



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **75665** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
H03F 1/00
G01R 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

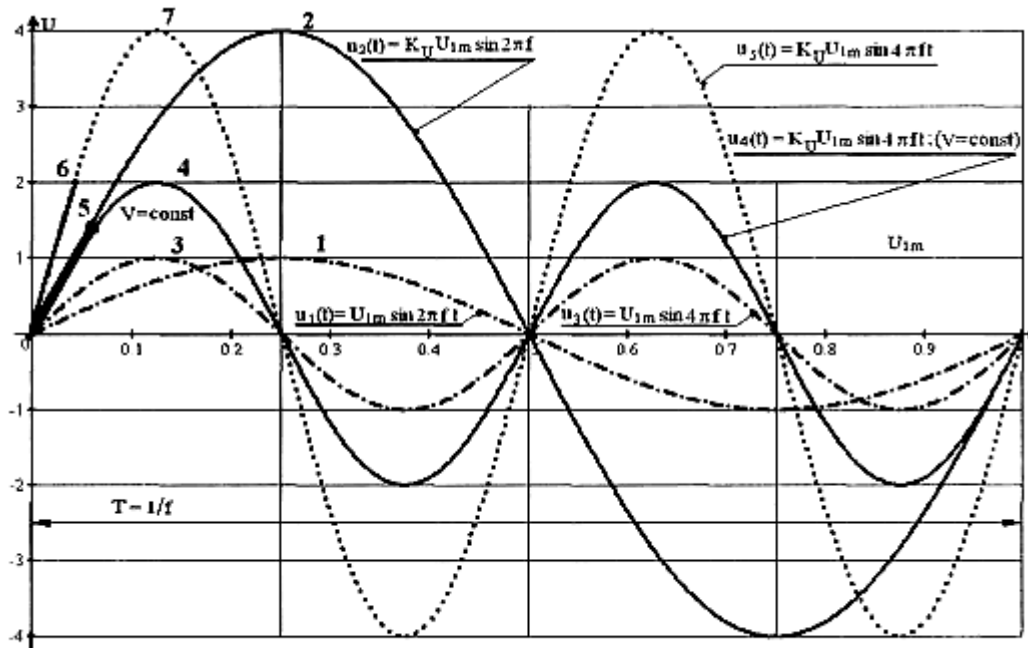
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 06225	(72) Винахідник(и): Сліпченко Микола Іванович (UA), Федотов Павло Дмитрович (UA), Федотов Дмитро Олексійович (UA), Крук Олег Ярославович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.05.2012	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.12.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.12.2012, Бюл.№ 23	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПІДСИЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

(57) Реферат:

Спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача, який полягає у тому, що в тест-схемі на операційному підсилювачі апріорно фіксують значення коефіцієнта K_U підсилення, вимірюють реальний коефіцієнт підсилення, за якими визначають $\Delta\alpha$ -розбіжність між ними, причому додатково вводять зміну вхідного сигналу за частотою f , а власний коефіцієнт K_{OP} підсилення операційного підсилювача вираховують із застосуванням подвійного коефіцієнта редукції.



Фіг. 1

UA 75665 U

Спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача належить до області електроніки, радіоелектроніки й стосується прецизійного застосування операційних підсилювачів (ОП) при розробці, виробництві та тестуванні електронних компонент. Власний коефіцієнт підсилення операційного підсилювача є основним показником для схем на активних елементах, але він, наразі, надається тільки у віртуальному вигляді паспортних даних на ОП.

Спосіб безпосереднього визначення власних коефіцієнтів підсилення ОП, для розрахунку якого використовують операції порівняння вхідних та вихідних сигналів [Зеленин А.Н. Схемотехніка радіоелектронних пристроїв на аналогових ІС. - Харків: Телетех, 2003.-251 с., ил.], за якими вказаний коефіцієнт встановлюється відношенням вихідної напруги до вхідної.

Такий спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача через низький рівень вхідної напруги має теоретичну цінність.

