

2003. – №19. – С. 87–89. 2. Боженко І., Клушин Ю., Кондратов П. Відеопроцесор для системи теплового моніторингу енергетичних об'єктів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2004. – № 523. – С. 3–6. 3. Hrytskiv Z., Kondratov P. The ways of multispectral devices construction for thermal object visualization // Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services. Proceedings. – Nis, Serbia, 1999. – Vol. 1. – P. 184–185. 4. Колобродов В., Шустер Н. Тепловізійні системи. – К.: НТУУ "КПІ", 2001. – 340 с. 5. Кравченко В., Стефанов В. Обработка тепло-визионных изображений для визуального распознавания // Фотоэлектроника и приборы ночного видения. – М.: Орион, 2004. – С. 209. 6. Мазуров А., Николаев Е. Искажения при цветовом кодировании черно-белых изображений // Техника средств связи. Сер. ТТ. – 1984. – № 1. – С. 59–60.

УДК 681.325:621.384.3

**І.Б. Боженко, П.О. Кондратов**

Національний університет "Львівська політехніка",  
Науково-дослідний і конструкторський інститут  
електронно-обчислювальної та вимірювальної техніки

## **ДВОКАНАЛЬНА ПОКАДРОВА ЦИФРОВА ОБРОБКА ПІРОСИГНАЛУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

© Боженко І.Б., Кондратов П.О., 2006

**Запропоновано принцип двоканальної побудови тепловізійної камери на базі піровідикону, який, на відміну від існуючих пристроїв, не тільки істотно зменшує вплив геометричних шумів мішені піровідикона і шум п'єдесталу на корисний сигнал, але й компенсує синхронні та асинхронні завади у реальному часі без погіршення динамічних властивостей пристрою.**

**Two-channel principle of thermovision camera camera based on pyrovidicon design that allows not only, on difference of existing devices, is able to vital decrease of pyrovidicon targets geometric noise and pedestal noise on the useful signal influence, but also is able to the synchronous and asynchronous interferences compensation in real time without dynamic properties of the device worsening.**

### **Вступ**

Серед значної кількості застосувань технічної кібернетики важливе місце належить засобам забезпечення формування теплового зображення. Це зумовлене тим, що отримання такого зображення є одним з основних методів визначення загального стану досліджуваних об'єктів. При цьому, попри інтенсивне застосування у тепловому моніторингу тепловізійних камер (ТПК) з матричними детекторами, актуальним залишається й застосування ТПК на піровідиконах (ПВ), оскільки їхня неселективність, а також відносно низькі вартість, масгабарити і споживання уможливають їхнє масове впровадження у різноманітні системи моніторингу.

### **Огляд літературних джерел**

Переваги застосування ТПК на ПВ докладно розглянуто у джерелі [1]. Водночас зазначено, що, оскільки піроелектрик є диференційним приймачем, найефективнішим режимом роботи таких ТПК є обтюрація – робота із періодичним перериванням теплового випромінення [2].

На цьому терені однією з основних задач є підвищення якості формованого з відеосигналу ПВ (піросигналу) теплового зображення як основного чинника впливу на точність роботи оператора. А цю якість погіршують не тільки такі широковідомі теплові явища, як термодифузія і теплове маскування та спричинена ними втрата контурів елементів відтворюваного об'єкта, але й

вплив значних електричних завад від внутрішніх та зовнішніх енергетичних і сигнальних мереж, що є неодмінною ознакою середовища, в якому проводять тепловий моніторинг [3].

Звичайно, в ТПК, побудованих на базі ПВ, для поліпшення якості зображення переважно використовують різницеву обробку, покадрове накопичення та рекурсивну фільтрацію, які можна здійснювати не тільки цифровим, але й аналого-цифровим способами [4]. Крім того, доволі ефективною може бути й двоканальна побудова ТПК, у якій другий (допоміжний) канал використовують для формування паралельно з тепловим ще й видимого зображення [5].

Однак ці та подібні їм методи не достатньою мірою зменшують вплив асинхронних завад, зовсім не компенсують синхронних завад, а багатокандрове накопичення призводить до малокадрового відтворення, що робить таку процедуру ефективною лише для малодинамічних об'єктів.

