

Czujniki tensometryczne i urządzenia pomiarowe firmy Wobit

Adam Sarzyński

Czujniki tensometryczne potocznie zwane tensometrami są podstawowym elementem każdej wagi elektronicznej, a także urządzeń do pomiaru sił ściskających, rozciągających, naprężeń itp. Spotykane są często w układach automatyki, gdzie zachodzi konieczność dokonywania pomiarów wagowych (m. in. ciężaru zbiorników magazynujących surowce, zbiorników mieszalniczych, w platformach najazdowych). W połączeniu z odpowiednimi urządzeniami pomiarowymi umożliwiają precyzyjny pomiar mas, dozowania surowców itp.

O zastosowaniu odpowiedniego typu tensometru decydują warunki i wymagania pomiaru związane z materiałem, kształtem elementu konstrukcyjnego czujnika, rodzajem obciążeń, temperaturą pracy itp. Obecnie najszersze zastosowanie znajdują tensometry oporowe, które są najczęściej wykorzystywane przy pomiarach laboratoryjnych i użytkowych. Czujniki te posiadają wiele walorów eksploatacyjnych, takich jak:

- duża czułość,
- dokładność,
- małe wymiary,
- odporność na drgania i wstrząsy,
- możliwość pracy w wysokich temperaturach i ciśnieniach,
- możliwość umieszczania na powierzchniach zakrzywionych.

Zasada działania

Zasada działania tensometru oporowego opiera się na właściwości fizycznej drutu metalowego, polegającej na zmianie jego oporu elektrycznego wraz ze zmianą jego długości. Drut oporowy (lub folia) naklejany jest za pomocą specjalnego kleju na element odkształcający się pod wpływem działających sił lub momentów. Materiał oporowy czujnika ulega identycznym odkształceniom co element, na którym czujnik został przyklejony. Od technologii klejenia i użytych materiałów zależy dokładność i stabilność czujników siły.

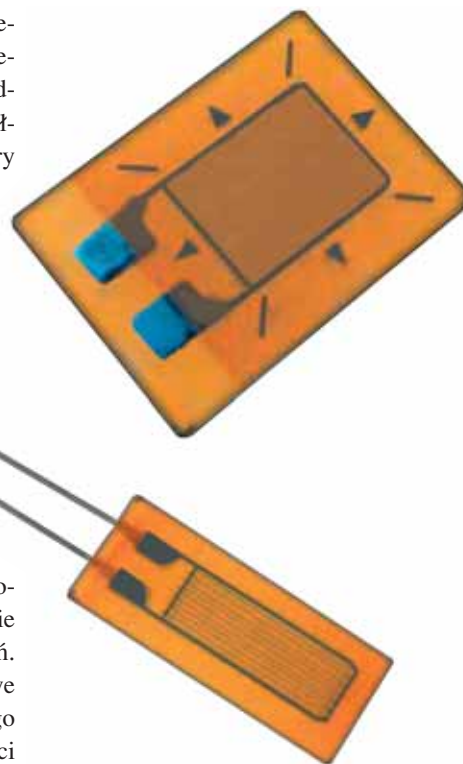
W zależności od kształtu i ułożenia elementu oporowego wyróżnia się tensometry wężykowe (drut rezystancyjny o średnicy ułamków mm uformowany w kształcie wielokrotnego wężyka), tensometry kratowe (szereg drucików ułożonych równolegle i połączonych znacznie grubszymi odcinkami taśmy miedzianej) oraz tensometry oporowe foliowe – stosowane najczęściej – składające się z siatki rezystancyjnej w postaci wężykowej, wykonanej z cienkiej metalowej folii sklezionej klejem z podkładką nośną.

Na rysunku 1 pokazane zostały przykładowe tensometry foliowe przeznaczone do naklejenia na element, który będzie poddawany działaniu sił lub naprężeń. Najczęściej jednak spotykane są gotowe czujniki w postaci tensometru foliowego przyklejonego do obudowy. W zależności od konstrukcji elementu nośnego (obudowy) czujnik taki może służyć do pomiaru małych sił w zakresach pojedynczych niutonów, jak i ogromnych sił liczonych w dziesiątkach kiloniutonów.

