_{m+1}} = 1 \dots e$.

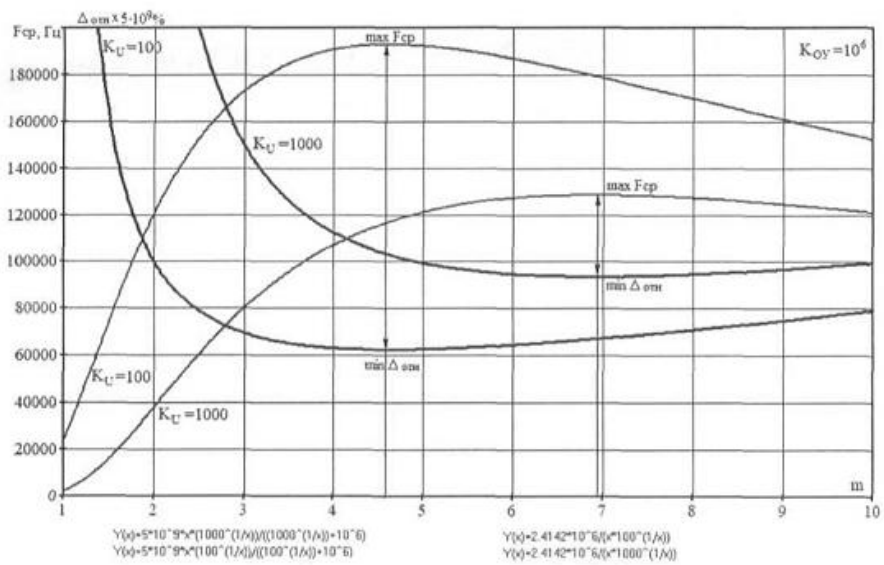
2. Багатокаскадний підсилювач з встановленим загальним коефіцієнтом підсилення напруги K_U , який містить послідовно з'єднані каскади підсилення з каскадними коефіцієнтами підсилення напруги K_{U_i} , який **відрізняється** тим, що додатково уведений каскад регульованого підсилення напруги, при цьому кількість каскадів становить $m = \text{int}(\ln K_U)$, кожен з яких має фіксований коефіцієнт каскадного підсилення напруги $K_{U_i} = e$ - основа натурального логарифма, а додатковий $m+1$ каскад має регульований коефіцієнт підсилення напруги $K_{U_{m+1}} = 1 \dots e$.



Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3