



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97686** (13) **C2**

(51) МПК

H03K 5/22 (2006.01)

G05B 1/01 (2006.01)

H03F 3/34 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

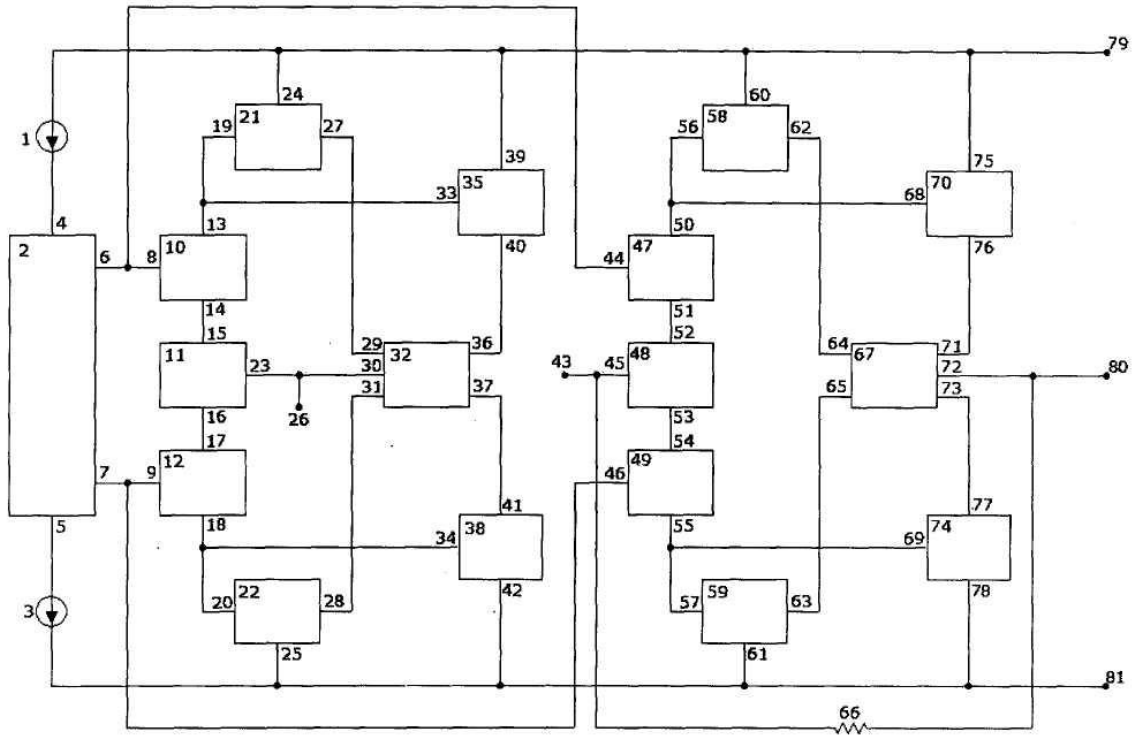
<p>(21) Номер заявки: а 2010 03869</p> <p>(22) Дата подання заявки: 06.04.2010</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.03.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.10.2011, Бюл.№ 19</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2012, Бюл.№ 5</p>	<p>(72) Винахідник(и): Азаров Олексій Дмитрович (UA), Богомолов Сергій Віталійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м.Вінниця, 21021 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1363452 A1; 30.12.1987 US 3852678; 03.12.1974 UA 23607 U; 11.06.2007 RU 2331965 C1; 20.08.2008 RU 2384934 C2; 10.10.2009 US 6762646 B1; 13.07.2004 US 2008/0186101 A1; 07.08.2008</p>
--	--

(54) ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

(57) Реферат:

Винахід належить до імпульсної техніки і може бути використаний в аналогово-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах. Вимірювальний двотактний симетричний підсилювач постійного струму містить два джерела струму, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, блок задання напруги робочих точок, два проміжні підсилювальні каскади, шину квазінульового потенціалу, двотактний вхідний каскад, чотири каскоди, чотири компенсатори струму, два двонаправлені відбивачі струму, двотактний підсилювальний вхідний каскад. Технічним результатом винаходу є підвищення точності роботи і лінійності.