### Постановка задачі

Задача цієї статті – розглянути один з можливих шляхів подолання впливу синхронних та асинхронних завад, а саме, застосування такої двоканальної структури ТПК, у якій за досліджуванням об'єктом паралельно спостерігають два ПВ.

### Основні матеріали дослідження

Пропоноване рішення [6] ґрунтується на взаємній різницевій обробці піросигналів обох каналів ТПК (рис. 1).

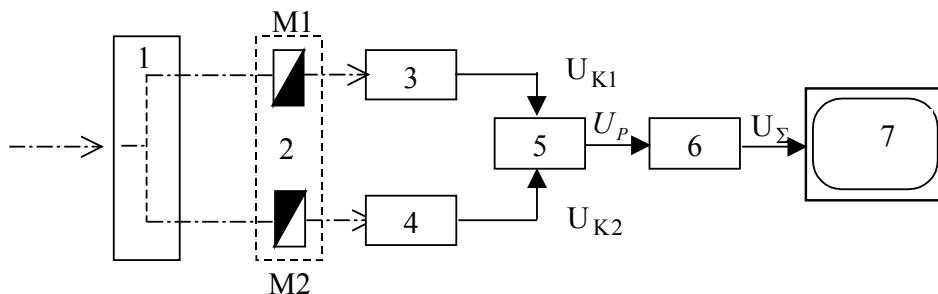


Рис. 1. Блок-схема двоканальної тепловізійної камери:

1 – оптико-подільчий вузол; 2 – вузол синхронних обтюраторів; 3, 4 – перший і другий канали камери; 5 – вузол різницевої обробки; 6 – процесор підсумовування суміжних кадрів; 7 – монітор

Теплове випромінення об'єкта приймає оптико-подільчий вузол 1, який формує два ідентичні теплові потоки і фокусує теплове зображення на мішенях ПВ обох каналів. Синхронну і протифазну модуляцію цих потоків виконує вузол 2. У результаті на виходах першого 3 і другого 4 каналів ТПК у першому кадрі формуються піросигнали, відповідно,  $U_{K1}^1$  і  $U_{K2}^1$ :

$$U_{K1}^1 = U_{n1} + U_{c1}^1 + U_{g1} + U_{c3}^1 - U_{n3}^1, \quad (1)$$

$$U_{K2}^1 = U_{n2} + U_{c2}^1 + U_{g2} + U_{c3}^1 - U_{n3}^1, \quad (2)$$

де  $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$  – компоненти базового заряду мішені (т.зв. “п’єдесталу”);  $U_{c1}^1$ ,  $U_{c2}^1$  – компоненти корисних сигналів першого кадру обох каналів;  $U_{g1}$ ,  $U_{g2}$  – компоненти, зумовлені дефектами мішеней обох каналів;  $U_{c3}^1$ ,  $U_{n3}^1$  – сигнали синхронної та асинхронної завад в обох каналах у першому кадрі.

Знак “–” перед компонентом сигналу означає його інверсію щодо сигналу п’єдесталу. У наступному кадрі вихідні сигнали першого і другого каналів ТПК становлять (рис.2, а, б):

$$U_{K1}^2 = U_{n1} - U_{c1}^2 + U_{g1} + U_{c3}^2, \quad (3)$$

$$U_{K2}^2 = U_{n2} - U_{c2}^2 + U_{g2} + U_{c3}^2, \quad (4)$$

де  $U_{c3}^2$  – компонента, зумовлена дією синхронної завади у другому кадрі.

