

# ПРОЦЕСОРИ КАДРУ ДЛЯ ПРОВІДИКОННОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛООВОГО МОНІТОРИНГУ

П.О. Кондратов, М.О. Бродський,  
В.Ф. Ткаченко

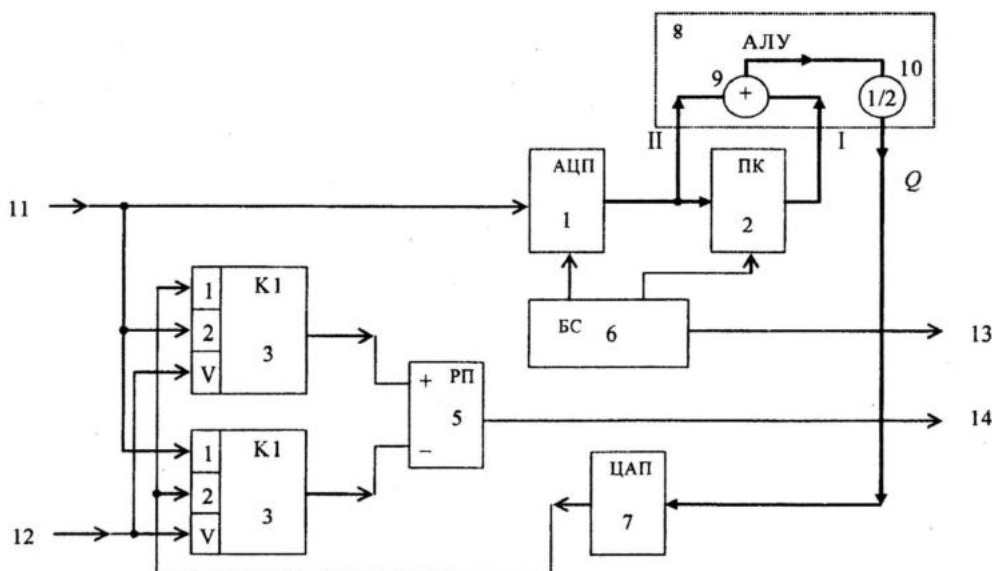
Національний університет  
«Львівська політехніка».  
г. Львів, вул. Ст. Бандери, 12  
E-mail: ndki@polynet.lviv.ua

*Розроблені вдосконалені схеми процесорів кадру, що формують сигнал п'єдесталу та реалізують рекурсивну дворівневу та двокадрову обробку піросигналу. Це дозволяє покращити відношення сигнал/шум корисного сигналу в режимі накопичення і коректувати просторову неоднорідність чутливості мішені піровідикону.*

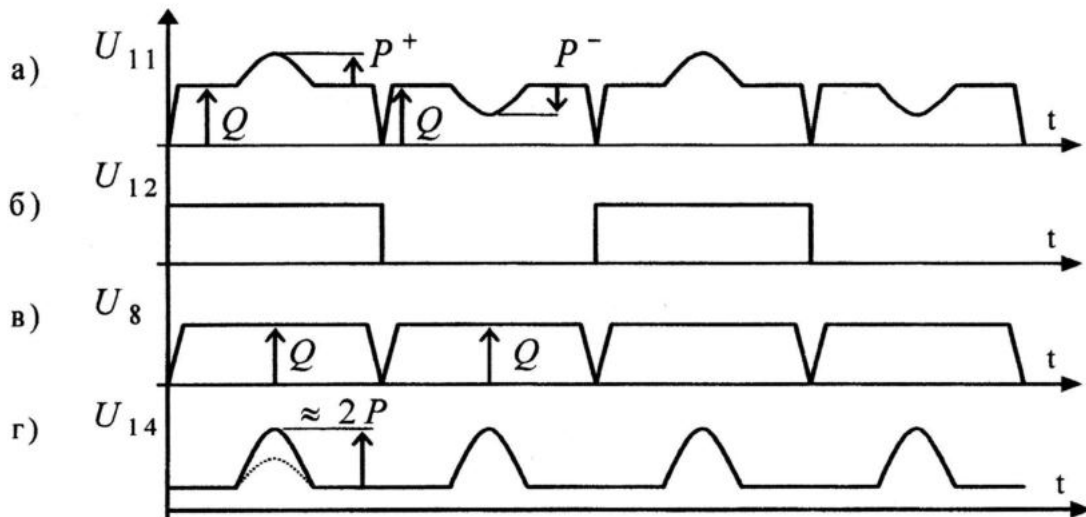
**Вступ.** Недоліками відомих з літератури пристрів процесорів обробки кадру піровідиконної системи [1 – 6] є їх складність, а також те, що корисний вихідний сигнал із скомпенсованим п'єдесталом формується на виході пристрою лише в тих полях розгортки, які відповідають відкритому стану обтюратора, тобто у кожному другому полі розгортки. В полях розгортки, які відповідають закритому стану обтюратора, повторюється збережений в блоці пам'яті оброблений корисний сигнал, сформований в полі розгортки при відкритому стані обтюратора. Таким чином, вдвічі знижується еквівалентна частота кадрів, що призводить до