UA 97686 C2



Винахід належить до імпульсної техніки і може бути використаний в аналогово-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах.

Відомий вхідний пристрій схеми порівняння струмів [А.с. №1363452 СССР, Н03К5/24, G05B1/01, 1985], який містить перше та друге джерела струмів, п'ять резисторів, перший та другий вхідні транзистори, вісім транзисторів, перший та другий проміжні багатоємітерні транзистори, перший та другий вихідні багатоємітерні транзистори, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну та вихідну шини, шину нульового потенціалу, два діоди, вихідний резистор та резистор зворотного зв'язку, причому вхідну шину з'єднано з емітерами вхідних транзисторів, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку та з анодом і катодом першого і другого діодів, бази першого і другого вхідних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також через перше і друге джерела струму з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, колектори першого і другого вхідних транзисторів з'єднано з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, емітери третього і четвертого транзисторів з'єднано через перший і другий резистори з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого проміжних багатоємітерних транзисторів відповідно, а також з емітерами п'ятого і шостого транзисторів відповідно та з емітерами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери першого і другого проміжних багатоємітерних транзисторів з'єднано через третій і четвертий резистори з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сьомого і восьмого транзисторів об'єднано, бази сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно та з базами першого і другого вихідних багатоємітерних транзисторів, колектори першого і другого вихідних багатоємітерних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого вихідних багатоємітерних транзисторів з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з анодом і катодом першого і другого діодів, а також через вихідний резистор з шиною нульового потенціалу та з вихідною шиною.

Недоліками аналогу є висока нелінійність та низька завадостійкість, що обмежує галузь використання пристрою.

За прототип вибрано підсилювач постійного струму [Push-pull amplifier with current mirrors for determining the quiescent operating point, United States Patent 3,852,678, Dec.3, 1974], який містить перше і друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, шість транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами третього четвертого транзисторів відповідно, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, в подальшому: входами першого і другого проміжних підсилювальних каскадів, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно, в подальшому: першими та другими входами і виходами блока задання напруги робочих точок, а також через перше і друге джерела струму із шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, в подальшому: шини живлення першого і другого проміжних підсилювальних каскадів, колектори п'ятого і шостого транзисторів, в подальшому: виходи першого і другого проміжних підсилювальних каскадів, з'єднано з вихідною шиною та другим виводом резистора зворотного зв'язку.

Недоліком прототипу є низька точність роботи пристрою, що виникає через вплив завад із шин додатного та від'ємного живлення відповідно, а також висока нелінійність, що виникає через складність задання робочих точок по постійному струму вхідного та проміжних підсилювальних каскадів, що у свою чергу, обмежує галузь використання пристрою.

В основу винаходу поставлено задачу створення вимірювального двотактного симетричного підсилювача постійного струму, в якому підвищується точність роботи за рахунок зменшення впливу завад із шин доданого та від'ємного живлення відповідно, а також підвищується лінійність за рахунок автоматизації процесу симетрування робочих точок по постійному струму вхідного та проміжних підсилювальних каскадів, а за рахунок вирішення цих задач, розширюється галузь використання винаходу у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки, автоматики тощо.

Поставлена задача вирішується тим, що у вимірювальний двотактний симетричний підсилювач постійного струму, який містить перше та друге джерела струму, резистор

зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, блок задання напруги робочих точок, перший та другий проміжні підсилювальні каскади, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, перший та другий входи блока задання напруги робочих точок з'єднано через перше і друге джерела струму з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, шини живлення першого і другого проміжних підсилювальних каскадів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, вихідну шину з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, введено шину квазінульового потенціалу, двотактний вхідний каскад, перший, другий, третій, четвертий каскади, перший, другий, третій, четвертий компенсатори струму, перший та другий двонаправлені відбивачі струму, двотактний підсилювальний вхідний каскад, третій і четвертий проміжні підсилювальні каскади, причому перший та другий входи блока задання напруги робочих точок з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого каскадів відповідно, перші входи першого, другого, третього і четвертого каскадів з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого проміжних підсилювальних каскадів відповідно, а також з виходами першого, другого, третього і четвертого компенсаторів струму відповідно, другі входи першого, другого, третього і четвертого каскадів з'єднано з першими та другими виходами двотактного вхідного та двотактного підсилювального вхідного каскадів відповідно, вхід двотактного вхідного каскаду з'єднано з третім виходом першого двонаправленого відбивача струму та з шиною квазінульового потенціалу, перші та другі входи першого і другого двонаправлених відбивачів струму з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого компенсаторів струму відповідно, перші та другі входи першого і другого двонаправлених відбивачів струму з'єднано з виходами першого, другого, третього і четвертого проміжних підсилювальних каскадів відповідно, шини живлення першого, другого, третього і четвертого компенсаторів струму, третього і четвертого проміжних підсилювальних каскадів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, вхід двотактного підсилювального вхідного каскаду з'єднано з вхідною шиною та з першим виводом резистора зворотного зв'язку, третій вихід другого двонаправленого відбивача струму з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку та вихідною шиною.

На кресленні представлено принципову схему вимірювального двотактного симетричного підсилювача постійного струму.

Пристрій містить блок задання напруги робочих точок 2, перший 4 та другий 5 входи якого з'єднано з шинами додатного 79 та від'ємного 81 живлення через перше 1 та друге 3 джерела струму відповідно, перший 6 та другий 7 входи блока задання напруги робочих точок 2 з'єднано з входами 8, 9, 44, 46 першого 10, другого 12, третього 47 і четвертого 49 каскадів відповідно, перші входи 13, 18, 50, 55 першого 10, другого 12, третього 47 і четвертого 49 каскадів з'єднано з входами 33, 34, 68, 69 першого 35, другого 38, третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів відповідно, а також з виходами 19, 20, 56, 57 першого 21, другого 22, третього 58 і четвертого 59 компенсаторів струму відповідно, другі входи 14, 17, 51, 54 першого 10, другого 12, третього 47 і четвертого 49 каскадів з'єднано з першими 15, 52 та другими 16, 53 виходами двотактного вхідного 11 та двотактного підсилювального вхідного 48 каскадів відповідно, вхід 23 двотактного вхідного каскаду 11 з'єднано з третім виходом 30 першого двонаправленого відбивача струму 32 та з шиною квазінульового потенціалу 26, перші 29, 64 та другі 31, 65 входи першого 32 і другого 67 двонаправлених відбивачів струму з'єднано з входами 27, 28, 62, 63 першого 21, другого 22, третього 58 і четвертого 59 компенсаторів струму відповідно, перші 36, 71 та другі 37, 73 входи першого 32 і другого 67 двонаправлених відбивачів струму з'єднано з виходами 40, 41, 76, 77 першого 35, другого 38, третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів відповідно, шини живлення 24, 25, 39, 42, 60, 61, 75, 78 першого 21, другого 22, третього 58 і четвертого 59 компенсаторів струму, першого 35, другого 38, третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів з'єднано з шинами додатного 79 та від'ємного 81 живлення відповідно, вхід 45 двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 з'єднано з вхідною шиною 43 та з першим виводом резистора зворотного зв'язку 66, третій вихід 72 другого 67 двонаправленого відбивача струму з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку 66 та вихідною шиною 80.

Пристрій працює таким чином.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму або напруги потрапляє на вхід 45 двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 через вхідну шину 43 пристрою та збільшується, то двотактний підсилювальний вхідний каскад 48 забезпечує підсилення вхідного сигналу. При цьому струм на другому 53 виході двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 збільшується, що призводить до збільшення струму на першому 55 і другому 54 виходах четвертого 49 каскаду та вході 69 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду, що

