

FLIR i7

Termowizja dla każdego

Termowizja, mimo że nie jest nową dziedziną techniki, stosunkowo niedawno trafiła do powszechnego użytku. Stało się tak głównie ze względu na spadek cen gotowych urządzeń. Oczywiście, również i współcześnie można spotkać w handlu kamery termowizyjne o cenie przekraczającej 100 tysięcy złotych, jednak są to urządzenia wyspecjalizowane, wyposażone w sensory o dużej rozdzielczości. Takie kamery termowizyjne, mocowane np. do helikopterów, służą do wyszukiwania miejsc potencjalnych uszkodzeń linii energetycznych. Alternatywą dla przeciętnego użytkownika są kamery o mniejszych rozdzielczościach, które są wielokrotnie tańsze, a mimo to oferują nieocenione usługi.

Komu tak naprawdę potrzebna jest termowizja? Malkontenci zapewne powiedzą, że przez tyle lat radziliśmy sobie bez niej, więc po co teraz np. służbom utrzymania ruchu w zakładzie przemysłowym kamera termowizyjna? Po co wydawać pieniądze?

Obraz termiczny niesie ze sobą mnóstwo informacji, które trudno jest zdobyć w inny sposób. Owszem, temperaturę można zmierzyć bezdotykowo pirometrem (są w niego wyposażone np. multimetry Extech), jednak jest to pomiar punktowy i trudno na jego podstawie wysnuć wnioski odnośnie do rozkładu temperatur. Aby go uzyskać, na jakimś szkicu obiektu trzeba by było nanosić ręcznie wyniki pomiarów punktowych. Mimo tej mrowczej pracy, pewnie i tak pewne obszary zostałyby pominięte.

Dzięki kamerze termowizyjnej cała opisana wyżej praca staje się niepotrzebna, ponieważ rozkład temperatury można zobaczyć bez większego trudu. Na obrazie termicznym widać obszary zimniejsze i cieplejsze o kolorach zależnych od oprogramowania. Abs-



Dodatkowe informacje:
Transfer Multisort Elektronik
93-350 Łódź, ul. Ustronna 41,
tel.: 042-645-55-35, faks: 042-645-54-96,
e-mail: flir@tme.pl, www.tme.pl

trahując jednak od kolorów, które mogą być różne w różnych urządzeniach (choć stosowane są pewne przyjazne użytkownikowi standardy), istotna jest sama informacja, na podstawie której można wyciągnąć wnioski odnośnie do jakości izolacji termicznej, funkcjonowania podzespołów czy nawet poziomu cieczy w metalowym nieprzeźroczystym zbiorniku.