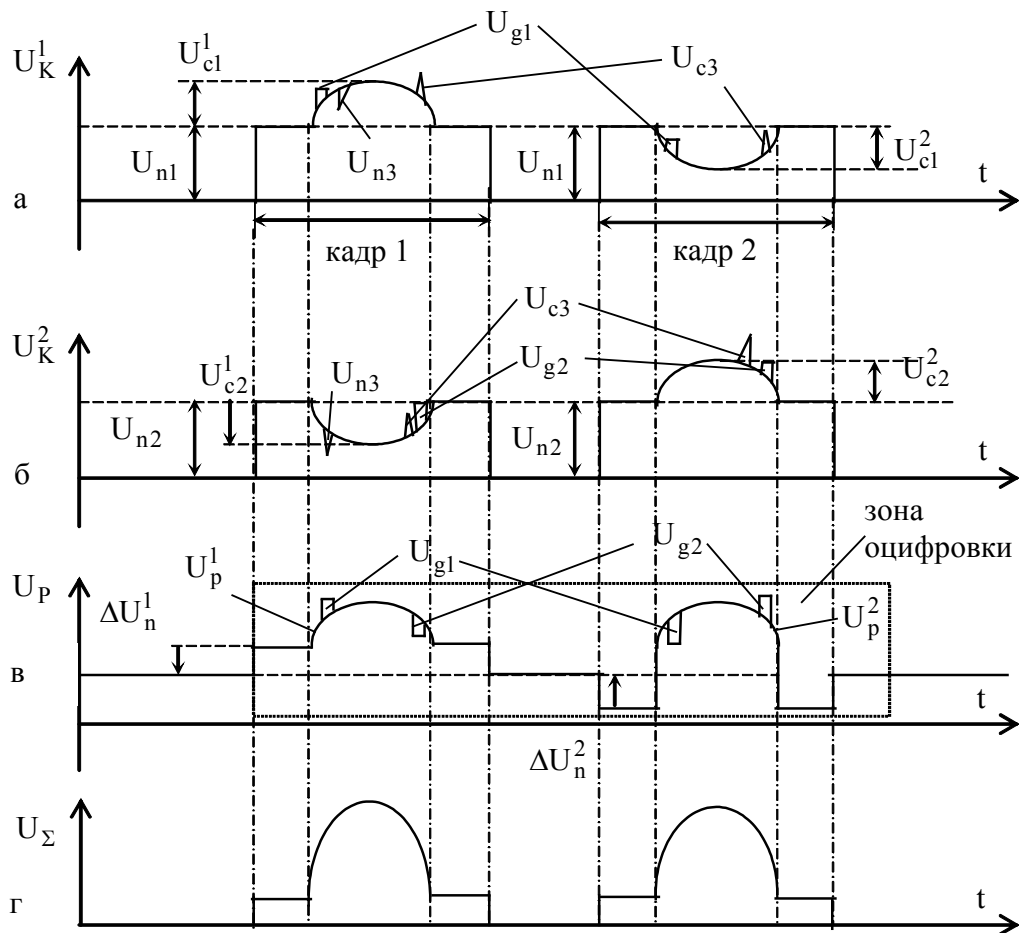


Рис. 2. Часові діаграми різницево-сумарної обробки суміжних кадрів:  
 а – піросигналу першого каналу; б – піросигналу другого каналу; в – сигнал після різницевої обробки;  
 г – результуючий сигнал суміжних кадрів

Як показано на діаграмі, піросигнали обох каналів складаються із сигналів п'єдесталу ( $U_{n1}$ ,  $U_{n2}$ ) і корисних різнополярних сигналів мішені в першому ( $-U_{c1}^1$ ,  $U_{c2}^1$ ) і другому ( $-U_{c1}^2$ ,  $U_{c2}^2$ ) кадрах. Крім цього, вихідні сигнали обох каналів містять компоненти, викликані дефектами мішеней ПВ ( $U_{g1}$ ,  $U_{g2}$ ), а також синхронними і асинхронними завадами ( $-U_{c3}$ ,  $U_{n3}$ ). Аналогову різницеву обробку піросигналів обох каналів для двох суміжних кадрів (рис. 2, в) можна реалізувати диференційним підсилювачем із вхідним комутатором сигналів, синхронізованим з кадровою частотою розгортки на мішені ПВ зчитувального електронного променя. Комутацію цих піросигналів на входах вузла 5 різницевої обробки реалізовано так, що сигнал з негативною корисною компонентою завжди йде на інверсний, а з позитивною – на прямий вхід вузла 5. У результаті на виході цього вузла позитивні сигнали формуються в обох суміжних кадрах для кожного з них.