приводить до збільшення струму на виході 77 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду та другому 73 вході другого 67 двонаправленого відбивача струму. У свою чергу струм на першому виході 52 двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 зменшується, що приводить до зменшення струму на першому 50 і другому 51 виходах третього 47 каскоду та
5 вході 68 третього 70 проміжного підсилювального каскаду, що у свою чергу приводить до зменшення струму на виході 76 третього 70 проміжного підсилювального каскаду та першому 71 вході другого 67 двонаправленого відбивача струму. У такому випадку напруга точки об'єднання третього 72 виходу другого 67 двонаправленого відбивача струму із другим виводом резистора зворотного зв'язку 66 та вихідною шиною 80 зменшується та прямує до напруги шини від'ємного живлення 81.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму або напруги потрапляє на вхід 45 двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 через вхідну шину 43 пристрою та зменшується, то двотактний підсилювальний вхідний каскад 48 забезпечує підсилення вхідного сигналу. При цьому струм на другому 53 виході двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 зменшується, що приводить до зменшення струму на першому 55 і другому 54 виходах четвертого 49 каскоду та вході 69 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду, що приводить до зменшення струму на виході 77 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду та другому 73 вході другого 67 двонаправленого відбивача струму. У свою чергу струм на першому виході 52 двотактного підсилювального вхідного каскаду 48 збільшується, що приводить до збільшення струму на першому 50 і другому 51 виходах третього 47 каскоду та
20 вході 68 третього 70 проміжного підсилювального каскаду, що у свою чергу приводить до збільшення струму на виході 76 третього 70 проміжного підсилювального каскаду та першому 71 вході другого 67 двонаправленого відбивача струму. У такому випадку напруга точки об'єднання третього 72 виходу другого 67 двонаправленого відбивача струму із другим виводом резистора зворотного зв'язку 66 та вихідною шиною 80 збільшується та прямує до напруги шини додатного живлення 79.

В умовах асиметрії коефіцієнти передачі по струму третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів будуть неідентичними. У даному випадку це приводить до зменшення струму на першому 64 і другому 65 виходах другого 67 двонаправленого відбивача струму, які потрапляють на входи 62, 63 третього 58 і четвертого 59 компенсаторів струму, а це у свою чергу приводить до зменшення струму на виходах 56, 57 третього 58 і четвертого 59 компенсаторів струму. При цьому на вхід 68 третього 70 проміжного підсилювального каскаду діє позитивний зворотний зв'язок, а на вхід 69 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду діє від'ємний зворотний зв'язок. Зменшення струму на виході 56 третього 58 компенсатора струму приводить до збільшення струму на виході 76 третього 70 проміжного підсилювального каскаду. Водночас зменшення струму на виході 57 четвертого 59 компенсатора струму приводить до зменшення струму на виході 77 четвертого 74 проміжного підсилювального каскаду. Вказаний процес регулювання триває доти, аж поки прирости на
35 входах 68, 59 третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів не будуть збалансовані. Симетрування приводить до того, що в зоні малих сигналів амплітуди приростів на виходах 76, 77 третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів вирівнюються, а в зоні великих сигналів співвідношення приростів будуть пропорційними.

Підвищення лінійності досягається тим, що автоматично задається режим по постійному струму перших 36,71 і других 37,73 входів першого 32 і другого 67 двонаправлених відбивачів струму, а також шляхом симетрування значень коефіцієнтів передачі першого 35, другого 38, третього 70 і четвертого 74 проміжних підсилювальних каскадів відповідно.

Введення шини квазінульового потенціалу 26, яка утворюється шляхом об'єднання входу 23 двотактного вхідного каскаду 11 із третім 30 виходом першого 32 двонаправленого відбивача струму і слугує для під'єднання одного з виводів джерела сигналу, інший вивід під'єднується до
50 вхідної шини 43, забезпечує підвищення точності роботи та зменшення впливу завад із шин доданого 79 та від'ємного 81 живлення.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму або напруги потрапляє на вхід 23 двотактного вхідного каскаду 11 через шину квазінульового потенціалу 26 пристрою та збільшується, то струм на другому 16 виході двотактного вхідного каскаду 11 збільшується, що приводить до збільшення струму на першому 18 і другому 17 виходах другого 12 каскоду та вході 34 другого 38 проміжного підсилювального каскаду, що приводить до збільшення струму на виході 41 другого 38 проміжного підсилювального каскаду та другому 37 вході першого 32 двонаправленого відбивача струму. У свою чергу струм на першому виході 15 двотактного вхідного каскаду 11 зменшується, що приводить до зменшення струму на першому 13 і другому
60 14 виходах першого 10 каскоду та вході 33 першого 35 проміжного підсилювального каскаду, що

у свою чергу приводить до зменшення струму на виході 40 першого 35 проміжного підсилювального каскаду та першому 36 вході першого 32 двонаправленого відбивача струму. У такому випадку сигнал із третього 30 виходу першого 32 двонаправленого відбивача струму потрапляє в точку об'єднання із входу 23 двотактного вхідного каскаду 11 та шини квазінульового потенціалу 26 і забезпечує дію негативного зворотного зв'язку, що дозволяє стабілізувати потенціал шини квазінульового потенціалу 26.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму або напруги потрапляє на вхід 23 двотактного вхідного каскаду 11 через шину квазінульового потенціалу 26 пристрою та зменшується, то струм на другому 16 виході двотактного вхідного каскаду 11 зменшується, що приводить до зменшення струму на першому 18 і другому 17 виходах другого 12 каскаду та вході 34 другого 38 проміжного підсилювального каскаду, що призводить до зменшення струму на виході 41 другого 38 проміжного підсилювального каскаду та другому 37 вході першого 32 двонаправленого відбивача струму. У свою чергу струм на першому виході 15 двотактного вхідного каскаду 11 збільшується, що приводить до збільшення струму на першому 13 і другому 14 виходах першого 10 каскаду та вході 33 першого 35 проміжного підсилювального каскаду, що у свою чергу призводить до збільшення струму на виході 40 першого 35 проміжного підсилювального каскаду та першому 36 вході першого 32 двонаправленого відбивача струму. У такому випадку сигнал із третього 30 виходу першого 32 двонаправленого відбивача струму потрапляє в точку об'єднання із входу 23 двотактного вхідного каскаду 11 та шини квазінульового потенціалу 26 і забезпечує дію негативного зворотного зв'язку, що дозволяє стабілізувати потенціал шини квазінульового потенціалу 26.

В умовах асиметрії коефіцієнти передачі по струму першого 35 і другого 38 проміжних підсилювальних каскадів будуть неідентичними. У даному випадку це приводить до зменшення струму на першому 29 і другому 31 виходах першого 32 двонаправленого відбивача струму, які потрапляють на входи 27, 28 першого 21 і другого 22 компенсаторів струму, а це у свою чергу приводить до зменшення струму на виходах 19, 20 першого 21 і другого 22 компенсаторів струму. При цьому на вхід 33 першого 35 проміжного підсилювального каскаду діє позитивний зворотний зв'язок, а на вхід 34 другого 38 проміжного підсилювального каскаду діє від'ємний зворотний зв'язок. Зменшення струму на виході 19 першого 21 компенсатора струму приводить до збільшення струму на виході 40 першого 35 проміжного підсилювального каскаду. Водночас зменшення струму на виході 20 другого 22 компенсатора струму приводить до зменшення струму на виході 34 другого 38 проміжного підсилювального каскаду. Вказаний процес регулювання триває доти, аж поки прирости на входах 33, 34 першого 35 і другого 38 проміжних підсилювальних каскадів не будуть збалансовані.

Блок задання напруги робочих точок 2, який першим 4 і другим 5 входами з'єднано із шинами додатного 79 і від'ємного 81 живлення через перше 1 і друге 3 джерела струму, утворюють схему задання режиму по постійному струму каскадів схеми через перший 10, другий 12, третій 47, четвертий 49 каскоди, шляхом встановлення на необхідного рівня напруги в точках об'єднання першого 6 і другого 7 виходів блока задання напруги робочих точок 2 із входами 8, 9, 44, 46 першого 10, другого 12, третього 47, четвертого 49 каскадів.