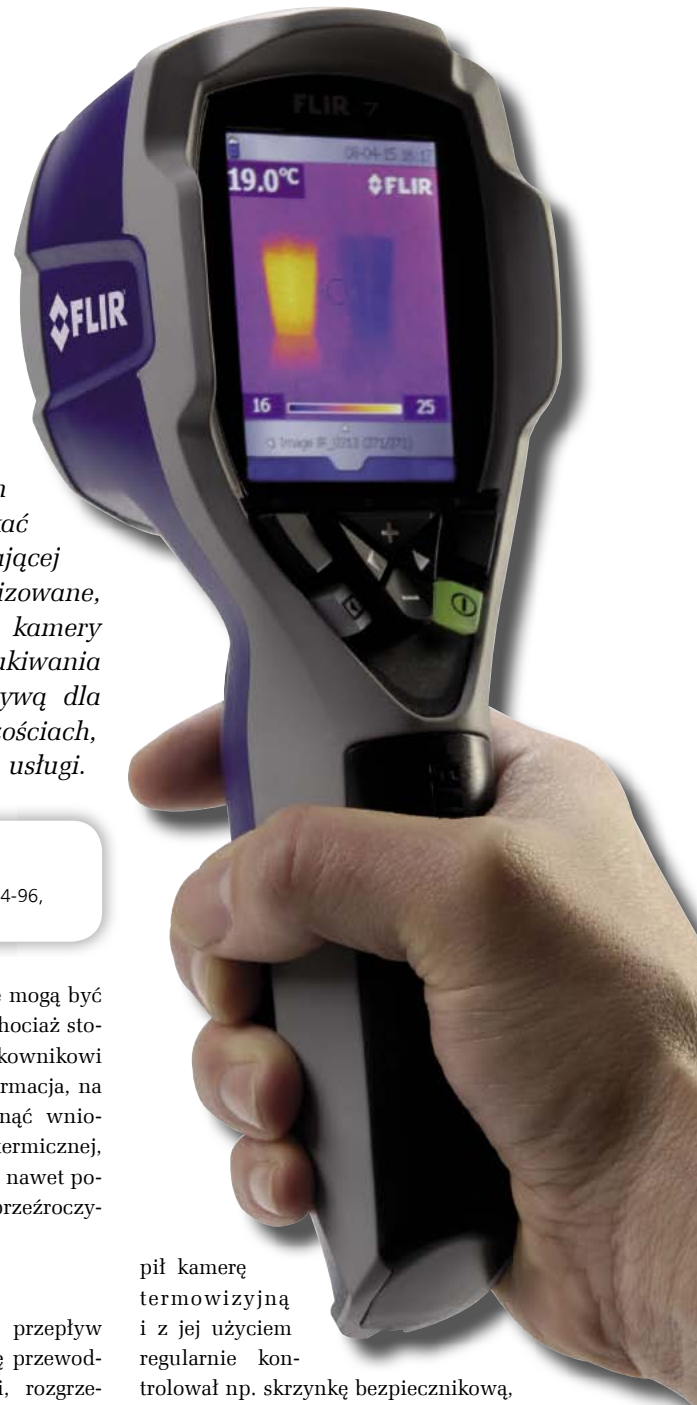
Wystarczy rzut oka

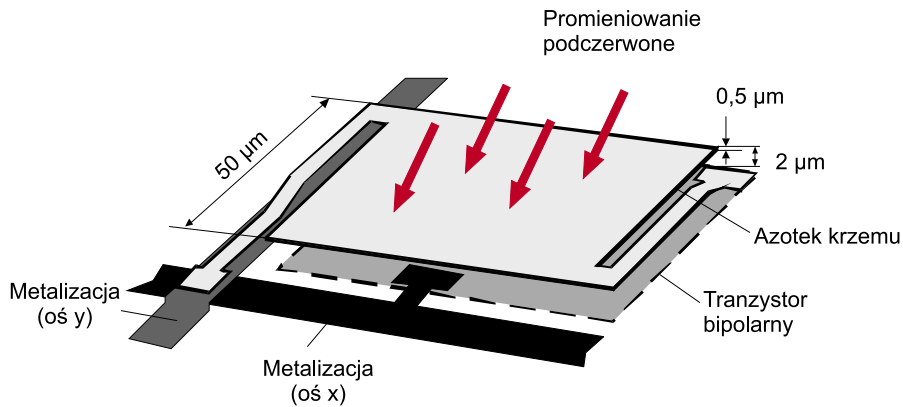
W warunkach rzeczywistych przepływ prądu powoduje rozgrzewanie się przewodnika. Miejscami newralgicznymi, rozgrzewającymi się do najwyższej temperatury, są zwykle punkty styku czy połączenia – to właśnie tam rezystancja jest największa. Moc wydzielana na rezystancji jest zależna od natężenia płynącego przez nią prądu oraz wartości rezystancji. Dobrze, jeśli rezystancja jest stała, a natężenie prądu nie przekracza wartości dopuszczalnych dla danego złącza. Gorzej, gdy na skutek korozji, przeciążenia, awarii lub błędów w projekcie, graniczne wartości są przekraczane i miejsce styku rozgrzewa się do znacznej temperatury. W konsekwencji może to doprowadzić do uszkodzenia izolacji, jej zapłonu i spowodować np. przestój linii produkcyjnej lub jeszcze gorzej – pożar zakładu. Dotyczy to nie tylko instalacji przemysłowych, ale również naszych gospodarstw domowych. Oczywiście trudno wymagać od użytkownika domowego, aby ku-

