

Metoda diagnostyki bezpośredniej termorezystancyjnych czujników temperatury w pojazdach

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2019.157
Data zgłoszenia: 05.04.2019 Data akceptacji: 26.06.2019

W artykule zaprezentowana została metoda diagnostyki bezpośredniej termorezystancyjnych czujników temperatury stosowanych w pojazdach mechanicznych. Przedstawione zostały charakterystyki $R=f(T)$ oraz ich parametry techniczne i eksploatacyjne. Omówiono typy czujników powszechnie stosowanych układach pomiarowo-rejestrujących oraz funkcje, które spełniają w systemach sterujących w pojazdach. Na przykładzie wybranych typów czujników przedstawiona została prosta i szybka metoda diagnostyki bezpośredniej ich stanu technicznego. Przedstawione zostało stanowisko diagnostyczne oraz wyniki badań i wnioski dotyczące badanych czujników.

Słowa kluczowe: termorezystor, termistor, temperatura, pojazd..

Wstęp

Bezpieczeństwo i bezawaryjność transportu samochodowego wymaga sprawnych technicznie systemów sterowania i nadzorowania parametrów technicznych i eksploatacyjnych pojazdu. Systemy te do prawidłowej pracy wymagają wielu informacji, na podstawie których diagnozują stan podzespołów pojazdu i reagują na odchylenia parametrów od wartości wymaganych przy normalnej eksploatacji. Na informacje te składają się między innymi sygnały pomiarowe z czujników temperatury. Pomiar temperatury we współczesnych pojazdach samochodowych można podzielić na [1],[4]:

1. Pomiar zapewniający odpowiedni poziom bezpieczeństwa jazdy (np. temperatura tarczy hamulcowej),
2. Pomiar wymagany do poprawnej pracy układów napędowych pojazdów (np. temperatura silnika, płynu chłodzącego),
3. Pomiar umożliwiający spełnienie wymagań ekologicznych (np. temperatura spalin)
4. Pomiar służący zapewnieniu odpowiedniego komfortu jazdy (np. temperatura nawiewanego powietrza z układów klimatyzacyjnych, temperatura zewnętrzna),

Sygnały pomiarowe uzyskiwane z czujników temperatury często wykorzystywane są przez wiele układów rejestrująco – sterujących i często zdarza się, że błędny sygnał pomiarowy z jednego czujnika ma wpływ na kilka systemów sterujących (np. temperatura spalin), gdyż systemy te są ze sobą powiązane.

1. Termorezystancyjne czujniki temperatury

1.1. Rodzaje charakterystyk rezystancyjnych termistorów

Czujniki temperatury stosowane w produkowanych obecnie samochodach wykorzystują dwa rodzaje termorezystancyjnych detektorów temperatury: metalowe (Pt, Cu, Ni) i półprzewodnikowe (NTC, PTC, CTR). Wszystkie rodzaje detektorów pozwalają na zamianę mierzonej nieelektrycznej wielkości fizycznej na sygnał elektryczny, który jest łatwy do rejestrowania (rejestratory), archiwizacji (diagnostyka) i przetwarzania (regulacja i sterowanie). Czujniki takie posiadają króciec pomiarowy w postaci rurki ze stali nierdzewnej lub obudowy z jedną ścianą dobrze przewodzącą ciepło (taśma metalowa), która od strony zewnętrznej przylega do powierzchni badanego obiektu a z drugiej ma kontakt z obudową termorezystora.

Zakres mierzonych temperatur zależy od materiału z którego wykonane jest uzwojenie rezystancyjne. W tabeli 1 przedstawione zostały parametry współcześnie produkowanych termorezystorów metalowych Cu, Pt, Ni.

Tab. 1. Parametry termorezystorów metalowych [8], [9], [11]

Materiał	Zakres		Rezystywność [10 ⁻⁶ Ω·m]	R ₁₀₀ /R ₀
	typowy	graniczny		
Platyna	-200÷850	-250÷1000	0,1÷0,11	1,385
Nikiel	-60÷150	-60÷180	0,09÷0,11	1,617
Miedź	-50÷150	-50÷180	0,017÷0,018	1,426

Wzrost rezystancji termorezystora pod wpływem ogrzewania jest średnim cieplnym współczynnikiem zmiany rezystancji α w zakresie od 0 do 100°C.