Pomiar siły

Zmiana rezystancji zastosowanego drucika lub folii następuje w wyniku jej odkształcania, zgodnie ze wzorem:

$$\Delta R/R = k \cdot \varepsilon$$



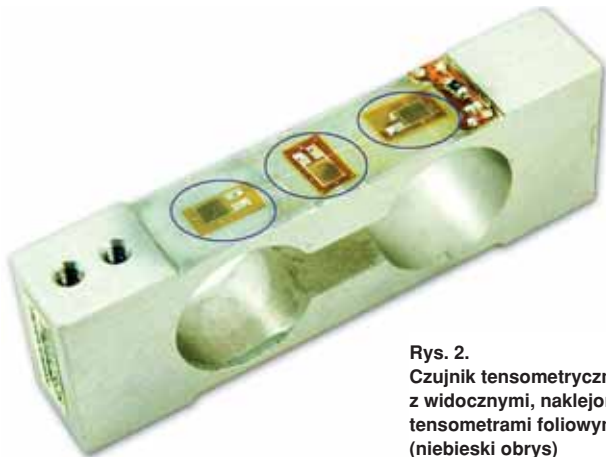
Rys. 1. Przykłady tensometrów foliowych gdzie:

ε – odkształcenie względne,

k – współczynnik odkształcania tensometru (stała tensometru),

R – rezystancja elementu oporowego.

Z wzoru wynika, że odkształcenie względne ε jest wprost proporcjonalne do względnego przyrostu oporu $\Delta R/R$, a wartość stałej k zależy przede wszystkim od materiału, z jakiego wykonany jest drut oporowy. Na wartość stałej ma wpływ tak-



Rys. 2.
Czujnik tensometryczny z widocznymi, naklejonymi tensometrami foliowymi (niebieski obrys)



K701 (0...1 kN)



K200 (0...10 N)



K1100 (0...50 kN)



K1501 (0...10 kN)

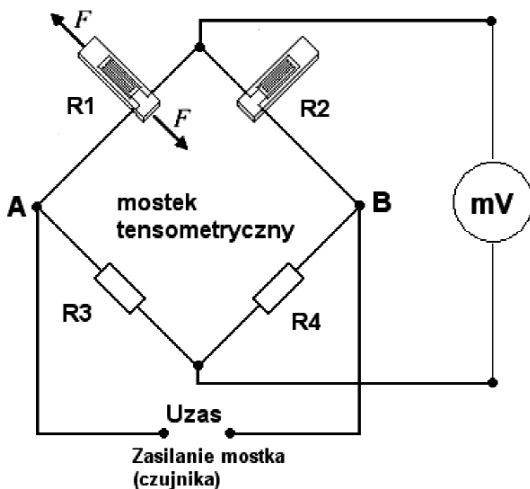
Rys. 3. Przykładowe czujniki tensometryczne firmy Wobit

że sposób ułożenia drutu oporowego, rodzaj kleju, rodzaj materiału podkładki itd. Wartość tę określa się zazwyczaj doświadczalnie.

Stała K jest jednym z dwóch najistotniejszych parametrów opisujących czujnik tensometryczny. Drugi parametr to maksymalna siła, z jaką można działać na dany czujnik.

Mostek Wheatstone'a

Tensometry w technice pomiarowej pracują najczęściej w układzie tzw. mostka Wheatstone'a, którego schemat pokazany jest na rysunku 4. Mostek ten składa się z czterech gałęzi utworzonych z czterech elementów: zazwyczaj jest to tensometr o oporności R_1 , tensometr kompensacyjny o oporności R_2 oraz dwa oporniki



Rys. 4. Typowy układ pracy czujnika tensometrycznego

A
M
A
L
K
E
R



Rys. 5. Wskaźnik MD100T



Rys. 6. Urządzenie zbierające dane z czujnika tensometrycznego – ADT1

R3 i R4. Tensometr kompensacyjny kompensuje wpływy czynników ubocznych, a szczególnie temperatury i wilgoci. Stosuje się także inne konstrukcje, posiadające większą ilość tensometrów.