погіршення відношення сигнал/шум при застосуванні накопичення зображень та до погіршення якості формування динамічних теплових зображень. Поставлено завдання – одержати в кожному кадрі розгортки корисний сигнал подвійної амплітуди із скомпенсованим сигналом п'єдесталу, що дозволить, порівняно із відомими пристроями процесорів кадру, вдвічі збільшити частоту інформативних кадрів розгортки, покращити відношення сигнал/шум корисного сигналу в режимі накопичення та досягнути кращого використання динамічного діапазону АЦП при подальшому оцифруванні обробленого сигналу піровідикону.

**Процесори кадру.** Робота розробленого авторами процесора кадру піровідиконної системи теплового моніторингу пояснюється структурною схемою пристрою формування сигналу тепловізійного зображення процесора кадру наведеною на рис. 1. Часові діаграми роботи пристрою наведено на рис. 2. Блок синхронізації 6 процесора кадру формує: синхросигнал, який подається на синхровхід АЦП 1 для забезпечення необхідної частоти дискретизації відеосигналу; кадрові та рядкові імпульси гасіння, необхідні для синхронізації розгортки та обтюратора тепловізійної піровідиконної камери; сигнали читання/запису та вибору адреси, які подаються на керуючі входи блоку 2 пам'яті кадру (ПК).



Р и с. 1. Процесор кадру із формуванням сигналу п'єдесталу



Р и с. 2. Часові діаграми роботи процесора кадру

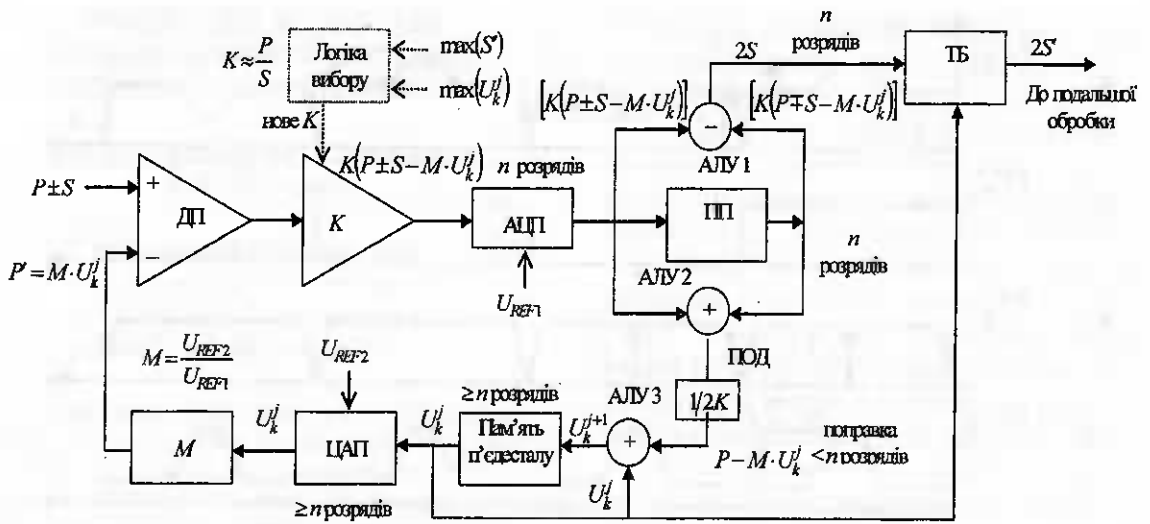
На інформаційний вхід пристрою 11 подається сигнал генерований ірєвідиконом камери (рис. 2, а), а на керуючий вхід 12 – цифровий сигнал стану обтюратора (0 – закритий, 1 – відкритий, рис. 2, б). При закритому обтюраторі вхідний інформаційний сигнал  $U_{11}^-$  складається із п'єдесталу  $Q$  та корисного сигналу  $P^-$ , тобто  $U_{11}^- = Q - P^-$ . При відкритому обтюраторі вхідний інформаційний сигнал  $U_{11}^+$  складається із сигналу п'єдесталу  $Q$  та корисного сигналу пірєвідикону  $P^+$ , тобто  $U_{11}^+ = Q + P^+$ , причому  $P^+ \approx P^-$ . Вхідний інформаційний сигнал перетворюється в цифрову форму АЦП 1 та подається на другий вхід блоку формування сигналу п'єдесталу 8, який одночасно є входом суматора 9, а також запам'ятовується в блоці пам'яті 2, з якого безпосередньо перед цим зчитується сигнал, збережений в попередньому полі розгортки, який подається на перший вхід блоку 8 та суматора 9. Сигнал на виході суматора 9 можна наближено записати як