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{R_{100} - R_0}{100} \quad (1)$$

gdzie:

R₁₀₀- rezystancja w temperaturze 100°C,

R₀ - rezystancja w temperaturze 0°C,

Ze względu na samonagrzewanie się termorezystora, zalecany prąd pomiarowy płynący przez termorezystory nie powinien przekraczać 5mA. W praktyce źródła prądowe o wartościach 100 μA ÷ 400 μA przy standaryzowanym współczynniku czułości platyny $\alpha_{Pt}=0,00385 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C}$ zapewniają wystarczający spadek napięcia na termorezystorze Pt100 aby zastosować w układzie pomiarowym typowe przetworniki analogowo-cyfrowe. Zaleca się, aby prąd pomiarowy dobierać w zależności od powierzchni i współczynnika oddawania ciepła przez termorezystor, rodzaju obudowy i środowiska otaczającego termorezystor. Dopuszczalną wartość prądu pomiarowego I_{pmax} można obliczyć z zależności [3]:

$$I_p = \sqrt{\frac{\Delta T_{max} \cdot A}{R_T}} \quad (2)$$

gdzie:

R_T – rezystancja termorezystora w temperaturze T [Ω],

A – stała odprowadzania ciepła (w W/K), która dla podanych warunków pracy określa moc wydzieloną na termorezystorze, przy której w stanie ustalonym przyrost temperatury termorezystora wynosi 1K.

Charakterystykę $R=f(T)$ termorezystorów opisuje się następującą zależnością

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T + \beta \cdot \Delta T^2) \quad (3)$$

gdzie:

$$\Delta T = T - T_0,$$

T_0 – temperatura odniesienia (20°C),

α – liniowy współczynnik temperaturowy termorezystora [1/°C],

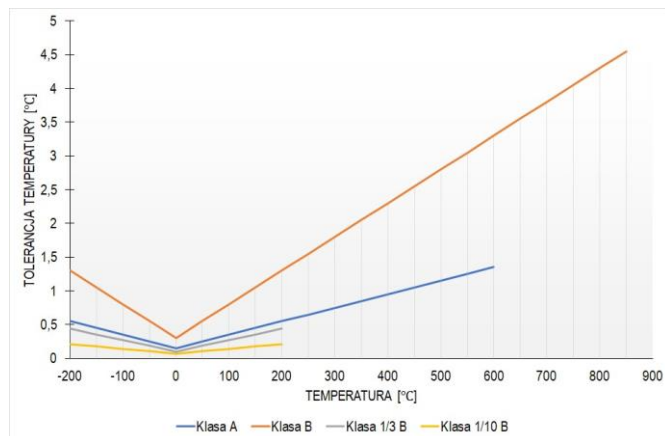
β – kwadratowy współczynnik temperaturowy termorezystora [1/°C²].

Typowe wartości rezystancji nominalnych R_0 występujące w termorezystorach to 100Ω, 500Ω, 1000Ω i odpowiadają one ich rezystancji w temperaturze 0°C. W termorezystorach platynowych oznaczane są jako Pt100, Pt500, Pt1000 (analogicznie dla miedzi Cu100, 500, 1000 i niklu Ni100, 500, 1000). Wartości te są znormowane [11], norma wprowadza także dwie klasy dokładności wykonania termorezystorów: A i B. Istnieje możliwość zastosowania termorezystorów o podwyższonej dokładności o oznaczeniu klasy 1/3 B oraz 1/10 B, ale mają one ograniczony zakres stosowania.

Tab. 2. Klasy dokładności i dopuszczalne odchyłki dla Pt100

Oznaczenie klasy	Dopuszczalna odchyłka ΔT [°C]	Zakres pomiarowy
A	$\Delta T = (0,15 + 0,002) \cdot T$	-200÷600
B	$\Delta T = (0,30 + 0,005) \cdot T$	-200÷850
1/3 B	$\Delta T = (0,1 + 0,0017) \cdot T$	-50÷200
1/10 B	$\Delta T = (0,07 + 0,0007) \cdot T$	-50÷200

Odchyłki zawarte w tabeli 2 można graficznie przedstawić w postaci wykresu jak na rysunku 2.

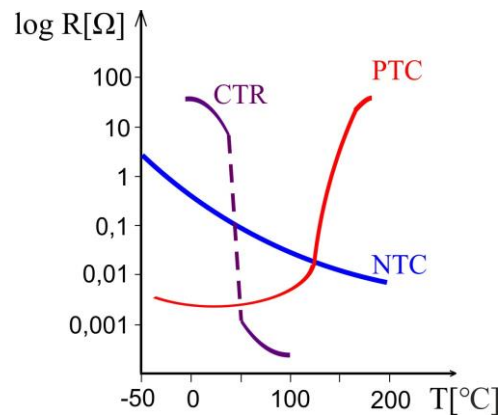


Rys.1. Klasy tolerancji temperaturowych termorezystorów

Wartości dopuszczalnych tolerancji pomiaru leżą pod liniami granicznymi. Termorezystory niklowe i miedziane mają mniejszą stabilność i dokładność pomiaru w porównaniu do platynowych, ale są tańsze. W przemyśle motoryzacyjnym do pomiarów temperatury kabli stosuje się najczęściej czujniki temperatury z termorezystorami wykonanymi w klasie dokładności B [1].

