



Badania temperaturowe modułów elektronicznych

JOANNA ĆWIRKO, ROBERT ĆWIRKO

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

Streszczenie. W artykule przedstawiono system pomiarowy do wyznaczania rozkładu temperatury modułów elektronicznych. Czujnik pirometryczny umożliwia wykonanie bezkontaktowych pomiarów temperatury. Przedstawiony system umożliwia badania dwu- lub trójwymiarowych rozkładów wartości temperatury płyt głównych komputerów PC lub central alarmowych. W drugiej części artykułu przedstawiono zrealizowane stanowisko pomiarowe do wykonywania badań środowiskowych typu burn-in.

Słowa kluczowe: diagnostyka temperaturowa, bezkontaktowy pomiar temperatury, temperaturowy system skaningowy, test burn-in

Symbole UKD: 536.5

Wstęp

Temperatura i zmiany jej wartości stanowią jeden z głównych czynników wpływających na niezawodność pracy urządzeń elektronicznych.

Podczas projektowania modułów elektronicznych należy przyjąć takie rozwiązania konstrukcyjne (dobór elementów, rozmieszczenie ich na płytkach drukowanych, rozmieszczenie płytek drukowanych w urządzeniu, zastosowanie odpowiednich systemów chłodzenia itp.), aby żaden ze stosowanych elementów czy układów scalonych nie osiągnął w czasie pracy temperatury wyższej niż dopuszczalna ze względu na czas życia, niezawodność i poprawność funkcjonowania całego urządzenia. Badania termiczne mają na celu ocenę poprawności przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych.

Wpływ temperatury na pracę urządzeń elektronicznych

Zapewnienie wzrostu odporności urządzeń na klimatyczne narażenia środowiskowe wymaga w pierwszym rzędzie właściwej ich konstrukcji. Dla urządzeń elektronicznych obliczenia termiczne wymagają przeprowadzenia bilansu cieplnego, to znaczy porównania ilości ciepła wytwarzanego w czasie pracy z odprowadzonym przez system chłodzenia.

Wysoka temperatura powoduje zmiany właściwości elektrofizycznych podzespołów:

- powstanie naprężeń w konstrukcjach z materiałów o różnych współczynnikach rozszerzalności,
- zanik naprężeń w kontaktach materiałów stykowych,
- zmniejszanie obciążalności materiałów przewodzących,
- stopniowe pogarszanie się właściwości materiałów izolacyjnych.

Przykładowo, rezystywność powierzchniowa laminatu szklano-epoksydowego, stosowanego w płytkach drukowanych, zmniejsza się około 14 razy przy wzroście temperatury o 50°C.

Na podstawie wieloletnich obserwacji i badań przyczyn uszkodzeń w eksploatowanych urządzeniach elektronicznych można sformułować następujące stwierdzenia, ilustrujące przykładowy wpływ wysokiej temperatury na niezawodność urządzeń elektronicznych [1, 2]:

- każdy wzrost temperatury złącza krzemowego tranzystora mocy o 10°C dwukrotnie zwiększa liczbę uszkodzeń,
- dwukrotne zwiększenie uszkodzeń kondensatorów następuje przy wzroście temperatury o 15°C a rezystorów przy wzroście temperatury o 35°C,
- dwukrotnie maleje wytrzymałość połączenia lutowniczego przy zmianie wartości temperatury z 27°C do 70°C.

Podobne relacje między niezawodnością i temperaturą pracy można określić dla kompletnych podzespołów sprzętu komputerowego. Wszyscy producenci procesorów podają m.in. nominalne i dopuszczalne wartości temperatury pracy swoich układów.

Według danych firmy IBM, wzrost temperatury o jeden stopień Celsjusza od wartości temperatury nominalnej obniża niezawodność dysku o 2-3% [3]. Wzrost temperatury zaledwie o pięć stopni przekłada się na 10-15% wzrost awaryjności.

W większości przypadków zapewnienie temperatury nominalnej wymaga stosowania profesjonalnych układów chłodzenia — najczęściej producent podaje ich parametry w nocie aplikacyjnej wyrobu. Zastosowanie w komputerze niewłaściwego zespołu odprowadzającego ciepło z procesora i innych podzespołów może spowodować w skrajnym przypadku ich uszkodzenie. Jednakże dążenie do

minimalizacji kosztów całkowitych urządzenia jest przyczyną tego, że wiele firm kompletujących na przykład jednostki centralne komputerów PC stosuje różnorodne tanie zamienniki układów chłodzenia.

