

ПІДВИЩЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООВОГО МОНІТОРИНГУ ШЛЯХОМ РІЗНИЦЕВОЇ ОБРОБКИ ПІРОСИГНАЛУ

*П.О. Кондратов, М.О. Бродський,
В.Ф. Ткаченко, І.Я. Казимира*

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

Пропонуються розроблені структури відеопроцесорів обробки сигналу для автономної неохолоджуваної тепловізійної камери на базі піровідикону, які дозволяють оптимізувати процес одержання результуючого піросигналу шляхом застосування його різницевої аналого-цифрової обробки.

Вступ. В останній час у якості ІЧ детекторів систем дистанційного моніторингу інтенсивно застосовують ПЗЗ та болометричні матриці. Але актуальним лишається й застосування у тепловізійних камерах (ТПК) піровідиконів(ПВ). Їх перевагами є відносно низькі вартість, незначні масгабарити і споживання, що уможливило їх масове впровадження у системи моніторингу, а також можливість роботи в широкому ІЧ спектрі.

Разом з тим чутливість більшості сучасних ПВ недостатня для формування з їх піросигналу якісного зображення, потрібного для проведення дистанційного моніторингу. Вирішення цієї проблеми можливе на таких взаємопов'язаних шляхах, як вдосконалення, зокрема, застосовуваних ПВ, методів формування п'єдесталу і зчитування потенційного рельєфу мішені та, особливо, первинної обробки піросигналу [1 – 4].

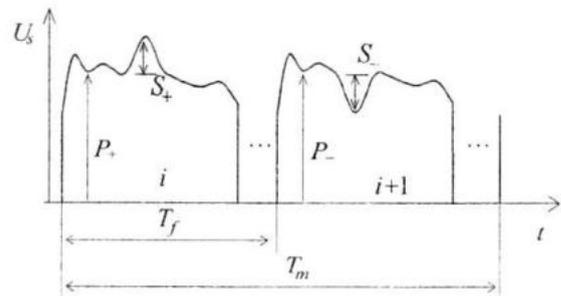
Формування піросигналу. Оскільки піроелектрик є диференційним приймачем, то для модуляції ІЧ випромінювання, що надходить на мішень ПВ, зазвичай використовують панорамування. Проте порівняно з ним періодичне переривання випромінювання (обтюрація) забезпечує можливість накопичення піросигналу при його подальшій обробці, що істотно підвищує чутливість ТПК.

Тому цей режим найбільш придатний при роботі ТПК на ПВ у складі комп'ютерного комплексу. Піросигнал, генерований при закритому (U_{S-}) та відкритому (U_{S+}) обтюраторі (рис. 1), можна виразити як

$$U_{S-} = P_- - S_- ,$$

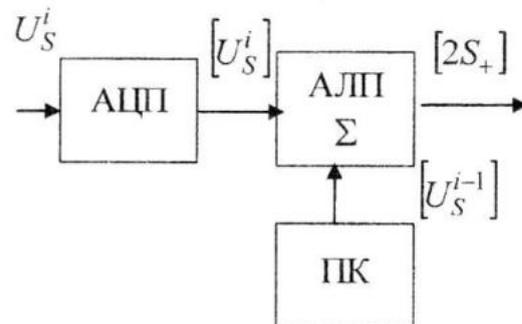
$$U_{S+} = P_+ + S_+ \approx P_- + \Delta P + S_+ , \quad (1)$$

де P_+ , P_- – компонента п'єдесталу при, відповідно, відкритому та закритому положеннях обтюратора; ΔP – шумова компонента; S_+ , S_- – корисні компоненти сигналу, $S_+ \approx S_-$.



Р и с. 1. Часова діаграма піросигналу для суміжних кадрів та одного рядка розгортки

Щоб отримати уніполярний сигнал, усунути корельовані та зменшити некорельовані геометричні шуми, зазвичай застосовується обробка зображення у цифровому процесорі двокадрової обробки сигналу (ДОС) (рис. 2) [5].