Найбільш близьким за технічною суттю рішенням є спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача (варіанти), який полягає у тому, що в тест-схемі на операційному підсилювачі вимірюють реальний коефіцієнт підсилення K_U , визначають абсолютну похибку перетворення, за якої у тест-схемі для різноманітних можливих включень операційного підсилювача встановлюють його власний коефіцієнт підсилення [Патент України № 92385, МПК(2009) H03F3/45; G01R1/00, публ. 25.10.2010, Бюл. № 20].

Недоліки відомого способу полягають у тому, що надзвичайно великий діапазон шуканого коефіцієнта визначається за допомогою тільки одного коефіцієнта редукції. Це створює труднощі для здійснення операцій з вимірювання параметрів та наступного розрахунку.

Технічною задачею корисної моделі є підвищення точності та спрощення процесу визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача експериментальним шляхом.

Вказана задача вирішується тим, що згідно зі способом визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача, який полягає у тому, що в тест-схемі на операційному підсилювачі апріорно фіксують значення коефіцієнта K_U підсилення, вимірюють реальний коефіцієнт підсилення, за якими визначають Δ_a -розбіжність між ними, згідно з корисною моделлю, додатково вводять зміну вхідного сигналу за частотою f , а власний коефіцієнт K_{OP} підсилення операційного підсилювача вираховують із застосуванням подвійного коефіцієнта

редукції виразом: $K_{OP} = f \cdot K_U \cdot \left(\frac{K_U}{\Delta_a} - 1\right)$. При цьому, для розрахунку в тест-схемах, як з інверсією, так і без інверсії сигналу, використовують величини, представлені модулями числових значень, а установкою $f \cdot K_U = 10^p$ визначають десятковий p -порядок власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача, при цьому числове значення мантиси визначається $K_U / \Delta_a - 1$.

На кресленні наведено графічне пояснення процесу формування амплітудного і частотного коефіцієнтів редукції.

На кресленні наведені величини у осях часу t та напруги U , які складають: вхідну напругу 1, її підсилене зображення 2; вхідну напругу 3 з миттєво зміненою частотою; перетворену напругу 4 з напруги 3 за наявності фіксованої швидкості 5 наростання напруги; додаткове наростання швидкості 6 напруги для вихідної напруги 7, яка отримана з урахуванням необхідної компенсації підсилення до заданого рівня.

Розглянемо та проаналізуємо конкретні умови здійснення процесу підсилення. Для наочності припустимо, що виконується перетворення вхідної напруги 1 гармонійного виду: $u_1(t) = U_{1m} \sin(2\pi ft)$ з коефіцієнтом підсилення $K_U = 4$ до напруги 2 - $u_2(t) = K_U U_{1m} \sin(2\pi ft) = 4 \cdot U_{1m} \sin(2\pi ft)$, як це показано на кресл., де $U_m(B)$ - амплітудне значення напруги з частотою f (Гц).

Збільшимо миттєво частоту f коливань, наприклад у два рази, для вхідної напруги 3, яка тепер буде представлена записом $u_3(t) = U_{1m} \sin(4\pi ft)$.

Виконання підсилення з раніше установленим коефіцієнтом вимагає для вихідної напруги 4, у перший проміжок часу, підтримання незмінною швидкості 5 наростання, яка одномоментно змінитись не може. Цю ділянку 5 співпадання швидкостей ($V = \text{const}$) на кресл. позначено потовщеною лінією.

Тоді для вихідної напруги 4 - $u_4(t) = K_U^M \cdot U_{1m} \sin(4\pi ft)$ характерна наявність миттєвого коефіцієнта K_U^M підсилення, який, згідно з прикладом, має значення $K_U^M = 2$. У цьому випадку,

як це видно з кресл., виконується умова: $2f \cdot \frac{K_U}{2} = f \cdot K_U = \text{const}$, а саме, збільшення частоти коливання вхідної напруги зумовило зменшення миттєвого коефіцієнта підсилення.

Для досягнення встановленого рівня вихідного сигналу додатково збільшується швидкість 6 наростання вихідної напруги відносно швидкості 5 миттєвої напруги 4 - $u_4(t)$. Необхідна компенсація втрати ефекту підсилення, що утворилась через зміну частоти сигналу, досягається за рахунок збільшення коефіцієнта підсилення з отриманням, таким чином, напруги 7 - $u_5(t) = K_U U_{1m} \sin(4\pi f t)$.

