

Czujniki temperatury spotkać można niemal w każdym urządzeniu elektronicznym - od najprostszych układów mikroprocesorowych po rozległe systemy sterujące skomplikowanymi procesami o krytycznym znaczeniu. Szczególnie ważną funkcję układy te pełnią w zastosowaniach przemysłowych, m.in. w branży spożywczej, chemicznej, naftowej, górnictwie czy motoryzacji. Szeroka gama zastosowań wymusza stosowanie różnych typów czujników, w zależności od potrzeb aplikacji - do monitorowania temperatury silnika wykorzystuje się inne układy niż np. w systemie zarządzającym klimatyzacją.

### **Czujniki zintegrowane**

W czujnikach zintegrowanych (scalonych) obwody przetwarzające sygnał pomiarowy umieszczone są wraz z elementem pomiarowym w jednej obudowie. Całość wykonana jest na podłożu półprzewodnikowym, najczęściej krzemowym. Tego typu układy mają dość ograniczony zakres temperaturowy, mieszczący się zwykle w przedziale od  $-55$  do  $+150^{\circ}\text{C}$ , czyli w typowym obszarze pracy układów półprzewodnikowych.

Tego rodzaju czujniki stosuje się powszechnie do pomiaru temperatury wewnątrz urządzeń elektronicznych. Pozwala to na ochronę układów przed przegrzaniem oraz może zapobiec nieodwracalnym uszkodzeniom sprzętu. Często wykorzystuje się je również w celu kompensacji wpływu temperatury na układy pomiarowe, np. poprzez korektę dryftu temperaturowego.

Mechanizm działania krzemowych elementów pomiarowych opiera się zazwyczaj na wykorzystaniu zależności napięcia złącza baza-emiter (lub różnicy napięć obu złączy tranzystora) od temperatury. Napięcie baza-emiter maleje wraz ze wzrostem temperatury o ok.  $2\text{ mV/K}$ .

Czujniki zintegrowane charakteryzują się przeciętną dokładnością, zazwyczaj nie lepszą niż  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Umieszczane są w różnych typach obudów, przeznaczonych zarówno do montażu powierzchniowego, jak i przewlekane. Mogą mieć wyjście analogowe (napięcie na wyjściu zmienia się proporcjonalnie do mierzonej wielkości), cyfrowe (najpopularniejsze interfejsy to I<sup>2</sup>C, SPI oraz 1-wire) lub progowe (zmiana stanu wyjścia sygnalizuje wartość temperatury poniżej/powyżej określonego progu).

Do zalet tego typu czujników należą niewielka cena, prostota obsługi oraz mały rozmiar. W tabeli 1 przedstawiono podstawową specyfikację dwóch różnych modeli tego rodzaju układów, charakteryzujących się odmiennym poziomem dokładności.

### **Czujniki zdalne**

W przypadku czujników zdalnych element pomiarowy (przetwornik temperatury) umieszczony jest w pewnej odległości od reszty toru pomiarowego. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie bardzo dużego zakresu pomiarowego, nawet od  $-270^{\circ}\text{C}$  do ponad  $+1800^{\circ}\text{C}$  (w przypadku niektórych rodzajów termopary). Czujniki zdalne mogą być wykorzystywane do kontroli procesów przemysłowych przebiegających w bardzo niekorzystnych warunkach, jak np. destylacja ropy naftowej czy produkcja artykułów spożywczych.

### **Diody półprzewodnikowe**

Diody, tak jak pozostałe elementy półprzewodnikowe, umożliwiają pomiar temperatury w zakresie od ok.  $-55$  do ok.  $+150^{\circ}\text{C}$ , z dokładnością rzędu  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Mogą znaleźć zastosowanie w systemach pracujących w przeciętnym zakresie temperatur. Do ich głównych zalet należą niewielki rozmiar oraz niski koszt. Mogą być ponadto umieszczane na jednym podłożu z innymi elementami scalonymi, np. w układach ASIC.

