

ВИСОКОЛІНІЙНІ АНАЛОГОВІ ПРИСТРОЇ НА БАЗІ ДВОТАКТНИХ ПІДСИЛЮВАЛЬНИХ СХЕМ

О. Д. Азаров, д.т.н., професор

С. В. Богомолов, асистент

Винницький національний технічний університет

bogomolovsergiy@rambler.ru

Багаторозрядні аналого-цифрові системи, як різновид інформаційних систем, призначені для прямого і зворотного перетворення, реєстрування й цифрового опрацювання аналогових сигналів. Точність таких систем у значній мірі залежить від рівня похибок пристроїв, що входять до складу трактів перетворення аналогових сигналів. У переважній більшості таких систем поширене використання принципів самокоригування та самокалібрування похибок передатної характеристики таких трактів. Перевагою такого підходу є можливість забезпечення високих метрологічних характеристик, при знижених вимогах до елементної бази, а також технології виготовлення. Проте, не зважаючи на високі точності характеристики та досягнення в існуючих аналогових пристроях, існують потреби та резерви у напрямку їх вдосконалення. Відомо, що багаторозрядні аналого-цифрові системи доцільно розглядати як сукупність аналогових та цифрових пристроїв, що дозволяє роздільно проводити аналіз їх характеристик. Це, у свою чергу, дає можливість виділити ряд аналогових пристроїв і визначити системні вимоги, щодо їх статичних та динамічних характеристик, їх переваги та недоліки, а також шляхи їхнього вдосконалення. Необхідно відзначити, що АЦП і

ЦАП у складі багаторозрядних аналого-цифрових систем застосовуються в поєднанні із іншими аналоговими вузлами. Також відомо, що, незважаючи на наявність самокалібрування, не всі похибки піддаються коригуванню, а високий рівень точності може бути досягнутий лише при низькому рівні похибок аналогових вузлів, що не піддаються коригуванню. Особливо складним є коригування похибок інтегральної лінійності. Тому, поруч із структурними рішеннями, необхідно використовувати спеціальні схемотехнічні підходи, щодо практичної реалізації необхідних аналогових вузлів, які, у свою чергу, потребують окремих досліджень їх метрологічних характеристик.

Як відомо, більшість аналогових вузлів багаторозрядних аналого-цифрових систем, а також АЦП і ЦАП, що входять до їх складу, традиційно будують на базі універсальних операційних підсилювачів із застосуванням відповідних схем вмикання. Здебільшого при цьому використовуються однокатні підсилювачів постійного струму, які традиційно будують за 3-4-х каскадною структурою. Вони мають вхідний диференційний каскад, однокатні проміжні каскади підсилення та двокатний вихідний каскад.

Підсилювачі постійного струму призначені для роботи зі змінним струмом чи напругою, а також із сигналами, які змінюються повільно, аж до нульової частоти, тобто сигналами постійного рівня. У теперішній час багато провідних компаній світу займається розробкою таких підсилювачів постійного струму. Найбільш відомими з них є: Analog Devices, National Semiconductor, Texas Instruments, Intersil. Проте однокатні підсилювачі постійного струму мають деякі недоліки: низьку швидкість наростання вихідного сигналу, значний коефіцієнт нелінійних спотворень, різну тривалість переднього і

заднього фронтів вихідного сигналу при роботі з двополярним імпульсним сигналом та вузька смуга повної неспотвореної потужності.

Розвиток технологій і можливість виготовлення на одному кристалі комплементарних, як біполярних, так і польових транзисторів, статичні і динамічні характеристики яких мають незначні розбіжності, мотивували розробників до проектування двотактних структур і схем на їх базі. Перші двотактні підсилювачі постійного струму були запропоновані ще у 70-х роках. Проте, у таких ДППС не було вирішено проблему завдання струмів робочих точок проміжних каскадів, в результаті чого вони мали обмежену кількість підсилювальних каскадів та малий коефіцієнт підсилення.

У 80-х роках з'явилися варіанти побудови двотактних підсилювачів постійного струму з наскрізними каналами. Проблема завдання струмів робочих точок вирішено уведенням відбивачів струму між вхідним двотактним каскадом і проміжним двотактним каскадом, що дозволило симетрувати передній і задній фронт вихідного сигналу. Протягом 1990-х і 2000-х років вдосконалювались схемна та структурна організація двотактних підсилювачів постійного струму. Більшість провідних фірм світу, які спеціалізуються на виготовленні і розробці аналогових схем, продовжують використовувати саме такі підходи.

Водночас, порівняно із одноктактними, двотактні підсилювачі постійного струму мають більшу швидкість наростання вихідного сигналу, лінійність передатної характеристики та ширшу смугу пропускання. Проте, в існуючих моделях таких схем так і не вдалося повністю вирішити проблему завдання робочої точки проміжних каскадів та залежності коефіцієнту підсилення схеми від опору навантаження.

У 70-80-х роках у колишньому СРСР було розроблено серію інтегральних ППС, зокрема, таких в яких використовується диференційний вхідний каскад і які були подібними до одноконтних американських аналогів. При цьому, слід відзначити таких науковців: Полоннікова Д. Е., Прокопенка Н. Н., Шила В. Л., Бахтіарова Г. Д., Малініна В. В., Школіна В. П., Войшвілла Г. В., та інших.

У 80-90-х роках ХХ століття у Вінницькому політехнічному інституті в науковій школі професора Азарова О. Д. запропоновано підхід, що дозволив вирішити проблему забезпечення струму робочої точки схеми, шляхом використання параметричної компенсації розбалансу базових струмів проміжних каскадів. У таких схемах вхідні каскади працювали в режимі мікрострумів, а проміжні – у номінальному. Недоліком такого є низька швидкодія.

Також було запропоновано підхід, який полягав у введенні до складу схеми компенсаторів струму, які забезпечують однаковий режим роботи проміжних каскадів. Це дозволило будувати двотактні підсилювачі постійного струму із розділеними каналами підсилення, особливістю яких є наявність автобалансування робочих точок проміжних транзисторних каскадів.

Підходом до усунення похибок масштабу і зсуву нуля аналогових пристроїв у складі багаторозрядних аналого-цифрових систем є використання процедури самокоригування та самокалібрування. Проте похибку інтегральної лінійності неможливо усунути вказаними процедурами. Саме тому дослідження в напрямку побудови високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем для багаторозрядних аналого-цифрових систем є актуальним.