Р и с. 2. Узагальнена структура процесора ДОС: АЛП – арифметично-логічний пристрій, ПК – пам'ять кадру

Вона полягає у накопиченні різниці піросигналів суміжних кадрів розгортки:

$$R_n = \frac{1}{n} \cdot \left| \sum_{i=1}^n [(P_i \pm S_i) - (P_{i+1} \mp S_{i+1})] \right| \approx + S + \frac{\sqrt{n} \cdot \Delta P}{n} \quad (2)$$

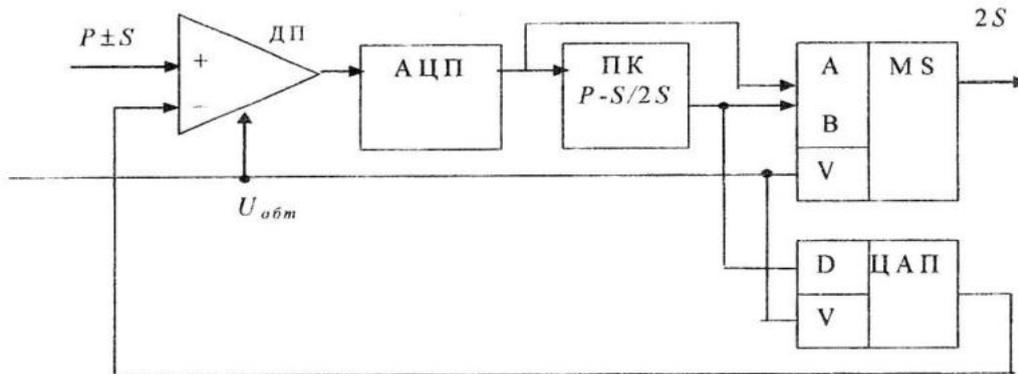
де i – номер плинного кадру; n – кількість накопичених кадрів.

Але при цьому необхідно враховувати, що рівень п'єдесталу, як правило, є вищим в 3-10 раз за амплітуду корисної компоненти, а його часова та просторова нерівномірність, спричинена, зокрема, флуктуацією коефіцієнта вторинної емісії по площі мішені та зміною коефіцієнта відбиття обтюратора, може сягати 15-30%, тому для одержання 8-10 значущих біт піросигналу АЦП (отже, й відеопроцесор загалом) повинен мати 12-14 роз-

рядів (і це – при високій швидкості перетворення, оскільки для забезпечення мінімальної термодифузії часто застосовують високі частоти модуляції і розгортки).

Пропоновані модифікації структури процесора. З метою більш ефективного використання динамічного діапазону процесора (тобто для квантування не всього піросигналу, а лише його корисної складової) різницеву обробку можливо виконувати у аналоговий спосіб [6]. У цій структурі (рис. 3) при закритому обтюраторі у ПК через АЦП надходить негативний кадр ($P-S$), який при надходженні наступного (позитивного) кадру ($P+S$) через ЦАП передається на диференційний підсилювач, що виконує різницеву обробку.

$$- [(P-S) - (P+S)] = 2S. \quad (3)$$



Р и с. 3. Аналого-цифрове формування різниці кадрів

Отриманий різницевий сигнал підсилюється до необхідного значення, запам'ятовується і передається на вихід. При надходженні наступного негативного кадру на вихід надходить зміст пам'яті, а ЦАП блокується. коефіцієнтом підсилення диференційного підсилювача та комутаторами керує стан обтюратора $U_{обр}$ (відкритий/закритий). Поліпшена обробка може бути досягнута шляхом використання послідовної двоступеневої ДОС – грубої та точної, як показано на рис. 4. Відеопроцесор працює наступним чином. Сигнал, генерований у полі розгортки, яке відповідає закритому стану обтюратора (U_{S-}), оцифровується мало-

розрядним АЦП і зберігається в пам'яті кадру. Далі, цей сигнал знову перетворюється в аналогову форму цифроаналоговим перетворювачем ЦАП і віднімається диференційним підсилювачем ДП від сигналу, який зчитується у даний час. На виході ДП отримується підсилений в K разів грубо виділений корисний сигнал $2S_+ \pm \Delta U_q$ для відкритого обтюратора і компонента помилки $\pm \Delta U_q$ (спричинюється АЦП і ЦАП) – для закритого. Це груба обробка першого рівня. На другому рівні обробки другий малорозрядний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП2) оцифровує грубо

виділений сигнал з оптимальним динамічним діапазоном. IDP другого рівня повністю усуває з цього сигналу помилкову компоненту, оскільки

$\pm \Delta U_q$ залишається незмінним під час двох послідовних кадрів розгортки.

