

SKANING TEMPERATURY JAKO NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE MODUŁÓW ELEKTRONICZNYCH

Joanna ĆWIRKO, Robert ĆWIRKO

Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki, Wojskowej Akademii Technicznej
00-908 Warszawa, ul. Kaliskiego 2, fax. (0 22) 683 91 25, jcwirko@wel.wat.edu.pl, rcwirko@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

Temperatura jest najczęściej mierzonym parametrem nieelektrycznym elementów i modułów elektronicznych. Związane jest to z bezpośrednią zależnością temperatury pracy elementu a jego niezawodnością. W artykule przedstawiono system pomiarowy umożliwiający wyznaczenie rozkładu temperatury modułów elektronicznych. Czujnik pirometryczny umożliwia wykonanie bezkontaktowych pomiarów temperatury. Przedstawiony system umożliwia przykładowo wykonanie dwu lub trójwymiarowych rozkładów wartości temperatury płyt głównych komputerów PC lub central alarmowych. W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów temperaturowych wybranych układów elektronicznych.

Słowa kluczowe: diagnostyka temperaturowa, bezkontaktowy pomiar temperatury.

TEMPERATURE SCANNING AS DIAGNOSTIC TOOL OF ELECTRONIC MODULES

Summary

Temperature is one of the most common measured non-electric parameter of electronic devices and modules. This is due to its direct relationship to electronic reliability over time. In this paper the temperature mapping system for electronic devices is presented. The piroelectric 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 this paper several temperature maps of electronics modules are presented, too.

Keywords: temperature diagnostics, non-contact temperature measurement.

1. WSTĘP

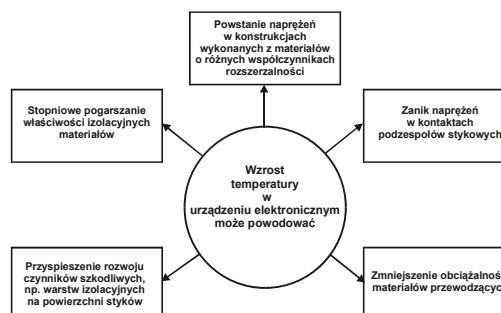
Temperatura i zmiany jej wartości stanowią jeden z głównych czynników wpływających na niezawodność pracy urządzeń elektronicznych. Badania termiczne mają na celu przyjęcie takich rozwiązań konstrukcyjnych (dobór elementów, rozmieszczenie ich na płytkach drukowanych, rozmieszczenie płytek drukowanych w urządzeniu, zastosowanie odpowiednich systemów chłodzenia, itp.), aby żaden ze stosowanych elementów czy układów scalonych nie osiągnął w czasie działania, temperatury wyższej niż dopuszczalna ze względu na czas życia, niezawodność i poprawność funkcjonowania całego urządzenia.

Pomimo opracowania szeregu wytycznych odnośnie zasad projektowania urządzeń 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.

2. WŁYW 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 chłodzenie. Wysoka temperatura powoduje zmiany właściwości elektrofizycznych podzespołów (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ wysokiej temperatury na właściwości materiałów w urządzeniach elektronicznych

Przykładowo, rezystywność powierzchniowa laminatu szklano-epoksydowego, stosowanego w płytkach drukowanych, zmniejsza się około 14 razy przy wzroście temperatury o 50 °C. Inne negatywne skutki podwyższonej temperatury dla materiałów stosowanych w urządzeniach elektronicznych to: twardnienie uszczeliek gumowych, pękanie zalew zabezpieczających podzespoły elektroniczne przed wilgocią, itp.

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 zwiększa liczbę uszkodzeń dwukrotnie;
- 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. wartości temperatury nominalne i dopuszczalne pracy swoich układów. 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, że wiele firm kompletujących, np. jednostki centralne komputerów PC, stosuje różnorodne tanie zamienniki układów chłodzenia.

W produkowanych do 2005 r. procesorach firmy AMD w strukturze scalonej procesora znajdował się tylko czujnik temperatury. Wybór konkretnego rozwiązania układu elektroniki, który miał reagować na sygnał z czujnika producent procesora pozostawił dla wytwórców płyt głównych. Ponieważ część producentów płyt głównych nie umieszczała takich układów zabezpieczających lub były one nieefektywne, to np. przypadkowe odłączenia radiatora od procesora powodowało, że temperatura tego ostatniego wzrastała w ciągu kilku sekund do około 370 °C, oczywiście z wiadomym skutkiem.

W procesorach f-my Intel począwszy od Pentium III producent wbudował w strukturę półprzewodnikowa 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.

