

Henryk MADURA
Mariusz KASTEK
Tomasz SOSNOWSKI
Tadeusz PIĄTKOWSKI
Henryk POLAKOWSKI

POMIAR PARAMETRÓW OPTYCZNYCH I CZASOWYCH PASYWNEGO CZUJNIKA PODCZERWIENI

STRESZCZENIE *W artykule opisano budowę i zasadę działania pasywnego czujnika podczerwieni o dużym zasięgu wykrywania. Przedstawiono rozwiązanie układu optycznego czujnika oraz schemat funkcjonalny układu elektronicznego. Omówiono stanowisko pomiarowe do wyznaczania kątów pola widzenia w płaszczyźnie pionowej i poziomej czujnika. Ponadto stanowisko to umożliwia pomiar czasu reakcji czujnika i może być zastosowane do weryfikacji zgodności zakładanych w projekcie parametrów układu optycznego i elektronicznego czujnika z parametrami wykonanych czujników. Stanowisko to może być również stosowane w procesie produkcyjnym do kontroli parametrów różnego typu pasywnych czujników podczerwieni.*

Słowa kluczowe: *pasywne czujniki podczerwieni, systemy ochrony*

dr hab. inż. Henryk MADURA, prof WAT

e-mail: hmadura@wat.edu.pl

dr inż. Mariusz KASTEK

e-mail: mkastek@wat.edu.pl

dr inż. Tomasz SOSNOWSKI

e-mail: tsosnowski@wat.edu.pl

dr inż. Tadeusz PIĄTKOWSKI

e-mail: tpiatkowski@wat.edu.pl

dr inż. Henryk POLAKOWSKI

e-mail: hpolakowski@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna
Instytut Optoelektroniki

1. WSTĘP

Pasywne czujniki podczerwieni, pracujące w zakresie promieniowania podczerwonego (8–14 μm), są często stosowane w systemach ochrony do wykrywania intruzów (ruchomych obiektów i ludzi). Ze względu na swój pasywny charakter pracy są trudne do wykrycia, a odpowiednio dobrany widmowy zakres pracy czyni je mało czułymi na zakłócenia spowodowane promieniowaniem słonecznym. W pasywnym czujniku podczerwieni do systemów ochrony są stosowane najczęściej detektory piroelektryczne [1].

Istotną wadą obecnie dostępnych pasywnych czujników podczerwieni jest niska skuteczność wykrywania bardzo wolno przemieszczających się ludzi. Skuteczność wykrywania wolno poruszających się obiektów jest mała, gdyż zmiany promieniowania cieplnego od takich obiektów są zbliżone do fluktuacji termicznych tła. Ponadto, aby wykryć wolno poruszających się ludzi, dolna częstotliwość graniczna pasma przenoszenia toru elektronicznego pasywnego czujnika podczerwieni musi być bliska zero. Aby wykrywać czołgających się ludzi należy zastosować większą liczbę detektorów piroelektrycznych (więcej stref detekcji), wówczas każdy z detektorów będzie „widział” mniejsze pole obserwacji, co spowoduje wzrost prawdopodobieństwa wykrycia.

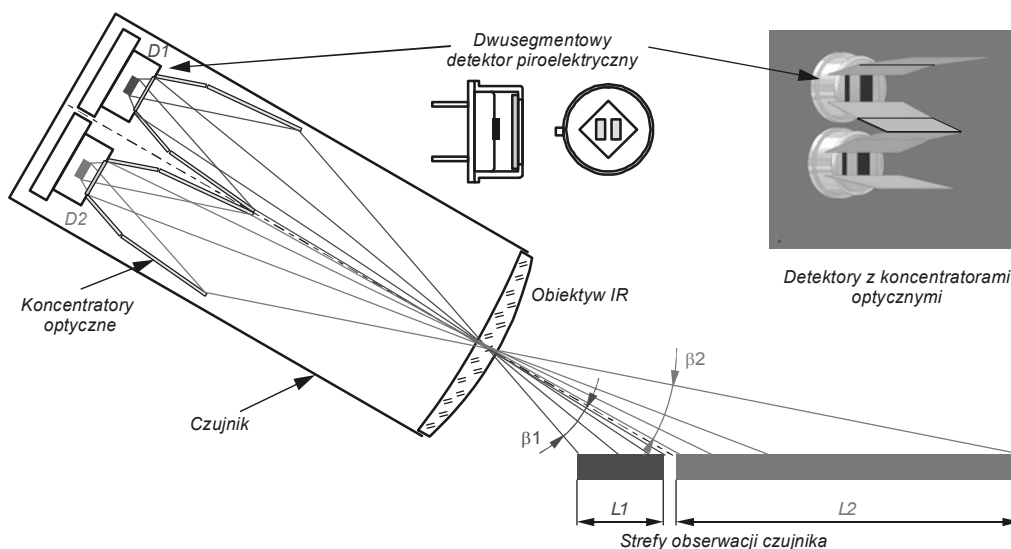
W celu zmniejszenia liczby fałszywych alarmów spowodowanych np. turbulencjami powietrza lub zmianami temperatury tła, następującymi wskutek promieniowania słonecznego w pasywnych czujnikach podczerwieni, najczęściej stosuje się detektory piroelektryczne z dwiema powierzchniami fotoczułymi (detekcyjnymi), a sygnał alarmowy określa się w oparciu o analizę różnicy ich sygnałów wyjściowych [2].

Wyróżnienie sygnału użytecznego (pochodzącego od obiektu) od sygnału szumowego oraz sygnałów zakłócających stanowi istotny problem badawczy szczególnie dla pasywnych czujników o dużym zasięgu wykrywania. Odpowiedni algorytm przetwarzania i analizy sygnału powinien zapewnić względnie duże prawdopodobieństwo wykrycia obiektu przy jednocześnie niewielkim prawdopodobieństwie fałszywego alarmu [3].

2. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA PASYWNEGO CZUJNIKA PODCZERWIENI

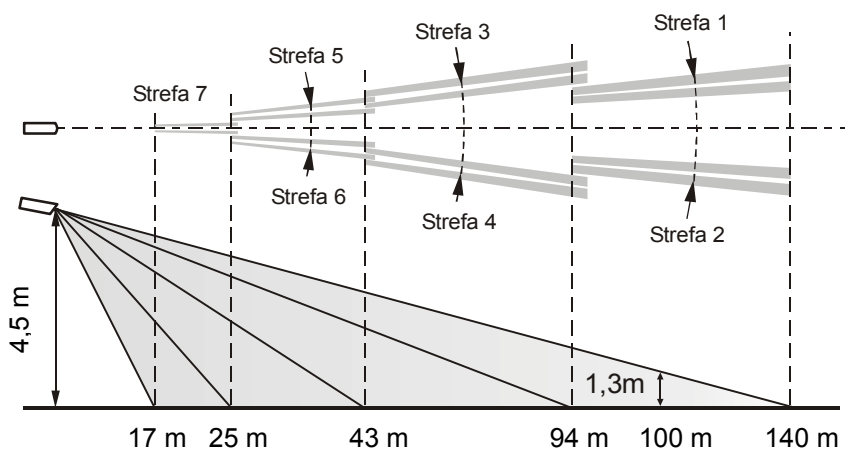
Głównymi elementami czujnika podczerwieni są: obiektyw (zwierciadlany lub refrakcyjny), zespół detektorów piroelektrycznych oraz układy elektroniczne (rys. 1). Detektory piroelektryczne przekształcają sygnał optyczny emitowany

z „obserwowanej” powierzchni na sygnał elektryczny. Sygnał ten jest przetwarzany tj. wzmacniany, filtrowany, próbkowany przez układy elektroniczne, a następnie analizowany przez system mikroprocesorowy.



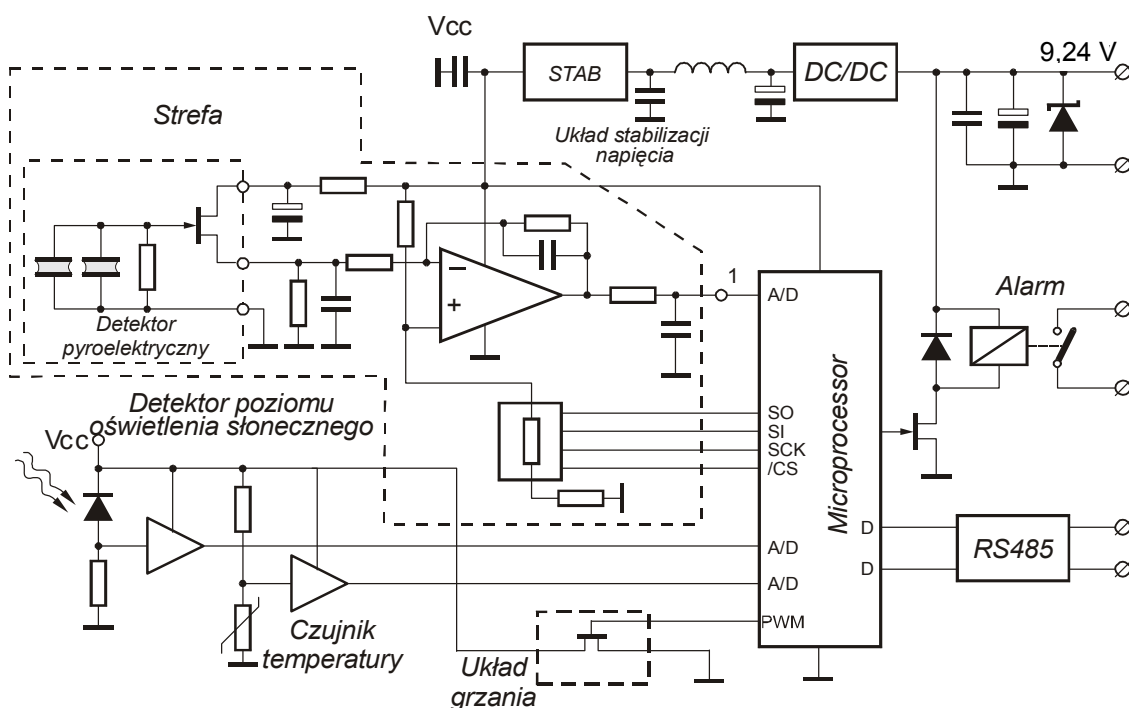
Rys. 1. Przekrój poprzeczny czujnika podczerwieni wraz z widokiem detektorów piroelektrycznych ze zwierciadlanymi koncentratorami optycznymi

Opracowany pasywny czujnik podczerwieni wykrywa czołgających się ludzi z odległości 140 m. Duży stosunek sygnału do szumu uzyskano przez podział obszaru chronionego na kilka stref (rys. 2), poprzez zastosowanie większej liczby detektorów piroelektrycznych. Zastosowanie większej liczby detektorów wymaga opracowania bardziej złożonego układu optycznego. Układ optyczny czujnika musi zapewnić takie położenie stref detekcji, aby nie było obszarów, których detektor „nie widzi” [4].



Rys. 2. Strefy detekcji czujnika w płaszczyźnie poziomej (u góry) i pionowej

Zmiany czasowe mocy promieniowania podczerwonego emitowanego przez wolno przemieszczającego się, a zwłaszcza czółgającego się, człowieka charakteryzują się podobnymi amplitudami oraz szybkościami jej zmiany w czasie jak fluktuacje promieniowania tła. Amplituda sygnału z detektorów piroelektrycznych jest wprost proporcjonalna do szybkości zmiany sygnału optycznego w czasie (tj. do szybkości poruszającego się obiektu i jego odległości od czujnika). Niekorzystną właściwością detektorów piroelektrycznych jest dryft napięcia wyjściowego przy zmianach temperatury otoczenia. Wynika to z faktu, że detektor piroelektryczny konstrukcyjnie jest wyposażony w tranzystor polowy pełniący rolę wtórnik napięciowego. Zatem, aby czujnik mógł skutecznie wykrywać wolno poruszającego się człowieka, konieczne jest opracowanie algorytmu (i układu elektronicznego) eliminującego zmiany sygnału z detektora wywołane szumem tła jak i zmiany sygnału wywołane jego dryftem temperaturowym [4].



Rys. 3. Uproszczony schemat funkcjonalny układu elektronicznego pasywnego czujnika podczerwieni

Uproszczony schemat układu elektronicznego pasywnego czujnika podczerwieni przedstawiono na rysunku 3. Na wejście nieodwracające stopnia wzmacniającego podawane jest napięcie odniesienia uzyskane z dzielnika rezystorowego i cyfrowego potencjometru, włączonego między napięcie zasilania i masę układu. Napięcie odniesienia (regulowane za pomocą cyfrowego potencjometru

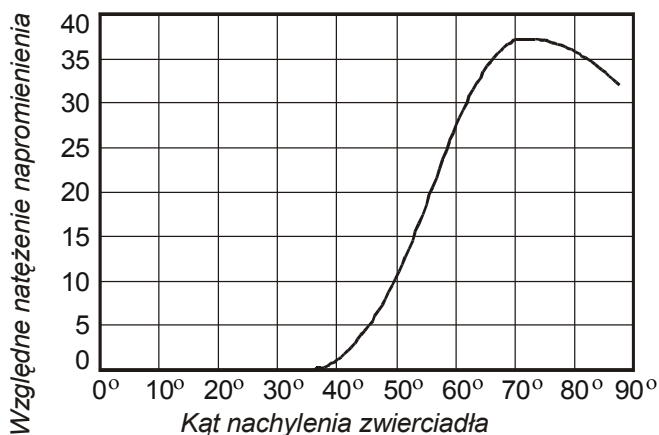
elektronicznego sterowanego z mikroprocesora) służy do eliminacji składowej stałej sygnału uzyskiwanego z detektora piroelektrycznego. Składowa ta ulega znacznym zmianom wraz ze zmianami temperatury, ze względu na zmianę prądu wyjściowego tranzystora polowego zależną od temperatury. Jeżeli napięcie wyjściowe wzmacniacza będzie mierzone i analizowane przez mikroprocesor, który w swoim algorytmie działania uwzględni przesuwanie poziomów (nastaw potencjometrów), to napięcie obliczone (przez mikroprocesor) może być porównywalne z napięciem zasilania. Jest to niewątpliwą zaletą wykonanego układu. Stosowanie potencjometrów elektronicznych wymaga wstępnego ustalania ich zakresów pracy za pomocą zewnętrznych rezystorów [5, 8].

Pasywne czujniki podczerwieni mają specjalnie ukształtowaną charakterystykę kątową, którą uzyskuje się poprzez dobór parametrów układu optycznego czujnika, odpowiednie rozmieszczenie detektorów piroelektrycznych w płaszczyźnie ogniskowej obiektywu (rys. 1) oraz odpowiednie ustawienie dodatkowych zwierciadeł, tzw. koncentratorów optycznych [3].

Kąt pola widzenia detektora można zwiększyć poprzez zwiększenie jego wymiarów lub przez umieszczenie w pobliżu detektora elementów optycznych. Do tych elementów optycznych zwiększających kąt pola widzenia należą: cylindryczne soczewki polowe, soczewki aplanatyczne i zwierciadła płaskie. Cylindryczne soczewki polowe są złożone pod względem konstrukcyjnym i kosztowne w procesie produkcyjnym. Soczewki te są również trudne do zjustowania i wprowadzają straty z powodu odbić od powierzchni soczewek. Drugie rozwiązanie, z soczewkami aplanatycznymi, ma te same wady, ale przede wszystkim nie jest możliwe do zastosowania w przypadku detektora obudowanego, ponieważ okienko optyczne jest oddalone od powierzchni detektora. Najtańsze i proste w zastosowaniu są zwierciadlane koncentratory optyczne, jednak nie zapewniają one zbyt dużego kąta pola widzenia.

W prezentowanym rozwiązaniu czujnika koncentrator optyczny jest zbudowany ze zwierciadeł zamocowanych pod odpowiednim kątem względem osi optycznej detektora. Takie rozwiązanie jest proste, tanie, zwierciadła są łatwe do justowania, nie wprowadzają strat odbiciowych, a kąt pola widzenia nie jest zależny od długości fali. Jednak możliwości powiększenia kąta pola widzenia (dla pojedynczego detektora) są ograniczone do kilku stopni.

Optymalizacja położenia zwierciadeł koncentratorów jest zagadnieniem złożonym ze względu na dużą liczbę parametrów wpływających na skuteczność skupienia promieniowania na detektorach. Są to: dwa wymiary zwierciadła, dwie współrzędne jego środka oraz kąt jego pochylecia. Ponadto zależności kątowe są inne dla każdego zwierciadła i zależą od strefy obserwacji danego detektora. Optymalizację położenia zwierciadeł koncentratorów oraz rozmieszczenia detektorów przeprowadzono za pomocą programu optycznego ZEMAX.



Rys. 4. Względne natężenie napromienienia detektora w funkcji kąta pochylenia zwierciadła koncentratorka

Ocenę prawidłowości rozmieszczenia detektorów i ustawienia kątów pochylenia zwierciadeł koncentratorków przeprowadza się na podstawie zależności względnego napromienienia detektora promieniowaniem odbitym od zwierciadeł koncentratorka w funkcji kąta między płaszczyzną detektora a powierzchnią zwierciadeł.

Na podstawie obliczeń wykazano, że gdy kąt ten jest mniejszy od 40 stopni, całe promieniowanie odbite od zwierciadła omija detektor.

Zwiększanie kąta pochylenia zwierciadła koncentratorka powoduje wzrost natężenia napromienienia padającego na detektor, które dla kąta około 70 stopni osiąga maksimum (rys. 4).

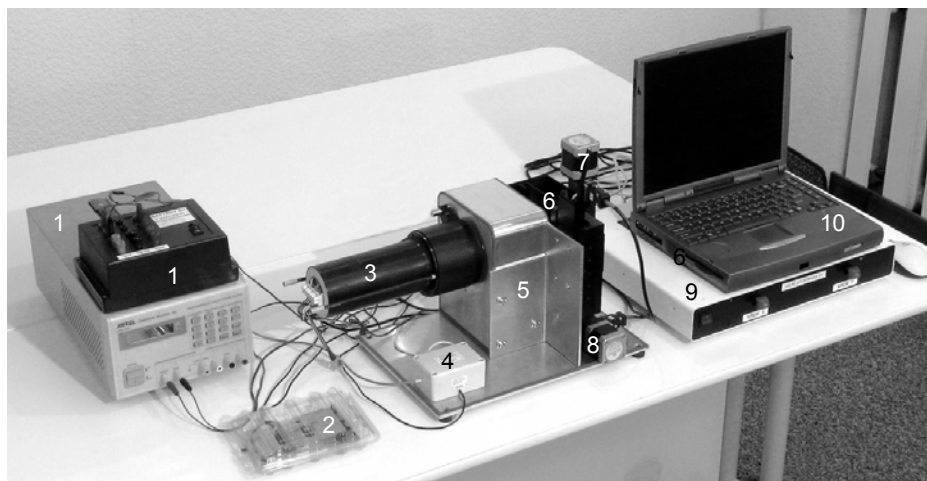
Programem ZEMAX wyznaczono względne natężenie napromienienia dla siedmiu detektorów piroelektrycznych z koncentratorkami w funkcji przemieszczania się obiektu w poszczególnych strefach. Aby sprawdzić zgodność zakładanych wartości parametrów zaprojektowanego układu optycznego czujnika, tj. oczekiwanych wielkości kątowych dla poszczególnych stref wykrywania z ich rzeczywistymi wartościami wyznaczono wartości tych parametrów na laboratoryjnym stanowisku pomiarowym.

3. STANOWISKO POMIAROWE

Zaprojektowano i wykonano stanowisko badawcze umożliwiające pomiary poziomej i pionowej charakterystyki kątowej czujnika podczerwieni oraz czasu reakcji czujnika na impulsową zmianę mocy promieniowania podczerwonego. Zdjęcie wykonanego stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 5.

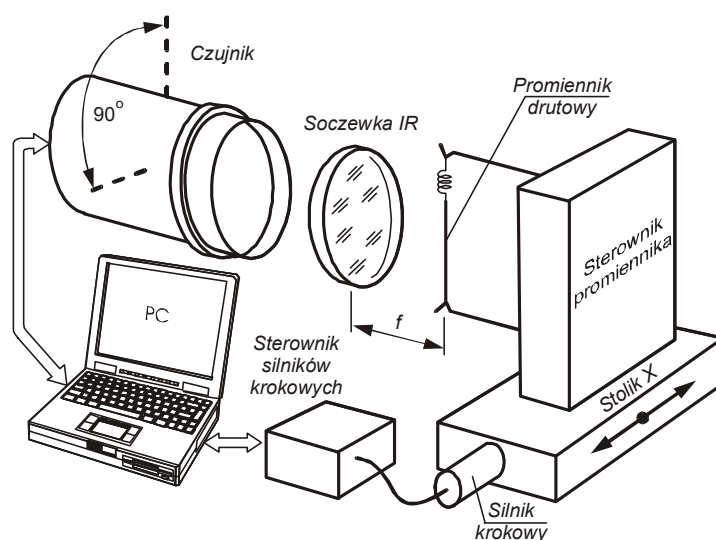
Schemat blokowy stanowiska przedstawiono na rysunku 6. Składa się ono z refrakcyjnego projektora (kolimatora) promieniowania podczerwonego z soczewką germanową, źródła promieniowania zasilanego impulsowo z cyfrowego generatora prądowego, zespołu stolików X-Y z silnikami krokowymi, sterownika silników krokowych oraz komputera z oprogramowaniem do sterowania po-

miarem i rejestracją cyfrową sygnału analogowego z detektorów piroelektrycznych pasywnego czujnika podczerwieni.

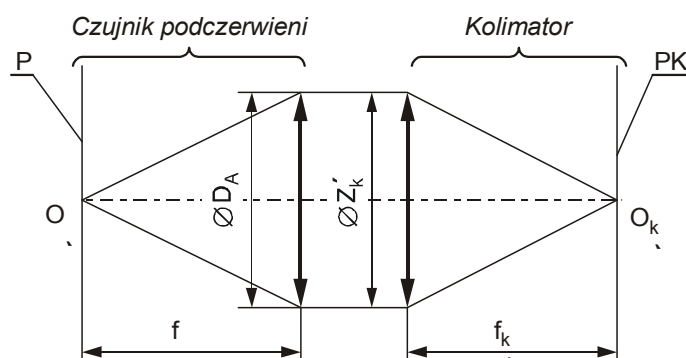


Rys. 5. Stanowisko pomiarowe do wyznaczania parametrów stref detekcji czujników podczerwieni: 1 - zasilacze, 2 - sterowany cyfrowo generator prądu do promiennika podczerwieni, 3 - badany czujnik, 4 - sprzęg czujnika, 5 - korpus kolimatora, 6 - promiennik podczerwieni, 7,8 - stoliki przesuwne X-Y, 9, 10 - komputer i układy sterowania

Układ projektora został zaprojektowany tak, aby rzutował obraz źródła promieniowania podczerwonego na płaszczyznę detektorów. Jeżeli źródło (o zadanej temperaturze) będzie przesuwane ze znaną prędkością, to zakłada się, że symuluje to przemieszczający się obiekt w strefie detekcji czujnika [2].



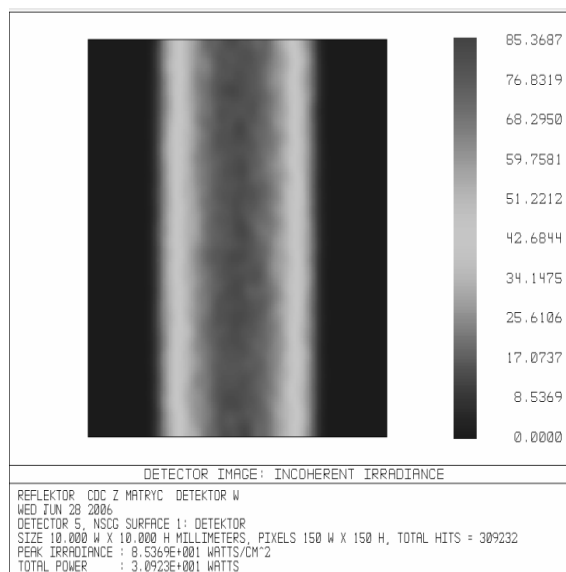
Rys. 6. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego do wyznaczania stref detekcji pasywnych czujników podczerwieni



Rys. 7. Schemat toru optycznego stanowiska pomiarowego do wyznaczania stref detekcji pasywnych czujników podczerwieni

przed projektorem podczerwieni i wypozytionowany tak, aby osie optyczne projektora i czujnika leżały na jednej prostej. W zestawionym układzie obraz płaszczyzny ogniskowej PK nakłada się na płaszczyznę ogniskową czujnika P , z powiększeniem równym ujemnemu stosunkowi ogniskowych f_k i f . Schemat toru optycznego projektora i czujnika przedstawiono na rysunku 7 [6].

W płaszczyźnie ogniskowej projektora podczerwieni jest umieszczony promiennik podczerwieni wykonany z drutu oporowego. Poprzeczny wymiar kątowy zastosowanego promiennika wynosi 0,33 mrad. Założono, że poprzeczny wymiar kątowy obrazu promiennika na płaszczyźnie ogniskowej pasywnego czujnika podczerwieni nie przekracza 0,5 mrad w całym polu widzenia badanego urządzenia. Obliczenia potwierdzają wyniki analizy aberracyjnej układu czujnik – projektor, przeprowadzonej za pomocą oprogramowania ZEMAX firmy Focus Software. W tym oprogramowaniu zamodelowano powyższy układ optyczny i poddano analizie rozkład gęstości mocy promieniowania promiennika na powierzchni poszczególnych detektorów czujnika, po przejściu przez jego elementy optyczne. Przykładowe wyniki analizy przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Rozkład gęstości mocy promieniowania podczerwonego promiennika drutowego w płaszczyźnie detektora (na tle prostokątnej powierzchni fotoczułej detektora) wyznaczony programem ZEMAX

W celu zapewnienia wymaganych parametrów optycznych, zestawiono refrakcyjny projektor promieniowania podczerwonego z obiektywem o ogniskowej f_k i średnicy żrenicy wejściowej Z_k , zgodnej wymiarowo ze średnicą obiektywu badanych czujników. Testowany czujnik jest umieszczony

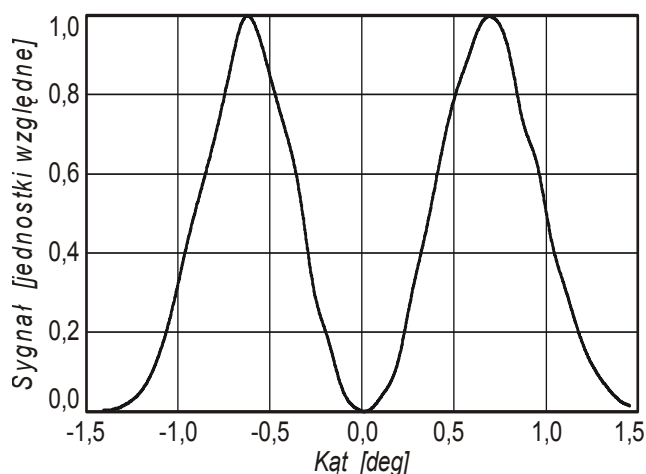
4. POMIAR ROZKŁADÓW KĄTOWYCH STREF CZUŁOŚCI PASYWNEGO CZUJNIKA PODCZERWIENI

W celu określenia rozkładu kąтового stref czułości pasywnego czujnika podczerwieni, promiennik jest ustawiany w płaszczyźnie PK, prostopadle do osi optycznej projektora w dwóch kierunkach: w poziomie tj. w kierunku X i w pionie – tj. w kierunku Y. Zmianę kierunku skanowania z X na Y uzyskuje się poprzez obrót czujnika wzdłuż jego osi o kąt $\pi/2$. Po ustawieniu

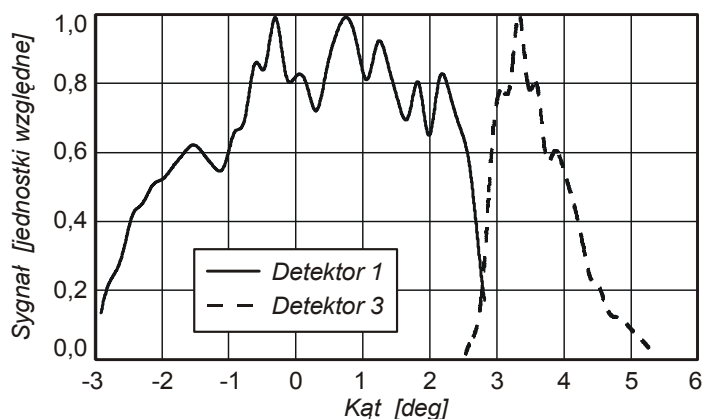
położenia kąтового źródło podczerwieni jest zasilane impulsowo z cyfrowego generatora prądowego. Częstotliwość powtarzania impulsów zasilających promiennik i czas ich trwania są regulowane i kontrolowane przez układ mikroprocesorowy. Zastosowane stoliki X-Y umożliwiają przemieszczanie promiennika w pełnym kącie obserwacji czujnika z rozdzielczością 0,02 mrad [7].

Przykład kąтового rozkładu czułości w płaszczyźnie poziomej czujnika podczerwieni (dla jednego detektora piroelektrycznego) przedstawiono na rysunku 9. Zarejestrowane wartości amplitud sygnału dla badanego detektora unormowano do wartości maksymalnej. Dwa symetryczne obszary czułości wynikają z dwóch powierzchni fotoczułych detektora piroelektrycznego.

Zmiany czułości w kierunku Y są ściśle związane z orientacją przestrzenną zwierciadeł koncentratorów optycznych. Na rysunku 10 przedstawiono kątowy rozkład czułości dla dwóch detektorów piroelektrycznych w płaszczyźnie pionowej. Kąty o wartościach dodatnich – oznaczają położenie strefy czułości powyżej, a o wartościach ujemnych poniżej osi optycznej czujnika.



Rys. 9. Przykład kąтового rozkładu czułości detektora piroelektrycznego w płaszczyźnie poziomej



Rys. 10. Przykład kąтового rozkładu czułości detektorów piroelektrycznych w płaszczyźnie pionowej

szereżność stref detekcji (liniową lub kątową) można również wyznaczyć w badaniach terenowych. W tym celu, na określonej odległości, wyznacza się szerokość strefy detekcji. Najdokładniej wykonuje się taki pomiar poprzez wsuwanie w strefę detekcji źródła ciepła o małych wymiarach (np. palnik gazowy) i rejestrowanie sygnału alarmu. Wyniki tych badań, dotyczące szerokości kątowej poszczególnych stref detekcji, zamieszczono w tabeli 1.

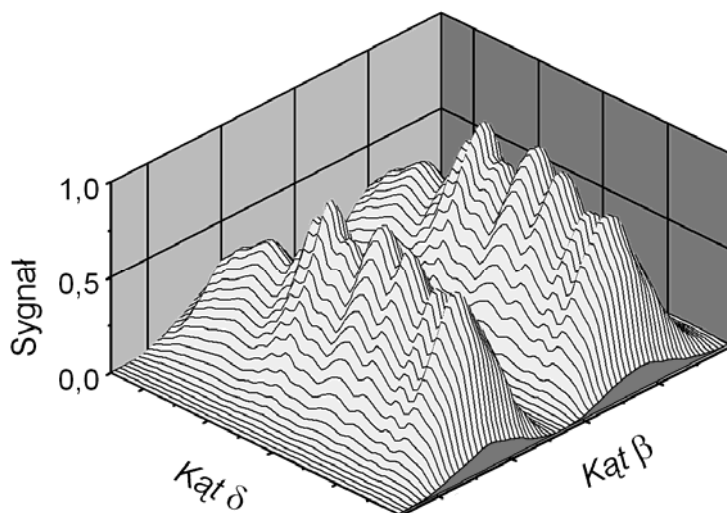
TABELA 1

Wyniki badań szerokości kątowej stref detekcji

Detektor	Szerokość kątowa strefy detekcji		Błąd względny
	Pomiar laboratoryjny	Pomiar w terenie	
1	1,12°	1,15°	2,4%
3	2,97°	2,9°	1,8%

Porównanie wyników pomiarów przeprowadzonych w terenie oraz wyników badań laboratoryjnych wykazuje niewielkie różnice. Największy błąd wartości szerokości strefy detekcji występuje dla 1 kanału pomiarowego. Detektor podczerwieni wykrywa w tym kanale promieniowanie w najdalszej strefie. Oznacza to, że poziomy sygnałów są najmniejsze, a tym samym wpływ fluktuacji tła jest największy oraz wymagane wzmocnienie w torze elektronicznym jest największe. Są to dwa główne czynniki odpowiedzialne za zawężenie (przy przyjętym kryterium) zmierzonego w warunkach zewnętrznych pola obserwacji. Należy wnioskować, że pomiary pola widzenia pasywnych czujników podczerwieni powinny być dokonywane w warunkach laboratoryjnych. Stosując do badań zaproponowane stanowisko pomiarowe można wyznaczyć charakterystyki kątowe czujnika z dużą precyzją, uzyskaną dzięki brakowi wpływu promieniowania tła oraz precyzyjnemu pozycjonowaniu wymuszającego źródła podczerwieni. Dzięki takim pomiarom można przedstawić kąty pola widzenia całego czujnika w postaci trójwymiarowego wykresu, który umożliwi

weryfikację projektu układu optycznego pod względem występowania stref martwych. Przykład takiego wykresu zaprezentowano na rysunku 11.



Rys. 11. Przykład kąтового rozkładu czułości detektorów piroelektrycznych pasywnego czujnika podczerwieni

5. POMIAR CZASU ODPOWIEDZI NA SYGNAŁ WYMUSZAJĄCY

Jednym z ważnych parametrów czujników pracujących w systemach ochrony jest czas reakcji, który definiowany jest jako czas od wystąpienia naruszenia dowolnej strefy chronionej do chwili wystąpienia stanu alarmowego na wyjściu czujnika. W specyfikacji czujnika podawana jest maksymalna dopuszczalna wartość tego parametru. Dla opracowanych w IOE rodziny czujników czas ten wynosi ok. 100 ms i jest to typowa wartość dla urządzeń pracujących w systemach ochrony.

Czas reakcji jest sumą czasu opóźnienia w torze elektronicznym oraz czasu potrzebnego na analizę danych według zadanego algorytmu. We współczesnych czujnikach, o rozbudowanych algorytmach przetwarzania danych, ta druga składowa odgrywa istotną rolę. Złożony charakter źródeł opóźnień powoduje, że pomiar tego parametru jest wyjątkowo trudny. Głównym źródłem błędów jest brak możliwości dokładnego określenia chwili, w której nastąpiło przek-

rocznie przez sygnał wejściowy aktualnego poziomu odniesienia (poziomu alarmowego). Związane to jest z opóźnieniami w torze analogowym, przetwarzaniem sygnałów z postaci analogowej na cyfrową (zależnościami czasowymi), a przede wszystkim z czasem niezbędnym do wypracowania adaptacyjnych (automatycznie dopasowujących się do zmiennych warunków tła) poziomów alarmowych [7].

Czas reakcji czujnika charakteryzuje całe urządzenie i powinien być określony dla finalnego produktu bez ingerencji w jego strukturę wewnętrzną, zarówno sprzętową, przez wyprowadzenie dodatkowych sygnałów, jak i programową, przez modyfikację oprogramowania, pozwalającą na transmisję dodatkowych danych. W celu pomiaru czasu reakcji zaproponowano zmodyfikowane pobudzenie optyczne czujnika. Optycznym wymuszeniem jest szybka zmiana temperatury promiennika ustawionego w środku strefy detekcji, przy czym temperatura promiennika powinna być znacznie wyższa niż dla typowych badań kątów stref detekcji. Przez szybką zmianę temperatury promiennika należy rozumieć zmianę o rząd wielkości większą niż maksymalna wykrywana przez czujnik. Sygnał optyczny o podanych cechach uzyskano przez impulsowe pobudzenie elektryczne drutowego promiennika podczerwieni. W tym celu wywołano impulsowy przepływ prądu przez promiennik drutowy wskutek rozładowania dużej pojemności, gdy jej jedynym obciążeniem była rezystancja drutu promiennika. Jako element kluczujący zastosowano tranzystor MOS o minimalnej rezystancji włączenia (poniżej $0,1 \Omega$) i czasie załączenia (poniżej $1 \mu\text{s}$), co pozwala pominąć wpływ czasu włączania klucza na wynik pomiaru.

Za sygnał odpowiedzi czujnika przyjmowany jest moment generacji sygnału alarmowego. Pomiar czasu reakcji czujnika przeprowadzono w położeniu kątowym promiennika podczerwieni odpowiadającym kanałowi (detektorowi) o najmniejszym wzmocnieniu.

Wymuszenie elektryczne w takim układzie ma kształt silnie nieliniowy ze względu na zmianę temperaturową rezystancji drutu promiennika podczerwieni, a przede wszystkim zmianę napięcia na pojemności zasilającej.

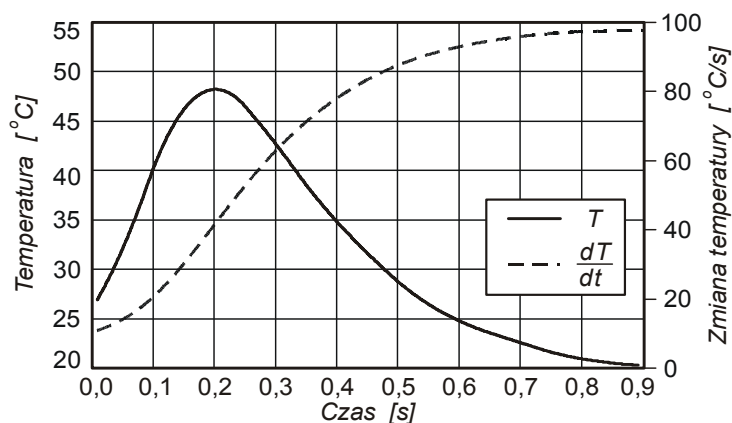
Z tego też względu wyznaczono rzeczywisty przebieg zmian temperatury promiennika drutowego w funkcji czasu. Badanie wykonano przy użyciu szybkiej kamery termograficznej ThermaCam SC3000 rejestrując termogramy z częstotliwością 50 Hz. Przebieg zmian wartości temperatury dla środkowej części promiennika zamieszczono na rysunku 12. Na podstawie wyznaczonej charakterystyki zmian temperatury obliczono szybkość zmian temperatury drutu w czasie. Zmiany temperatury drutu osiągają wartości rzędu 90°C/s .

Na podstawie pomiarów termowizyjnych określono odstęp czasu od momentu impulsowego wymuszenia do chwili rozpoczęcia nagrzewania się promiennika drutowego (opóźnienie wynika z pojemności cieplnej drutu). Czas ten wynosi 12 ± 1 ms.

W oparciu o badania termowizyjne i analizę toru detekcyjnego czujnika można określić, że różnica temperatury wywołująca sygnał na detektorze piroelektrycznym nastąpi po czasie około 6 ± 2 ms. Sumując dwa wymienione wyżej odstępy czasu należy stwierdzić, że sygnał na wyjściu de-

tektora piroelektrycznego pojawi się dopiero po 18 ± 3 ms. Inaczej mówiąc, czas ten należy uwzględnić przy wyznaczaniu czasu reakcji czujnika za pomocą omawianego stanowiska badawczego.

Po przeprowadzeniu badań kilku pasywnych czujników podczerwieni zmierzone czasy reakcji według zaproponowanej metody wynosiły około 76 ms. Otrzymane wyniki wskazują, że opracowany czujnik spełnia założone parametry czasowe.



Rys. 12. Nagrzewanie promiennika drutowego przy zasilaniu impulsowym – zmiana temperatury i szybkość jej zmian w czasie

6. WNIOSKI

Kąty pola widzenia pasywnych czujników podczerwieni zostały określone trzema sposobami. Po pierwsze, przyjęto założenia dotyczące wielkości poszczególnych stref na etapie projektu i przeprowadzono dla nich odpowiednie obliczenia. Następnie wartości te zostały zweryfikowane podczas pomiarów na stanowisku laboratoryjnym oraz w trakcie badań poligonowych. Podstawowym celem badań laboratoryjnych jest porównanie parametrów układu optycznego oraz zależności czasowych danego czujnika z założonymi przyjętymi podczas jego projektowania. Ponadto wartości rzeczywiste wybranych parametrów oraz zmierzone na stanowisku pomiarowym zostały poddane weryfikacji w czasie badań poligonowych. Impulsowe wymuszenie pozwala na pomiar czasu reakcji czujnika.

Duża zgodność otrzymanych wyników potwierdza przydatność omawianego stanowiska pomiarowego do badania czujników podczerwieni dowolnego typu. Prezentowane stanowisko pomiarowe może być wykorzystane zarówno do weryfikacji nowo opracowanych konstrukcji pasywnych czujników podczerwieni, jak i do ostatecznej kontroli ich jakości w czasie produkcji.

LITERATURA

1. Kastek M.: Metoda wykrywania obiektów w systemach czujników podczerwieni o wydłużonej strefie detekcji. Rozprawa doktorska, Warszawa, Wojskowa Akademia Techniczna, 2002.
2. Kastek M., Madura H., Morawski M., Piątkowski T., Powiada E., Polakowski H.: Test bed for measurement of angular parameters of passive infrared sensors. *Infrared Physics & Technology*, Volume 49, Issue 3, str. 198–201, 2007.
3. Kastek M., Sosnowski T., Piątkowski T.: Passive infrared detector used for detection of very slowly moving or crawling people. *Optoelectronics Review*, 2008 (w druku).
4. Madura H., Sikorski Z., Polakowski H., Kastek M.: Long-range passive IR sensor. Konferencja Quantitative Infrared Thermography 5 QIRT'2000, Reims, France, 18–21.07.2000.
5. Madura H., Kastek M., Powiada E.: Sposób wykrywania obiektów za pomocą czujników podczerwieni. Urząd Patentowy, wniosek patentowy P-360064, Warszawa, 2003.
6. Madura H.: Methods of signal processing in the passive infrared detector for security systems. *Computational methods and experimental measurements XIII*, WIT Press, 2007 Southampton, Boston, str. 757–768.
7. Madura H., Sikorski Z., Polakowski H., Kastek M.: Automated stand for measurement of parameters of long-range passive IR sensor. Konferencja Quantitative Infrared Thermography, Reims, France, 18–21.07.2000.
8. Powiada E., Chmielewski K., Pasierbiński J., Kastek M.: Układy wzmacniaczy do detektorów piroelektrycznych. *Pomiary Automatyka Kontrola* Nr 9, str. 36–39, 2006.

Rękopis dostarczono dnia 10.04.2008 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

MEASURE OPTICAL
AND TIME PARAMETERS
OF PASSIVE INFRARED DETECTOR

Henryk MADURA, Mariusz KASTEK, Tomasz SOSNOWSKI,
Tadeusz PIĄTKOWSKI, Henryk POLAKOWSKI

ABSTRACT *The paper presents construction and principle of operation of passive IR detectors (PIR detectors) of a large detection range. Important virtue of these detectors is highly efficient detection of slowly moving or crawling people. The described here PIR detector detects crawling people at the distance of 140 m. The method and test bed for measuring optical parameters of the PIR detectors were presented. The project of a test bed designed to evaluate angular parameters of detection zones and time response of PIR detectors. The test bed is especially suited for measurements of angular width of detection zones of various PIR detectors. Some of the results of measurements optical parameters PIR detector were presented too. Furthermore, it can be used in experimental verification of the design and manufacturing quality of PIR sensor's optical system.*

Dr hab. inż. Henryk Madura, prof. WAT, specjalista w dziedzinie optoelektroniki, techniki podczerwieni i termowizji. Absolwent Wydziału Elektroniki WAT (1976). Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w roku 1983, a stopień doktora habilitowanego w 1999 roku. W latach 1991-1997 zastępca Komendanta Instytutu Optoelektroniki. Opublikował ponad 140 artykułów i referatów konferencyjnych. Autor i współautor 19 wdrożeń i 12 patentów. Od 2000 roku profesor Wojskowej Akademii Technicznej.



Dr inż. Mariusz Kastek, absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej (1993). Od 1997 roku jest pracownikiem Wojskowej Akademii Technicznej. Tytuł doktora nauk technicznych uzyskał w roku 2002. Zajmuje się problematyką detekcji obiektów w systemach czujników podczerwieni stosowanych w systemach ochrony, a także analizą sygnałów oraz algorytmami detekcji implementowanymi w czujnikach podczerwieni. Autor i współautor ponad 35 publikacji. Pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Optoelektroniki WAT.

Dr inż. Tomasz Sosnowski, Absolwent Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej (1993). Od 1996 roku jest pracownikiem Wojskowej Akademii Technicznej. Tytuł doktora nauk technicznych uzyskał w roku 2003. Zajmuje się problematyką związaną z projektowaniem i programowaniem systemów mikroprocesorowych, cyfrową analizą sygnału, analizą obrazu termograficznego, a także zastosowaniem układów mikroprocesorowych w technice podczerwieni i analizie sygnałów wibroakustycznych. Autor i współautor ponad 30 publikacji.



Dr inż. Tadeusz Piątkowski, ukończył studia na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej i Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1985). Od 1995 roku pracuje w Instytucie Optoelektroniki WAT. Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał w 2003 roku. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta. Zajmuje się zdalnymi pomiarami temperatury, projektowaniem układów optycznych i elektronicznych oraz systemów mikroprocesorowych. Jest autorem i współautorem ponad 30 publikacji.

Dr inż. Henryk Polakowski, absolwent Wojskowej Akademii Technicznej (1976). Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał w roku 1987 w zakresie elektroniki – specjalność optoelektronika. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na metrologii urządzeń podczerwieni. Adiunkt w Zakładzie Techniki Podczerwieni i Termowizji Instytutu Optoelektroniki WAT. W swoim dorobku naukowym posiada ponad 70 publikacji, w tym artykuły, referaty, patenty i wdrożenia.