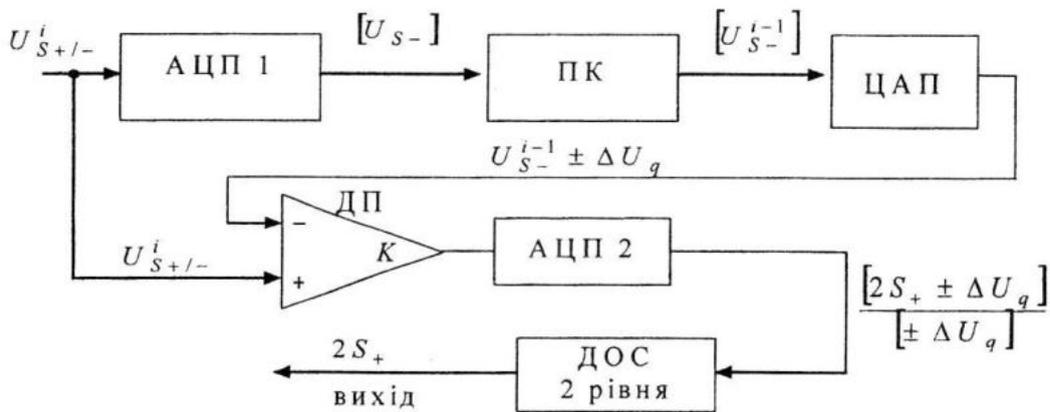


Рис. 4. Структурна схема дворівневого ДОС відеопроцесора з проміжним відніманням сигналу, формованого при закритому обтюраторі

Дана структура вузла обробки дозволяє використовувати малорозрядні АЦП і дозволяє усунути більшість недоліків стандартної ДОС. Недоліки цієї структури полягають у наступному:

1. Складність – два АЦП, ЦАП, пам'ять на два поля розгортки.
2. Вихідний сигнал можна використовувати лише кожне друге поле розгортки.
3. Інформація про п'єдестал все ще не використовується.

Структура вузла обробки, наведена на рис. 4, може бути спрощена шляхом вилучення АЦП2 і ДОС другого рівня. Перевагою такої спрощеної структури

над стандартною полягає у зменшеному вдвічі рівні шумів квантування [7 – 10].

Подальші поліпшення полягають у використанні мультиплексування АЦП між ДОС 1-го та 2-го рівнів, що дозволяє використати лише один АЦП. Пропонована структура вузла обробки для цього випадку показана на рис. 5. Цей варіант процесора працює подібно до попереднього, за винятком того, що сигнал, збережений в пам'яті кадру і використовуваний для грубої ДОС обробки, запам'ятовується один раз на певне число кадрів розгортки N (наприклад, кожний 10-й кадр).

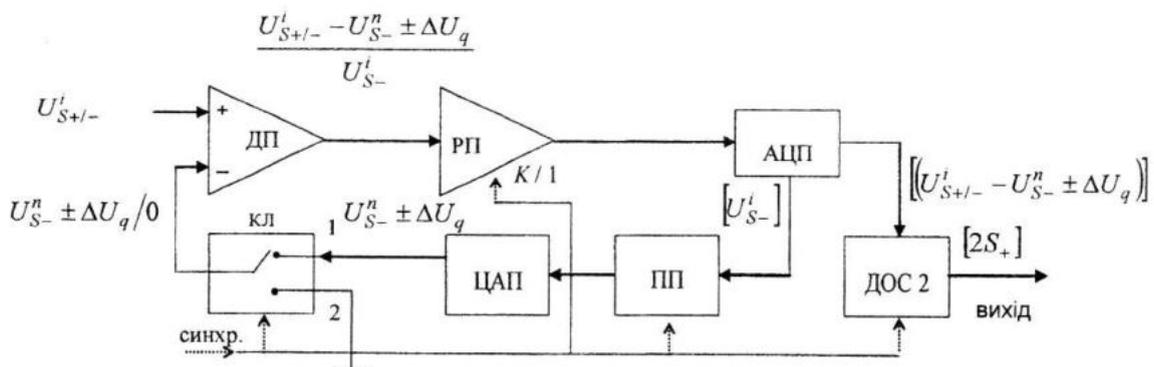


Рис. 5. Структурна схема дворівневого ДОС відеопроцесора з проміжним відніманням сигналу, формованого при закритому обтюраторі, і одним АЦП

Це може бути здійснене тому, що компонента сигналу, спричинена п'єдесталом, змінюється в часі повільно і незначно.