pił kamerę termowizyjną i z jej użyciem regularnie kontrolował np. skrzynkę bezpiecznikową, ale moim zdaniem powinni to regularnie wykonywać (lub zlecać) administratorzy budynków i osiedli mieszkaniowych. Pozwoliłoby to uniknąć wielu nieszczęść, zwłaszcza zimą. Wystarczy rzut oka na obraz termowizyjny, aby stwierdzić, że coś jest nie tak.

Kamera termowizyjna przydałaby się administracji budynków również z innego powodu. Otóż obraz termiczny pozwala zlokalizować miejsca potencjalnego słabiej izolowane termicznie i zaoszczędzić pieniądze wydawane na ogrzewanie. Dzięki niemu można również lokalizować miejsca przebiegu rur, zawilgocone mury, a w pewnych warunkach oszacować miejsce np. zatkania instalacji kanalizacyjnej lub zamrznięcia rury wodociągowej.

Obraz z kamery termowizyjnej to również doskonały materiał do badań dla osób





Rys. 1. Budowa czujnika mikrobolometrycznego

zajmujących się maszynami. Łatwo i szybko można na nim zlokalizować przegrzewające się łożyska, panewki, miejsca nadmiernego tarcia itp. Dzięki niemu istnieje możliwość reakcji na pojawiającą się, potencjalną możliwość, awarii zanim ta wystąpi, jak również zaplanować konieczne naprawy, zamiast wykonywać przysłowiowe, chaotyczne łatanie dziur.

FLIR i7

Na rynku trudno jest znaleźć produkt podobny do FLIR i7. Konkurenci są albo nie tak poręczni, albo znacznie więksi i drożsi. Zapewnie taka sytuacja nie będzie trwać zbyt długo, bo jest tylko kwestią czasu, kiedy inni zauważą produkt i zaczną go duplikować.

Użytkowanie kamery jest bajecznie proste. Żadnej ręcznie przeprowadzanej kalibracji, żadnych regulacji. Wystarczy włączyć, ewentualnie wybrać z menu rodzaje pomiaru i powierzchnię, skierować w stronę obiektu, a automatyka sama dokona wszelkich niezbędnych nastaw.

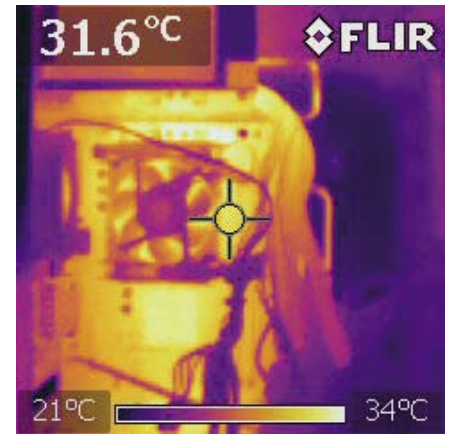
Na ekranie o przekątnej 2,8" otrzymuje się bardzo czytelny obraz termiczny, tj. rozkład temperatur obiektu normalnie niewidoczny dla nieuzbrojonego oka. Rolą wyświetlacza jest nie tylko pokazywanie obrazów termowizyjnych, ale również wyświetlanie menu użytkownika, obsługiwanego za pomocą kilku umieszczonych niżej klawiszy.

Trudno cokolwiek zarzucić estetyce ich wykonania, jednak moim zdaniem materiał, z którego są zrobione, jest zbyt sztywny, a klawisze \pm i lewo/prawo umieszczone są zbyt blisko siebie. Z tego powodu posługiwanie się menu nie zawsze jest komfortowe. Problematiczne jest np. naciskanie klawisza „+”. Klawisze są też za małe, aby można było obsługiwać menu, mając na rękach rękawiczki, co jest często konieczne podczas pracy w terenie.

