

Висновки. Запропоновані у роботі методи розрахунку багатоканальних променевих перемикачів дають змогу здійснити обґрунтований вибір типу ключів, їх необхідної кількості, способу з'єднання на основі визначення можливого рівня робочих параметрів і далі здійснити вибір типу трансформаторів, які забезпечують узгодження на вході перемикача, та визначити їх електричні параметри. Наведені у роботі результати розрахунків та комп'ютерного моделювання багатьох варіантів перемикачів підтверджують ефективність запропонованих методів та вказують на доцільність їх застосування під час проектування мікрохвильових пристроїв, особливо в інтегрованому виконанні.

1. *Оборжицький В.І. Реалізація комп'ютерного проектування дискретних НВЧ-фазообертачів з комутуючими МЕМС-елементами в інтегральному виконанні // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика". – 2005. – №522. – С. 90–97.* 2. *Shigematsu T., Suematsu N., Takeuchi N., Iyama Y., Mizobuchi A. A 6-18 Ghz 20W SPDT switch using shunt discrete PIN-diodes. – 1997 MTT-S International Microwave Symposium Digest 2. – V.II. – P.527–530.* 3. *Hacker I.B., Mihailovich R.E., Kim M., DeNatale I.F. A Ka-band 3-bit RF MEMS true-time-delay network. – IEEE Trans. MTT, 2003. – V.51. – № 1. – P.305–308.* 4. *Tan Guan-Leng, Mihailovich R.E., Hacker J.B., DeNatale I.F., Rebeiz G.M. Low-loss 2-and 4-bit TTD MEMS phase shifters based on SP4T switches. – IEEE Trans. MTT, 2003. – V.51. – № 1. –P.297–305.* 5. *Оборжицький В. Особливості синтезу електричних параметрів багатоканальних НВЧ-перемикачів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2004. – №508. – С. 207–215.* 6. *Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А. Устройство СВЧ / Под ред. Д.М. Сазонова. – М.: Высш. шк., 1981. – 295 с.* 7. *Хижга Г.С., Вендик И.Б., Серебрякова Е.А. СВЧ фазовращатели и переключатели: Особенности создания на p-i-n диодах в интегральном исполнении. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.* 8. *Papapolymerou J., Lange K.L., Goldsmith C.L., Malchewski A., Kleber J. Reconfigurable double-stub tuners using MEMS switches for intelligent RF front-ends. – IEEE Trans. MTT, 2003. – V.51. – № 1. –P.271–278.*

УДК 621.384.3:215.111

В.І. Боженко, М.О. Бродський, П.О. Кондратов, В.І. Шклярський
Національний університет "Львівська політехніка"
кафедра радіоелектронних пристроїв і систем

ОСОБЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ КАМЕРИ, ОБЛАДНАНОЇ КАНАЛОМ ВИДИМОГО ЗОБРАЖЕННЯ

© Боженко В.І., Бродський М.О., Кондратов П.О., Шклярський В.І., 2007

Розглянуто вимоги до апаратури теплового контролю під час будівництва та експлуатації промислових і житлових споруд. Описано принцип дії та структура розробленого авторами дводіапазонного тепловізійного комплексу, показано його можливості під час проведення широкомасштабних обстежень стану будівель.

The requirements to the equipment of the thermal control at construction and operation of industrial and inhabited structures are considered. A principle of action and structure developed by the authors two-channel thermovision complex are described, its opportunities at realization of large-scale inspections of a condition of buildings are shown.

Вступ. Однією з основних галузей господарської діяльності, де можливо заощадити значні кошти, запобігти утворенню аварійних ситуацій та подовжити термін експлуатації за рахунок застосування енергоощадних технологій, є будівництво. Водночас головними причинами значних енерговитрат під час будівництва та експлуатації промислових та житлових споруд є:

- невідповідний рівень проектування;
- застосування невідповідних будівельних матеріалів з низькими теплоізолювальними властивостями;
- низька виконавча якість проведення робіт.

Своєчасно виявити зазначені недоліки можливо шляхом проведення теплового аудиту на стадіях як підготування та проведення будівництва, так і після його завершення, а також за періодичного контролю забезпечення енергоощадності при експлуатації будівель [1].

