

# МЕТОД ПОБУДОВИ ШИРОКОСМУГОВОГО ДВОТАКТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА ВІДБИВАЧАХ СТРУМУ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*У статті досліджено структурно-функціональну організацію двотактних підсилювачів постійного струму з внутрішніми контурами вибіркового зворотного зв'язку. Автори навели аналітичні вирази для опису статичної передатної характеристики та відповідних похибок лінійності. Також отримано співвідношення для аналізу динамічних характеристик базових схем двотактних підсилювачів постійного струму.*

**Ключові слова:** Двотактний підсилювач постійного струму (ДППС), струм зсуву нуля, відбивач струму, лінійність, блок балансування підсилення струмів.

## **Abstract**

*The article examines the structural and functional organization of two-stroke DC amplifiers with internal circuits of selective feedback. The authors gave analytical expressions to describe the static transfer characteristic and the corresponding linearity errors. We also obtained a ratio for analyzing the dynamic characteristics of the basic circuits of two-stroke DC amplifiers.*

**Keywords:** Two-cycle direct current amplifier (DPPS), zero offset current, current reflector, linearity, current gain balancing unit.

## **Вступ**

Двотактні підсилювачі постійного струму (ДППС) відомі своєю високою лінійністю передатної характеристики, широкою смугою пропускання (до сотень мегагерц) на рівні одиничного підсилення та значною швидкістю змінення вихідної напруги (не менше тисяч вольт на мікросекунду) [1-3]. Такі підсилювачі випускаються в серійному виробництві компаніями Analog Devices, Texas Instruments, Linear Technology, National Semiconductor та іншими. Завдяки цим властивостям, ДППС знаходять широке застосування в різних областях, включаючи перетворювачі струм-напруга, струм-струм, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, системи прямого цифрового синтезу, а також в багатоканальних цифрових системах обробки та реєстрації аналогових сигналів [4-7].

## Результати дослідження

Двотактний підсилювач постійного струму складається з першого та другого джерел струму, шин додатного і від'ємного живлення, вхідної і вихідної шин, а також шини нульового потенціалу. Його структура включає в себе вісімнадцять транзисторів, до яких додано ще шість транзисторів і один резистор зворотного зв'язку.

Ця корисна модель відноситься до імпульсної техніки і може бути використана для створення двотактних підсилювачів постійного струму.

Основною метою цієї корисної моделі є створення двотактного підсилювача постійного струму, який за допомогою введення нових елементів та зв'язків між ними забезпечить підвищену точність роботи пристрою. Це досягається шляхом збільшення коефіцієнта передачі по струму і компенсації впливу зміни напруги живлення на похибку зсуву нуля на вході [8].

Завдання вирішується шляхом проектування двотактного підсилювача постійного струму з першим та другим джерелами струму, шинами додатного і від'ємного живлення, вхідною і вихідною шинами, шиною нульового потенціалу, восьмима транзисторами. Перші виходи перших і других джерел струму з'єднані з базами четвертого і п'ятого транзисторів відповідно, другі виходи перших і других джерел струму з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення. Колектори четвертого і п'ятого транзисторів об'єднані з колекторами третього і шостого транзисторів, а також з'єднані з базами одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів відповідно. Емітери третього і шостого, сьомого і десятого, одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно. Бази третього і шостого транзисторів об'єднані з базами сьомого і десятого транзисторів відповідно та з'єднані з колекторами сьомого і десятого транзисторів. Бази сьомого і десятого транзисторів об'єднані з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно. Колектори одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднані з емітерами дванадцятого і тринадцятого транзисторів. Введено шість транзисторів і резистор зворотного зв'язку. Колектори першого і другого транзисторів з'єднані з базами четвертого і п'ятого транзисторів відповідно, а емітери першого і другого транзисторів об'єднані та з'єднані з вхідною шиною і з першим виводом резистора зворотного зв'язку. Емітери четвертого і п'ятого транзисторів об'єднані з емітерами восьмого і дев'ятого транзисторів відповідно та з'єднані з базами першого і другого транзисторів. Бази восьмого і дев'ятого транзисторів об'єднані та з'єднані з шиною нульового потенціалу, а колектори восьмого і дев'ятого транзисторів з'єднані з колекторами десятого і сьомого транзисторів відповідно. Колектори п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів об'єднані з емітерами сімнадцятого і двадцятого транзисторів та з'єднані з колекторами сьомого і десятого транзисторів відповідно. Емітери одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно. Бази сімнадцятого і двадцятого транзисторів об'єднані з базами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, а колектори сімнадцятого і двадцятого транзисторів об'єднані з колекторами вісімнадцятого і дев'ятнадцятого транзисторів відповідно та з'єднані з базами сімнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно. Емітери вісімнадцятого і дев'ятнадцятого транзисторів об'єднані, бази вісімнадцятого і дев'ятнадцятого транзисторів об'єднані з базами двадцять першого і двадцять другого транзисторів відповідно та з'єднані з колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів. Емітери двадцять першого і двадцять другого транзисторів об'єднані, колектори двадцять першого і двадцять другого транзисторів з'єднані з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, бази двадцять першого і двадцять другого транзисторів об'єднані з базами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів, колектори двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів об'єднані та з'єднані з другим виводом транзистора зворотного зв'язку і з вихідною шиною [8].