$$U_{\Sigma} = U_{11}^- + U_{11}^+ = Q - P^- + Q + P^+ \approx 2Q.$$

Дільник 10 формує на виході блоку 8 сигнал п'єдесталу  $Q$  (рис. 2, в) в цифровому представленні. Після перетворення в аналогову форму ЦАП 7, цей сигнал подається на перший вхід першого 3 та

другий вхід другого 4 комутаторів. Інші входи комутаторів 3 і 4 з'єднані із інформаційним входом 11, на якому по чергово діють, в залежності від стану обтюратора, сигнали  $U_{11}^-$  та  $U_{11}^+$ . Комутатори 3 та 4, що керуються сигналом стану обтюратора із входу 12, забезпечують потрібне під'єднання прямого та інверсного входів різницевого підсилювача 5, при якому на прямому вході буде діяти вхідний інформаційний сигнал  $U_{11}^+$ , а на інверсному –  $U_{11}^-$ . Таким чином, на виході різницевого підсилювача 5 та інформаційному виході пристрою 14 у кожному кадрі розгортки формується однополярний аналоговий сигнал теплового зображення подвійної амплітуди (рис. 2, г), рівень якого може бути легко узгоджений із динамічним діапазоном АЦП при подальшому перетворенні в цифрову форму.

Інший суттєвий недолік багатьох пристроїв обробки полягає у відсутності корекції просторової неоднорідності чутливості. Для забезпечення такої корекції необхідна інформація про чистий рівень п'єдесталу. Крім цього, використання мультимплексування АЦП, як у попередній схемі (рис. 1) небажане через втрату сигналу від кадрів, що використовуються для циклів регенерації пам'яті.



Р и с. 3. Структура процесора кадру сумарно-різницевої обробки із корекцією змін просторової чутливості мішені

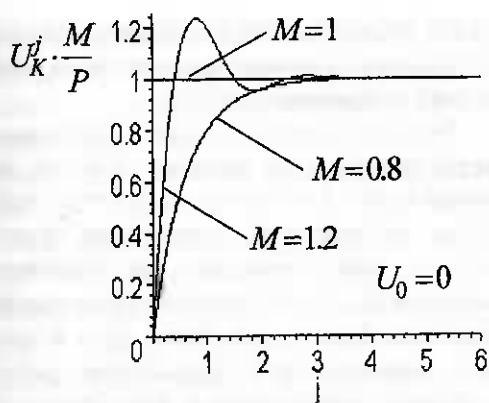
Нами розроблено відеопроцесор [7], який використовує дворівневу ДОС обробку і дозволяє коректувати просторову неоднорідність чутливості. Особливостями такого вузла є використання лише одного малорозрядного АЦП і рекурсивної фільтрації для виділення компоненти, спричиненої п'єдесталом.

Структура пристрою показана на рис. 3. Пристрій працює наступним чином. Диференційний підсилювач ДП виконує ДОС першого рівня, під час якого від вхідного сигналу віднімається деяке наближення  $P'$  компоненти п'єдесталу. Після підсилення в  $K$  разів, яке використовується для того, щоб забезпечити оптимальний динамічний діапазон АЦП і таким чином поліпшити відношення сигнал/шум, різницевий сигнал віднімається віднімачем АЛУ1 від затриманого на час одного поля різницевого сигналу. Це ДОС 2-го рівня, яка усуває залишкову помилку віднімання наближення до п'єдесталу і робить вихідний сигнал уніполярним.

В цей же час прямиий та затриманий різницеві сигнали також використовуються для обчислення помилки поточного наближення до п'єдесталу (розроблений нами спрощений варіант такої сумарно-різницевої обробки захищено патентом [8]). Ці обчислення виконуються суматором АЛУ1 і подільником ПОД. Значення поправки додається суматором

АЛУ2 до поточного наближення до п'єдесталу, зчитаного з пам'яті п'єдесталу; далі нове скоректоване значення наближення до п'єдесталу знову зберігається в пам'яті п'єдесталу. Зміст пам'яті п'єдесталу також використовується для корекції неоднорідності чутливості.