W procesorach firmy Intel, począwszy od Pentium III, producent wbudował w strukturę procesora zarówno czujnik temperatury, jak i układ elektroniczny, który przy wzroście temperatury spowalnia pracę zegara procesora. Takie rozwiązanie nie dopuszcza do zniszczenia procesora przez zbyt wysoką temperaturę pracy, nawet w najbardziej skrajnych sytuacjach, ale przy niewystarczającym chłodzeniu może obniżyć nawet o kilkadziesiąt procent maksymalną częstotliwość pracy systemu, co często jest przez użytkownika przypisywane innym przyczynom.

Istnieją nieliczne programy pozwalające zasymulować rozkład temperatury w urządzeniach elektronicznych, ale są one mało uniwersalne i tworzone na ogół dla ściśle określonej klasy urządzeń. Dlatego też tego rodzaju dane zdobywane są głównie na drodze eksperymentu.

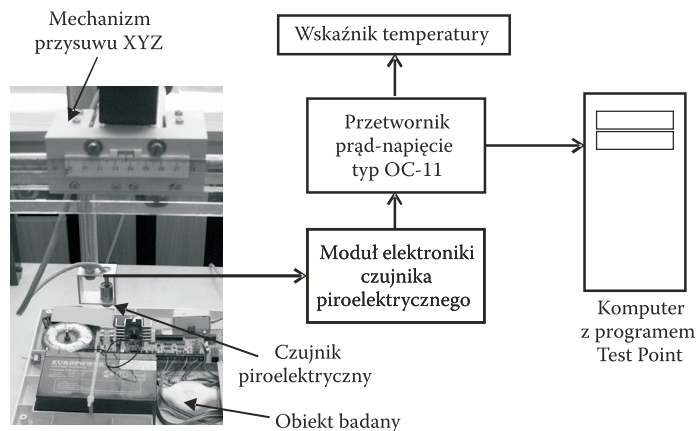
Bezkontaktowy pomiar temperatury

W Wojskowej Akademii Technicznej zrealizowano stanowisko badawcze umożliwiające zobrazowanie dwu- lub trójwymiarowych rozkładów wartości temperatury różnorodnych modułów elektronicznych. Obiekt poddawany badaniom temperaturowym jest umieszczony na poziomym pulpicie operacyjnym, przy czym możliwa jest pionowa lokalizacja badanego obiektu, np. dla obserwacji rozkładu temperatury w przypadku chłodzenia konwekcyjnego. Informacje o rozkładzie temperatury w badanym obiekcie są uzyskiwane w sposób bezstykowy, poprzez skanowanie powierzchni badanego obiektu pirometryczną głowicą pomiarową w przestrzeni dwu- lub trójwymiarowej. Bezstykowy pomiar temperatury badanego obiektu jest realizowany za pomocą fabrycznego zestawu firmy Raytek, składającego się z czujnika pirometrycznego, modułu elektronicznego czujnika zawierającego przedwzmacniacz i przetwornika prąd-napięcie (rys. 1).

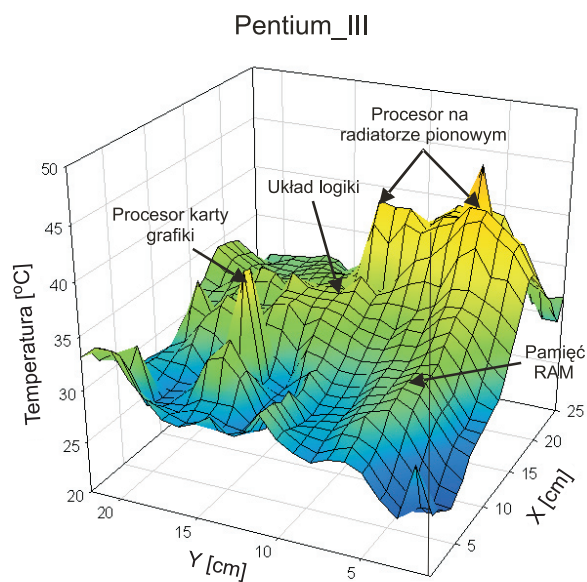
Sygnal prądowy jest podawany na wejście przetwornika prąd-napięcie typu OC-11 firmy MR-Elektronika. Z wyjścia przetwornika dane wprowadzane są do komputera za pomocą karty funkcyjnej DAS-1601 i oprogramowania napisanego w środowisku TestPoint.