Працює пристрій таким чином:

Якщо вхідний струм подається на вхід схеми 1, то другий транзистор 4 трохи відкривається, а перший транзистор 3 трохи закривається. Це призводить до збільшення базового струму четвертого транзистора 7 та зменшення базового струму п'ятого транзистора 11. Четвертий транзистор 7 трохи відкривається, а п'ятий транзистор 11 трохи закривається. Внаслідок цього збільшується колекторний струм четвертого транзистора 7, що призводить до трохи більшого відкриття одинадцятого транзистора 22. Колекторний

струм п'ятого транзистора 11 зменшується, в результаті чого трохи закривається чотирнадцятий транзистор 27. Далі, чотирнадцятий транзистор 27 трохи відкривається, а двадцять четвертий транзистор 29 трохи закривається. Емітерний струм двадцять третього транзистора 28 збільшується, а емітерний струм двадцять четвертого транзистора 29 зменшується. За таких умов вихідний струм витікає з вихідної шини 32 схеми.

Якщо вхідний струм подається на вхід схеми 1, то другий транзистор 4 трохи закривається, а перший транзистор 3 трохи відкривається. Це призводить до зменшення базового струму четвертого транзистора 7 та збільшення базового струму п'ятого транзистора 11. Четвертий транзистор 7 трохи закривається, а п'ятий транзистор 11 трохи відкривається. Це призводить до зменшення колекторного струму четвертого транзистора 7 та трохи більшого відкриття одинадцятого транзистора 22. Колекторний струм п'ятого транзистора 11 збільшується, що призводить до трохи більшого відкриття чотирнадцятий транзистор 27. При цьому чотирнадцятий транзистор 27 трохи закривається, а двадцять четвертий транзистор 29 трохи відкривається. Емітерний струм двадцять третього транзистора 28 зменшується, а емітерний струм двадцять четвертого транзистора 29 збільшується. За таких умов вихідний струм витікає з вихідної шини 32 схеми.

Таким чином, перший і другий джерела струму, а також третій, шостий, сьомий, восьмий, дев'ятий, десятий, дванадцятий, тринадцятий, п'ятнадцятий, шістнадцятий, сімнадцятий, вісімнадцятий, дев'ятнадцятий, двадцятий, двадцять перший, двадцять другий транзистори налаштовані на роботу постійного струму. Резистор зворотного зв'язку визначає коефіцієнт підсилення. Шини додатного та від'ємного живлення, а також шина нульового потенціалу забезпечують необхідний рівень напруги для живлення схеми [8].

Корисна модель пояснюється кресленням, на якому зображена схема двотактного підсилювача постійного струму (рис 1).