Menu dostępne jest aż w 21 językach. Jest wśród nich również polski, co upraszcza obsługę urządzenia. Z drugiej strony korzystanie z menu jest tak proste, że nie powinno nastręczać trudności żadnemu przeciętnemu użytkownikowi telefonu komórkowego. Odpowiednie opisy wyświetlane są na ekranie, więc trudno cokolwiek pomylić. W zestawie można znaleźć również polską instrukcję, dostarczaną na płycie CD.

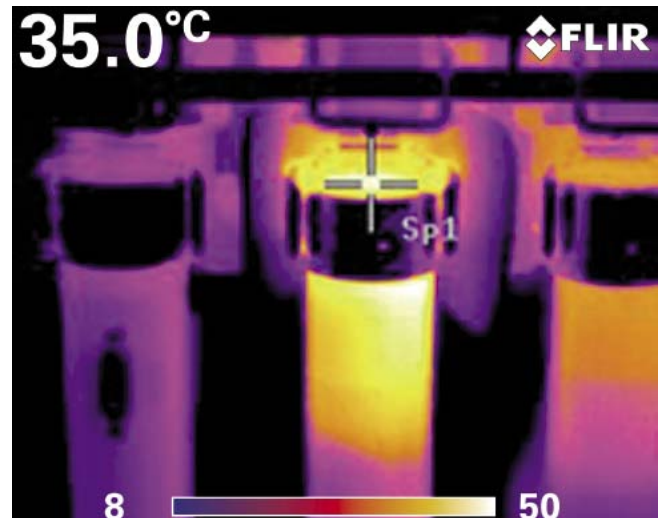
Sensor ma rozdzielczość 120×120 pikseli. Nie jest to dużo, jeśli odnieść to do tradycyjnych aparatów fotograficznych, ale całkiem sporo jak na kamerę termowizyjną. Dodajmy, że wykonanie sensora tego typu nie jest rzeczą łatwą, a to właśnie jego rozdzielczość będzie w głównej mierze rzutowała na ostateczną cenę produktu.

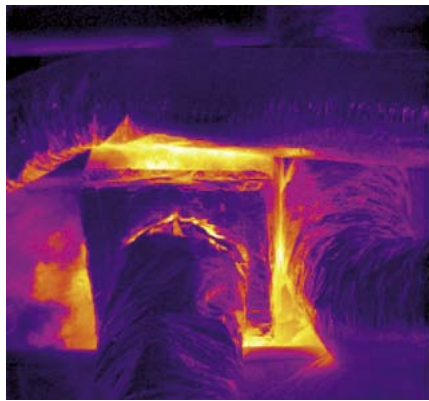
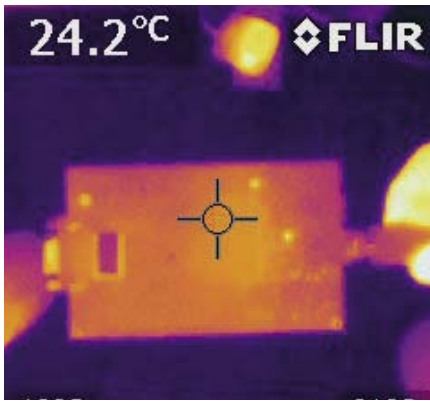
Podstawową częścią większości współczesnych kamer termowizyjnych jest matryca zawierająca miniaturowe czujniki