Dla termorezystorów Pt100 zmiana rezystancji dla przyrostu jednostkowego temperatury to tylko 0,385 Ω/°C [11], dlatego w opracowywaniu wyników pomiarów musi być uwzględniona rezystancja przewodów łączeniowych. Na przewody łączeniowe stosuje się zazwyczaj przewody miedziane w izolacji odpornej na działanie promieniowania termicznego (np. teflon).

Detektory półprzewodnikowe w odróżnieniu od metalowych, mogą posiadać zarówno dodatni jak i ujemny liniowy współczynnik zmiany rezystancji w funkcji temperatury. Detektorem temperatury jest rezystor półprzewodnikowy (Thermal Sensitive Resistor - termistor). W zależności od wykonania mają zakres pomiarowy -50°C÷250°C. W czujnikach temperatury w pojazdach samochodowych najczęściej są stosowane termistory o trzech możliwych charakterystykach $R=f(T)$: NTC, PTC, CTR.



Rys. 2. Charakterystyki $R[\Omega]=f(T)$ termistorów, [2]

Typ NTC (Negative Temperature Coefficient) charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem rezystancji w funkcji temperatury. Rezystancja termistorów NTC zawiera się w zakresie od 10 Ω do 40 MΩ.

Analitycznie rezystancja termistora NTC opisana jest zależnością [4]:

$$R_T = R_\infty \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad (4)$$

gdzie:

T - temperatura bezwzględna termistora (°C),

R_T - rezystancja termistora w temperaturze T ,

R_∞ - graniczna wartość rezystancji R_T gdy $T \rightarrow \infty$

B - jest stała materiałowa termistora mającą wartość 2000-6000 [°C].

Wartości R_∞ nie można zmierzyć, wobec tego zależność (4) podaje się najczęściej w postaci [4]:

$$R_T = R_{T_0} \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (5)$$

gdzie:

T_0 - jest temperaturą odniesienia zwykle 25 [°C],

R_{T_0} - jest wartością rezystancji termistora w temperaturze T_0

Typ termistora zależy od materiału z jakiego składa się termistor. Termistory NTC są zbudowane z polikrystalicznych półprzewodników, które stanowią mieszaniny związków chromu, manganu, żelaza, kobaltu, niklu i miedzi. Termistory NTC stosuje się do np. pomiarów i regulacji temperatury, kompensacji temperaturowej, opóźnień czasowego i ograniczenia prądów rozruchu.

Termistory PTC mają dodatni współczynnik temperaturowy, tzn. ich rezystancja wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Produkowane są one w podobny sposób jak termistory NTC, ale ich podstawą materiałową jest BaTiO₃ oraz SrTiO₃, które domieszkuje się różnymi związkami chemicznymi. Poprzez obfite dodanie tlenu w czasie procesu chłodzenia, otrzymuje się silnie dodatni współczynnik temperaturowy. Rezystancja nieco maleje przy niskich temperaturach, ale po przekroczeniu punktu Curie materiału (T_c) - silnie wzrasta. Temperatura przemiany (T_{sw}) jest to temperatura, przy której wartość rezystancji równa jest dwukrotnej wartości rezystancji minimalnej. Termistory PTC produkowane są o temperaturze T_{sw} pomiędzy 25 i 160°C (aż do 270°C, o ile są one produkowane jako elementy grzewcze). Termistory PTC stosuje się jako zabez-

pieczenia przeciwko nadmiernemu prądowi np. w silnikach elektrycznych, samoregulujących elementach grzewczych, do obwodu rozmagnesowania w telewizorach kolorowych, obwodach opóźniających i do wskazywania temperatury.

Termistor CTR (ang. critical temperature resistor) jest nieliniowym rezystorem, o skokowej zmianie rezystancji w wąskim przedziale temperatury. Podobnie jak NTC charakteryzują się ujemnym współczynnikiem temperaturowym rezystancji, z tą jednak różnicą, że w termistorze CTR po osiągnięciu wartości temperatury krytycznej następuje skokowe zmniejszenie rezystancji termistora, a tym samym raptowne zmniejszenie spadku napięcia na nim. Termistory CTR wytwarzane są z tlenków wanadu (VO₂) lub tytanu (TiO₂).