Na stanowisku przeprowadzono pomiary płyt głównych komputerów PC z różnymi procesorami oraz płyt głównych central alarmowych różnych producentów.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono przestrzenny rozkład temperatury na płytach głównych przykładowych central alarmowych. Jak wynika z pomiarów, płyta główna centrali CA 64 (produkcja Satel, Polska) jest poprawniej zaprojektowana w aspekcie rozkładu wartości temperatury niż płyta centrali VISTA-120 (produkcja Ademco, USA).

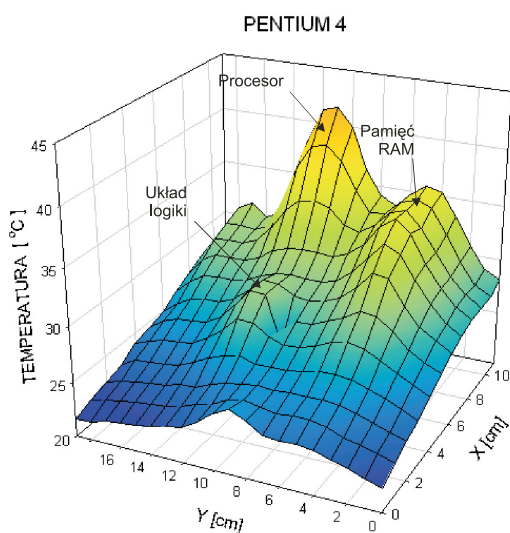


Rys. 1. Pirometr firmy Raytek wraz z przetwornikiem I/U zastosowanym w torze pomiaru bezstykowego temperatury

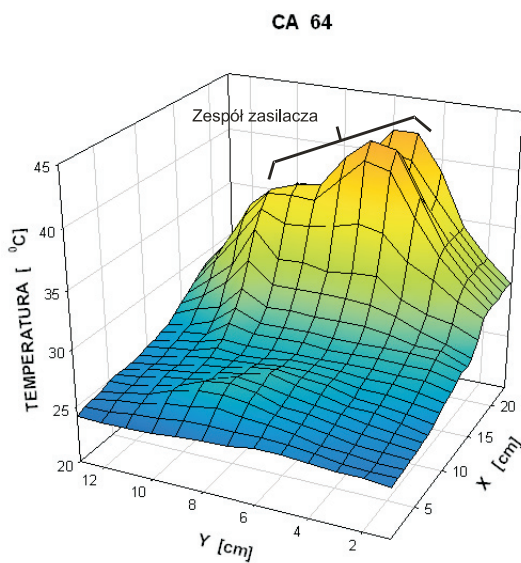


Rys. 2. Rozkład temperatury płyty głównej komputera z procesorem Pentium III

W przypadku systemów alarmowych, które są często kompletowane przez firmy zajmujące się ostateczną instalacją z podzespołów pochodzących od różnych wytwórców, na przykład nieoptymalny dobór transformatora sieciowego może spowodować przegrzanie płyty głównej centrali alarmowej lub sterownika



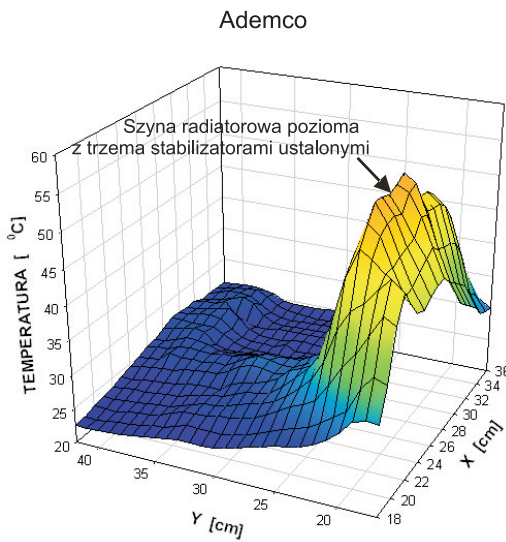
Rys. 3. Rozkład temperatury płyty głównej komputera z procesorem Pentium 4