Це забезпечується таблицею перегляду, яка коректує корисний сигнал у відповідності із розподілом п'єдесталу. Корекція змісту пам'яті п'єдесталу здійснюється лише в кадрах розгортки, в яких в даний момент зчитується позитивний сигнал (обтюратор відкритий), щоб забезпечити кращу перехідну характеристику рекурсивного фільтра та повне усунення залишкових помилок ДОС обробкою 2-го рівня. Таким чином, подібно на те, що оброблений сигнал найбільш доцільно використовувати в цьому ж кадрі розгортки (обтюратор відкритий). Однак, оскільки п'єдестал змінюється повільно та незначно від кадру до кадру, вихідний сигнал може нормально використовуватися у кожному кадрі розгортки, що спричинить лише спорадичні помилки. Для забезпечення максимального відношення сигнал/шум в запропонованому пристрої обробки також можуть бути застосовані додаткові логічні схеми, які змінюють рівень підсилення  $K$  (також синхронно  $K$  в ПОД вузлі) відповідно до поточних рівнів корисного сигналу та п'єдесталу мішені.



Р и с. 4. Перехідна характеристика рекурсивного фільтра

Оскільки пропонується структура пристрою використовує зворотний зв'язок, нами досліджено стійкість рекурсивного фільтра. Аналізуючи рис.3, можна отримати таке рекурсивне рівняння перехідної характеристики фільтра:

$$U_K^{j+1} = U_K^j + P - M \cdot U_K^j \dots \quad (1)$$

де  $j$  – порядковий номер коректуючого циклу;  $P$  – поточний рівень п'єдесталу;  $M$  – коефіцієнт, що відображає відмінність взірцевих напруг ЦАП і АЦП. Це рівняння має такий розв'язок:

$$U_K^{j+1} = (1-M)^j \cdot \left( U_0 - \frac{P}{M} \right) + \frac{P}{M} \dots \dots \quad (2)$$

де  $U_0$  – початковий вміст пам'яті п'єдесталу.

Перехідна характеристика, розрахована відповідно до рівняння (2), зображена на рис. 4. Як можна бачити з (2), фільтр стабільний, доки  $0 < M < 2$ . Коли ця умова виконується, вміст пам'яті п'єдесталу наближається до  $P/M$  при граничній умові  $j \rightarrow \infty$ , так що після перетворення у аналогову форму ми отримуємо наближення до п'єдесталу  $P' \approx P$ . Менший час перехідних процесів забезпечується для  $M \approx 1$ .

Таким чином, остання запропонована структура дозволяє усунути недоліки класичного пристрою ДОС обробки.

**Висновки.** Розроблено процесор, який використовує дворівневу ДОС обробку і дозволяє коректувати просторову неоднорідність чутливості мішені піровідикону. Особливостями такого вузла є використання лише одного малорозряд-

ного АЦП і рекурсивної фільтрації для виділення компоненти, спричиненої п'єдесталом.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Garn L.E., Petito F.C. Thermal imaging with pyroelectric vidicons // IEEE Trans. El. Dev. – 1977. – Vol. ED-24. – № 10. – P. 1221 – 1228.
2. Helmick C., Woodworth W. Improved performance from pyroelectric vidicon by image-difference processing // Ferroelectrics, 1976. – № 10. – P. 390 – 393.
3. Боженко І.Б., Грицьків З.Д., Зеляновський Ю.Є. та ін. Тепловізійна камера на основі піровідикона з процесором кадра / ДУ «ЛП». – Львів, 1995. – 14 с. – Деп. в ДНТБ України. 5.12.95 № 2620-Ук95.
4. Боженко І.Б., Зеляновський Ю.Є., Кондратов П.А., Мешков О.К. Портативний тепловізійний комплекс / Проблемы и перспективы развития современной телевизионной техники. Тезисы докладов. – М.: Радио и связь, 1995. – С. 53.
5. Кондратов П.О. Модифіковані структури процесорів двокадрової обробки сигналу піровідиконної камери / Кондратов П.О., Шклярський В.І. // Вісник НУ «Львівська політехніка», Радіоелектроніка та телекомунікації, № 705. – Львов: НУ «ЛП». – С. 22 – 27.
6. Бродський М. Оптимізація формування результуючого піросигналу в системі теплового моніторингу / М. Бродський, П. Кондратов, В. Ткаченко // 36. «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS –технології». – Львів: НУ «ЛП», 2011. – С. 250 – 252.
7. Боженко В.І. Удосконалення методів формування зображення тепловізійною системою / Боженко В.І., Кондратов П.О., Шклярський В.І. // Сб. «Інтегровані інформаційні радіоелектронні системи і технології», т. 1, ч. 2, ХНУРЕ, Харьков. – 2011. – С. 245 – 248.
8. Патент України на корисну модель № 63335 від 10.10.2011 р. Кондратов П.О. «Пристрій обробки сигналу піровідикона», Бюл. 19, 2011р.