

І.Б. Боженко, Ю.С. Клушин, П.О. Кондратов  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
Науково-дослідний і конструкторський інститут  
електронно-обчислювальної та вимірювальної техніки

## ВІДЕОПРОЦЕСОР ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕПЛООВОГО МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ

© Боженко І.Б., Клушин Ю.С., Кондратов П.А., 2004

**Пропонується система для проведення моніторингу різного роду енергетичних об’єктів на базі автономної тепловізійної камери, обладнаної каналом видимого зображення, що під час проведення моніторингу сприяє кращій ідентифікації об’єкта та точнішій його координатній прив’язці до місцевості. Описано структурну схему процесора оброблення та фіксації теплових та видимих зображень об’єкта.**

**The system for realization of monitoring of a different sort of power objects on the base of the independent thermovision camera equipped with the channel of the visible image, which at realization of monitoring promotes of more best definition of object and gives its exacter coordinate binding to district is offered. The block diagram of the processor of processing and fixing of the thermal and visible images of object is described.**

**Вступ.** Впровадження енергозберігаючих технологій належить до пріоритетних напрямків розвитку науково-технічної бази України [1]. На цьому терені головним (а у багатьох випадках – єдиним) джерелом необхідної інформації є дистанційний моніторинг, оброблення та аналіз результатів якого створюють передумови для своєчасного виявлення енергетичних витрат, діагностування стану досліджуваних об’єктів, проведення профілактичних та ремонтних робіт (при істотному скороченні часу простою обладнання у разі їх проведення) та попередження аварійних ситуацій, а отже, для підвищення ефективності використання енергетичних потужностей. У разі проведення такого моніторингу знайшли широке застосування багатоспектральні аналізатори, що працюють у інфрачервоному та видимому діапазонах. Це зумовлене тим, що отримання теплового зображення досліджуваних об’єктів є одним з основних методів визначення їх загального стану [2].

Але при цьому необхідно зважати на вплив таких відомих фізичних явищ, як, зокрема, перевипромінення, теплове маскування та термодифузія. Все це призводить до спотворення і часової та координатної флуктуації теплового зображення: порівняно з видимим воно є більш розмитим та має більш високий рівень шуму, отже, й нижчі контрастність і роздільну здатність. Тому актуальною є проблема його ідентифікації. Метою статті є розгляд одного з можливих шляхів подолання цієї проблеми.

Для полегшення ідентифікації теплового зображення, його координатної прив’язки до місцевості та визначення місцезнаходження його ділянок з аномальним тепловим станом оператору зазвичай необхідно пред’являти, паралельно з тепловим, ще й видиме зображення. Це завдання може бути вирішене одночасним використанням двох камер, детекторними елементами яких є, наприклад, піровідикон та ПЗС-матриця [3].

Відеопроектор, що працює у складі такої двоканальної комплексної системи тепловізійної (ТК) та відео (ВК) камер, повинен забезпечувати:

- первинне цифрове оброблення сигналів, що надходять з ТК та ВК;
- збереження сформованих теплових та видимих зображень;
- відтворення плинних та збережених зображень на автономному відеомоніторі;
- передачі сформованого масиву даних у персональний комп’ютер (ПК), який з цією метою має бути обладнаний відповідними інтерфейсними вузлами та спеціальним програмним забезпеченням.

ПК, у свою чергу, має виконувати складне оброблення:

- фільтрацію, контрастування та інтерактивне псевдокольорове кодування отриманих теплових зображень з метою полегшення їх інтерпретації;
- побудову супутніх профілограм, термограм, ізотерм, контурів тощо;
- відтворення супутніх піктограм, монохромної та кольорової шкал відліку;
- перетворення теплової сигнатури у температурну з огляду на відомі теплові властивості середовища та об'єкта;
- масштабування і орієнтацію зображень та їх, визначених оператором, ділянок;
- архівування отриманих зображень і результатів з їх наступними класифікацією, каталогізацією та можливістю пошуку.