Rys. 4. Rozkład temperatury płyty głównej centrali alarmowej CA 64 — Satel

kontroli dostępu. Także umieszczenie we wspólnej obudowie centrali alarmowej dodatkowych modułów funkcyjnych utrudnia chłodzenie, gdyż w większości przypadków, w takich systemach nie stosuje się chłodzenia wymuszonego. W małych systemach alarmowych akumulator zasilania awaryjnego jest umieszczony na ogół

we wspólnej obudowie z pozostałą elektroniką. Nieprawidłowe rozwiązania układów odpowiadających za ładowanie akumulatora powodują, że może on ładować się zbyt dużym prądem, co powoduje jego rozgrzewanie do znacznych wartości temperatury i przyczynia się do nieakceptowanego wzrostu temperatury otoczenia dla znajdujących się z nim w obudowie układów elektronicznych.



Rys. 5. Rozkład temperatury płyty głównej centrali alarmowej VISTA 120 — Ademco

Badania środowiskowe

Próby środowiskowe to badania mające na celu wykazanie odporności układów elektronicznych na wpływ niekorzystnych warunków otoczenia. Podczas tych prób badane obiekty poddawane są oddziaływaniom zmian temperatury, wilgoci, różnorodnym narażeniom mechanicznym itp. Temperatura i charakter zmian jej wartości stanowią jeden z głównych czynników wpływających na niezawodność pracy urządzeń elektronicznych.

Pomimo opracowania wielu zaleceń odnośnie zasad projektowania modułów elektronicznych, obserwuje się często popełnianie rażących błędów konstrukcyjnych. Niektóre z nich to:

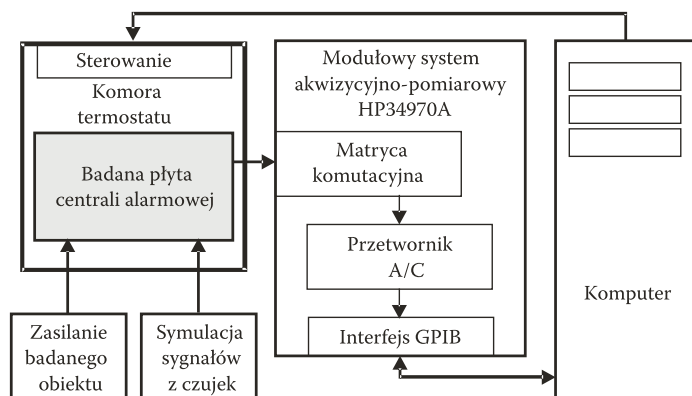
- lokowanie w bezpośredniej bliskości obok siebie modułów wydzielających duże ilości ciepła,
- umieszczanie w bezpośrednim sąsiedztwie silnych źródeł ciepła podzespołów czułych na zmianę temperatury, np. rezonatorów kwarcowych obok rezystorów mocy itp.

Typowe próby środowiskowe związane z badaniem odporności układów czy modułów elektronicznych na zmiany temperatury (*Suche gorąco — odporność*, *Suche gorąco — wytrzymałość* czy *Zmiany temperatury — odporność*) są przeprowadzane na układach czy modułach elektronicznych niepodłączonych do źródła zasilania.

Odmienne przeprowadzane są badania typu burn-in. Badania te polegają na monitorowaniu poprawności pracy modułu elektronicznego w podwyższonej temperaturze (np. 70°C), przez określony czas — najczęściej wielokrotność 256 godzin. Poprawność pracy modułu ocenia się między innymi na podstawie pomiarów prądu zasilania wykonywanych w stałych odstępach czasu [4].

W przypadku central alarmowych możliwe jest monitorowanie w czasie rzeczywistym niesprawności związanych ze zmianą stanów na liniach wejść dozorowych, do których podłączone są bezpośrednio czujki, lub odpowiedniej interpretacji informacji z magistral służących do podłączania czujek lub modułów adresowalnych.

Opracowane stanowisko do przeprowadzania badania burn-in central alarmowych (rys. 6) składa się z termostatu wyposażonego w komorę cieplną, zespołu sterowania termostatem, źródła zasilania dla badanej centrali alarmowej oraz bloku akwizycji danych w postaci modułowego systemu HP 34970A i komputera PC.