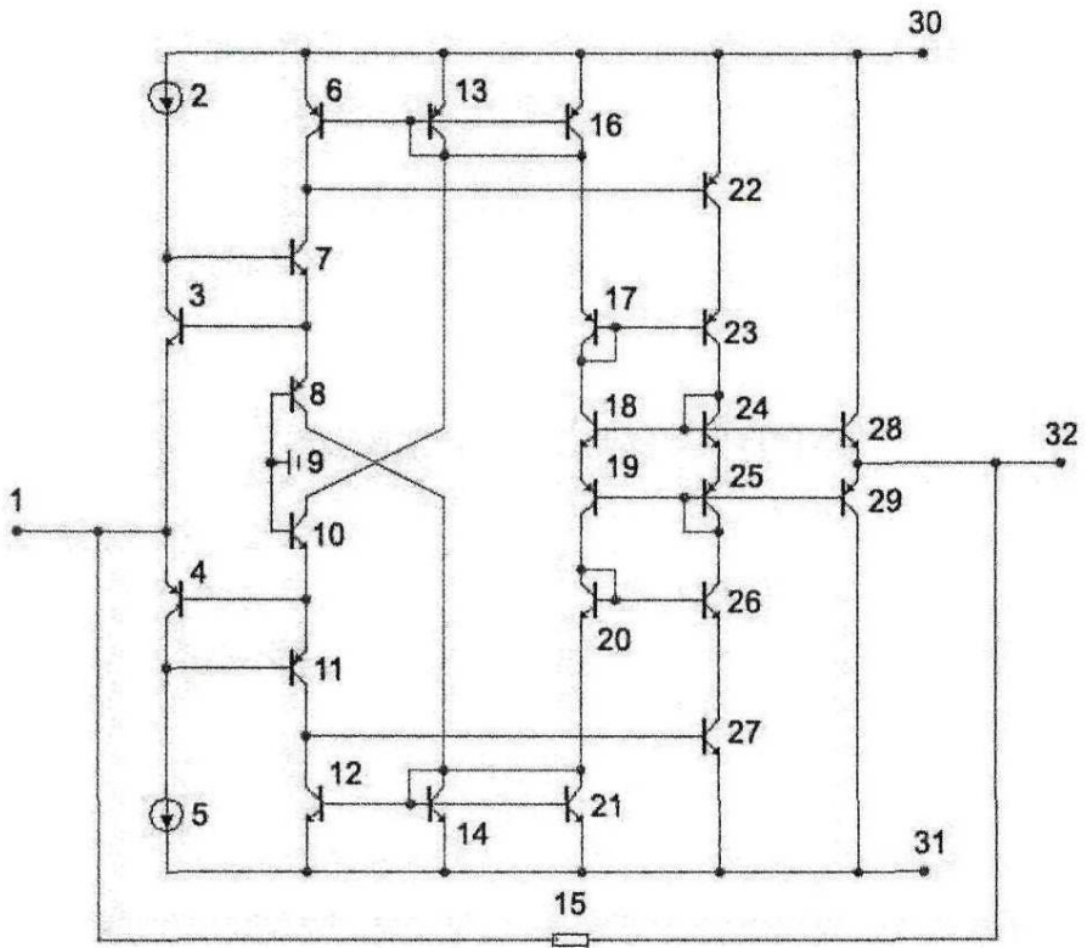


Рисунок 1 – Двотактний підсилювач постійного струму

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Д. Азаров, М. Ю. Теплицький, та В. А. Гарнага, «Двотактні підсилювачі постійного струму на базі двонаправлених відбивачів струму» Проблеми інформатизації та управління, № 2 (34), с. 15-22, 2011.
2. О.Д. Азаров, та В.А. Гарнага, «Двотактні підсилювачі постійного струму для багаторозрядних перетворювачів
3. О. Д. Азаров, та М. Р. Обертюх, «Високолінійні спеціалізовані струмові дзеркала з давачами рівня сигналу,» Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 3 (40), с. 30-36, 2017.
4. О. Д. Азаров, М. Ю. Теплицький, та Н. О. Біліченко, «Швидкодієнні двотактні підсилювачі постійного струму з балансним зворотним зв'язком»,. Вінниця, Україна,ВНТУ, 2016, 136 с.
5. О.Д. Азаров, та С.В. Богомолов, «Основи теорії високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем» : монографія /УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013.- 142 с.
6. О. Д. Азаров, та С. В. Богомолов, Основи теорії високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем. Вінниця,Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013, 142 с.
7. А. В. Grebene, Bipolar and MOS analog integrated circuit design, New Jersey, John Wiley & Sons Technology & Industrial Arts, 2002, 912 p.
8. Патент на корисну модель № 152507. Двотактний підсилювач постійного струму. МПК G05F 1/08 О. Д. Азаров, С. А. Кирилашук, О. О. Лукашук. / u202201267/ 15.02.2023, бюл. № 7

Науковий керівник: **Азаров Олексій Дмитрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua

**Лукашук Олександр Олегович** – аспірант групи 123-23а, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: o.lukashuk3.14@gmail.com

Supervisor: **Azarov Olexiy** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua

**Oleksandr Lukshuk** – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: o.lukashuk3.14@gmail.com