Така операція теплового аудиту, як побудова на основі проведених вимірів загальної картини теплового розподілу, є найбільш оперативною і економічною при використанні не багатоточкового контролю різного роду контактними чи безконтактними тепловими давачами, а контролю за допомогою тепловізійної апаратури, що дає змогу швидко отримати та документально зафіксувати т. зв. “теплові портрети” як окремих вузлів і конструкцій в процесі їх експлуатації, так і масштабних фрагментів чи будівель загалом. Поєднуючи дані щодо термоізолювальних властивостей застосовуваних будівельних матеріалів з контролем розподілу теплових витоків через такі елементи оболонки будинку, як, зокрема, двері, вікна, вентиляція, стіни, підлога, дах тощо, можливо своєчасно попередити значні енерговитрати та заощадити значні кошти, призупинивши руйнівні процеси в житлових будинках та промислових спорудах. Саме цим і пояснюється значна зацікавленість у багатьох, насамперед розвинених, країнах до створення та експлуатації такої апаратури.

На жаль, в Україні відсутній серійний випуск такої апаратури, хоча є усі передумови для цього – значний досвід, наявність фахівців та промислові потужності як для створення детекторів теплового випромінення, так і для розробки апаратури на їх основі.

Мета роботи – розглянути вимоги, що висуваються до апаратури теплового контролю, яка застосовується при будівництві та експлуатації промислових і житлових споруд, а також визначити структуру та принцип дії такого тепловізійного комплексу, який би достатньою мірою відповідав цим вимогам.

Особливості тепловізійної апаратури та вимоги до неї під час її застосування у теплому аудиті. Тепловізійна камера (ТПК) перетворює енергію теплового випромінення досліджуваного об’єкта в електричний сигнал, який може бути перетворений у видиме зображення на електронному видошукачі або відеомоніторі. Таке зображення є дуже інформативним щодо теплових властивостей об’єкта і забезпечує швидке, наочне та об’єктивне теплове інспектування.

Складнощі, пов’язані з відмінністю видимого та теплового зображень, а також з отриманням числових даних про розподіл температури на поверхні об’єкта (викликаних наявністю таких чинників, як, зокрема, зміна коефіцієнта теплового випромінення залежно від досліджуваних матеріалів, флуктуація теплової провідності, сторонні джерела теплового випромінення тощо) переважно розглядаються як недолік ТПК. Проте завдання теплового аудиту полягає не тільки і не стільки у визначенні температури у числовому сенсі, але й у якісному порівнянні фрагментів об’єкта з різними тепловими характеристиками [2].

Для застосування у теплому аудиті ТПК має відповідати таким основним вимогам, як:

- достатня розповсюдженість застосовуваних комплектуючих, насамперед теплового детектора, та поміркована ціна ТПК загалом, що уможливило б її поширене застосування;
- здатність роботи у температурному діапазоні, типовому для житлових будівель і промислових споруд (-20...+50 °С);
- тепла і просторова роздільні здатності, що забезпечують необхідну якість теплового зображення;
- масгабарити та енергоспоживання, що відповідають вимогам щодо автономної переносної апаратури;
- можливість оперативного відтворення отриманого зображення;
- стандартний телевізійний сигнал на виході ТПК;
- значний ресурс роботи;
- простота керування;
- достатньо розвинені сервісні функції.

Остання вимога може бути конкретизована як можливість:

- формування не тільки напівтонових, але й якісних псевдокольорових зображень, супроводжуваних, з метою полегшення їх дешифрації, відповідними чорно-білою чи кольоровою шкалами;
- покадрового накопичення зображення для покращання його якості;
- фіксації у енергонезалежній пам'яті отриманих теплових зображень;
- зв'язку з персональним комп'ютером (PC).

З цією метою ТПК повинна бути обладнана цифровим відеопроцесором покадрового оброблення сигналу в реальному часі.