Rys. 6. Schemat funkcjonalny systemu do badań burn-in central alarmowych

Płyta główna centrali alarmowej to typowy układ elektroniczny składający się z części analogowej odpowiedzialnej za generację odpowiednich poziomów napięciowych w zależności od stanu czujek, układów zabezpieczenia ponadnapięciowego i zespołu multiplexerów analogowych poprzedzających przetwornik analogowo-cyfrowy. Po digitalizacji informacja jest przetwarzana i interpretowana w systemie mikroprocesorowym. Pamięć nieulotna tego systemu przechowuje program działania centrali i dane o jej konfiguracji. W zależności od rozwiązania konstrukcyjnego i konfiguracji wykonanej przez użytkownika, centrala generuje sygnał alarmu w sytuacjach

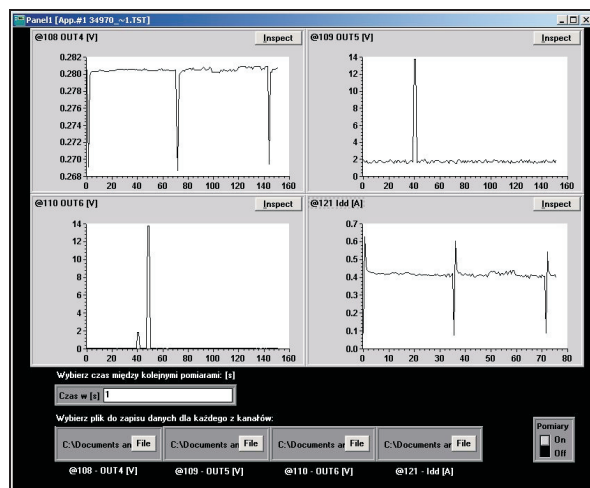
zmiany wartości prądu, napięcia bądź rezystancji linii dozorowej. Sygnał alarmowy może uruchamiać sygnalizator akustyczny, optyczny, generować i przysyłać linią komutowaną lub drogą radiową informacje o zdarzeniu itp.

Zarówno układy analogowe, cyfrowe, jak i układy zasilania centrali alarmowej są, podobnie jak każdy system elektroniczny, wrażliwe na zakłócenia środowiskowe, a szczególnie na zbyt wysokie wartości temperatury pracy.

W zaprojektowanym systemie pomiarowym przyjęto, że w czasie badania burn-in powinien być monitorowany nie tylko prąd zasilania centrali alarmowej, ale również układy odpowiedzialne za wykrycie stanu alarmowego na liniach dozorowych. Poprawność pracy centrali alarmowej jest oceniana przez kontrolę poziomu napięcia na liniach wyjściowych centrali.

Na czas próby burn-in wybrane linie dozorowe badanej centrali alarmowej są skonfigurowane w taki sposób, aby dla badanego typu centrali uzyskać jak najpełniejszą informację o zmianach zachodzących na monitorowym torze linii dozorowej. Skonfigurowanie linii dozorowej jako normalnie otwartej (NO) lub normalnie zamkniętej (NC) może dostarczyć informację tylko o dwóch stanach — alarmu lub braku alarmu. Skonfigurowanie linii dozorowej z użyciem rezystorów parametryzujących, np. w układzie 2EOL, powoduje możliwość uzyskania dodatkowych informacji o niesprawnościach linii, związanych z próbą jej przecięcia lub zwarcia obejściowego czujki.

Centrala alarmowa znajdująca się wewnątrz komory termostatu ma zapewnioną komunikację z komputerem przez interfejs RS-232 oraz z manipulatorem LCD systemu alarmowego, dzięki czemu możliwe są ewentualne zmiany w jej konfiguracji.

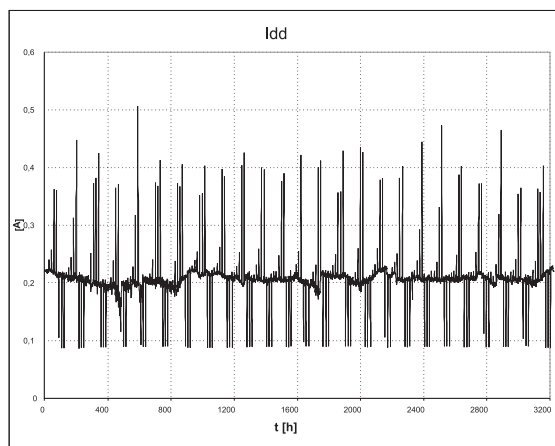


Rys. 7. Przykładowy panel aplikacji dla badań burr-in dla centrali alarmowej CA-64