**Termopary** wykorzystują zjawisko polegające na powstawaniu różnicy potencjałów w miejscu styku dwóch różnych metali, proporcjonalnej do różnicy ich temperatur. Termopary charakteryzują się największym zakresem pomiarowym spośród wszystkich typów sensorów, sięgającym od  $-270^{\circ}\text{C}$  do ponad  $+1800^{\circ}\text{C}$ . Dzięki temu znajdują zastosowanie m.in. w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym, np. do pomiaru temperatury we wnętrzu silnika

### **Czujniki termorezystancyjne**

Działanie czujników termorezystancyjnych opiera się na wykorzystaniu zjawiska zmiany rezystancji elementu pomiarowego w funkcji temperatury - sposób tych zmian określony jest w tzw. charakterystyce termoelektrycznej danego elementu. Ze względu na materiał wykonania wyróżnia się dwa rodzaje czujników termorezystancyjnych - metalowe oraz półprzewodnikowe.

## **Wilgotność**

Metody pomiaru wilgotności można ogólnie podzielić na higroskopowe i kondensacyjne. W przyrządach pierwszej kategorii, do której zaliczane są np. czujniki rezystancyjne i pojemnościowe, wykorzystuje się zmiany właściwości elektrycznych określonych materiałów zachodzące w wyniku pochłaniania wilgoci z otoczenia. Z kolei w higrometrach kondensacyjnych, czyli tzw. czujnikach z chłodzonym lustrem, wilgotność jest wyznaczana pośrednio na podstawie pomiaru temperatury skraplania.

### **Higrometry pojemnościowe**

Pojemnościowy czujnik wilgotności względnej przypomina strukturą kondensator (rys. 1). Zawiera dwie metalowe elektrody oraz umieszczoną pomiędzy nimi cienką warstwę higroskopijnego polimeru pełniącego rolę dielektryka. Powierzchnia górnej elektrody jest zazwyczaj porowata, co ma na celu ochronę warstwy higroskopijnej przed kondensacją i zanieczyszczeniami.

### **Czujniki z chłodzonym lustrem**

W higrometrach z chłodzonym lustrem (rys. 2) wilgotność względna jest wyznaczana na podstawie pomiaru temperatury punktu rosy i temperatury otoczenia.

Najważniejszym elementem tego typu mierników jest lustro zamknięte w komorze, przez którą przepływa powietrze.

### **Higrometry rezystancyjne**

W rezystancyjnych czujnikach wilgotności względnej mierzona jest przewodność higroskopijnego materiału (np. przewodzącego polimeru), która zmienia się w wyniku pochłaniania wody. Czas odpowiedzi większości czujników tego rodzaju wynosi od 10 do 30s, rezystancja od  $1k\Omega$  do  $100M\Omega$ , a średni czas życia przekracza 5 lat, chociaż opary chemiczne i inne zanieczyszczenia mogą przyczynić się do jego skrócenia.

## **Ciśnienie**

Wielkość skalarna określona jako wartość siły działającej prostopadle do powierzchni podzielona przez powierzchnię na jaką ona działa

Typy pomiaru ciśnienia

bezwzględne, czyli absolutne (względem próżni)

względne, czyli nadciśnienie

manometryczne (względem ciśnienia atmosferycznego)

Typy ciśnienia

statyczne

dynamiczne

Zastosowania mierników ciśnienia

pomiar ciśnienia (pogoda, ciśnienie opon, cylinder silnika, . . . )

altimeter (wysokość nad poziomem morza)

prędkość przepływu

głębokość / wysokość słupa cieczy

testowanie przecieków (wycieków)

Manometry z rurką Bourdona są najczęściej stosowanymi mechanicznymi przyrządami do pomiaru ciśnienia. Ich element ciśnieniowy zwykle nazywany jest rurką Bourdona

### **tuba Bourdona**

Po doprowadzeniu ciśnienia do wewnętrznej przestrzeni rurki Bourdona jej przekrój staje się bardziej okrągły. Naprężenia powstałe w wyniku tego procesu powodują zwiększenie promienia kształtu "c". W wyniku tego końcówka rurki przemieszcza się o około dwa lub trzy milimetry. Odkształcenie to jest miarą ciśnienia. Liniowe odkształcenie jest przenoszone przez odpowiedni mechanizm na ruch obrotowy – wskazówkę pokazującą wynik na podziałce.

### **Warianty rurki Bourdona**

Zgięte rurki Bourdona w kształcie litery C pozwalają na pomiar ciśnienia do 60 bar. Dla wyższych ciśnień stosuje się rurki spiralne. W zależności od geometrii, materiału i jego grubości, można zmierzyć ciśnienie do 7000 bar. Elementy ciśnieniowe mogą być wykonane, zależnie od wymagań ze stopów miedzi, stali nierdzewnej lub materiałów specjalnych, jak np. Monel.