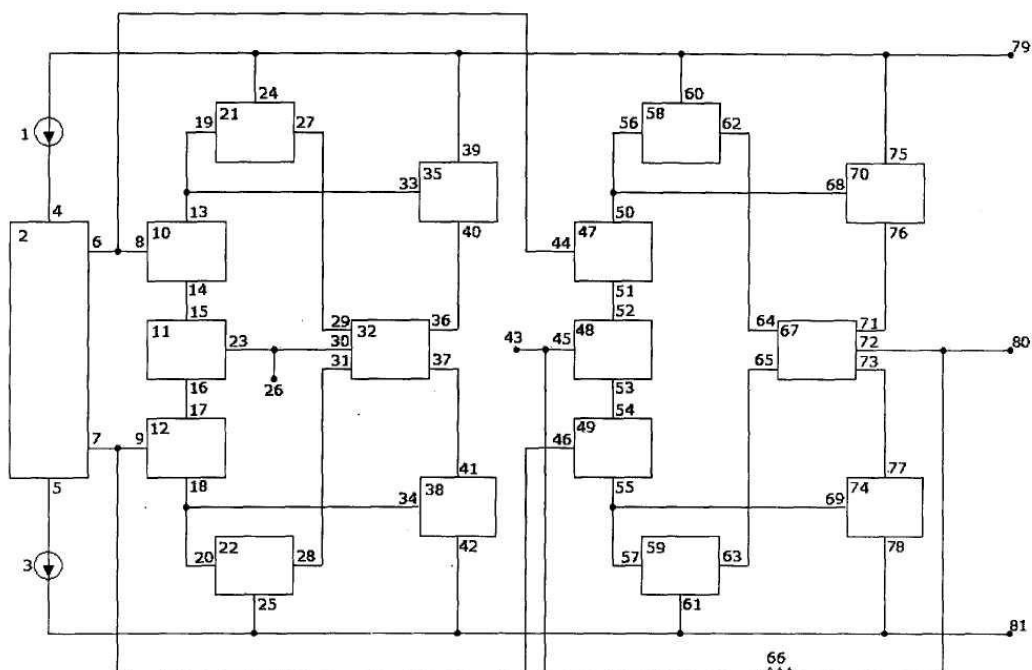
Резистор зворотного зв'язку 66 задає коефіцієнт підсилення.

Шини додатного 79 і від'ємного 81 живлення забезпечують необхідний рівень напруги для живлення схеми відповідно через шини живлення 24, 25, 39, 42, 60, 61, 75, 78.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Вимірювальний двотактний симетричний підсилювач постійного струму, який містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, блок задання напруги робочих точок, перший та другий проміжні підсилювальні каскади, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, перший та другий входи блока задання напруги робочих точок з'єднано через перше і друге джерела струму з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, шини живлення першого і другого проміжних підсилювальних каскадів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, вихідну шину з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, який **відрізняється** тим, що у нього введено шину квазінульового потенціалу, двотактний вхідний каскад, перший, другий, третій, четвертий каскоди, перший, другий, третій, четвертий компенсатори струму, перший та другий двонаправлені відбивачі струму, двотактний підсилювальний вхідний каскад, третій і четвертий проміжні підсилювальні каскади, причому перший та другий входи блока задання напруги робочих точок з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого каскодів відповідно, перші входи першого, другого, третього і

четвертого каскодів з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого проміжних підсилювальних каскодів відповідно, а також з виходами першого, другого, третього і четвертого компенсаторів струму відповідно, другі виходи першого, другого, третього і четвертого каскодів з'єднано з першими та другими виходами двотактного вхідного та двотактного підсилювального вхідного каскодів відповідно, вхід двотактного вхідного каскаду з'єднано з третім виходом першого двонаправленого відбивача струму та з шиною квазінульового потенціалу, перші та другі виходи першого і другого двонаправлених відбивачів струму з'єднано з входами першого, другого, третього і четвертого компенсаторів струму відповідно, перші та другі входи першого і другого двонаправлених відбивачів струму з'єднано з виходами першого, другого, третього і четвертого проміжних підсилювальних каскодів відповідно, шини живлення першого і третього компенсаторів струму та третього проміжного підсилювального каскаду з'єднано з шинами додатного живлення, а другого і четвертого компенсаторів струму та четвертого проміжного підсилювального каскаду з'єднано з шинами від'ємного живлення, вхід двотактного підсилювального вхідного каскаду з'єднано з вхідною шиною та з першим виводом резистора зворотного зв'язку, третій вихід другого двонаправленого відбивача струму з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку та вихідною шиною.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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