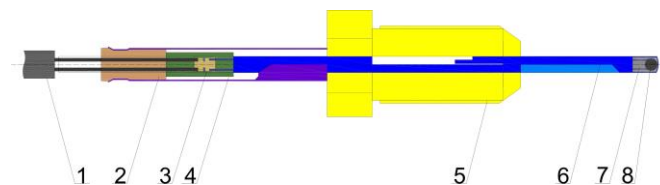
1.2. Budowa i parametry czujników termorezystancyjnych

Od czujników temperatury wymaga się, aby z możliwie największą dokładnością i szybkością reagowały na zmiany temperatury w obszarze pomiaru. Przy dobieraniu czujnika temperatury powinno się między innymi uwzględnić:

- warunki geometryczne przestrzeni zabudowy czujnika,
 - Wymiary geometryczne sondy pomiarowej,
 - Wymiary geometryczne obudowy czujnika,
 - Sposób mocowania czujnika do obudowy pojazdu.
- czas reakcji na zmiany temperatury,
- dokładność pomiaru,
- rozdzielczość wskazań,
- materiał obudowy czujnika i sondy pomiarowej.

Dla uzyskania możliwie dużej dokładności pomiaru należy wyeliminować wpływ warunków cieplnych otoczenia. W tym celu należy zapewnić izolację cieplną obudowy czujnika. Najczęstszym rozwiązaniem jest zastosowanie korpusu zewnętrznego czujnika z materiału izolacyjnego cieplnie np. polistyren (PS), poliamid (PA), kopolimer akrylonitrylo-butadienostyrenowy (ABS). Korpus zapewnia także ochronę przyłącza przewodów pomiarowych przed między innymi wilgocią z otoczenia (np. zalanie płynami eksploatacyjnymi pojazdu) lub uszkodzeniami mechanicznymi.

Odpowiednio dobrane wymiary czujnika zapewniają właściwą rozdzielczość pomiarową przy minimalnej pojemności cieplnej wpływającej na szybkość reakcji na zmiany temperatury.



Rys. 3. Czujnik temperatury płynu chłodzącego: 1 – przewód pomiarowy, 2 - gumowy element elastyczny, 3 - tuleja zagniatana przyłącza przewodów pomiarowych, 4 - izolacja połączenia, 5 – tuleja gwintowana, 6 – metalowa obudowa sondy, 7 – spoiwo izolacyjne, 8 – termistor, [6]

Rysunek 3 przedstawia budowę typowego czujnika termorezystancyjnego stosowanego w pojazdach mechanicznych. Kształt i długość sondy pomiarowej oraz materiały użyte do budowy czujnika zależą od zadania które ma on spełniać w pojeździe. Wiedza ta pozwoli na dobór czujnika o odpowiednich parametrach takich jak [2] [3], [5]:

- rezystancja znamionowa, przyjmująca w temperaturze 25°C wartości katalogowe,
- współczynnik temperaturowy rezystancji α (dla termistorów NTC $\alpha = (-0,02) \div (-0,08)$ [1/°C], a dla termistorów PTC $\alpha = 0,008$ [1/°C],

- temperatura pracy termistorów – dla NTC obejmująca zakres od -50°C ÷ 155°C, a dla termistorów PTC - od -40°C ÷ 125°C,
- maksymalna moc,
- dla termistorów typu CTR jest podawana dodatkowo tzw. temperatura przejścia, przy której rezystancja zmienia się skokowo.

Niestabilność właściwości termistorów dotyczy głównie zmian ich rezystancji w funkcji czasu i może być powodowana [2] [4]:

- zmianami w strukturze wynikającymi z naprężeń termicznych,
- zmianami stopnia utlenienia tlenków, powodowanymi wpływem z otaczającej atmosfery (starzenie się termistora),
- zmianami rezystancji przejścia na łączeniu elektrod z półprzewodnikiem.

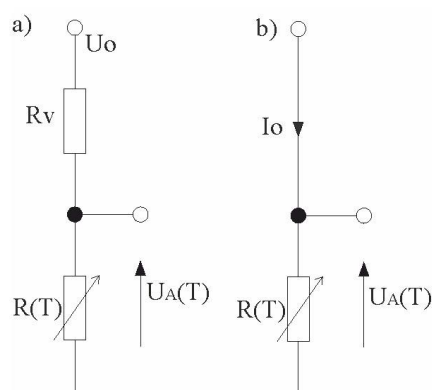
Najbardziej stabilne są termistory perelkowe pokrywane szkłem. Zmiany ich rezystancji są rzędu (0,05...0,25)% na rok. [3], [7].

Termistory tego typu są odporne na wpływ otaczającego środowiska i mogą być stosowane w trudnych, narażonych na agresywne substancje chemiczne, duże naprężenia termiczne i mechaniczne. Ze względu na niewielkie rozmiary detektora (<3 mm) mają dużą czułość pomiarową i rozdzielczość.

