

Alina Wróbel

CYFROWA REJESTRACJA W KAMERZE TERMOWIZYJNEJ AGA 780 I MOŻLIWOŚCI JEJ WYKORZYSTANIA

1. Wstęp

Kamera termowizyjna AGA 780 pozwala na otrzymanie widzialnego obrazu temperatury powierzchni obserwowanego obiektu na ekranie monitora. Obraz ten tworzony jest z częstotliwością 25obr/sek czyli praktycznie otrzymywany jest obraz w czasie rzeczywistym. Pomiary wartości temperatury, bądź jej różnic dokonuje się na ekranie monitora kamery termowizyjnej. Często dla celów dokumentacji niezbędna jest rejestracja termogramów.

Kamery firmy AGEMA wyposażone były w różnorodne systemy rejestracji termogramów. Podstawowym sposobem rejestracji była czarno-biała fotografia ekranu monitora. Termogram można było zarejestrować również na fotografii barwnej, taśmie magnetofonowej, kasecie video, lub w sposób cyfrowy. Obraz zarejestrowany na taśmie magnetofonowej, video lub cyfrowo można było z powrotem odtworzyć na monitorze kamery i dokonywać na nim pomiarów.

Kamery obecnie produkowane przez firmę AGEMA są standardowo wyposażane w cyfrową rejestrację obrazów a ich odtwarzanie i dalsza obróbka przeprowadzana jest w komputerze. Kamery starszych typów można wyposażyć w cyfrowy rejestrator obrazów, otrzymując sprawnie i nowoczesnie działające urządzenie. Optyka i mechanika kamer termowizyjnych nie uległa znaczącym zmianom w ostatnich latach, więc kamera starszego typu wyposażona w nowoczesny rejestrator nie odbiega bardzo jakością od kamer obecnie produkowanych, natomiast koszt modernizacji stanowi kilka procent kosztu zakupu nowej kamery.

2. Opis modernizacji

W referacie omówiona jest modernizacja kamery AGA 780 wykonana przez Przedsiębiorstwo Usługowo-Wytwórcze i Handlu "PAE" z Poznania.

Celem modernizacji było wyposażenie kamery w cyfrowy rejestrator obrazów oraz oprogramowanie umożliwiające odtworzenie i obróbkę termogramów przy pomocy komputera. Zadanie to można zrealizować zasadniczo dwoma sposobami:

- sprzęgnięcie kamery z komputerem poprzez interfejs dokonujący zamiany sygnału analogowego na cyfrowy w systemie on-line
- wyposażenie kamery w rejestrator cyfrowy pozwalający na zapis termogramów na standardowych dyskietkach; odtwarzanie i przetwarzanie termogramów wykonywane jest w komputerze.

Warunkiem dość istotnym jaki sobie postawiono było, aby kamera po modernizacji pozostała nadal aparaturą typu przenośnego, czyli miała małe gabaryty, ciężar i mogła pracować przy zasilaniu akumulatorowym. Dlatego wybrano drugi wariant modernizacji kamery.

Cyfrowy rejestrator obrazów jest mikrokomputerowym urządzeniem przeznaczonym do współpracy z termowizorem AGA 780. Pozwala na rejestrację obrazów pochodzących z monitora analogowego kamery. Przetworzenie obrazu na postać cyfrową zapewnia przetwornik A/C. Realizuje on również funkcję standaryzacji sygnału wizyjnego dla potrzeb obróbki w komputerze. Termogram w postaci cyfrowej może być zapisany w bloku pamięci rejestratora jako pojedynczy obraz lub sekwencja obrazów. Zapis obrazów na dyskietkę umożliwia standardowa stacja dyskietek 3.5 cala, 720 kB. Komunikację użytkownika z urządzeniem zapewnia klawiatura wykonana z mikrowyłączników, chroniona folią przed dostępem pyłu (37 klawiszy alfanumerycznych, 6 funkcyjnych, 4 kursora); oraz dwuwierszowy wyświetlacz typu LCD. Rejestrator obrazów wbudowany został w obudowę monitora po usunięciu podzespołu realizującego termoprofil (funkcja termoprofilu obecnie jest realizowana programowo).

Zaletą tego rozwiązania jest niezwiększenie się wymiarów i ciężaru kamery, a także uniknięcie łączenia kolejnego zespołu kablem, co nieraz utrudnia pracę w terenie. Rejestrator nie wymaga odrębnego zasilania, jest zasilany równocześnie z kamerą z sieci lub akumulatora.

Funkcje rejestratora

Możliwe do wykonania są następujące operacje:

- formatowanie dyskietki
- przeglądanie zawartości dyskietki (przez wyświetlenie nazw obrazów na wyświetlaczu)
- usunięcie obrazu z dyskietki
- wybranie rodzaju zapisu obrazu
- zapis obrazu z pamięci na dyskietkę
- opis nazwy i parametrów obrazu z klawiatury.