Можливості ТПК значно розширюються у разі її сумісної роботи з допоміжною телевізійною камерою. Додаткове отримання зображення досліджуваного об'єкта у видимому діапазоні сприяє швидкій орієнтації оператора, а головне, збільшує точність координатної прив'язки ділянок теплового зображення (рис. 1).

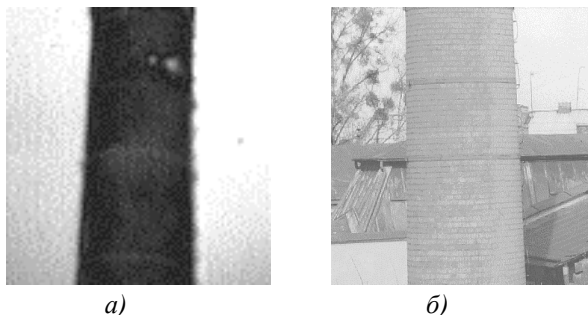


Рис. 1. Димар котельні Львівської політехніки: а – теплове; б – видиме

Пропонована структура тепловізійного комплексу. Усім вищезазначеним вимогам відповідає дводіапазонний тепловізійний комплекс, що містить у своєму складі основний канал формування піросигналу та допоміжний – формування відеосигналу, відеопроцесор і видошукач (рис. 2).

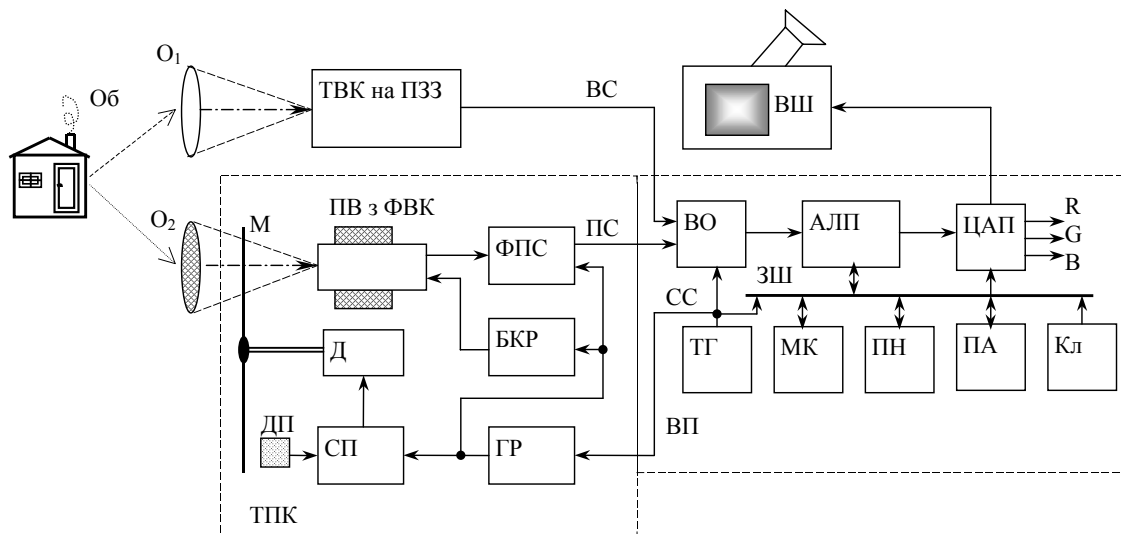


Рис. 2. Структура дводіапазонного тепловізійного комплексу:

- Об – досліджуваний об'єкт; O_1, O_2 – об'єктиви каналів видимого та ІЧ-діапазонів; ТВК – ПЗЗ-камера; ТПК – тепловізійна камера; М – модулятор ІЧ-випромінювання; ДП – давач положення модулятора; ПВ – піровідикон; ФВК – фокусуюче-відхилювальний комплекс; Д – двигун; СП – синхропривід; ФПС – формувач піросигналу; ГР – генератор розгортки; ВС, ПС – відео- та піросигнали; ВШ – видошукач; ВП – відеопроцесор; ВО – вузол оцифровування; АЛП – арифметико-логічний пристрій; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; ТГ – тактовий генератор; МК – мікроконтролер; ПН, ПА – пам'ять відповідно накопичення та архіву; Кл – клавіатура; СС – синхросигнали телевізійної розгортки; ЗШ – загальна шина; R, G, B – сигнали кольорового видимого або псевдокольорового теплового зображень