Поява додаткового підсилення у процесі перетворення зумовлює квадратичне зростання абсолютної похибки перетворення [Федотов Д.О., Федотов П.Д., Крук О.Я. Точність перетворень в схемах на операційних підсилювачах/ Сб. Системи управління, навігації та зв'язку. - Вип. 10 1(21). - Том 1. ISSN 2073-7394: Київ, 2012. - С. 81-84], що є підставою для появи, крім амплітудної, ще й частотної залежності коефіцієнта підсилення в системі перетворення аналогових сигналів.

Встановлено також, що частотна залежність коефіцієнта підсилення описується в аналітичному вигляді:

$$\Delta a = \frac{K_U}{1 + \frac{K_{Op}}{FD}}, \quad (1)$$

де FD - Function Description, функціональний опис процесу. Від початкової частоти $f_1 = 1$ Гц до робочої частоти f , Гц зміна відбувається з коефіцієнтом $K_f = \frac{f}{f_1} = f$ (безрозмірно), а опис

$FD = K_f \cdot K_U = f \cdot K_U$, згідно з (1), складе (чисельно):

$$\Delta a = \frac{K_U}{1 + \frac{K_{Op}}{f \cdot K_U}} = \frac{f \cdot K_U^2}{f \cdot K_U + K_{Op}}, \quad \text{звідки (2)}$$

$$\Delta a \cdot f \cdot K_U + \Delta a \cdot K_{Op} = f \cdot K_U^2; \quad K_{Op} = \frac{f \cdot K_U^2 - \Delta a \cdot f \cdot K_U}{\Delta a} = f \cdot \left(\frac{K_U^2}{\Delta a} - K_U \right). \quad (3)$$

Отже, вираз (3) вказує на шлях визначення власного коефіцієнта підсилення із застосуванням подвійної редукації, як за рахунок квадратичної амплітудної залежності від встановленого коефіцієнта підсилення, так і з урахуванням частоти сигналу перетворення. Це 25 знижує вимоги до абсолютних значень характеристик тест-схеми і сигналу та дозволяє в реально існуючих умовах підсилення довірливими схемами застосовувати коефіцієнти підсилення, що легко реалізуються на доцільних частотах з наступним визначенням суттєво великих показників власного коефіцієнта підсилення.

Вираз (3) можна спростити:

$$K_{Op} = f \cdot K_U \cdot \left(\frac{K_U}{\Delta a} - 1 \right) = FD \cdot \left(\frac{K_U}{\Delta a} - 1 \right). \quad (4)$$

Звідки, $FD = f \cdot K_U$ може бути показником порядку редукації коефіцієнта підсилення, тоді числове значення якого (мантиса) визначається виразом $K_U / \Delta a - 1$ при апріорно відомому коефіцієнті K_U підсилення.

Похибка розрахунку власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача у цьому випадку буде мінімальною, оскільки значення у декілька мільйонів визначається добутком двох обмежених, точних коефіцієнтів. При цьому редукація встановлює показник десяткового порядку, а мантиса вираховується простими засобами.

Тест-схеми для реалізації способу здійснюють підсилення з інверсією чи без інверсії сигналу, а тому знаки коефіцієнтів і знаки абсолютної похибки перетворення Δa -відхилення (розбіжності) реального коефіцієнта підсилення від заданого у тест-схемі K_U можуть бути різними. За цією причини та з метою уніфікації, у визначальній формулі (3) доцільно їх враховувати модульними значеннями.