Однією з основних проблем, що виникають під час побудови такого відеопроцесора, є вибір схеми його синхронної прив'язки до ТК та ВК, які можуть генерувати свої власні сигнали синхронізації. З огляду на те, що основну інформацію про тепловий режим роботи об'єкта надає інфрачервоний детектор – пірорідикон, пропонується схема жорсткої синхронізації його каналу, при якій тактовий генератор відеопроцесора (ТГ) формує у ТК синхроімпульси розгортки. Для допоміжного каналу – ПЗС камери – пропонується схема цифрової прив'язки, яка з похибкою півпікселя синхронізує формування відеопроцесором кадра видимого зображення об'єкта. З цієї метою для синхронізації ТГ використовуються рядкові та кадрові синхроімпульси, які виділяються з відеосигналу ВК.

Така побудова відеопроцесора з двома незалежними каналами дає можливість:

- узгодити у часі формування кадрів теплового та видимого зображень;
- узгодити розміри обох зображень під час їх первинного оброблення;
- синтезувати з отриманих теплового та видимого єдиного комплексного зображення як у ПК, так і у відеопроцесорі (при відповідній зміні його конфігурації).

Як показав проведений аналіз [4], доцільною є мікропроцесорна реалізація структури відеопроцесора на базі програмованої вентильної матриці родини XC3000 виробництва фірми XILINX або на базі родини EPM9320 виробництва фірми ALTERA.

Структурну схему двоканального відеопроцесора наведено на рисунку.

Аналогові сигнали з ТК і ВК надходять на відповідні аналого-цифрові перетворювачі АЦП1 і АЦП2, які формують з них вісьмирозрядні двійкові коди. З АЦП1 коди надходять у арифметико-логічний пристрій, який сумісно з пам'яттю накопичення (ПН) обраховує та накопичує інтегровану різницю кадрів теплового зображення  $R_n$ :

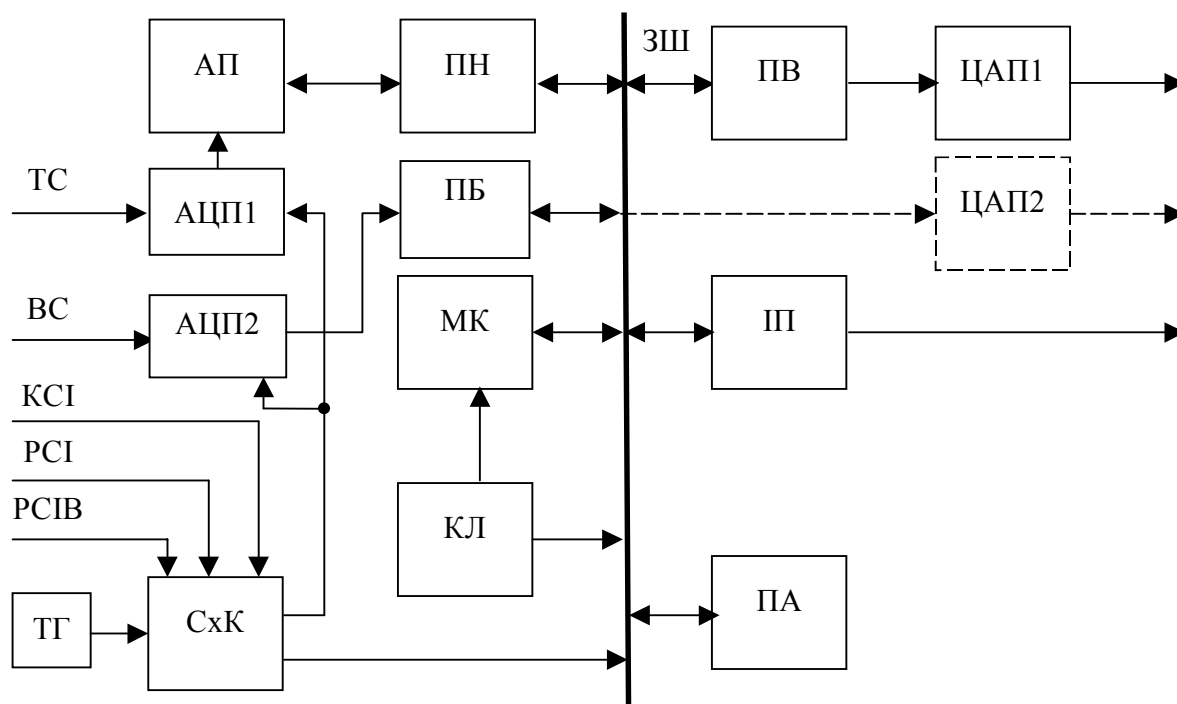
$$R_n = \frac{1}{n} \cdot \left| \sum_{i=1}^n [(P_i \pm S_i) - (P_{i+1} \mp S_{i+1})] \right| \approx +S + \frac{\sqrt{n} \cdot \Delta P}{n},$$

