



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26495 (13) U  
(51) МПК (2006)  
H03K 5/22  
G05B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ**

1

(21) u200705196

(22) 11.05.2007

(24) 25.09.2007

(46) 25.09.2007, Бюл. № 15, 2007 р.

(72) Азаров Олексій Дмитрович, Богомолов Сергій Віталійович, Решетнік Олександр Олександрович, Гарнага Володимир Анатолійович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Двотактний симетричний підсилювач струму, який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного потенціалу, сім біполярних п-р-п та сім біполярних р-п-р транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого п-р-п і другого р-п-р біполярних транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого п-р-п і другого р-п-р біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього п-р-п і четвертого р-п-р біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого р-п-п і шостого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери третього п-р-п і четвертого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого р-п-п і шостого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого р-п-р і восьмого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятого р-п-п, сьомого р-п-п, дев'ятого р-п-п і одинадцятого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого п-р-п, восьмого п-р-п, десятого п-р-п і дванадцятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого р-п-п і десятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого п-р-п і другого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, бази дев'ятого р-п-п і десятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого р-п-п і дванадцятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого п-р-п і чотирнадцятого р-

2

п-р біполярних транзисторів відповідно, вихідну шину з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, який **відрізняється** тим, що у нього введено перше та друге джерела струмів, перший п-типу, другий р-типу, третій р-типу, четвертий п-типу, п'ятий п-типу, шостий р-типу, сьомий п-типу, восьмий р-типу, польові транзистори, причому виводи першого джерела струму з'єднано з базами та колекторами сьомого р-п-р і восьмого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого р-п-п і шостого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери тринадцятого р-п-п і чотирнадцятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, виводи другого джерела струму з'єднано з базами та колекторами одинадцятого р-п-п, дванадцятого п-р-п, тринадцятого р-п-п, чотирнадцятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з стоками першого п-типу і другого р-типу польових транзисторів відповідно, витоки та підкладки першого п-типу і другого р-типу польових транзисторів об'єднано, затвори першого п-типу і другого р-типу польових транзисторів з'єднано з стоками та затворами п'ятого п-типу і шостого р-типу польових транзисторів відповідно, а також з стоками третього р-типу і четвертого п-типу польових транзисторів відповідно, а також з затворами сьомого п-типу і восьмого р-типу польових транзисторів відповідно, витоки та підкладки п'ятого п-типу і шостого р-типу польових транзисторів об'єднано та з'єднано з другим виводом коригуючого конденсатора, затвори третього р-типу і четвертого п-типу польових транзисторів з'єднано з колекторами першого п-р-п, другого р-п-п, дев'ятого р-п-п і десятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, витоки та підкладки третього р-типу і четвертого п-типу, а також стоки сьомого п-типу і восьмого р-типу польових транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, витоки та підкладки сьомого п-типу і восьмого р-типу польових транзисторів з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з вихідною шиною.

(19) UA (11) 26495 (13) U

Корисна модель відноситься до імпульсної техніки і може бути використана в аналогово-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах.