Przy pomiarach temperatury powierzchni np. temperatura tarcz hamulcowych, dokładność pomiaru można polepszyć stosując specjalne pasty termoprzewodzące, które zwiększają powierzchnię styku z detektorem termistorowym. Pasty termoprzewodzące dzięki dobremu współczynnikowi przewodnictwa cieplnego (np. 0,88 W/mK – pasta AGT-057 [10]) skupiają strumień ciepły płynący od powierzchni badanej i kierują go do powierzchni detektora termistorowego. Dzięki dużej rezystywności elektrycznej past (5·10¹⁴ Ω cm – np. AGT-057 [10]), detektory można odizolować elektrycznie od badanych powierzchni, co znacznie zwiększa zakres stosowalności termistorów.

W pomiarach temperatury stosowanych w pojazdach, charakterystykę $R=f(T)$ przekształca się w charakterystykę napięciowo-temperaturową $U_A=f(T)$. Wykorzystuje się do tego dwie metody, Rys.3:

- przetwarzanie napięciowe,
- wymuszenie prądem zasilającym.



Rys. 4. Schemat układu przetwarzania charakterystyki termistora: a- napięciowego, b – prądowego, [1]

Przetwarzanie napięciowe polega na pomiarze spadku napięcia U_A na termistorze przy zasilaniu stałym napięciem U_0 . Przy znanej wartości rezystora dodatkowego R_V napięcie U_A wyznacza się z zależności [1]:

$$U_A = U_0 \frac{R(T)}{R(T) + R_V} \quad (6)$$

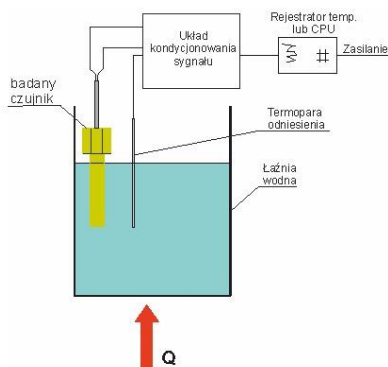
Rezystorem R_V można również kompensować odchylenia rezystancji termistora od charakterystyki znamionowej spowodowanych np. starzeniem się termistora.

Metoda wymuszenia prądem zasilającym polega na pomiarze napięcia U_A przy zasilaniu czujnika ściśle określonym i stałym w czasie prądem zasilającym. Spadek napięcia na termistorze wyznacza się wtedy z prawa Ohma:

$$U_A(T) = I_0 R(T) \quad (7)$$

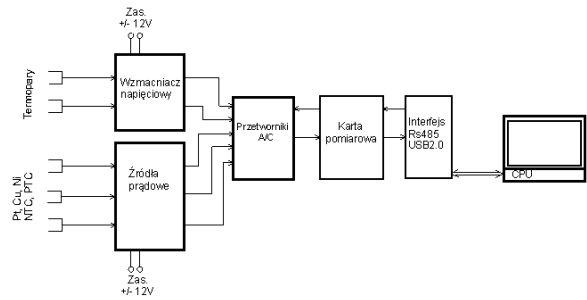
2. Diagnostyka bezpośrednia czujnika termorezystancyjnego

Większość czujników temperatury w pojazdach samochodowych zasilana jest napięciem stałym 5 V lub 12V [1], [4]. Na rynku dostępnych jest szereg programów diagnostycznych umożliwiających sprawdzenia czujników zamontowanych w pojazdach lub na stanowiskach diagnostycznych. Bezpośrednia ocena sprawności czujnika, polega na porównaniu rezystancji termistora zmieniającej się pod wpływem mierzonej temperatury z rezystancją wzorcową odczytaną z charakterystyki dostarczonej przez producenta. Dla przykładu, badaniu poddane zostały czujniki termorezystancyjne Pt100, Ni100, NTC które używane są do pomiaru temperatury płynu chłodzącego. Badanie polegało na ogrzewaniu sondy czujnika i w określonych wartościach temperatury pomiarze rezystancji termistora. Do pomiaru rezystancji użyto zaprojektowanego układu kondycjonowania sygnału. Sonda czujnika zanurzona została w naczyniu z wodą, które podgrzewano palnikiem indukcyjnym. Temperaturę wody mierzono termoparą odniesienia TP 203K-1-200-1.2 według schematu na rysunku 5.



Rys 5. Schemat stanowiska badawczego

Sygnal z termopary poprzez przetwornik temperatury TMD-20 był rejestrowany w rejestratorze temperatury WRT-16M (prod. CZAKI Thermo-Produkt) oraz komputerze. Założony błąd pomiaru temperatury wody w naczyniu wynosił 0,1% wartości wskazywanej (błąd przetwornika) [8]. Ponieważ sygnały z czujników i przetworników pomiarowych nie spełniają wymagań stawianych przez uniwersalną kartę pomiarową (tzn. standard i zakres zmienności sygnału), wymagane jest ich dostosowanie w układzie kondycjonowania sygnału przedstawionego na rysunku 6.

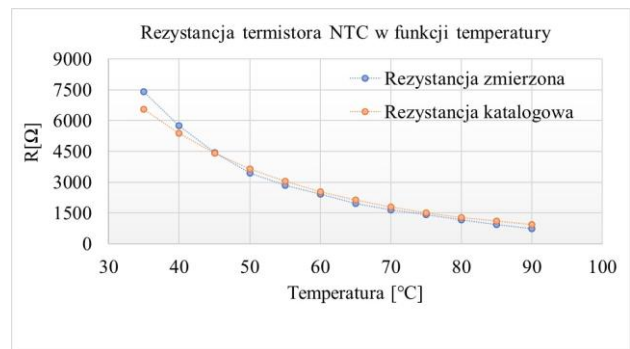


Rys. 6. Schemat blokowy układu kondycjonowania sygnału pomiarowego [opr. własne]

Układ ten zapewnia możliwość przeprowadzenia badań właściwości statycznych i dynamicznych wszystkich typów czujników temperatury. Polega to najczęściej na: wzmocnieniu sygnału; zmianie standardu (prądowy → napięciowy), napięciowy symetryczny na niesymetryczny, linearyzacji sygnału, filtracji itd. W przypadku użycia do pomiaru temperatury na stanowisku laboratoryjnym czujników parametrycznych i generacyjnych taki układ jest niezbędny. Układ pomiarowy składa się z regulatora temperatury wraz z termostatem, interfejsu pomiarowego, czujników temperatury oraz komputera z oprogramowaniem sterującym pomiarami. Dodatkowym elementem układu pomiarowego jest naczynie z kąpielą odniesienia

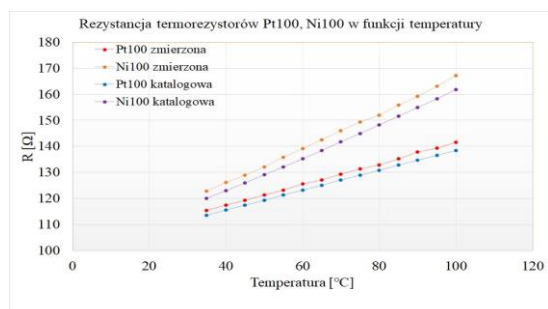
3. Wyniki pomiarów diagnostycznych

Porównując wyniki pomiarów rezystancji zmierzonej z danymi katalogowymi termistora NTC, widać że w zakresie temperatur $50^{\circ}\text{C} \div 100^{\circ}\text{C}$ zmierzona rezystancja była wyższa niż wartości katalogowe (Rys. 6.). W zakresie początkowych temperatur ($<45^{\circ}\text{C}$) pomiary rezystancji termistora dawały wyniki mniejsze niż wartości katalogowe.



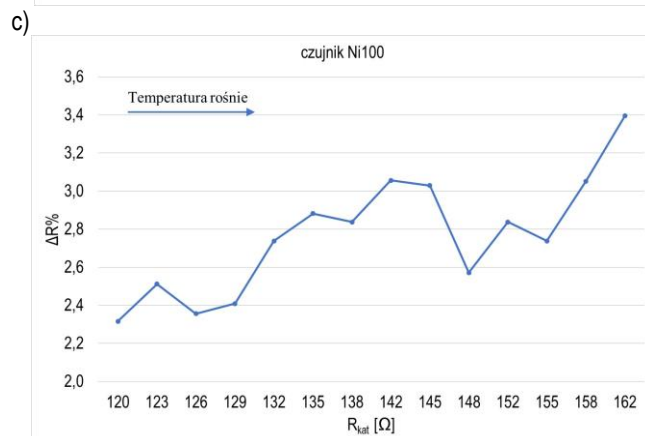
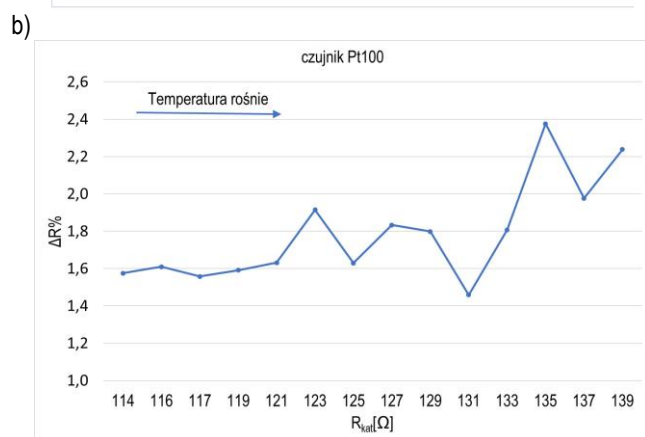
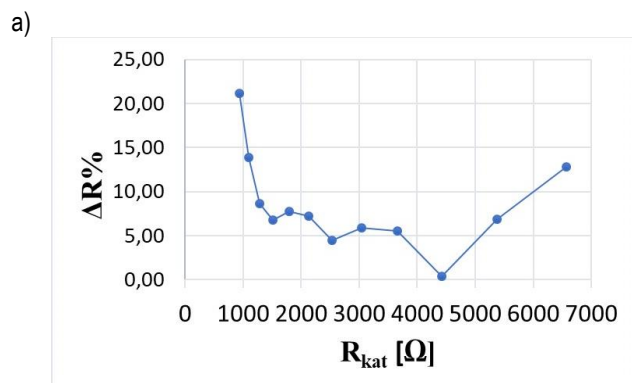
Rys. 7. Charakterystyka $R=f(T)$ badanego czujnika NTC10C