де  $i$  – номер плинного кадра;  $n$  – кількість накопичених кадрів,  $n=2i$ ;  $P$  – складова п'єдесталу у сигналі ТК;  $+S$ ,  $-S$  – інформаційна складова сигналу ТК при кадрі розгортки з, відповідно, відкритим ( $S$  має позитивну полярність) і закритим ( $S$  має від'ємну полярність) об'єктом ТК;  $\Delta P$  – різниця між рівнями п'єдесталу у різних кадрах розгортки, зумовлена нерівномірністю п'єдесталу в часі та різного роду шумами.

При певному ускладненні конфігурації відеопроцесора можливі й інші, більш досконалі, процедури компенсації шумів та неоднорідності п'єдесталу [5].

Наприкінці кожного циклу накопичення кадр, сформований у ПН, заноситься у пам'ять відтворення (ПВ), звідки він з частотою телевізійної розгортки надходить на автономний відеомонітор через цифро-аналоговий перетворювач ЦАП1.

З АЦП2 коди надходять у буферну пам'ять (ПБ), де з них формується плинний кадр видимого зображення. Наявність ПБ дає змогу відеопроцесору формувати кадри теплового та видимого зображень одночасно. У цій конфігурації відтворення видимого зображення здійснюється перезаписом кадрів з ПБ у ПВ, тобто одночасно може відтворюватись лише або теплове, або видиме зображення; проте у разі введення у неї додаткового ЦАП2 стає можливим й одночасне відтворення обох зображень.



Структурна схема відеопроцесора:

*ТС, ВС – сигнали, відповідно, тепловізійної та відеокамери; КСІ, РСІ – відповідно, кадрові та рядкові синхроімпульси тепловізійної камери; РСІВ – рядкові синхроімпульси відеокамери; АП – арифметико-логічний пристрій; АЦП1, АЦП2 – аналого-цифрові перетворювачі; СхК – схема керування; ТГ – тактовий генератор; ПН – пам'ять накопичення; ПБ – буферна пам'ять; МК – мікроконтролер; КЛ – зовнішня клавіатура; ЗШ – загальна шина; ПВ – пам'ять відтворення; ІП – вузол послідовного інтерфейсу; ПА – пам'ять архіву; ЦАП1, ЦАП2 – відповідно, основний та додатковий цифро-аналогові перетворювачі; ПК – персональний комп'ютер*

При переході у режим “Стоп-кадр” після запису у ПВ та ПБ плинного кадру подальший запис у них блокується. Для автономного енергонезалежного зберігання стоп-кадрів теплового або видимого зображень слугує пам'ять архіву (ПА), побудована на базі flash-пам'яті. Кадри з ПА можуть бути відтворені на моніторі їх перезаписом знову ж таки у ПВ. З неї ж вони можуть бути передані у ПК через послідовний інтерфейс RS-232.

Усі режими роботи відеопроцесора задаються із зовнішньої клавіатури. Керування роботою в цих режимах здійснює, згідно із своєю програмою, мікроконтролер (МК), який організовує взаємодію всіх вузлів, що належать до структури відеопроцесора або можуть бути туди введені. Обмін інформацією та керування здійснюються по загальній шині. Уся службова інформація щодо виконуваного режиму відтворюється на моніторі.