Następnym elementem składowym systemu komputerowego, którego niezawodność jest silnie zależna od wartości temperatury jest dysk twardy. Jako urządzenie elektromechaniczne jest on bardziej narażony na zbyt ni wzrost temperatury niż elementy półprzewodnikowe. Producenci dysków zawsze podają dopuszczalny zakres temperatur pracy. Mieści się on najczęściej w przedziale 5 – 55 °C. Dane dotyczące współczynników niezawodności, najczęściej średniego czasu między awariami – MTBF (*ang. Mean Time Between Failure*), odnoszą się do określonej temperatury nominalnej. W zależności od producenta będzie to od 25 °C do 30 °C. Według danych firmy IBM, każdy 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 procentowy wzrost awaryjności. Natomiast niezawodność dysku rośnie, gdy jego temperatura spada poniżej nominalnej, oczywiście do określonej granicy. Podobne wyniki dają badania firmy Seagate. Gdy dysk przy nominalnym obciążeniu pracuje w temperaturze 40 °C, zamiast w 25 °C, prawdopodobieństwo awarii zwiększa się dwukrotnie.

Także trwałość wentylatorów układu chłodzenia komputera zmniejsza się 3-krotnie przy wzroście temperatury pracy z 20 °C do 70 °C.

W przypadku systemów alarmowych, które są często kompletowane przez firmy zajmujące się ostateczną instalacją z podzespołów pochodzących od różnych wytwórców, np. nieoptymalny dobór transformatora sieciowego może spowodować przegrzanie płyty głównej centrali alarmowej lub sterownika kontroli dostępu. Także umieszczenie w wspólnej obudowie systemu ochrony 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 w 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.

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.

W dalszej części artykułu przedstawione zostanie stanowisko pomiarowe do bezkontaktowego badania rozkładu temperatury w urządzeniach elektronicznych i wybrane wyniki pomiarów.

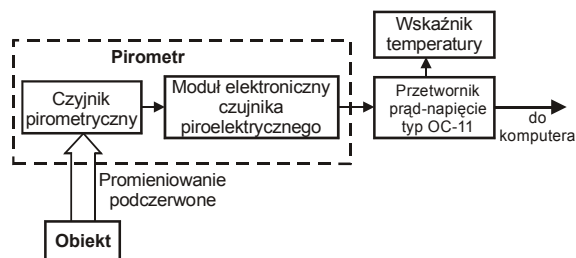
3. STANOWISKO POMIAROWE DO BEZKONTAKTOWEGO POMIARU TEMPERATURY

Na rys. 2 przedstawiono stanowisko badawcze skonstruowane w Wojskowej Akademii Technicznej umożliwiające zobrazowanie dwu lub trójwymiarowych rozkładów wartości temperatury różnorodnych modułów elektronicznych.



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe do bezkontaktowego, przestrzennego badania rozkładu temperatury w urządzeniach 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 skaning 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. 3).



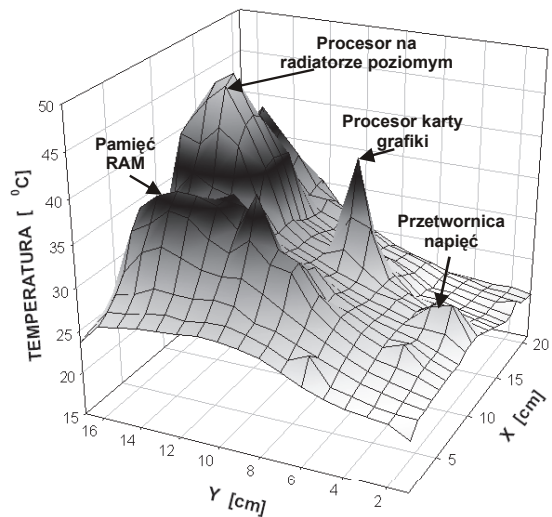
Rys. 3. Pirometr firmy Raytek wraz z przetwornikiem I/U zastosowanym w torze pomiaru bezstykowego temperatury

W zrealizowanym systemie pomiarowym zmianom temperatury w zakresie od 0 do 500 °C odpowiada na wyjściu modułu elektronicznego sygnał prądowy od 4 do 20 mA. Sygnał prądowy jest podawany na wejście przetwornika prąd-napięcie typ 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.

4. PRZYKŁADOWE WYNIKI POMIARÓW

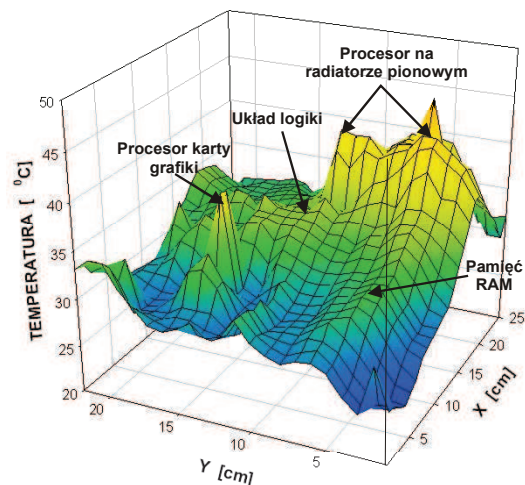
Na stanowisku przeprowadzono pomiary: płyt głównych komputerów PC z różnymi procesorami oraz płyt głównych central alarmowych różnych producentów.