bolometryczne, które pełną rolę detektora termicznego. Elementy te są układami typu MEMS wykonywanymi na podłożu krzemowym, dzięki czemu proces technologiczny ich produkcji przebiega przy użyciu dobrze znanych i dostępnych na rynku urządzeń technologicznych. Podłoże krzemowe pozwala również wykonać w nim monolityczne układy obróbki sygnału otrzymywanego z czujnika. Podstawowym elementem mikrobolometru (rys. 1) jest płytka o grubości około $0,5 \mu\text{m}$ podtrzymywana na dwóch wspornikach zapewniających odpowiednio dużą rezystancję termiczną pomiędzy płytką i otoczeniem. Aktywnym materiałem detektora jest tlenek wanadu naparowany na płytce. Pochłania on padające na płytke promieniowanie podczerwone i rozgrzewa się, co wpływa na jej rezystancję. Zmiany rezystancji (pośrednio – temperatury) płytki sygnalizowane są przez monolitycznie zintegrowane obwody elektryczne położone poniżej wsporników. Sygnały z pojedynczych czujników zbierane są przez układ adresujący matrycę i przekształcający informację na postać analogową lub cyfrową. Typowa wielkość piksela mikrobolometru nie przekracza $50 \times 50 \mu\text{m}$, co pozwala na wykrycie promieniowania o mocy na poziomie pojedynczych nW (10^{-9} W).

Zasadniczą trudnością jest wykonanie jak najcieńszej płytki pochłaniającej i od-





dalonej od podłoża, co zapewnia niezbędną izolację termiczną. Powierzchnia płytki powinna być również możliwie duża po to, aby detektor miał dobrą czułość. Wszystkie te czynniki powodują, że wykonanie takiego detektora nie jest łatwe, a proces technologiczny kosztowny.

Ciekawostką jest fakt, że sensory mikrobolometryczne mogą być chłodzone, ale nie muszą. A przecież jeszcze w latach 70. uważano, że nie jest możliwy szybki pomiar promieniowania podczerwonego bez zastosowania specjalnych detektorów chłodzonych ciekłym azotem! Nie mam wiedzy na temat tego, co stosują naukowcy i czy nadal w tego typu obserwacjach i pomiarach do chłodzenia czujników używany jest ciekły azot. W zwykłych zastosowaniach cywilnych, jeśli matryca musi być chłodzona, robi się to z użyciem ogniwa Peltiera, które osiąga temperaturę rzędu -30°C i daleko mu do wymaganej kiedyś temperatury ciekłego azotu.

Sensor mikrobolometryczny kamery FLIR i7 zamknięty jest w estetycznej, trwałej obudowie z tworzywa sztucznego. Na rękojeści, pod gumową pokrywą, producent umieścił gniazda: USB, standardowej karty microSD oraz ładowarki. Pod nią, na wszelki wypadek, dodano też przycisk zerowania. W zestawie dostarczone są wszystkie niezbędne kable połączeniowe oraz karta microSD o pojemności 512 MB, co pozwala na zapisanie do 5 tysięcy zdjęć. Na przedzie tej samej rękojeści umieszczono duży przycisk wyzwalania zapisu – wystarczy go nacisnąć, aby obserwowany obraz został zapisany na karcie. Warto dodać, że wzmiankowana karta nie jest niezbędna do pracy. Nie mając karty, nadal można używać kamery przy zastrzeżeniu, że traci ona możliwość zapisu obrazów.

Na karcie zapisywane są wyłącznie obrazy termiczne. Nie ma funkcji czasami ułatwiającej dokumentowanie wykonanych pomiarów, w którą wyposażone są dużo droższe modele kamer, zapisujących jednocześnie obraz widzialny i termiczny. FLIR i7 adresowana jest po prostu do innej grupy użytkowników niż firmy zajmujące się profesjonalnym wykonaniem i dokumentowaniem pomiarów, a tego typu funkcjonalność ma

jedynie sens przy profesjonalnym tworzeniu protokołów pomiarowych.

Optyka kamery nie ma możliwości regulacji. Producent podaje, że jest ona ustawiona na uzyskiwanie najlepszego obrazu z odległości 50...60 cm. Dobrym pomysłem jest schowanie obiektywu za otwieraną ręcznie osłoną, ponieważ z kamerą na obiektach (jak mówi się w żargonie – w terenie) można napotkać różne warunki pracy.