Відомо вхідний пристрій схеми порівняння струмів [А.с. №1450098, СРСР, Н03К5/24, 1989р.], який містить три резистори, два діода, чотирнадцять транзисторів, шини нульового потенціалу, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну та вихідну шини, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку і двох зустрічно ввімкнених діодів, емітеру першого і емітеру другого транзисторів, базу першого з'єднано з базою та колектором третього транзистора, емітер якого з'єднано з шиною нульового потенціалу та з емітером четвертого транзистора, колектор і база якого з'єднані між собою і з базою першого транзистора, колектор якого з'єднаний з базою п'ятого транзистора, колектор якого з'єднаний з базою шостого транзистора і з базами сьомого транзистора, що складається з  $n$  паралельно включених транзисторів, емітери яких з'єднані з вихідною шиною, першим виводом другого резистора, другий вивід якого з'єднано з шиною нульового потенціалу. Другими виводами першого резистора і двох зустрічно включених діодів, емітерами восьмого транзистора, що складається з  $n$  паралельно включених транзисторів, а колектори - з шиною додатного живлення, з емітерами дев'ятого і десятого транзисторів, бази яких з'єднано з між собою і підключено до колектора десятого транзистора і першого виводу третього резистора, другий вивід якого з'єднано з базою одинадцятого транзистора, колектором та базою дванадцятого транзистора, емітер якого з'єднаний з шиною від'ємного живлення, з емітером одинадцятого транзистора і колекторами восьмого транзистора, яких з'єднано з колектором тринадцятого і базою чотирнадцятого транзисторів, емітер якого з'єднано з емітером шостого транзистора, а колектор другого транзистора з'єднано з базою тринадцятого транзистора. Четвертий резистор, який першим виводом з'єднано з емітерами шостого і чотирнадцятого транзисторів, а колектори і бази яких об'єднано, другий вивід з'єднано з шиною нульового потенціалу, а також з колектором п'ятнадцятого і колектором шістнадцятого транзисторів, базу якого з'єднано з колектором третього транзистора, а емітер з колектором одинадцятого транзистора, при цьому базу п'ятнадцятого транзистора з'єднано з колектором четвертого транзистора, а емітер - з колектором дев'ятого транзистора.

Недоліками аналогу є значна нелінійність і низький коефіцієнт передачі.

За прототип взято різницевий підсилювач струму [Патент України №11301, бюл. №6, 2005р.], двадцять шість транзисторів, три резистори, шини нульового потенціалу, шини додатного та від'ємного живлення, резистор зворотного зв'язку, вхідну та вихідну шини, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого і другого транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого і другого транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно,

а також з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, емітери третього і четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, а також з виводами першого резистора, емітери п'ятого, сьомого, дев'ятого, одинадцятого дев'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого, восьмого, десятого, дванадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, бази дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого і дванадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів відповідно та з першими виводами другого і третього резисторів, другі виводи другого і третього резисторів з'єднано з базами та колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, а також з емітерами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів об'єднано, бази тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, а також з базами двадцять першого, двадцять другого, двадцять третього та двадцять четвертого, двадцять п'ятого, двадцять шостого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори двадцять першого, двадцять другого, двадцять третього транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектори двадцять четвертого, двадцять п'ятого, двадцять шостого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази двадцять першого, двадцять другого, двадцять третього, двадцять четвертого, двадцять п'ятого, двадцять шостого транзисторів об'єднано та з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з вихідною шиною.

Недоліком прототипу є низький коефіцієнт підсилення по струму, що обмежує галузь використання пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення двотактного симетричного підсилювача струму, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними підвищується коефіцієнт підсилення, це розширює галузь використання корисної моделі у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки, автоматики тощо.

Поставлена задача досягається тим, що у двотактний симетричний підсилювач струму, який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шини нульового потенціалу, сім біполярних  $n$ - $p$ - $n$  та сім біполярних  $p$ - $n$ - $p$  транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого  $n$ - $p$ - $n$  і другого  $p$ - $n$ - $p$  біполярних транзисторів, а також з першими виводами

резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого  $n-p-n$  і другого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього  $p-n-p$  і четвертого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого  $p-n-p$  і шостого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, емітери третього  $p-n-p$  і четвертого  $p-n-p$  біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого  $p-n-p$  і шостого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого  $p-n-p$  і восьмого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятого  $p-n-p$ , сьомого  $p-n-p$ , дев'ятого  $p-n-p$  і одинадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого  $p-n-p$ , восьмого  $p-n-p$ , десятого  $p-n-p$  і дванадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого  $p-n-p$  і десятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого  $p-n-p$  і другого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, бази дев'ятого  $p-n-p$  і десятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого  $p-n-p$  і дванадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого  $p-n-p$  і чотирнадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, вихідну шину з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, введено перше та друге джерела струмів, перший  $n$ -типу, другий  $p$ -типу, третій  $p$ -типу, четвертий  $n$ -типу, п'ятий  $n$ -типу, шостий  $p$ -типу, сьомий  $n$ -типу, восьмий  $p$ -типу польові транзистори, причому виводи першого джерела струму з'єднано з базами та колекторами сьомого  $p-n-p$  і восьмого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого  $p-n-p$  і шостого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, емітери тринадцятого  $p-n-p$  і чотирнадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, виводи другого джерела струму з'єднано з базами та колекторами одинадцятого  $p-n-p$ , дванадцятого  $p-n-p$ , тринадцятого  $p-n-p$ , чотирнадцятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, а також з стоками першого  $n$ -типу і другого  $p$ -типу польових транзисторів відповідно, витоки та підкладки першого  $n$ -типу і другого  $p$ -типу польових транзисторів об'єднано, затвори першого  $n$ -типу і другого  $p$ -типу польових транзисторів з'єднано з стоками та затворами п'ятого  $n$ -типу і шостого  $p$ -типу польових транзисторів відповідно, а також з стоками третього  $p$ -типу і четвертого  $n$ -типу польових транзисторів відповідно, а також з затворами сьомого  $n$ -типу і восьмого  $p$ -типу польових транзисторів відповідно, витоки та підкладки п'ятого  $n$ -типу і шостого  $p$ -типу польових транзисторів об'єднано та з'єднано з другим виводом коригуючого конденсатора, затвори третього  $p$ -типу і четвертого  $n$ -типу польових транзисторів з'єднано з колекторами першого  $p-n-p$ , другого  $p-n-p$ , дев'ятого  $p-n-p$  і десятого  $p-n-p$  біполярних транзисторів відповідно, витоки та підкладки третього  $p$ -типу і четвертого  $n$ -типу, а також стоки сьомого  $n$ -типу і восьмого  $p$ -типу польових транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, витоки та підкладки сьомого  $n$ -типу і восьмого  $p$ -типу польових транзисторів з'єднано з

другим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з вихідною шиною.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристрій містить вхідну шину 4, яку з'єднано з емітерами першого  $p-n-p$  11 і другого  $p-n-p$  12 біполярних транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку 18 та коригуючого конденсатора 17, бази першого  $p-n-p$  11 і другого  $p-n-p$  12 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього  $p-n-p$  6 і четвертого  $p-n-p$  8 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого  $p-n-p$  5 і шостого  $p-n-p$  9 біполярних транзисторів відповідно, емітери третього  $p-n-p$  6 і четвертого  $p-n-p$  8 біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 7, бази п'ятого  $p-n-p$  5 і шостого  $p-n-p$  9 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого  $p-n-p$  1 і восьмого  $p-n-p$  3 біполярних транзисторів відповідно, а також з виводами першого джерела струму 2, емітери п'ятого  $p-n-p$  5, сьомого  $p-n-p$  1, дев'ятого  $p-n-p$  10, одинадцятого  $p-n-p$  14, тринадцятого  $p-n-p$  19 біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 29, емітери шостого  $p-n-p$  9, восьмого  $p-n-p$  3, десятого  $p-n-p$  13, дванадцятого  $p-n-p$  16, чотирнадцятого  $p-n-p$  22 біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 31, колектори дев'ятого  $p-n-p$  10 і десятого  $p-n-p$  13 біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого  $p-n-p$  11 і другого  $p-n-p$  12 біполярних транзисторів відповідно, а також з затворами третього  $p$ -типу 23 і четвертого  $n$ -типу 26 польових транзисторів відповідно, бази дев'ятого  $p-n-p$  10 і десятого  $p-n-p$  13 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого  $p-n-p$  14, дванадцятого  $p-n-p$  16, тринадцятого  $p-n-p$  19, чотирнадцятого  $p-n-p$  22 біполярних транзисторів відповідно, а також з стоками першого  $n$ -типу 20 і другого  $p$ -типу 21 польових транзисторів відповідно, а також з виводами другого джерела струму 15, витоки та підкладки першого  $n$ -типу 20 і другого  $p$ -типу 21 польових транзисторів об'єднано, затвори першого  $n$ -типу 20 і другого  $p$ -типу 21 польових транзисторів з'єднано з стоками та затворами п'ятого  $n$ -типу 24 і шостого  $p$ -типу 25 польових транзисторів відповідно, а також з стоками третього  $p$ -типу 23 і четвертого  $n$ -типу 26 польових транзисторів відповідно, а також з затворами сьомого  $n$ -типу 27 і восьмого  $p$ -типу 28 польових транзисторів відповідно, витоки та підкладки п'ятого  $n$ -типу 24 і шостого  $p$ -типу 25 польових транзисторів об'єднано та з'єднано з другим виводом коригуючого конденсатора 17, витоки та підкладки третього  $p$ -типу 23 і четвертого  $n$ -типу 26, а також стоки сьомого  $n$ -типу 27 і восьмого  $p$ -типу 28 польових транзисторів з'єднано з шинами додатного 29 і від'ємного 31 живлення відповідно, витоки та підкладки сьомого  $n$ -типу 27 і восьмого  $p$ -типу 28 польових транзисторів з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку 18, а також з вихідною шиною 30. Пристрій працює таким чином.