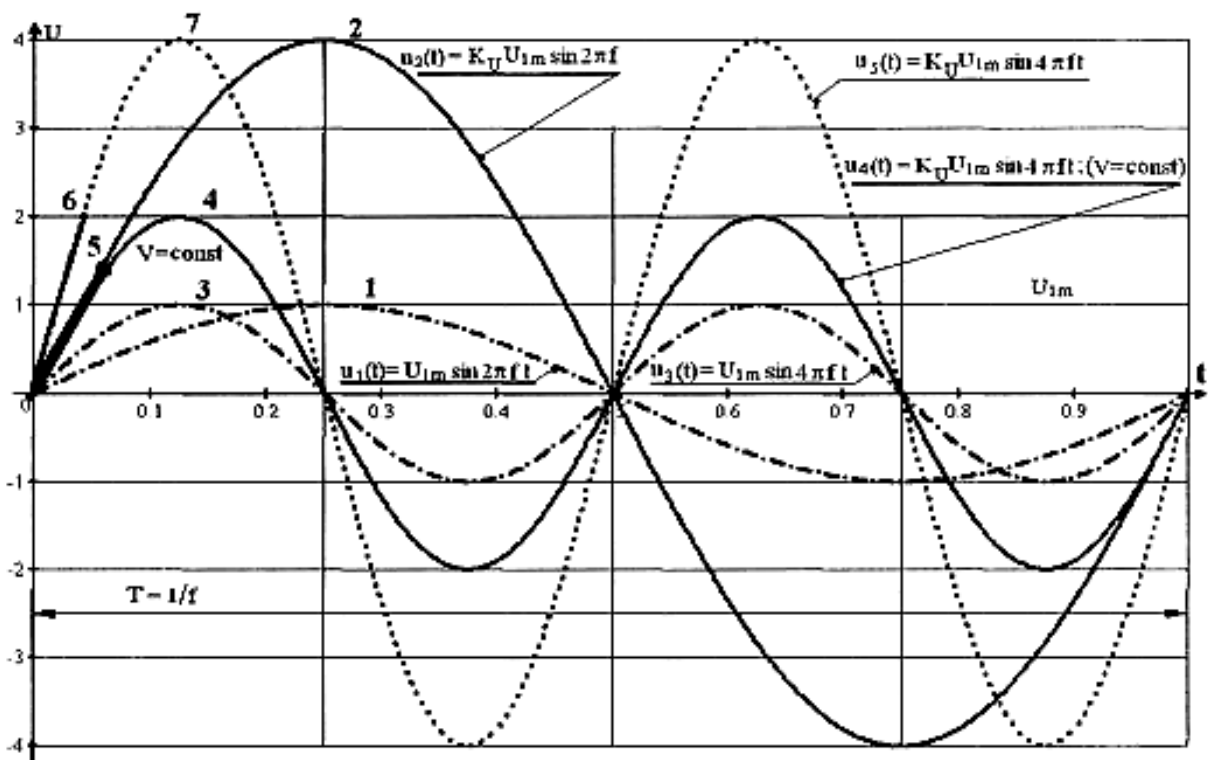
Таким чином, запропонований спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача вирішує поставлену задачу ефективними засобами, виконує експериментальне визначення найважливішого показника елементної бази аналогової техніки,

який, наразі, наводиться на операційні підсилювачі у довідковій літературі теоретичними значеннями паспортних даних, до того ж приблизно.

Розглянутий спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача може бути використаний в області радіоелектроніки при схмотехнічній побудові пристроїв та в електроніці при виготовленні і контролі параметрів електронних компонент.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 10 1. Спосіб визначення власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача, який полягає у тому, що в тест-схемі на операційному підсилювачі апріорно фіксують значення коефіцієнта K_U підсилення, вимірюють реальний коефіцієнт підсилення, за якими визначають Δa - розбіжність між ними, який **відрізняється** тим, що додатково вводять зміну вхідного сигналу за частотою f , а власний коефіцієнт K_{OP} підсилення операційного підсилювача вираховують із
- 15 застосуванням подвійного коефіцієнта редукції виразом: $K_{OP} = f \cdot K_U \cdot \left(\frac{K_U}{\Delta a} - 1\right)$.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для тест-схеми, як з інверсією, так і без інверсії сигналу, використовують величини, представлені модулями числових значень.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що установкою $f \cdot K_U = 10^p$ визначають десятковий р-порядок власного коефіцієнта підсилення операційного підсилювача, при цьому числове значення мантиси визначають наступним чином: $K_U / \Delta a - 1$.
- 20



Фіг. 1

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601