W zależności od sposobu pomiarów mostek zasilany jest napięciem stałym lub zmiennym. Pomiar w układzie zmiennoprądowym był stosowany przez wiele lat ze względu na łatwość budowy wzmacniaczy pomiarowych (w przypadku układów stałoprądowych podstawową trudnością było zbudowanie wzmacniacza o odpowiednio dużym wzmocnieniu i stabilności). Obecnie częściej stosuje się pomiary stałoprądowe, ze względu na prostszą konstrukcję układu pomiarowego oraz dostępność specjalizowanych układów scalonych.

Pomiar stałoprądowy

Przy pomiarach stałoprądowych mostek tensometryczny zasilany jest w punktach A i B znanym napięciem stałym U_{zas} . Wówczas na przekątnej gałęzi mostka po-

jawia się napięcie proporcjonalne do mierzonej siły. Ponieważ zmiany są bardzo małe (0,01 – 1 ohm), zmiany napięcia w gałęzi także są niewielkie i mieszczą się w granicach 0,1% U_{zas} . Przykładowo, przy zasilaniu czujnika napięciem 10 V wyjściowe napięcie będzie się zmieniało w zakresie 0 – 20 mV, w zależności od obciążenia mostka.

Wartość zmian napięcia określana jest poprzez stałą mostka „K” podawaną w jednostkach mV/V. Oznacza to, że dla mostka o stałej 2 mV/V przy nominalnym (maksymalnym roboczym) obciążeniu czujnika sygnał wyjściowy równa się 2 mV na każdy volt zasilania mostka. Przykładowo, dla czujnika tensometrycznego o nominalnej sile 200 N i stałej 2 mV/V, zasilanego napięciem 10 V zmierzona wartość siły będzie wynosiła:

$$Siła [N] = (Pomiar [mV] / (2 [mV] \times 10 V)) \times 200 N$$

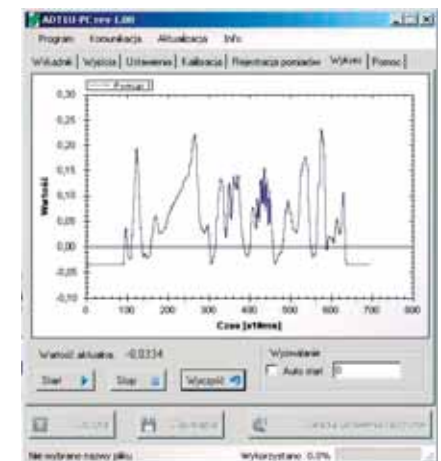
Przy zerowym obciążeniu sygnał z czujnika powinien wynosić 0 ($\pm 1\%$ maksymalnego napięcia wyjściowego czujnika). Wyższa wartość oznacza, że czujnik jest uszkodzony. Uszkodzenie czujnika następuje zazwyczaj przy przekroczeniu jego obciążenia nominalnego o określoną w katalogu wartość (np. 150% lub 200% wartości znamionowej).

Pomiar ciężaru

Czujniki tensometryczne są powszechnie stosowane w różnorodnych urządzeniach wagowych, gdzie wynikiem pomiaru jest ciężar (w gramach [g], kilogramach [kg] lub tonach [T]). Wynik pomiaru siły z mostka musi być przeliczony na ciężar z zależności:

$$F = m \times g$$

gdzie:
F – siła odczytana z czujnika,



Rys. 8. Oprogramowanie ADT1 na komputer PC

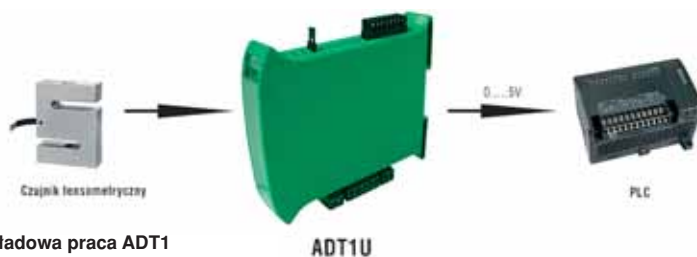
g – wartość przyspieszenie ziemskiego, m – masa obciążająca czujnik wywierająca na niego siłę F.

Przy bardzo dokładnych pomiarach mas (np. w precyzyjnych wagach laboratoryjnych) istotne znaczenie ma wartość przyspieszenia ziemskiego g – domyślnie przyjmowana jako 9,81. Wartość ta jest jednak różna w zależności od położenia geograficznego (odległości od równika) i powinna być odpowiednio korygowana.