PC_486



Rys. 4. Rozkład temperatury płyty głównej komputera z procesorem 486

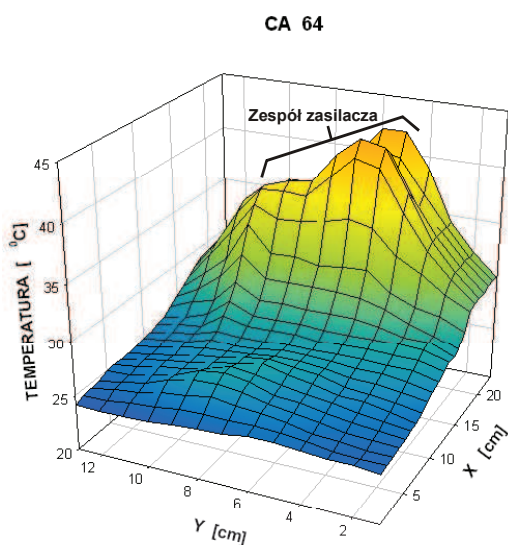
Pentium_III



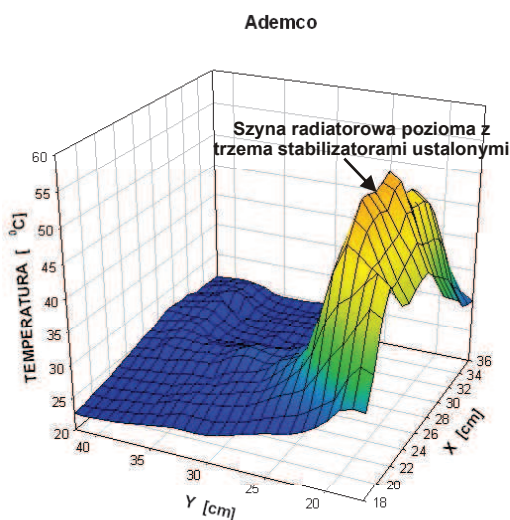
Rys. 5. Rozkład temperatury płyty głównej komputera z procesorem Pentium III

N rys. 4 przedstawiono rozkład temperatury na płycie głównej komputera z procesorem 486 – jest to ostatnia jednostka centralna rodziny procesorów Intel, która nie wymagała wymuszonego chłodzenia. Wszystkie następane procesory rodziny Intela wymagają chłodzenia wymuszonego - jak wynika z rysunku 5 nie powoduje to znacznego obniżenia temperatury, gdyż znaczne zwiększenie ilości tranzystorów w strukturze procesora spowodowało wzrost mocy strat.

Z kolei na rys. 6 i 7 przedstawiono przestrzenne rozkłady temperatury na płytach głównych central alarmowych. Jak wynika z pomiarów płyta główna centrali CA 64 (produkcja Satel - Polska) jest właściwie zaprojektowana w aspekcie rozkładu wartości temperatury niż płyta centrali VISTA-120 (produkcja Ademco - USA).



Rys. 6. Rozkład temperatury płyty głównej centrali alarmowej CA – 64 - Satel



Rys. 7. Rozkład temperatury płyty głównej centrali alarmowej VISTA 120 - Ademco

4. PODSUMOWANIE

Temperatura i jej zmiany stanowią jeden z głównych czynników wpływających na niezawodność pracy urządzeń elektronicznych. Pomimo opracowania szeregu wytycznych odnośnie zasad projektowania urządzeń elektronicznych, obserwuje się często popełnianie błędów konstrukcyjnych. Dlatego też konieczne są pomiary rozkładu temperatury w gotowych urządzeniach elektronicznych – zbyt wysoka temperatura pracy elementów elektronicznych ma duży wpływ na niezawodność całego urządzenia. W artykule przedstawiono skonstruowane w WAT stanowisko skanowania temperaturowego małowymiarowych urządzeń elektronicznych oraz przedstawiono przestrzenne rozkłady temperatur w wybranych obiektach. Na podstawie wyników pomiarów można dokonać porównań różnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń i prognozować wpływ temperatury na ich niezawodność.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod kier. Jacka Kijaka, *Odporność klimatyczna i wytrzymałość mechaniczna sprzętu elektronicznego*. WKiŁ.
- [2] Kisiel R. *Podstawy technologii dla elektroników*. Poradnik praktyczny. Wydawnictwo BTC, 2005.
- [3] Vilsbeck Christian, *IDE – praca ciągła*. PC World Komputer 2003.



Dr inż. **Joanna ĆWIRKO** i dr inż. **Robert ĆWIRKO**, są adiunktami w Instytucie Systemów Elektronicznych, Wydziału Elektroniki WAT. Specjalizują się w technologii i diagnostyce półprzewodników, w tym szczególnie pomiarami małosygnalowymi i szumów w szerokim zakresie zmian wartości temperatury. Zajmują się też tematyką inżynierii systemów ochrony.