W przypadku termistorów Pt, Cu, Ni wyniki badań przedstawia rysunek 8. Porównując wyniki pomiarów dla czujników Pt100 oraz Ni100, można zauważyć, że rzeczywista rezystancja termorezystorów jest większa niż wartości katalogowe w całym zakresie wykonanych pomiarów.



Rys. 8. Charakterystyki $R=f(T)$ badanych czujników Pt, Ni

Procentowa zmiana rezystancji $\Delta R\%$ podawana jako stosunek modułu różnicy rezystancji zmierzonej i katalogowej do wartości rezystancji katalogowej przedstawione zostały na rysunkach poniżej.



Rys. 9. Procentowa różnica rezystancji zmierzonej i katalogowej czujników: a) NTC; b) Pt100; c) Ni100

Przy niższych temperaturach różnica wskazań czujnika NTC wyniosła od około 0,5% do 6,7%.

Różnica procentowa badanych termorezystorów Pt100 i Ni100 rośnie ze wzrostem temperatury. W przypadku czujnika Pt100 różnica procentowa wskazań wynosi od 1,5%÷2,4%, co przekłada się na różnicę wskazań temperatury od 4,7°C÷7,9°C. Dla czujnika Ni100 różnica procentowa wskazań wynosi od 2,3%÷3,4%, co przekłada się na różnicę wskazań temperatury od 8,5°C÷16,9°C. Ze względu na rolę pomiaru temperatury płynu chłodzącego silnika, należy stwierdzić różnicę wskazań wartości rzeczywistej i katalogowej termorezystorów Pt100, Ni100 oraz termistora NTC w wyższych temperaturach może kwalifikować czujnik do wymiany, gdyż różnica wskazań temperatury płynu przy wyższych temperaturach może powodować niepożądane skutki w postaci przegrzewania silnika.

Podstawowym problemem, z którym spotykamy się przy pomiarach temperatury jest niekiedy bardzo duża bezwładność cieplna czujników. Bezwładność ta jest determinowana głównie przez rodzaj obudowy w której instalowany jest czujnik. Znajomość podstawowych własności dynamicznych czujnika konieczna jest ze względu na:

- ustalenie niezbędnego czasu pomiaru w przypadku pomiarów dorywczych,
- wyznaczenie błędów dynamicznych mające na celu dobór właściwego czujnika temperatury,
- wyznaczenie rzeczywistych przebiegów temperatury mierzonej,
- opracowanie właściwego układu pomiarowego współpracującego z czujnikiem,
- opracowanie członów korekcyjnych w układach regulacji temperatury.

Parametrem, który charakteryzuje w sposób całościowy własności dynamiczne czujnika jest jego stała czasowa. Fizyczna interpretacja stałej czasowej może być przedstawiona jako czas po upływie którego, rezystancja przy skokowej zmianie temperatury osiągnęłaby wartość ustaloną, gdyby prędkość zmiany była stała i równa prędkości zmiany w chwili początkowej. Analitycznie szybkość zmian ciepła czujnika opisuje równanie Newtona

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \alpha \cdot s \cdot (T_x - T_0) \quad (8)$$

Podsumowanie

Termorezystancyjne czujniki temperatury stosowane w pojazdach samochodowych są odpowiedzialne za prawidłową pracę wielu podzespołów. Wpływają także na bezpieczeństwo jazdy oraz spełnienie wymogów związanych z ochroną środowiska. Z tego powodu dużego znaczenia nabiera ich niezawodność i dokładność pomiarowa. Odpowiednia i regularna diagnostyka czujników temperatury pozwala na optymalną eksploatację (zużycie paliwa, bezawaryjność) pojazdów. Jak pokazuje przykład sprawdzenia czujnika opisany w artykule, bezpośrednia diagnostyka termorezystancyjnych czujników temperatury możliwa jest przy wykorzystaniu nieskomplikowanych metod pomiarowych.