Kolejnym bardzo dobrym pomysłem jest dodanie do kamery adapterów umożliwiających (fot. 2) podłączenie ładowarki do dowolnej, europejskiej sieci energetycznej. Dobrze znają te problemy osoby podróżujące np. do Wielkiej Brytanii lub do Włoch. Stosowane w Polsce gniazda sieci 230 VAC są konstrukcyjnie bardzo zbliżone do niemieckich, używanych chyba w przeważającej części Europy. Wzmiankowane państwa mają własne standardy, co skutecznie uniemożliwia podłączenie, polskiego wtyku, chyba że z zastosowaniem odpowiedniego adaptera. Dodatkowo, ładowarka ma bardzo szeroki zakres napięć wejściowych, bo rozciągający się od 90 aż do 260 VAC.

Dla wielu użytkowników ważny będzie też fakt, że akumulatory nie wymagają zbyt częstego ładowania, ponieważ wystarczają aż na przeszło 4 godziny pracy urządzenia. Zwykle czynności diagnostyczne, do których można zastosować kamerę FLIR i7, nie zajmują bardzo dużo czasu, więc śmiało można

założyć, że akumulatory kamery trzeba będzie ładować nie częściej niż raz w tygodniu.

Funkcjonalność

Oprócz wzmiankowanej wcześniej funkcji obserwacji i zapisu obrazów termicznych, kamera FLIR i7 może działać jak bardzo zaawansowany pirometr. Zależnie od wybranego trybu pracy, może ona mierzyć temperaturę wskazanego punktu, wyszukiwać punkt o najniższej lub najwyższej temperaturze lub wreszcie wskazywać kolorami tylko te obszary, które mają temperaturę wyższą albo niższą od zadanej.

Jak wspomniano wcześniej, kamera wyposażona jest w funkcję automatycznej kalibracji. Na wykonywanych przez nią zdjęciach jaśniejszym kolorem intuicyjnie oznaczane są miejsca najgorętsze. Nie należy jednak oczekiwać, że np. $+100^{\circ}\text{C}$ zawsze oznaczone będzie tak samo. Na dole ekranu wyświetlana jest odpowiednia skala, a procedura autokalibracji automatycznie dopasowuje obraz i jego kolory do zakresu mierzonych temperatur. Zakres mierzonych przez FLIR i7 temperatur to 0... 350°C (przy niepewności pomiaru równej 2%). Rozdzielczość w temperaturze 25°C wynosi 0,1°.

Ilość emitowanego przez ciało promieniowania podczerwonego może posłużyć do pomiaru temperatury. Jednak do tego celu konieczne jest wprowadzenie modelu ciała doskonale czarnego, tzn. takiego, któ-