У циклі роботи МК виконує переривання по кадрових та рядкових синхроімпульсах ТК і ВК. Як фоновий процес прийнято обслуговування клавіатури, тобто МК працює у режимі очікування на її обслуговування. У разі натискання на одну з функціональних клавіш відбувається відпрацювання відповідної команди:

- <-/+> – Завдання:
  - 1) кількості усереднених кадрів;
  - 2) номера кадру, зчитуваного з пам'яті архіву;
  - 3) режиму відтворення теплового або видимого зображення
- <STOP> – Відтворення стоп-кадру
- <LIVE> – Відтворення плинного зображення
- <RD> – Відтворення кадру з пам'яті архіву
- <FLASH> – Запис кадру в пам'ять архіву

- <CLEAR> – Очищення змісту пам'яті архіву
- <IBM> – Пересилання кадру у ПК.

Обміни з ПК і ПА, з огляду на відмінність їх швидкості від швидкості відтворення зображення, відбувається з блокуванням усіх інших переривань. Програмне забезпечення відеопроцесора становлять керуюча програма роботи МК та процедури обміну відеопроцесора з ПК і запису інформації у ПА.

**Висновки.** Пропонована структура двоканального відеопроцесора, при його поміркованій вартості, масгабаритах і споживанні, забезпечує можливість досить надійного пошуку, ідентифікації та визначення стану об'єктів моніторингу, а також гнучкої зміни конфігурації залежно від конкретних вимог споживача щодо швидкодії, рівня обробки, автономності, сервісних функцій, специфіки застосування тощо.

1. *Опришко В. Про впровадження енергозберігаючих технологій на підприємствах Міністерства промислової політики України // Проблеми економії енергії. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2003. – С. 5–11.* 2. *Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М.: Мир, 1988. – 216 с.* 3. *Hrytskiv Z., Kondratov P. The ways of multispectral devices construction for thermal object visualization // Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services. – Nis, 1999. – Vol. 1. – P. 184–185.* 4. *Bozhenko I., Hrytskiv Z., Kondratov P., Muravov S. Frame preprocessing unit for thermovision camera based on solid programmable gate array// Optoelectronic and Hybrid Optical/Digital Systems for Image/Signal Processing. – Kiev, 2000. – Vol. 4148. – P. 226–229.* 5. *Пат. 47719 А Україна, МПК Н04N 5/33. Пристрій формування сигналу тепловізійного зображення / В. Гой, П. Кондратов, В. Шклярський. (Україна). – №2001085668: Заявл. 9.08.2001; Опубл. 15.07.2002; Бюл. № 7. – 6 с.*

УДК 681.3, 621.3

**О.Ю. Бочкаръов, В.А. Голембо, Т.О. Грицуляк**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних обчислювальних машин

## **ПАРАМЕТРИЧНА САМООРГАНІЗАЦІЯ КОЛЕКТИВУ АВТОНОМНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ АГЕНТІВ: ЗАДАЧА ОТОЧЕННЯ ЗОНИ ЗБУРЕНЬ**

© Бочкаръов О.Ю., Голембо В.А., Грицуляк Т.О., 2004

**Досліджено однорідний колектив автономних мобільних роботів (агентів), який самоорганізується для слідкування за заданим значенням досліджуваного параметра. Розглянуто декілька алгоритмів пошуку і розподілення вздовж ізолінії досліджуваного параметра.**

**A homogeneous self-organizing population of autonomous mobile robots (agents) is to be realized for watching on the given value of the investigated parameter. Several algorithms for finding and distributing along the isoline of investigated parameter are given.**

**Вступ.** Сьогодні зростає зацікавленість системами з децентралізованим, розподіленим керуванням. Чільне місце серед них займають багатоагентні системи, що складаються з великої кількості автономних модулів, які, локально взаємодіючи один з одним, розв'язують поставлену задачу.

Такі системи мають дуже широке коло застосувань, починаючи від програмних агентів, що здійснюють пошук інформації в глобальній мережі Інтернет і закінчуючи командами автономних мобільних роботів, які слідкують за станом довкілля.