В основному каналі інфрачервоний (ІЧ) об'єktiv O_2 передає на мішень піровідикона ІЧ-випромінювання досліджуваного об'єкта. Мішень сприймає зміну в часі ІЧ-випромінювання (цю

зміну забезпечує періодичне переривання випромінювання спіралеподібним модулятором, який обертається двигуном, що живиться від вузла синхроприводу) та створює на своїй поверхні відповідний електричний заряд. Цей заряд зчитується електронним променем та передається на формувач піросигналу. Растрову розгортку променя забезпечують фокусує-відхилювальний комплекс, блок керування режимом та генератор розгортки. На час зворотного ходу блок керування режимом переводить піровідикон у режим “швидких електронів” для забезпечення формування т. зв. “п’єдесталу”, стосовно рівня якого формується корисна складова піросигналу.

Зображення, отримане у видимому діапазоні випромінювання, формується у допоміжному каналі за допомогою об’єктива O_1 та ПЗЗ-відеокамери.

Для забезпечення різномасштабності зображень, отриманих у ІЧ та видимому діапазонах, оптичні параметри O_1 та O_2 , а також розміри мішеней обох детекторів повинні бути якомога ближчими. Почергова обробка обох зображень здійснюється у відеопроцесорі (при цьому обробка відеосигналу передбачає лише його оцифрування з метою подальшого запису в енергонезалежну пам’ять архіву). Сформовані у режимі реального часу та запам’ятовані зображення можуть бути відтворені видошукачем за допомогою ЦАП, а також передані у РС через послідовний інтерфейс RS-232. Обмін між вузлами відеопроцесора здійснюється по загальній шині. Режими роботи відео-процесора та комплексу загалом задаються оператором з клавіатури.

Наявність видошукача дає змогу оператору легко контролювати процес запису зображень як у напівтоновому, так і у псевдокольоровому поданні.

Обробка теплового зображення. Корисні складові піросигналу за відкритого і закритого модуляторів мають протилежну полярність, при цьому полярність п’єдесталу не змінюється. Покадрове віднімання в арифметико-логічному пристрої (АЛП) піросигналів, отриманих у різних фазах роботи модулятора, дає змогу приблизно удвічі збільшити амплітуду корисної складової та значно зменшити вплив завад – насамперед складової п’єдесталу. АЛП може також працювати у режимі покадрового накопичення; при цьому усереднення заданої кількості накопичених кадрів уможливує значно покращити якість теплового зображення за рахунок усунення з піросигналу складових несинхронних завад. Сформовані кадри теплового зображення так само, як і кадри видимого, можуть бути відтворені на видошукачі, записані у пам’ять архіву (де можуть бути запам’ятовані кілька десятків зображень), та передані у РС, де відбувається подальше програмне оброблення отриманих зображень, зокрема, подання теплового зображення у трьох варіантах (початкове напівтонове, псевдокольорове та інверсне напівтонове) з метою полегшення його дешифрації (рис. 3).

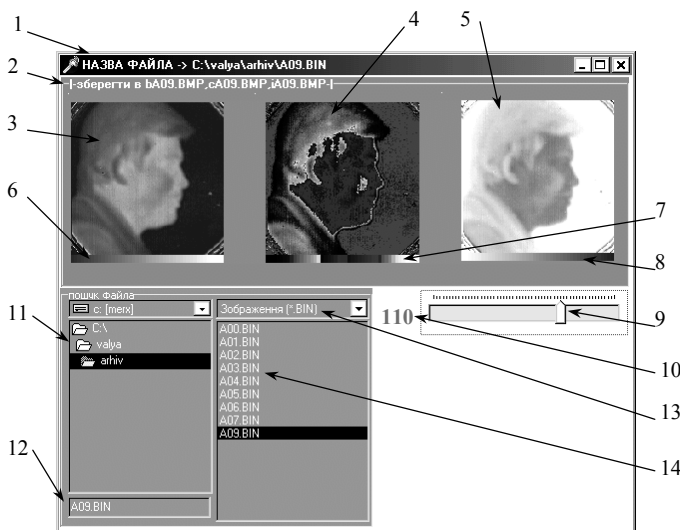


Рис. 3. Робоче вікно програмного комплексу. Елементи вікна:

- 1 – заголовок вікна програми; 2 – список імен результуючих файлів, у які перетворюється початкове зображення; 3, 4, 5 – початкове, псевдокольорове та інверсне зображення; 6, 7, 8 – градаційні шкали; 9 – лінійка прокрутки для зміни значення контрастності; 10 – поточне значення контрасту; 11 – дерево каталогів поточного диска; 12 – назва оброблюваного файлу; 13 – активне розширення вхідних файлів; 14 – список файлів у поточному каталозі

Загалом подальша розробка програмного забезпечення комп'ютерної обробки та створення банків даних отриманих дводіапазонних зображень має великі перспективи, оскільки вона дає змогу значно підвищити ефективність діагностики стану будівель та попередження аварійних ситуацій під час їх експлуатації.

Висновки. Пропонований дводіапазонний тепловізійний комплекс може стати зручним і дієвим засобом контролю порушень і відхилень як у процесі будівництва, так і під час експлуатації житлових будівель і промислових споруд. Зручність і простота керування комплексом, широкий спектр його сервісних функцій і можливостей, наявність діючого макетного взірця, менша, ніж у закордонних аналогів, передбачувана ціна реалізації є серйозними аргументами на користь впровадження такого комплексу у серійне виробництво.

1. Бродський М., Гой В., Зеленовський Ю., Кондратов П. *Тепловізійний аудит промислових та житлових об'єктів // Проблеми економії енергії.* – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2001. – С.197–198. 2. Госсорг Ж. *Инфракрасная термография. Основы, техника, применение.* – М.: Мир, 1988. – 216 с.

УДК 621.397+681.723

В.І. Шклярський, Ю.М. Матієшин
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіоелектронних пристроїв і систем

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МІКРООБ'ЄКТА ТЕЛЕВІЗІЙНИМ ОПТИЧНИМ СКАНУВАЛЬНИМ МІКРОСКОПОМ У ДВОТАКТНОМУ РЕЖИМІ ВИМІРЮВАННЯ

© Шклярський В.І., Матієшин Ю.М., 2007

Проаналізовано особливості використання телевізійного оптичного сканувального мікроскопа у двотактному режимі роботи для визначення швидкості руху мікрооб'єкта та похибок, що виникають при цьому, а також два варіанти роботи мікроскопа з точки зору способу сканування: 1) сканування із забезпеченням послідовного підсвічення усіх положень сканувальної плями в рядку, що відповідають заданим координатам (неперервне сканування); 2) сканування формуванням положень сканувальної плями в рядку, що відповідають заданим координатам, за допомогою сходящого сигналу рядкової розгортки (дискретне сканування).

Paper is consist of analysis of the television optical scanning microscope peculiarities in double time work mode for determination of the microobject velocity and errors which are arise attached to this. Analyzed two versions of microscope working by mean of scanning method: 1) Scanning with the consecutive lighting of the all scanning spot positions in a row with corresponding coordinates which are set providing (continuous scanning); 2) Scanning by the way of scanning spot positions in a row forming with corresponding coordinates by the stairs signal of row evolve (stepping scanning).

Вступ. У роботі [1] проаналізовано однорядковий однотоктний режим роботи телевізійного оптичного сканувального мікроскопа з точки зору точності визначення швидкості руху мікрооб'єкта та максимального значення швидкості, що вимірюється.

Однорядковий двотактний режим роботи телевізійного оптичного сканувального мікроскопа відрізняється від однотоктного тим, що сканування мікрооб'єкта в рядковому режимі відбувається двічі і отримані при цьому два сигнали від фотоприймача, що виникають за повного чи часткового суміщення сканувальної плями та мікрооб'єкта, використовують з метою визначення місцеположення мікрооб'єкта в рядку під час першого та другого сканування.