Вхідний сигнал у вигляді струму поступає на вхідну шину 4. Якщо вхідний струм втікає у схему, то другий  $p-n-p$  12 біполярний транзистор привідкривається, а перший  $p-n-p$  11 біполярний транзис-

тор призакривається, при цьому колекторний струм другого р-п-р 12 біполярного транзистора збільшується, а першого п-р-п 11 біполярного транзистора зменшується, що у свою чергу призводить до збільшення різниці потенціалів затвор-витік четвертого п-типу 26 польового транзистора та зменшення різниці потенціалів затвор-витік третього р-типу 23 польового транзистора. При цьому струм стоку четвертого п-типу 26 польового транзистора збільшується, а третього р-типу 23 польового транзистора зменшується. Останнє викликає зменшення потенціалу точки об'єднання пар витік-підкладка п'ятого п-типу 24 та шостого р-типу 25 польових транзисторів. Вихідна шина 30 повторює потенціал точки об'єднання пар витік-підкладка п'ятого п-типу 24 та шостого р-типу 25 польових транзисторів та наближається до  $-U_{ж}$ .

Якщо вхідний струм витікає зі схеми, то другий р-п-р 12 біполярний транзистор призакривається, а перший п-р-п 11 біполярний транзистор привідкривається, при цьому колекторний струм другого р-п-р 12 біполярного транзистора зменшується, а першого п-р-п 11 біполярного транзистора збільшується, що у свою чергу призводить до зменшення різниці потенціалів затвор-витік четвертого п-типу 26 польового транзистора та збільшення різниці потенціалів затвор-витік третього р-типу 23 польового транзистора. При цьому струм стоку четвертого п-типу 26 польового транзистора зменшується, а третього р-типу 23 польового транзистора збільшується. Останнє викликає збільшення потенціалу точки об'єднання пар витік-підкладка п'ятого п-типу 24 та шостого р-типу 25 польових транзисторів. Вихідна шина 30 повторює потенціал точки об'єднання пар витік-підкладка п'ятого п-типу 24 та шостого р-типу 25 польових транзисторів та наближається до  $U_{ж}$ .

Джерело струму 2 та сьомий р-п-р 1, п'ятий р-п-р 5, третій п-р-п 6, а також восьмий п-р-п 3, шостий п-р-п 9, п-р-п 10, четвертий р-п-р 8 біполярні транзистори утворюють схему завдання ре-

жиму по постійному струму.

Перший п-р-п 11 та другий р-п-р 12 біполярні транзистори утворюють двотактний симетричний вхідний каскад.