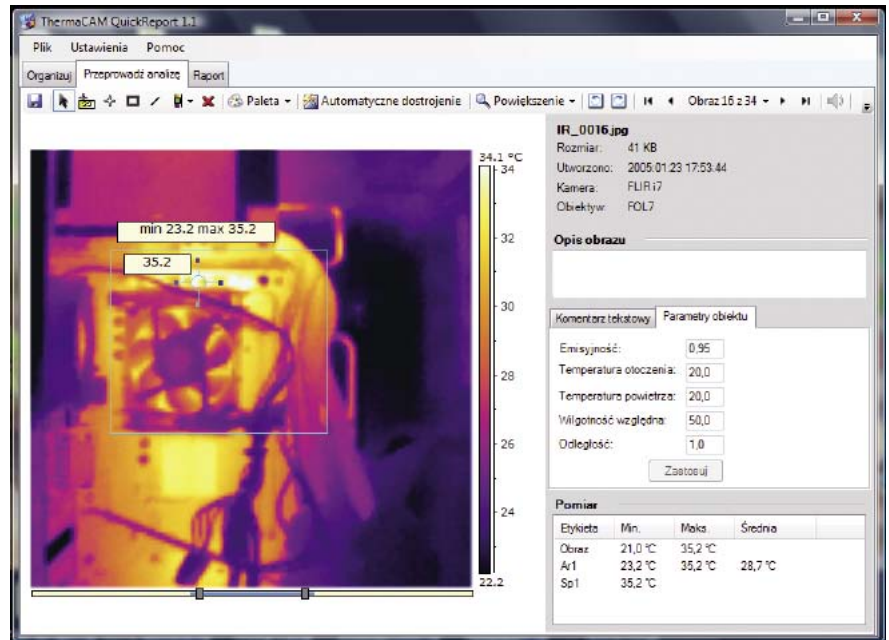


Fot. 2. Adaptery ładowarki

rego współczynnik emisyjności określający zdolność do emisji promieniowania $\epsilon=1$. Oznacza on, że ciało doskonale czarne nie promieniuje.

Jak być może pamiętamy z lekcji fizyki (nieśmiertelne pytanie o powód, dla którego uchwyty garnków, patelni, czajników itp. malowane są na czarno), zdolność do emisji promieniowania podczerwonego przez rzeczywisty obiekt jest zależna od jego składu chemicznego i rodzaju powierzchni. Z powyższych rozważań łatwo wysnuć wnioski, że porównywanie temperatury muru wykonanego z cegieł i zamocowanej na nim metalowej skrzynki wymaga wykonania odpowiednich obliczeń lub dwukrotnego wejścia w menu nastaw i wyboru różnych współczynników emisyjności. Kamera FLIR i7 umożliwia wybór typowo stosowanych współczynników (0,95 – powierzchnia matowa; 0,80 – półmatowa; 0,60 – lekko błyszcząca; 0,30 – błyszcząca), a po wejściu w menu nastaw zaawansowanych, wybór zarówno mierzonego materiału, które w pamięci kamery skojarzono z odpowiednimi współczynnikami emisyjności, jak i nastawy ręcznej, klawiszami kursora, co pozwala na dokładną jej kalibrację. Pomiar obejmuje promieniowanie podczerwone o długości 7,5...13 μm .

Zależnie od potrzeb i własnych preferencji, użytkownik ma możliwość wyboru odpowiedniej palety kolorów. Zwykle zapewne posłużymy się taką, którą producent nazwał „tęcza”, jednak do wyboru jest jeszcze „żelazo” wyświetlająca obraz w odcieniach takich, jakie znamy z hut (w kolorach od



Rys. 3. Wygląd ekranu program QuickReport

płynnego do zimnego żelaza) oraz „szary”, tj. pokazujący obraz w stopniach szarości.

Na tym koniec?

Kamera dostarczana jest w komplecie z programem Thermo CAM QuickReport (rys. 3) pracującym pod kontrolą systemu Windows. Podczas instalacji wgrany jest odpowiedni sterownik portu USB, dzięki któremu kamera traktowana jest przez system Windows jako pamięć masowa.

QuickReport to stosunkowo prosta aplikacja umożliwiająca dokonanie oceny obrazu termicznego (pomiar i wyszukiwanie ob-

szarów o najwyższej i najniższej temperaturze, powiększanie obrazów itp.), archiwizację oraz wykonanie dokumentacji wyników pomiarów. Nie jest to żadne bardzo zaawansowane narzędzie programowe, lecz raczej funkcjonalnie proste, łatwe w użyciu i przy tym użyteczne. Firma FLIR oferuje również inne programy do swoich kamer, lecz zapewne przeznaczone są one do tych bardziej zaawansowanych modeli i użycie ich z FLIR i7 raczej mija się z celem.

Jacek Bogusz, EP
jacek.bogusz@ep.com.pl

R E K L A M A

Przełącznik czasowy

AVT1535

- cztery tryby pracy:
 - odliczanie złączane poziomem
 - odliczanie po zaniku poziomu
 - poziom zmienia stan wejścia na przeciwny
 - stan wyjścia jest równy stanowi wejścia
- zakres nastawy czasu: 1...99s
- wyjście sterujące z separacją galwaniczną

www.sklep.avt.pl