Додаткові регульований підсилювач (РП) і ключ (КЛ) введено, щоб реалізувати мультиплексування АЦП. Під час циклу оновлення пам'яті кадру (об'єктор в закритому стані), КЛ перебуває в позиції 2, коефіцієнт підсилення РП встановлюється рівним одиниці. В цій фазі АЦП оцифровує вхідний непідсилений сигнал U_{S-}^i , який потім зберігається в пам'яті кадру ДОС першого рівня. Під час обробки сигналу підсилення РП становить K разів і КЛ перебуває в позиції 2. В кожному полі розгортки ДП формує різницю генерованого та затриманого сигналів. Після оптимального підсилення в K разів АЦП оцифровує цю різницю. Далі сигнал подається на ДОС другого рівня, яка усуває залишкову помилку.

Висновок. Запропоновані структури відео процесорів ДОС сумарно-різницевої обробки піросигналу дозволяють збільшити еквівалентну розрядність вихідного сигналу, як мінімум, на 3-4 розряди і значно зменшити рівень геометричних шумів при цілком прийнятних апаратних витратах (зокрема, застосуванням лише одного малорозрядного АЦП). Їх застосування дозволить істотно покращити процедури пошуку, ідентифікації та відстежування об'єктів моніторингу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Singer B., et al.*, Suppression of pedestal noise in a pyroelectrics vidicon // IEEE Transactions on Electron Devices, 1980, Vol. ED-27, P. 193 – 198.
2. *Грицьків З.* Дослідження растрової неоднорідності п'єдесталу в піровідиконах / Грицьків З., Гой В., Кондратов П. // Вісник ДУ "ЛП". № 387, Радіоелектроніка й телекомунікації, Львів, 2000. – С. 370 – 374.
3. *Кондратов П.А.* Патент № 58292 А Україна, МПК H04N5/33 від 18.11.2002 р. Тепловізійна камера – 2003, Бюл. № 7. – 4 с.
4. *Воронов С.* Вибір режиму сканування для тепловізійної камери на базі піровідикона С. Воронов / В. Гой, В. Гордійко, П. Кондратов // Наукові вісті НТУУ "Київський політехнічний інститут". – 2001. – № 3. – С. 91 – 100.
5. *Боженко И.* Расширение функциональных возможностей тепловизионной камеры для инфракрасной термографии морских объектов / И. Боженко, В. Гой, П. Кондратов // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – С. 130 – 132.
6. *Гой В., Кондратов П., Шклярський В.* Патент № 47719 А Україна, МПК H04N 5/33. Пристрій формування сигналу тепловізійного зображення. – 2002, Бюл. № 7. – 6 с.
7. *Bozhenko I.* Research of Image Difference Processing Ways in Thermovision Camera Based on Pyrovidicon / I. Bozhenko, V. Bozhenko, O. Kondratov, P. Kondratov // Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application. – Lviv: NU "LP", 2007. – P. 181 – 183.
8. *Kondratov Petro.* Expansion of functionality and increase use information pyrovidicons termovision systems / Petro Kondratov, Oleg Kondratov, Valentina Bozhenko // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. TCSET 2010, Proseedings. – Lviv: NU "LP", Lviv-Slavsko. – P. 103.
9. *Кондратов П.* Патент № 47162 Україна, МПК H04N 5/33 від 25.01.2010р., «Тепловізійна камера». – 2010. Бюл. № 2. – 4 с.
10. *Кондратов П.* Патент № 54397 Україна, МПК H04N 5/33 від 10. 11. 2010 р., «Тепловізійна камера». – 2010. Бюл. № 21. – 4 с.