У першому кадрі формується результуючий сигнал за процедурою:

$$U_{p1}^1 = U_{K1}^1 - U_{K2}^1 = (U_{n1} - U_{n2}) + [U_{c1}^1 - (-U_{c2}^2)] + (U_{g1} - U_{g2}) + (U_{c3}^1 - U_{c3}^2) + (-U_{n3} + U_{n3}) = \Delta U_n^1 + U_{c1}^1 + U_{c2}^2 + U_{g1} - U_{g2}. \quad (5)$$

При цьому, якщо:

$$U_{c1}^1 = U_{c2}^2 = U_c^1, \quad (6)$$

$$U_{n1} > U_{n2}, \quad (7)$$

то

$$U_p^1 = \Delta U_n^1 + 2U_c^1 + U_{g1} - U_{g2}. \quad (8)$$

У другому кадрі:

$$U_{p1}^2 = U_{K1}^2 - U_{K2}^2 = (U_{n2} - U_{n1}) + [U_{c2}^2 - (-U_{c1}^2)] + (U_{g2} - U_{g1}) + (U_{c3}^2 - U_{c3}^2) = -\Delta U_n^2 + U_{c2}^2 + U_{c1}^2 + U_{g2} - U_{g1}. \quad (9)$$

При цьому якщо:

$$U_{c2}^2 = U_{c1}^2 = U_c^2, \quad (10)$$

то

$$U_p^2 = \Delta U_n^2 + 2U_c^2 + U_{g2} - U_{g1}. \quad (11)$$

З рівнянь (8), (11) та із часових діаграм видно, що результатом різницевої обробки піросигналів обох каналів ТПК є одночасна компенсація синхронної та асинхронної завади у вихідному сигналі  $U_p$ . Водночас корисний сигнал зростає:

$$U_p \approx 2U_c. \quad (12)$$

Але, на жаль, ефективність різницевої обробки зменшується через наявність в сигналі  $U_p$  компонент, пов'язаних з дефектами мішеней першого ( $U_{g1}$ ) і другого ( $U_{g2}$ ) ПВ. Крім того, якщо їх п'єдестали відрізняються один від одного, то у випадку  $U_{n1} > U_{n2}$  компонента  $\Delta U_n$  змінює свою полярність. Це означає, що зображення на екрані монітора починає мерехтити, і робота оператора істотно ускладнюється.

Для того, щоб позбавитися впливу зазначених перешкод, автори пропонують використати знову ж таки алгоритм покадрової обробки, а саме, підсумовування сигналів суміжних (першого і другого) кадрів.

У процесорі, що виконує цю процедуру (рис. 3), аналоговий різницевий сигнал плинного кадру  $U_{p(i+1)}$  надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача (зона його ефективної оцифровки – див. рис. 2, в). Цифровий код  $[U_{p(i+1)}]$  надходить на перший вхід (I) суматора, де він складається з кодом  $[U_{pi}]$  різницевого сигналу  $U_{pi}$  попереднього кадру на вході (II). Водночас в пам'яті кадру синхронно зі зчитуванням запам'ятовується різницевий сигнал плинного кадру. Відповідно до цього та згідно з (8), (11) підсумовуються різницеві сигнали першого і другого кадрів (рис. 2, з):

$$U_\Sigma = \Delta U_n^1 + 2U_c^1 + U_{g1} - U_{g2} - (\Delta U_n^2 + 2U_c^2 + U_{g2} - U_{g1}) \quad (13)$$

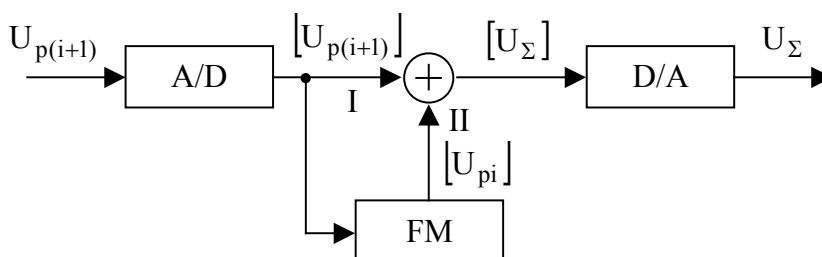


Рис. 3. Процесор підсумовування суміжних кадрів:

*A/D* – аналого-цифровий перетворювач; *FM* – пам'ять попереднього кадру;

*D/A* – цифро-аналоговий перетворювач

При цьому, якщо:

$$\Delta U_n^1 \approx \Delta U_n^2, \quad U_c^1 \approx U_c^2 \approx U_c, \quad (14)$$

то результуючий сигнал становитиме:

$$U_\Sigma = U_p^1 + U_p^2 \approx 4U_c \quad (15)$$

З виразу (15) випливає, що в результуючому сигналі корисна компонента набагато більша, компонента п'єдесталу зменшується до мінімуму або взагалі зникає – так само, як і компоненти статичних сигналів від дефектів мішені, а також синхронних і асинхронних перешкод. При цьому дуже важливо, що вихідний результуючий сигнал формується в кожному кадрі процесу зчитування з мішеней ПВ обох каналів. Це дає змогу відображати з високою якістю на екрані монітора не тільки статичні, але й динамічні об'єкти моніторингу.

### Висновки

Пропонована процедура оптимізації процесу різницевого формування піросигналу і покадрового підсумовування суміжних кадрів дає змогу зменшити вимоги до тотожності обох каналів тепловізійної камери і мінімізувати вплив різних шумів, що істотно підвищує якість формованих нею теплових зображень.

1. Госсорг Ж. *Инфракрасная термография. Основы, техника, применение.* – М.: Мир, 1988. – 216 с. 2. Kolobrodov V., Rybalka V. *Pyroelectric camera modulation transfer function* // *Optical Engineering*, – 1995. – Vol.34, № 4. – P. 1044–1048. 3. Bozhenko I., Hrytskiy Z., Kondratov P. *Enhancement of thermographic images quality using pyrosignal digital frame-by-frame processing* // *Image processing methods in Applied mechanics.* – Warszawa: Politehnika Warszawska, 1999. – P. 61–63. 4. Боженко І., Воронов С., Кондратов П., Шаблатович А. *Відеопроцесор сумарно-різницевої обробки для системи тепловізійного моніторингу енергетичних об'єктів* // *Електроніка і зв'язок.* – 2003. – № 19. – С. 87–89. 5. Klushin Y., Kondratov P. *The two-channel videoprocessor of a System of remote monitoring* // *Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application ACSN'2003. Proceedings.* – Lviv: NU "LP", 2003. – P. 31–32. 6. Пат. 66607 А Україна, МПК Н04N 5/33. *Тепловізійна камера*/ Кондратов П. (Україна). – № 2003087325: Заявл. 4.08.2003; Опубл. 17.05.2004; Бюл. № 5.

УДК 681.3, 621.3

О.Ю. Бочкарьов, Д.І. Бесединський  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра електронних обчислювальних машин

## ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ОДНОРАНГОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТООАГЕНТНИХ СИСТЕМ

© Бочкарьов О.Ю., Бесединський Д.І., 2006

**Розглянуто основні проблеми організації функціонування ОКМ. Обґрунтовано доцільність використання технології багатоагентних систем для вирішення цих проблем та запропоновано низку відповідних підходів на інфраструктурному та прикладному рівнях організації функціонування ОКМ.**

**Basic problems of peer-to-peer networking are considered. The usefulness of multi-agent approach for solving these problems is proved. Several corresponding approaches within the infrastructure and application levels of peer-to-peer networking are proposed.**

### Вступ

Використання однорангових (peer-to-peer) комп'ютерних мереж (ОКМ) останнім часом набуло великого поширення, особливо серед користувачів Internet. Вже сьогодні стає зрозумілим, що в майбутньому відповідні мережні технології відіграватимуть більш ніж істотну роль у роботі складних інформаційних систем [1, 2]. Це насамперед пов'язано з тим, що розвиток цих мережних