Rodzaje zapisu obrazów:

- pojedynczy
- seryjny (n kolejnych obrazów ; max 32)
- okresowy (zapis n obrazów - max 32 z zadaniem odstępem od 1/25 do 40 sekund).

Sposób rejestracji obrazu.

Po włączeniu kamery rejestrator jest gotowy do pracy a parametry obrazu są automatycznie wyzerowane. Aby przystąpić do rejestracji należy:

- ustawić (wybrać z menu) pożądany rodzaj zapisu obrazu
- włożyć sformatowaną dyskietkę do stacji.

Naciśnięcie klawisza "ZAPIS" powoduje rejestrację aktualnego obrazu do bufora pamięci. Ponowne naciśnięcie "ZAPIS" powoduje pojawienie się zapytania o edycję parametrów obrazu. Wartości parametrów należy wpisać z klawiatury rejestratora dla pierwszego obrazu rejestrowanego po włączeniu kamery lub po zmianie wartości parametrów. W przypadku rezygnacji z zapisu wartości parametrów obrazu, termogram zostanie zarejestrowany z parametrami poprzednio wpisanymi (dla pierwszego obrazu będą to wartości zerowe). Przy rejestracji zawsze należy podać nazwę obrazu, ponieważ system sprawdza czy obraz o danej nazwie nie został już zapisany na dyskietce. Komunikat "CZEKAJ" na wyświetlaczu oznacza,

że następuje przepisywanie obrazu wraz z opisami na dyskietkę - trwa to około 15 s. Po zakończeniu przepisywania rejestrator jest gotowy do zapisu kolejnego obrazu. Przepisanie na dyskietkę serii obrazów odbywa się w sposób ciągły, wtedy system w rozszerzeniu nazwy obrazu wpisuje numer obrazu w serii.

Zarejestrowany obraz jest w standardzie AGA i na standard IBM PC należy go przetłumaczyć; służy do tego program "AGA IBM".

3. Oprogramowanie do opracowania cyfrowych obrazów termalnych

Oprogramowanie PAEAT3C przeznaczone jest do przetwarzania obrazów zapisanych w standardzie IBM PC. Wykonane zostało również przez firmę PAE na podstawie założeń opracowanych wraz z autorką referatu.

Termogram może być odtworzony na ekranie komputera w 16 kolorach w postaci barwnej, lub w 16 stopniach szarości w postaci czarno-białej pozytywowej lub negatywowej.

System składa się z kilku programów realizujących następujące funkcje:

- prezentacja serii zobrazowań: wyświetlenie na ekranie komputera od 1 do 6 termogramów wraz z podpisami
- powiększenie zobrazowania
- prezentacja termogramu w postaci reliefu
- wymazywanie fragmentów obrazu
- wyodrębnianie obszarów izotermicznych
- odejmowanie zobrazowań
- wykonywanie profilów poziomych, pionowych oraz wzdłuż dowolnej prostej
- prezentacja sekwencji zobrazowań (max 14) z równoczesnym profilem termalnym wzdłuż wybranej linii poziomej oraz wykresem zmiany temperatury w wybranym punkcie termogramu na kolejnych obrazach
- filtracja górno- i dolnoprzepustowa
- obliczanie bezwzględnych wartości temperatury z uwzględnieniem współczynnika emisyjności
- histogram procentowego udziału poszczególnych przedziałów temperatury w całkowitej powierzchni obrazu .

4. Uwagi o wykorzystaniu zmodernizowanej kamery

Technika pracy kamerą z rejestratorem zależy od celu, jakiemu ma służyć opracowanie termograficzne. Cel opracowania determinuje bowiem dokładność pomiarów w sensie temperatury i geometrii; a więc dobór odpowiednich parametrów przysłony, zakresu termalnego, odległości obrazowania.

W czasie zobrazowania należy zwracać szczególną uwagę aby interesujący przedział temperatur obiektu znalazł się w zakresie pomiarowym kamery.

Jeżeli wynikiem opracowania termograficznego ma być rozkład temperatury na obserwowanej powierzchni to praca jest prosta i nie wymaga dodatkowych informacji ponad zarejestrowany termogram.

Jeżeli termogram posłuży do interpretacji procesu cieplnego jaki zachodzi na danym obiekcie to wraz z rejestracją termogramów należy zebrać inne dane o badanym obiekcie np.: ogrzewanie, chłodzenie, temperatura wnętrza, temperatura i charakter otoczenia, rodzaj materiału obiektu, stan powierzchni itp.

Rejestrator obrazów pozwala na kameralne opracowanie termogramów. Skracą się czas pracy na obiekcie co jest niewątpliwą zaletą. Fakt, że rejestrowane są pojedyncze obrazy zmusza do starannego ich kadrowania w momencie rejestracji. Przymus starannego kadrowania odczuwany jest jako niedogodność pracy terenowej, ale jest ułatwieniem prac kameralnych, bo łatwiej opracowywać jest starannie wykadrowane obrazy.