П'ятий п-типу 24 і шостий р-типу 25 польові транзистори у діодному вмиканні задають робочу точку транзисторів вихідного каскаду, що побудований на сьомому п-типу 27 і восьмому р-типу 28 польових транзисторах.

Парафазний відбивач струму побудований на першому п-типу 20 та другому р-типу 21 польових транзисторах генерує струми стоків, які подаються на тринадцятий р-п-р 19 і чотирнадцятий п-р-п 22 біполярні транзистори у діодному вмиканні. Напруги на переходах база-емітер тринадцятого р-п-р 19 і чотирнадцятого п-р-п 22 біполярних транзисторів задають робочі точки відбивачів струму відповідно на дев'ятому р-п-р 10, одинадцятому р-п-р 14, а також десятому п-р-п 13, дванадцятому п-р-п 16 біполярних транзисторах. При цьому через колектори дев'ятого р-п-р 10 і десятого п-р-п 13 біполярних транзисторів протікають струми, які задають робочі точки третього р-типу 23 та четвертого п-типу 26 польових транзисторів. Таким чином, що:

$$I_{к11}=I_{с23}$$

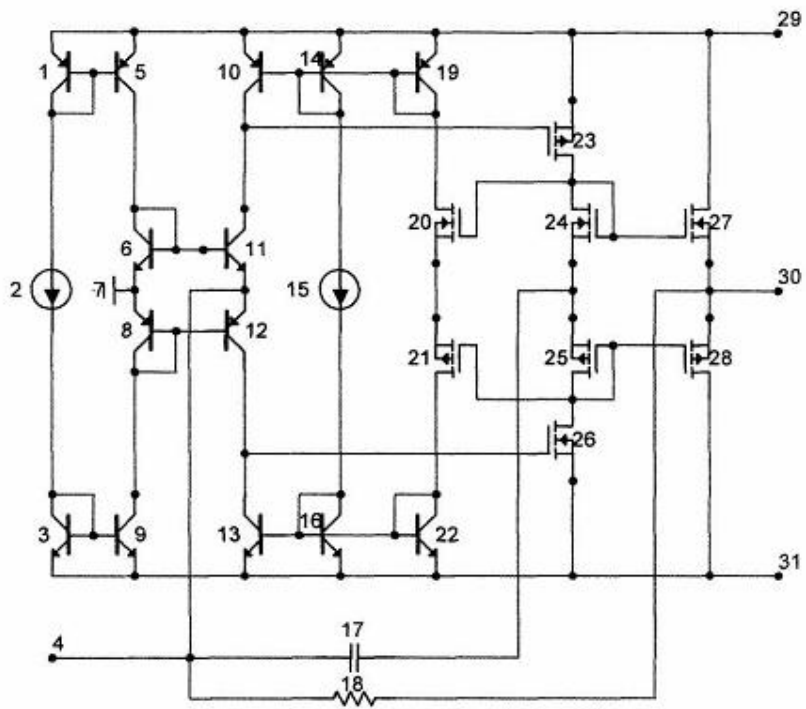
$$I_{к12}=I_{с26},$$

Де  $I_{к11}$ ,  $I_{к12}$  - колекторні струми біполярних транзисторів 11 та 12 відповідно,  $I_{с23}$ ,  $I_{с26}$  - струми стоків 23 та 26 польових транзисторів відповідно.

Генератор струму зміщення 15, а також одинадцятий р-п-р 14 та дванадцятий п-р-п 16 транзистори в діодному вмиканні зменшують коефіцієнт відбиття струму дев'ятого р-п-р 10 і десятого п-р-п 13 біполярних транзисторів відповідно та запобігають самозбудженню схеми при наявності резистора зворотного зв'язку 18.

Шини додатного 29 і від'ємного 31 живлення, а також нульового потенціалу 7 забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми.

Коригуючий конденсатор 17 запобігає генерації схеми та коригує АЧХ і ФЧХ підсилювача.



Фиг.