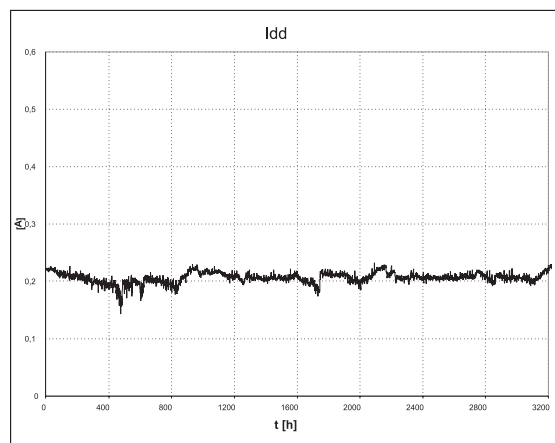
Zmiany konfiguracyjne w czasie trwających pomiarów możliwe są przy użyciu firmowego oprogramowania DLoad64. Linie dozorowe i linie wyjściowe centrali oraz sygnały związane z obwodami zasilania podłączone są do wielofunkcyjnego urządzenia HP 34970A, z modułem multiplexera HP 34901A.

Modułowy system HP 34970A komunikuje się z komputerem PC za pośrednictwem złącza GPIB. Procedury pomiarowo-akwizycyjne dla cyklu badań burn-in zostały napisane w środowisku TestPoint firmy CEC.

Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów burn-in centrali CA-64 ilustrujące przebieg zmian prądu I_{dd} pobieranego przez centralę.



Rys. 8. Przebieg prądu pobieranego przez centralę alarmową w funkcji czasu



Rys. 9. Przebieg prądu pobieranego przez centralę alarmową w funkcji czasu, przy wyłączonych obwodach doładowywania akumulatorów

Na powyższych rysunkach można zauważyć chwilowe zmiany w wartości prądu zasilania, związane z ładowaniem akumulatorów. Impulsy dodatnie związane są z ładowaniem akumulatora 17Ah. Impulsy ujemne związane są z doładowywaniem akumulatora pomocniczego podtrzymującego pamięć konfiguracyjną — w tym czasie centrala jest zasilana tylko z akumulatora 17 Ah. Na rysunku 9 przedstawiono zmiany wartości prądu zasilania płyty głównej centrali alarmowej przy wyłączonych układach odpowiedzialnych za ładowanie akumulatorów.

Podsumowanie

Największy wpływ na niestabilne zachowanie się układów i modułów elektronicznych ma wysoka temperatura. Wiele informacji można uzyskać, analizując trójwymiarowe rozkłady wartości temperatury na powierzchni badanych modułów elektronicznych.

Dodatkowe informacje uzyskujemy, przeprowadzając próby burn-in. Stanowisko badawcze, opracowane w ramach tej pracy, pozwala na przeprowadzenie próby typu burn-in na urządzeniach o niewielkich gabarytach, w szczególności na płytach głównych central alarmowych i modułów rozszerzających ich funkcje. Konstrukcja termostatu umożliwia doprowadzenie do badanego obiektu zasilania, co jest podstawową różnicą między próbą burn-in a typowym badaniem odpornościowym na suche gorąco, oraz wyprowadzenie na zewnątrz zbioru monitorowanych sygnałów.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.04.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w kwietniu 2008 r.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod kier. Jacka Kijaka, *Odporność klimatyczna i wytrzymałość mechaniczna sprzętu elektronicznego*, WKiŁ.
- [2] R. KISIEL, *Podstawy technologii dla elektroników*, Poradnik praktyczny, Wydawnictwo BTC, 2005.
- [3] CH. VILSBECK, *IDE — praca ciągła*, PC World Komputer, 2003.
- [4] PN-EN 50130-5 Systemy alarmowe, Część 5: *Próby środowiskowe*.

J. ĆWIRKO, R. ĆWIRKO

Temperature testing of electronic modules

Abstract. In this paper, the temperature mapping system for electronic devices is presented. The pyroelectric temperature sensor enables non-contact measurements. The measured system provides two or three dimensions temperature scan of electronic modules as PC motherboards or security system motherboards. In the second part of this paper, the measurement system for thermal environment test on security system modules is presented.

Keywords: temperature diagnostics, non-contact temperature measurement, temperature mapping system, burn test

Universal Decimal Classification: 536.5