Porównanie cyfrowego systemu dyskowego z innymi (wybranymi) systemami rejestracji termogramów:

- fotografia czarno-biała: trudność pomiarów termicznych na zdjęciach tonalnych; możliwość rejestracji na jednym zdjęciu jednej izotermy utrudniała rejestrację procesu cieplnego zmiennego w czasie; duża pracochłonność; uciążliwa obróbka fotochemiczna zdjęć

- fotografia barwna przez filtry umożliwiała zarejestrowanie na jednej klatce całej skali barwnej, ale z uwagi na długi czas rejestracji nadawała się do zapisu obrazów stabilnych termicznie; uciążliwa obróbka fotochemiczna zdjęć

- taśma magnetofonowa umożliwiała rejestrację w czasie rzeczywistym, ale ponieważ odtworzenie obrazu odbywało się na ekran monitora kamery, więc otrzymanie dokumentu wymagało użycia jeszcze jednej techniki rejestracji np. fotografii

- video umożliwia rejestrację dużej ilości termogramów w czasie rzeczywistym: przy odtwarzaniu można obraz zatrzymać, ale sporządzenie dokumentacji wymaga użycia innej techniki np. fotografii lub rejestracji cyfrowej i przetworzenia komputerowego; wprowadza niestety dość często zakłócenia do zarejestrowanych obrazów.

- pamięć komputera pracującego on-line z kamerą pozwala na rejestrację większej ilości obrazów (zależnie od pojemności pamięci) oraz umożliwia przetwarzanie termogramów w miejscu wykonywania pomiarów. Wadą jest rozbudowanie sprzętowe systemu, co może być uciążliwe w trudnych warunkach terenowych.

Zmodernizowana kamera AGA 780 z cyfrową rejestracją obrazów pracuje od grudnia 1993r. Do tej pory zarejestrowano kilkaset termogramów. Wykonywano badania termowizyjne budynków mieszkalnych oraz pieców do produkcji szkła.

Na załączonych rysunkach pokazane zostały przykładowe termogramy fragmentów pieca szklarskiego. Rys.1 przedstawia termogram fragmentów sklepienia pieca wraz z jego analizą termalną. Analiza ta to zamiana sygnału na obraz barwny lub tonalny czarno-biały; obliczenie bezwzględnych wartości temperatur oraz ich histogramu. Rys.2 przedstawia fragment dna pieca szklarskiego. Jaśniejszy obszar to miejsce o wadliwej izolacji. Wada ta wykryta w porę pozwoliła na podjęcie działań technicznych (m.in. odpowiednie chłodzenie) umożliwiających dalszą bezpieczną eksploatację.

Ponieważ opracowanie tych obiektów wymagało wykonania dużej liczby termogramów, bez ich cyfrowej rejestracji byłoby to wręcz niemożliwe. Wyeliminowana została bowiem uciążliwa rejestracja fotograficzna w terenie, co zwłaszcza w bardzo trudnych warunkach panujących przy piecach szklarskich miało olbrzymie znaczenie.

Automatyzacja rejestracji i obliczania bezwzględnych wartości temperatury wyeliminowała niektóre błędy np. błąd odczytu izotermy na skali monitora, błąd odczytu z krzywej kalibracji.

Zarejestrowany obraz jest w pewnym sensie uniwersalny. Jego analizę można wykonać w warunkach kameralnych wybierając najdogodniejszą formę prezentacji termogramu (obraz czarno-biały, barwny, relief, profil itp). Możliwości przetwarzania termogramów są bardzo różnorodne np. tworzenie "termogramu statystycznego", odejmowanie termogramów. Można łatwo rozbudować system o nowe specjalistyczne oprogramowanie.

System jest sprawny, niezawodny aczkolwiek zdobyte doświadczenia wskazują na możliwość i potrzebę pewnych dalszych udoskonaleń.

Kamera z cyfrowym rejestratorem i systemem komputerowego przetwarzania obrazów jest wsłaniałym narzędziem do śledzenia procesów cieplnych. O ostatecznej jakości opracowania w dużej mierze decydują umiejętności i doświadczenie człowieka. Są one nie do zastąpienia przez automatykę na etapie doboru metodyki pomiarowej do celu badań i warunków panujących w otoczeniu obiektu, oraz przy interpretacji zarówno samych termogramów jak i zjawisk opisanych za pomocą obrazów w podczerwieni termalnej.

Literatura: 1. Rejestrator dyskowy RD-32 instrukcja obsługi. Przedsiębiorstwo Usługowo Wytwórcze i Handlu PAE sp. z o.o., Poznań 1993

Recenzował: dr inż. Adam Boroń

dr inż. Alina Wróbel
Zakład Geodezji Inżynieryjnej i Budownictwa
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie