



## Badania detektorów piroelektrycznych w środowisku zmian temperatury

ROBERT ĆWIRKO, JOANNA ĆWIRKO

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

**Streszczenie.** Praca poświęcona jest badaniom detektorów piroelektrycznych. Detektory piroelektryczne stosowane są w systemach ochrony (czujki PIR), w bezkontaktowych pomiarach temperatury i radiometrach, a także jako czujniki pożaru, dymu i wybuchu. W systemach ochrony czujki PIR wykrywają obecność intruza w chronionej strefie. Detektory piroelektryczne generują ładunek elektryczny proporcjonalny do zmian swojej temperatury, a w rezultacie do zmian padającego na nie promieniowania temperaturowego. W ramach pracy został wykonany system pomiarowy do badania właściwości detektorów w środowisku statycznych i dynamicznych zmian temperatury. Źródłem promieniowania termicznego jest ciało doskonale czarne, a zmiany promieniowania zapewnia modulator mechaniczny. Blok temperaturowy (moduł TEC) zmienia temperaturę detektora w zakresie od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ .

**Słowa kluczowe:** detektor piroelektryczny, PIR, promieniowanie termiczne, systemy ochrony, system pomiarowy

**Symbole UKD:** 531.311.33

### 1. Wstęp

Detektory piroelektryczne należą do grupy detektorów promieniowania temperaturowego. Działanie ich związane jest z absorpcją promieniowania optycznego w szerokim zakresie widma optycznego, zamianą energii tego promieniowania na energię cieplną, co powoduje przyrost temperatury pola detekcyjnego, i powstawanie ładunku elektrycznego na powierzchniach materiału piroelektrycznego. Wielkość powstającego ładunku jest zależna od szybkości zmiany temperatury. Z punktu widzenia eksploatacji istotna jest zależność sygnału wyjściowego od częstotliwości modulacji padającego promieniowania i od jego mocy. Przykładowo,

w systemach alarmowych modulacja odbywa się w zakresie bardzo małych częstotliwości (od 0,1 Hz), zaś dla charakterystyki impulsów laserowych wymagane są częstotliwości większe (od kilkudziesięciu Hz).

Podjęcie problemu badań detektorów piroelektrycznych i związanych z nimi układów przedwzmacniaczy wynika z tego, że w ostatnich latach znacznie wzrosło światowe zainteresowanie aplikacjami optoelektronicznymi, wykorzystującymi promieniowanie optyczne w zakresie dalekiego IR. Detektory piroelektryczne znajdują zastosowanie w takich aplikacjach, jak: czujki alarmowe, systemy dozowania, systemy analityczne [1]. Detektory piroelektryczne znajdują również wielostronne zastosowanie w systemach ochrony i monitoringu środowiska. Przy konstrukcji detektorów piroelektrycznych jednym z najważniejszych problemów jest zapewnienie odpowiedniej czułości detektora, co sprowadza się do zapewnienia największego stosunku sygnału użytecznego do szumu.

Zmiany struktury organizacyjnej i nowe regulacje prawne dotyczące zabezpieczenia mienia w obiektach wojskowych spowodowały znaczny wzrost zapotrzebowania na techniczne środki ochrony [2]. Masowość tego zjawiska wymusza typizację projektów i sprzętu stosowanego w wdrażanych systemach ochrony. Rynek technicznych środków ochrony jest obecnie nasycony wyrobami różnych producentów reprezentujących zróżnicowany poziom jakości, co powoduje, że bazowanie w trakcie tworzenia projektu wyłącznie na klasyfikacjach określonych przez normy, certyfikatach wydanych przez upoważnione do tego instytucje i parametrach technicznych publikowanych przez producentów sprzętu może okazać się niewystarczające dla wyboru optymalnego rozwiązania [3]. Dlatego też opracowanie projektu systemu ochrony obiektu specjalnego wymaga często przeprowadzenia dodatkowych badań i analiz porównawczych poszczególnych jego elementów.

## 2. Pasywne czujki podczerwieni PIR

Czujki PIR wykrywają zmianę temperatury generowaną przez poruszający się obiekt będący źródłem promieniowania podczerwonego, a więc także człowieka. W systemach alarmowych wysiłek konstruktorów skierowany jest na zapewnienie maksymalnej czułości czujki PIR w chronionym obszarze przy minimalizacji wpływu źródeł zakłóceń mogących spowodować fałszywe alarmy. Promieniowanie termiczne generowane jest przez każde ciało o temperaturze powyżej zera bezwzględnego. Skóra zdrowego człowieka, która ma ustaloną temperaturę 36,6°C, emituje promieniowanie termiczne o długości fali około 10  $\mu\text{m}$ . Oczywiście temperatura jest różna dla różnych obszarów ciała człowieka, głównie ze względu na rodzaj ubioru [4]. Dla wykrywania promieniowania termicznego, którego źródłem jest człowiek, nie nadają się półprzewodnikowe detektory promieniowania podczerwonego, gdyż mają ograniczony zakres detekcji widmowej. Dlatego też w czujkach

systemów alarmowych i automatyki stosuje się jako detektory promieniowania podczerwonego detektory wykorzystujące efekt piroelektryczny (detektory PIR), które wykrywają promieniowanie termiczne w bardzo szerokim zakresie widma optycznego aż do kilkunastu mikrometrów [5, 6, 7].

Materiały wykazujące efekt piroelektryczny należą do grupy ferroelektryków, takich jak tantalian litowy ( $\text{LiTaO}_3$ ) lub ceramiki PZT [8]. Najważniejszą cechą czujnika PIR stanowi to, że prąd płynący przez obciążenie jest proporcjonalny do szybkości zmian temperatury. Tak więc detektor PIR jest przyrządem wykrywającym wielkość zmian temperatury a nie jej stałą wartość. Jeżeli po ostatniej zmianie temperatura piroelektryka pozostaje ustalona, to po pewnym czasie ładunek zostanie zneutralizowany przez nośniki ładunków swobodnych wewnętrznych lub zewnętrznych, np. jonów powietrza. Dlatego też konieczne jest modulowanie sygnału promieniowania termicznego, który dociera do detektora.

W przypadku przemieszczania się człowieka bezpośrednio w polu widzenia detektora PIR ilość energii promieniowania termicznego padająca na detektor w funkcji czasu jest stała. Konieczna jest modulacja promieniowania dochodzącego do detektora. Modulacji promieniowania związanego z poruszającym się obiektem (człowiekiem) dokonuje się poprzez podział strefy widzenia czujki PIR na kilkanaście lub kilkadziesiąt fragmentów (mniejszych stref).

Strefy aktywne, w których promieniowanie termiczne z poruszającego się obiektu dociera bez przeszkód do detektora, podzielone są strefami pasywnymi, stanowiącymi przesłonę między obiektem a detektorem. Pojawienie się człowieka w strefie energetycznie aktywnej powoduje, że do czujnika dociera energia termiczna, której źródłem jest ciało człowieka. Przejście człowieka do strefy pasywnej powoduje, że płytką pirometryczną detektora schładza się bardzo szybko do temperatury otoczenia. Na odcinku jednego metra poruszający się człowiek może przejść przez kilka naprzemiennie zlokalizowanych stref aktywnych i pasywnych, co skutkuje generacją odpowiedniej liczby sygnałów elektrycznych z czujnika piroelektrycznego do dalszych układów elektronicznych detektora PIR.

Dla podziału obszaru chronionego na strefy aktywne i pasywne wykorzystywane jest ogniskowanie lustrzane lub fresnelowskie, przy czym drugie rozwiązanie jest znacznie tańsze i pozwala na większą elastyczność przy dostosowaniu detektora PIR do pracy blisko lub dalekozakresowej, np. długie korytarze.

### 3. Opracowanie metodyki badań porównawczych detektorów PIR

W większości przypadków producenci wyznaczają parametry katalogowe detektorów PIR w następujących warunkach:

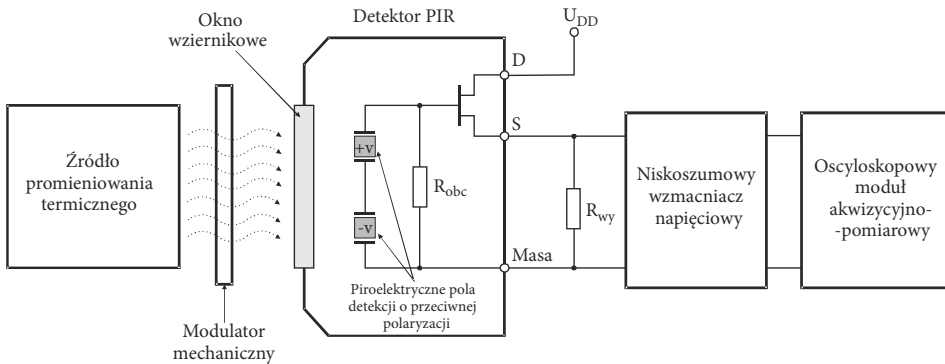
- dla jednej częstotliwości modulacji promieniowania termicznego docierającego do detektora;

- przy jednej wartości temperatury obiektu będącego źródłem tego promieniowania;
- w czasie pomiarów badany czujnik znajduje się w temperaturze pokojowej.

Także pasmo przenoszenia, w którym rejestrowany jest sygnał elektryczny z czujnika, jest stałe i odpowiadające typowym aplikacjom.

Przy badaniach porównawczych detektorów powinna istnieć możliwość zmiany tych wszystkich warunków badań, a zwłaszcza możliwość zmian temperatury pracy samego detektora w zakresie od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ , co odpowiada warunkom pracy czujek PIR w obiektach specjalnych.

Powinny być możliwe badania zarówno samego kryształu detektora piroelektrycznego, jak i modułu zawierającego dodatkowo rezystor obciążenia i tranzystor polowy (rys. 1).



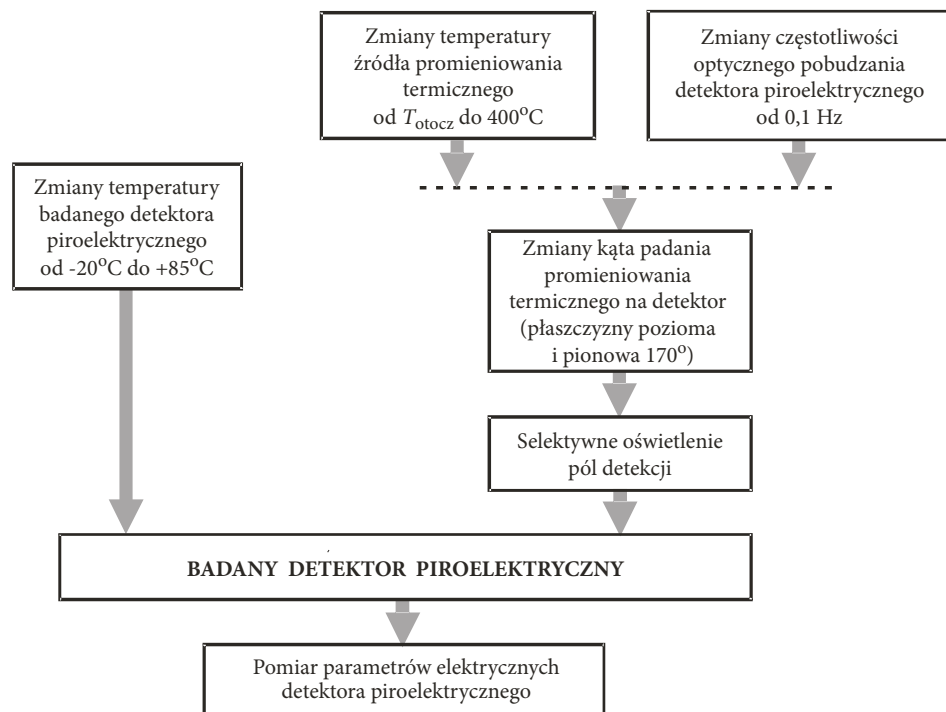
Rys. 1. Przykładowa konfiguracja układu pomiarowego detektora piroelektrycznego

Taka konfiguracja zapewnia optymalne obciążenie detektora i separację sygnału mierzonego przy minimalnym poziomie zakłóceń. Przy użyciu zewnętrznych elementów można skonfigurować stopień tranzystorowy badanego czujnika w układzie wspólnego źródła lub drenu.

W ramach opracowanej metodyki badań przewidziano możliwość zmiany większości istotnych parametrów niezbędnych do charakteryzacji pracy detektora pirometrycznego w różnych warunkach, co schematycznie przedstawiono na rysunku 2.

Sygnał z detektora piroelektrycznego może być analizowany w połączeniu z wyspecjalizowanym układem scalonym typu *front end*, lub jest wzmacniany bezpośrednio w niskoszumowym wzmacniaczu napięciowym typu SR560 firmy Stanford. W tym drugim przypadku możliwe jest wyznaczanie charakterystyk

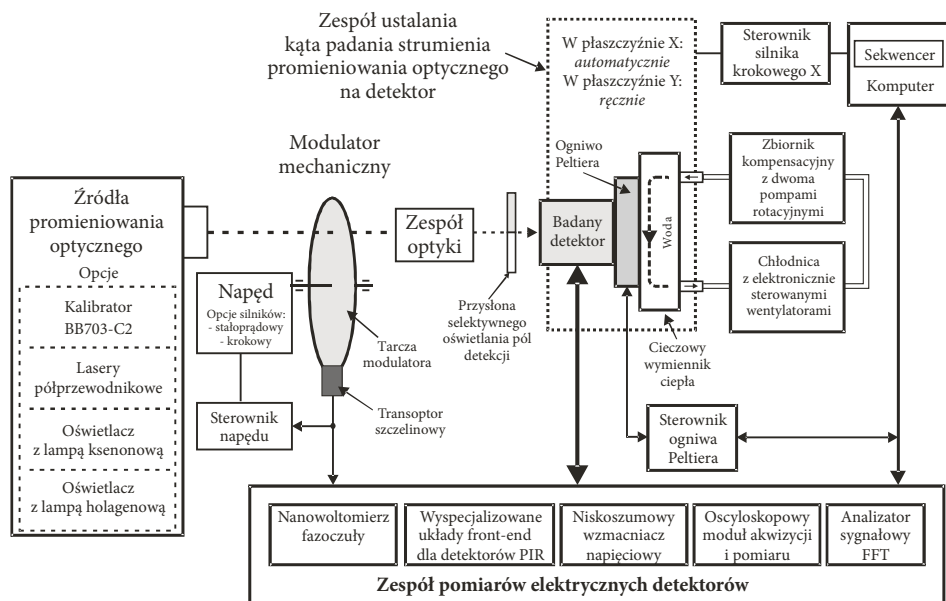
detektora w szerszym paśmie częstotliwości. Wzmacniacz SR560 umożliwia napięciowe wzmocnienie sygnału niesymetrycznego lub symetrycznego w regulowanym zakresie od 1 do 50 000 z impedancją wejściową 100 M $\Omega$  i poziomem szumów mniejszym niż 4 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ . Dwa zespoły przestrajanych filtrów RC kształtują charakterystykę częstotliwości przenoszenia wzmacniacza w zakresie od 0,03 Hz aż do 1 MHz. Sygnały sterujące i informacyjne mogą być przesłane do komputera interfejsem RS-232.



Rys. 2. Możliwości zmian warunków pomiaru w przyjętej metodyce badań detektora piroelektrycznego

### 3. System pomiarowy

System pomiarowy pozwala na badania detektorów piroelektrycznych dla różnych częstotliwości modulacji promieniowania termicznego od części Hz do 3,7 kHz, przy zmiennej długości fali promieniowania termicznego i temperatury czujnika. Umożliwia to np. badanie wzajemnych relacji między częstotliwością sygnału modulującego a pojemnością cieplną detektora, co w praktycznych aplikacjach decyduje o właściwej detekcji sygnału z przemieszczającego się obiektu.



Rys. 3. Schemat funkcjonalny systemu pomiarowego

Przedstawiony na rysunku 3 system pomiarowy składa się z:

- źródła promieniowania optycznego, z którego stosując odpowiedni oświetlacz, można otrzymać sygnał charakteryzujący się wymaganym zakresem widma;
- modulatora mechanicznego o regulowanej częstotliwości pracy;
- zespołu optyki dostosowanej do zakresu widma wypromieniowanego przez oświetlacz;
- przesłony selektywnego oświetlania pól detekcji;
- badanego detektora wraz z główną częścią układu odpowiadającego za warunki cieplne pomiaru zainstalowanego w zespole ustalania kąta padania strumienia optycznego;
- zespołu przyrządów wymaganych dla pomiarów sygnałów elektrycznych detektora i ewentualnie współpracujących z nim układów typu *front end*.

Na powyższym stanowisku pomiarowym można opcjonalnie badać także inne niż piroelektryczne fotodetektory, dobierając odpowiednio rodzaj oświetlacza i elementy zespołu optyki.

Dla pomiarów detektorów piroelektrycznych jako podstawowe źródło wymuszenia termicznego zastosowano kalibrator BB703-C2 firmy Omega o charakterystyce zbliżonej do ciała doskonale czarnego. Emisyjność promiennika kalibratora wynosi 0,95, co powoduje, że jego charakterystyka promieniowania jest bardzo zbliżona do

charakterystyki promieniowania ciała czarnego idealnego. Promiennik ma kształt kołowy, a jego średnica wynosi  $1,125''$ . Temperatura promiennika kalibratora może być zmieniana w zakresie od  $+10^{\circ}\text{C}$  (jednakże nie mniej niż temperatura otoczenia) do  $400^{\circ}\text{C}$ , co odpowiada zmianom długość fali emitowanego promieniowania w zakresie od około  $14\ \mu\text{m}$  do  $8\ \mu\text{m}$ . Zastosowany sterownik CN9500 pozwala na zadanie wartości temperatury z rozdzielczością  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Dokładność pomiaru wynosi  $\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ , zaś stabilność  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Jako czujnik temperatury promiennika zastosowano rezystor platynowy RTD klasy A,  $100\ \Omega$ ,  $\alpha = 0,00385$ . Podstawową funkcją sterownika CN-9500 jest sterowanie pracą promiennika kalibratora w pętli automatycznej regulacji PID. Regulacja PID została zrealizowana według algorytmu cyfrowego. Dobór odpowiednich parametrów PID dla członów: proporcjonalnego, całkowitego i różniczkującego zapewnia optymalny przebieg procesu regulacji temperatury promiennika kalibratora, bez zbyt długich czasów dochodzenia do zadanej wartości temperatury z jednej strony i z drugiej strony — dużych amplitud przeregulowań. Przedstawione na rysunku 3 pozostałe rodzaje oświetlaczy są wykorzystywane do badań związanych z poziomem odporności detektora piroelektrycznego na optyczne sygnały zakłócające.

Ponieważ detektor piroelektryczny reaguje na zmiany temperatury, a nie na jej wartość, konieczna jest modulacja promieniowania termicznego dochodzącego do detektora. Modulator mechaniczny umieszczony jest między promiennikiem a badanym detektorem piroelektrycznym i składa się z zespołu wymiennych tarcz przesłonowych obracanych przy użyciu odpowiedniego napędu. W systemie pomiarowym używa się dwóch rodzajów modulatorów mechanicznych — z napędem silnikiem krokowym lub silnikiem stałoprądowym. W przypadku modulatora z silnikiem krokowym możliwe jest uzyskanie bardzo małych wartości częstotliwości modulacji strumienia optycznego — poniżej części Hz, co w systemach alarmowych odpowiada warunkom wykrywania bardzo wolno przemieszczającego się obiektu. Napęd silnika skokowego zapewnia mikroprocesorowy sterownik SMC64 z wykorzystaniem opcji mikroskoków. Przebieg zegarowy do sterownika podawany jest z programowanego generatora przebiegu prostokątnego PGP-9. Dla wyższych częstotliwości od  $4\ \text{Hz}$  do  $3,7\ \text{kHz}$  stosuje się bardzo stabilny modulator SR540 firmy Stanford z silnikiem stałoprądowym.

Konieczność zastosowania dla wysokomocowych termicznych źródeł promieniowania modulacji mechanicznej zamiast elektrycznej wynika z tego, że maksymalna długość fali promieniowania optycznego dla dostępnych diod elektroluminescencyjnych wynosi  $5\ \mu\text{m}$ , przy czym charakteryzują się one w tym zakresie bardzo małą mocą — poniżej  $1\ \mu\text{W}$ , niewystarczającą do pobudzenia detektora piroelektrycznego.

Zgodnie z opracowaną metodyką, system pomiarowy powinien umożliwiać badanie detektorów w funkcji zmian ich temperatury pracy. Wykonany moduł wymuszeń temperatury wykorzystuje ogniwo Peltiera. Zastosowane ogniwo

Peltiera typu TM-127-1.0-3,9 MS o mocy 34 W to ogniwo hermetyczne o wymiarach  $30 \times 30$  mm i prądzie maksymalnym 3,9 A. Bieżąca wartość temperatury czujnika piroelektrycznego jest rejestrowana przy użyciu scalonego czujnika LM335.

Badany detektor piroelektryczny mocowany jest w miedzianym uchwycie dociśniętym do górnej powierzchni ogniwa Peltiera. Płaszczyzna czynna czujnika piroelektrycznego znajduje się w osi optycznej promiennika. Opcjonalnie przed badanym czujnikiem można zamocować soczewkę Fresnela lub inny układ optyczny oraz wykorzystać przysłonę pozwalającą na selektywne oświetlenie pól detekcyjnych.

Dolna powierzchnia ogniwa Peltiera kontaktuje z wodnym wymiennikiem ciepła WC-EFL12dB. Zastosowany wymiennik ciepła wykorzystuje system turbulizatorów do ciągłego mieszania przepływającej strugi cieczy w taki sposób, aby przepływ laminarny stał się turbulentny. Dla ułatwienia przekazywania ciepła między płytkami ogniwa Peltiera a uchwytem detektora piroelektrycznego i wymiennikiem ciepła zastosowano pastę silikonową o oporności właściwej skrośnej  $3,28 \times 10^{15} \Omega/\text{cm}$  dostosowaną do pracy w zakresie temperatury  $-40^\circ\text{C}$  do  $+260^\circ\text{C}$ . Dla takich warunków odprowadzania ciepła sterownik ogniwa Peltiera umożliwia zmianę temperatury badanego detektora piroelektrycznego w zakresie od  $-20^\circ\text{C}$  do  $+84^\circ\text{C}$ . Jako sterownik ogniwa Peltiera zastosowano bipolarne źródło prądowe typ 06DLT302 firmy Melles Griot.

Kolejne pomiary można wykonywać zmieniając kąt padania promieniowania termicznego na detektor w dwóch płaszczyznach X i Y. Zmiana kąta w płaszczyźnie X odbywa się automatycznie za pośrednictwem silnika krokowego sterowanego z sekwencera V801BM firmy HardSoft. Sekwencer wykonany jest w postaci karty umieszczonej w polu magistrali PCI komputera nadzorującego pracę systemu. Po wykonaniu wszystkich automatycznych przesunięć kątowych w płaszczyźnie X, system przechodzi w stan oczekiwania dla wykonania ręcznej zmiany kąta w płaszczyźnie Y.

Sygnal elektryczny z detektora jest mierzony przy użyciu przyrządów zestawianych w wymaganą konfigurację. Najczęściej sygnał z badanego detektora podawany jest na wejście niskoszumowego wzmacniacza napięciowego, a następnie na dalsze przyrządy. W przypadku pomiarów bardzo małych sygnałów elektrycznych występujących na tle dużych szumów stosuje się pomiar fazoczuły.

## 4. Pomiary

Obiektem badanym był detektor piroelektryczny typu CSL172 firmy Nippon Ceramic. Dane techniczne dla tego typu detektora określają, że jego parametry katalogowe zostały zdefiniowane przy impulsowym pobudzeniu promieniowaniem ze źródła, którym jest ciało doskonale czarne w temperaturze  $147^\circ\text{C}$ . Parametry



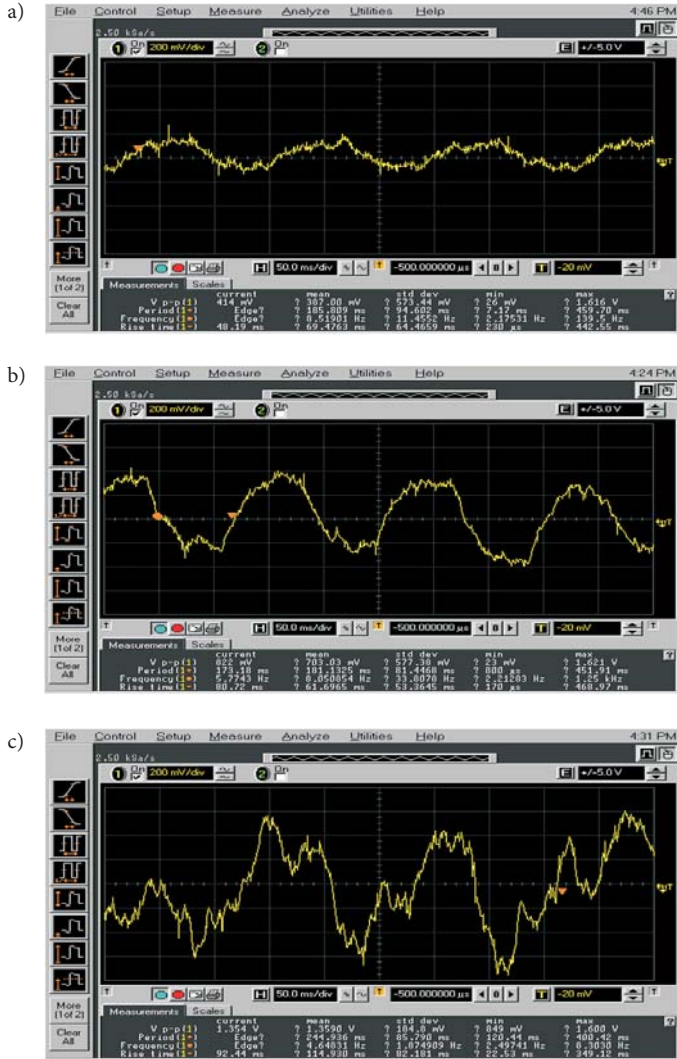
katalogowe zostały wyznaczone w konfiguracji współpracy detektora z wyspecjalizowanym układem scalonym *front end* typu LS6501LP. W układzie tym sygnał z detektora jest wzmacniany w dwustopniowym wzmacniaczu. W zalecanej przez producenta aplikacji stopień pierwszy realizuje funkcję nieodwracającego wzmacniacza o wzmocnieniu 37,5 dB i filtru dolnoprzepustowego z ograniczeniem pasma dla 0,4 Hz. Drugi stopień o takiej samej wartości wzmocnienia pracuje w układzie odwracającym z dodatkową funkcją filtru górnoprzepustowego, ograniczającego pasmo częstotliwości dla 2,7 Hz. Sygnał z drugiego stopnia podawany jest opcjonalnie na zewnątrz układu scalonego lub na wewnętrzny komparator okienkowy, a następnie na filtr cyfrowy i układ sterowania elementem wykonawczym.

W systemie pomiarowym przeprowadzono rozszerzone badania detektora CSL172, stosując do wzmocnienia niskoszumowy wzmacniacz SR560. Po wzmocnieniu sygnał z badanego detektora PIR podawany był do oscyloskopowego modułu akwizycji i pomiaru. W zaprojektowanym systemie pomiarowym wykorzystano w tym celu oscyloskop cyfrowy HP Infinium firmy Hewlett-Packard.

Na trzech kolejnych oscylogramach (rys. 4) przedstawiono przykładowe wyniki badań czujnika CSL172 testowanego w zakresie temperatury od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$  co  $5^{\circ}\text{C}$ .

Dla temperatury  $-14^{\circ}\text{C}$  zmiany polaryzacji ładunku są wyraźnie rozróżnialne, jednak amplituda sygnału jest mała i może być niepewnie wykrywalna przez typowe konfiguracje wyspecjalizowanych układów scalonych, mających za zadanie zapewnić odpowiednie warunki wzmocnienia w przyjętym paśmie częstotliwości. Dla temperatury czujnika  $20^{\circ}\text{C}$  parametry sygnału pozwalają na właściwą identyfikację zmian polaryzacji przez układy elektroniki czujki PIR. Z kolei w temperaturze  $50^{\circ}\text{C}$  przebieg staje się nieregularny. Taki przebieg może być trudno identyfikowalny, zakłócając prawidłowe działanie układów mających np. wygenerować alarm dopiero po założonej ilości naruszeń przestrzeni chronionej. W skrajnym przypadku tak odkształcony sygnał może zostać zinterpretowany przez filtr górnoprzepustowy wzmacniacza jako szybkozmienne zakłócenie.

Z powyższych pomiarów wynika, że badany detektor CSL172 nie jest optymalny do konstrukcji czujek specjalnych mających pracować w trudnych warunkach klimatycznych i konstrukcja czujki powinna być ewentualnie uzupełniona o dodatkowe elektroniczne układy kompensacji wpływu temperatury. Opracowane stanowisko pomiarowe pozwala na wszechstronne badanie detektorów PIR, w tym np. określanie wartości temperatury Curie ( $T_c$ ), powyżej której zanika w kryształach czujnika polaryzacja spontaniczna. Pozwala to na precyzyjne wyznaczenie z jednej strony przedziału wartości temperatury, w którym zmiany polaryzacji są największe (poniżej  $T_c$ ) oraz oszacowanie maksymalnej temperatury pracy czujnika (obszar powyżej  $T_c$ ).



Rys. 4. Oscylogramy wzmacnionych przebiegów z czujnika CSL172 dla różnych wartości temperatury jego pracy: a)  $-14^{\circ}\text{C}$ ; b)  $20^{\circ}\text{C}$ ; c)  $50^{\circ}\text{C}$

## 5. Podsumowanie

W ramach pracy został opracowany system do badania układów z detektorami piroelektrycznymi. Wygląd stanowiska pomiarowego z podstawowymi modułami systemu przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Widok systemu pomiarowego

System pomiarowy umożliwia badanie detektorów wykonanych w różnych technologiach. Jako źródło wymuszeń termicznych zastosowane zostało kalibrowane źródło promieniowania termicznego o charakterystyce ciała doskonale czarnego.

Opracowany system pomiarowy pozwala na badanie porównawcze parametrów detektorów piroelektrycznych, które wchodzi w skład konstrukcji czujek ruchu stosowanych w takich aplikacjach, jak czujki alarmowe, systemy dozowania, systemy analityczne i systemy diagnostyki środowiska. Badanie to może być realizowane przy różnych wartościach temperatury obiektu wykrywanego, różnych wartościach temperatury detektora, przy różnych prędkościach przemieszczania i różnych kątach widzenia przez czujnik wykrywanego obiektu.

Artykuł wpłynął do redakcji 1.07.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w lipcu 2009 r.

#### LITERATURA

- [1] J. FRADEN, *Handbook of Modern Sensor: Physics, Designs, and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2003.
- [2] V. NORKUS, M. SCHOSSIG, G. GERLACH, R. KOHLER, *New pyroelectric detectors for pyrometry and security technique*, Solid-State Electron. Lab., Tech. Univ. Dresden, Solid-State and Integrated-Circuit Technology, 2008, 2379-2382.
- [3] A. WACH, *Badanie jakości systemów alarmowych*, Elektronika, 12, 2002.
- [4] J. ĆWIRKO, R. ĆWIRKO, R. BUĆKOWSKI, *Systemy ochrony — wybrane zagadnienia skuteczności zabezpieczeń systemów sygnalizacji włamania i napadu — część II*, XXII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Ekologiczne i energooszczędne budownictwo, Ekomilitaris 2008, Zakopane, 2008, 71-82.
- [5] Z. BIELECKI, A. ROGALSKI, *Detekcja sygnałów optycznych*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2001.

- [6] P. V. MOLDAGUE, *Infrared Metrology and Technology*, Gordon and Breach Science Publishers, Belgium, 1994.
- [7] J. BOHDANOWICZ, S. MAKOWSKI, *Pasywne czujki podczerwieni, cz. II. Zaawansowane techniki obróbki sygnału*, Systemy alarmowe, 3, 1997.
- [8] A. ŁOZIŃSKI, *Ceramiczne ferroelektryki systemu PLZP do detekcji promieniowania podczerwonego*, Monografia 13, Politechnika Gdańska, 2000.

R. ĆWIRKO, J. ĆWIRKO

### Measurements of pyroelectric detectors in temperature changes

**Abstract.** The work is aimed at measurements of pyroelectric detectors. They are used in security systems (PIR), non-contact temperature measurement, radiometers and as fire, flame, explosion sensors. In security systems PIR devices can detect a person moving into or through a detection zone. Pyroelectric detectors generate electric charges proportional to the rate of change of their temperature and as a result to the changes of falling on them thermal radiation. The measurement system for diagnostics of detectors in static and dynamic changes of temperature was made in this work. The blackbody is a source of thermal radiation and a mechanical chopper makes modulation thermal flux. The temperature module with TEC can change temperature of detector from  $-20^{\circ}\text{C}$  to  $+80^{\circ}\text{C}$ .

**Keywords:** pyroelectric detector, PIR, thermal radiation, security systems, measurement system

**Universal Decimal Classification:** 531.311.33