Współczynnik temperaturowy rezystancji α termorezystorów Pt100 oraz Ni100 poddanych badaniu podawany w katalogu 0,385 %/°C, co w przypadku czujnika o rezystancji 100 Ω oznacza zmiany tej rezystancji (czułość) 0,385 Ω /°C. Rzeczywista wartość otrzymana z pomiarów wyniosła 0,4 Ω /°C co daje zmianę napięcia na czujniku o 400 μV /°C przy prądzie zasilającym czujnik o wartości 1 mA. Różnica ta wpływa na dokładność pomiarową badanych czujników. Przeprowadzone badania diagnostyczne wskazują, że czujnik Pt100 jest znacznie dokładniejszy od czujnika Ni100, co potwierdza dużo większy udział czujników platynowych w pomiarach temperatury.

Diagnostyka czujnika NTC10C użytego do badań, potwierdziła nieliniowość charakterystyki co utrudnia jej znormalizowanie. Stanowią to zasadniczą wadę termistorów i powoduje konieczność indywidualnego wzorcowania każdego układu pomiarowego z termistorem. Układy pomiarowe termorezystorów metalowych i półprzewodnikowych w zasadzie nie różnią się w budowie. W wypadku termistorów należy zwracać większą uwagę na efekt samoogrzewania się ze względu na mniejsze na ogół wymiary oraz często dużą rezystancję czujników. W układach z termistorem można pominąć układ eliminacji rezystancji doprowadzeń, zwłaszcza dla dużych wartości rezystancji termistorów, istnieje natomiast bardzo dużo odmian układów linearyzacji ich charakterystyk termorezystancyjnych.

Opisana w artykule prosta diagnostyka czujników termorezystancyjnych pozwala na wykrycie odchyłań rzeczywistych wartości rezystancji od podawanych w katalogu producenta oraz podjęcie decyzji o wymianie czujnika, co ma wpływ na bezpieczeństwo i niezawodność pojazdu.

Bibliografia

1. Sławomir Wiak – Mechatronika, tom 2. Akademyka Oficyna Wydawnicza EXIT, Politechnika Łódzka, 2010 r.
2. Michalski Ludwik, Krystyna Eckerdorf - Pomiary temperatury, WNT Warszawa 1986
3. Ślubowska Elżbieta, Szumilas Mateusz – Pomiary temperatury. Sensory i pomiary wielkości nieelektrycznych. Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej, Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej 2013.
4. Marek Brzeżański – Czujniki w pojazdach samochodowych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2002 r.
5. Królicka Aleksandra, Hruban Andrzej, Mirowska Aleksandra - Nowoczesne materiały termoelektryczne. Przegląd literaturowy. Materiały Elektroniczne Nr 4/2012. Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych.
6. Sensoren im Kraftfahrzeugtechnik – Fachwissen Kfz-Technik/Elektrik und Elektronik, Robert Boch GmbH, 2007, Tłumaczenie: Brzeżański Marek, Juda Zdzisław – Czujniki w pojazdach samochodowych, Warszawa 2009.
7. Katalog firmy CEREL.
8. Katalog firmy CZAKI Thermo-Product, Edycja 5.7.
9. Katalog firmy APLISENS, Edycja 2019/2020.
10. Katalog firmy ROHS Compliant GmbH.

11. Norma PN-EN 60751-A1, A2, A3:1997.

A method of direct diagnostics of thermoresistive temperature sensors in vehicle

A method of direct diagnostics of thermoresistive temperature sensors in vehicle.

The article discusses thermistor temperature sensors used in automotive vehicles. The characteristic types $R=f(T)$ of thermoresistors as well as their technical and operational parameters are presented. The applications of particular types of thermoresistors in temperature measurements in automotive vehicles are discussed. On the example of the coolant temperature sensors diagnostics is presented. The test results and conclusion regarding the tested sensor diagnostics is presented. The test result and conclusions regarding the tested sensors are presented.

Keywords: thermoresistor, thermistor, temperature, vehicle

Autorzy:

mgr inż. **Bogdan Perka** – Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki. Email: bogdan.perka@wat.edu.pl.

dr inż. **Andrzej Szafraniec** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki. Email: a.szafraniec@uthrad.pl.

dr inż. **Radosław Figura** - Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki. Email: r.figura@uthrad.pl