Urządzenia pomiarowe

Istotną kwestią w pomiarach z wykorzystaniem czujników tensometrycznych jest mierzenie występujących na nim małych napięć. Dla uzyskania rozdzielczości 1000 działek pomiarowych wymagany jest pomiar napięcia gałęzi mostka z dokładnością ± 20 uV (zależną od napięcia zasilania czujnika). Wymaga to zastosowania specjalizowanych układów, które zapewniają odpowiednią stabilność i rozdzielczość pomiarów.

W ofercie firmy Wobit dostępne są dwa urządzenia współpracujące z czujnikami tensometrycznymi, które zapewniają stabilny pomiar z dokładnością do 100 tys. działek pomiarowych. Urządzenia te mają



Rys. 7. Przykładowa praca ADT1 w roli wzmacniacza napięciowego.

wszechstronne zastosowanie zarówno w przemyśle, jak i laboratoriach badawczych – wszędzie tam, gdzie istnieje konieczność zgrubnego lub precyzyjnego pomiaru siły (ciężaru) z wykorzystaniem czujników tensometrycznych.

Wskaźnik MD100T

Pierwsze z urządzeń to wskaźnik MD100T wyposażony w czytelny, sześciopozycyjny wyświetlacz, pokazujący aktualną wartość pomiaru. Urządzenie pozwala na zaprogramowanie i sygnalizowanie (za pomocą wyjść przekaźnikowych) dwóch ustalonych przez użytkownika progów pomiarowych. Dodatkowo dostępne jest wyjście napięciowe 0...10 V, oraz wyjście RS232 do komunikacji np. z komputerem PC (współpraca z programem MD100-PC).

Urządzenie ADT1

Alternatywą dla wskaźnika MD100T jest urządzenie zbierające dane z czujnika tensometrycznego – ADT1. W odróżnieniu od MD100T nie posiada ono wyświetlacza. Wyposażone jest za to w cztery wyjścia tranzystorowe, które mogą być dowolnie skonfigurowane i sygnalizować ustalone progi. Dostępne jest także wyjście napięciowe 0... 5 V o rozdzielczości 0,01 V. Programowanie urządzenia odbywa się przy pomocy łącza USB (dostępna także wersja z RS232), z wykorzystaniem darmowego oprogramowania ADT1U-PC. Oprogramowanie umożliwia także bezpośredni odczyt mierzonych wartości, akwizycję i zapis pomiarów do pliku, a także ich wizualizację na wykresie.

Dzięki wyjściom napięciowym ADT1 oraz MD100T mogą pracować jako tzw. wzmacniacze napięciowe (rys. 5).

Inne właściwości

Oba prezentowane urządzenia posiadają możliwość konfiguracji parametru „stała mostka – K”, co pozwala na współpracę z dowolnymi tensometrycznymi czujnikami siły. Umożliwiają także pomiar „w obu kierunkach” – to znaczy mierzenie zarówno sił ściskających, jak i rozciągających czujnik.

Dołączone oprogramowanie na komputer PC pozwala na automatyczną kalibrację zastosowanego czujnika, gdyż typowa stała 2 mV/V podawana w tańszych czujnikach może być obciążona sporym błędem w stosunku do rzeczywistej wartości.

Czujniki tensometryczne oferowane przez Wobit mają stałą ściśle określoną dla każdego modelu, podawaną z dokładnością do czterech miejsc po przecinku. Dzięki temu użytkownik jest zwolniony z potrzeby kalibracji czujnika (do której zawsze potrzebny jest ciężar lub siła wzorcowa), a jego uruchomienie w połączeniu z urządzeniami MD100T lub ADT1 sprowadza się tylko do wprowadzenia parametru „stała mostka K”.

mgr inż. Adam Sarzyński

Autor jest xxxxxxxx

xxxxxxx



KONTAKT

P.P.H Wobit Witold Ober

61-474 Poznań
 ul. Gruszkowa 4
 tel. (61) 835 08 00
 fax (61) 835 07 04
 e-mail: wobit@wobit.com.pl
 www.wobit.com.pl
 www.prowadnice.com

