

Przetworniki systemowe stosowane w układach do pomiaru masy i siły

Prof. dr.hab. inż. Janusz Jankowski
Politechnika Warszawska
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Omówiono wymagania stawiane wysokiej klasy przetwornikom systemowym służącym do budowy systemów pomiarowych masy i siły oraz przedstawiono wyniki badań wykonanych przetworników tensometrycznych. Podano wnioski dotyczące dalszych prac nad rozwojem tej grupy przetworników.

Rozwijający się współczesny przemysł coraz powszechniej stosuje systemy pomiarowe do kontroli procesów przemysłowych, a zwłaszcza do sterowania tymi procesami przez wykorzystanie sygnałów wyjściowych przetworników. Przemysł, zwłaszcza spożywczy, chemiczny, szklarski, materiałów budowlanych, paszowy, tworzyw sztucznych, gumowy, farmaceutyczny, hutniczy (szczególnie tzw. mikrohuty), który w swoim procesie technologicznym opiera się na dozowaniu surowców sypkich, ziarnistych, granulowanych, bądź też cieczy, korzysta z przetworników zapewniających przetworzenie informacji o masie, porcji lub procesie dozowania na wskazanie i odpowiedni sygnał wyjściowy (zwykle elektryczny). Podobnie w procesach na przykład: walcowania, prasowania, tłoczenia, zgniatań itp. korzysta się z przetworników siły. Ze względu na swoje liczne zalety, są to najczęściej przetworniki tensometryczne z tensometrami naklejanymi bezpośrednio na element sprężysty. Obok przetworników tensometrycznych, stosowane są również przetworniki magnetosprężyste, ale znacznie rzadziej (pomimo szeregu zalet) - głównie ze względu na ich nieco niższą dokładność i węższy zakres pomiarowy. Zainteresowanych tymi przetwornikami jak i systemami do pomiaru masy odsyłam do literatury [1].

Przetworniki stosowane do budowy systemów pomiarowych są obecnie wykonywane głównie jako tzw. "systemowe".

PRZETWORNIKI SYSTEMOWE

Jak już wspomniano, najczęściej jako przetworniki systemowe stosowane są przetworniki tensometryczne, gdyż jako jedyne mają bardzo szeroki zakres pomiarowy (począwszy od gramów, a skończywszy na setkach ton) oraz wymaganą w dokładnych systemach pomiarowych klasę dokładności.

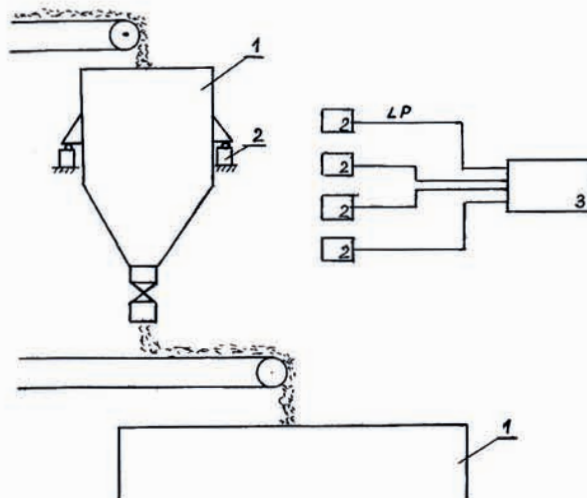
Przetworniki systemowe powinny cechować:

- standaryzowana z dużą dokładnością czułość napięciowa K (najczęściej K wynosi 1 mV/V, 1,5 mV/V lub 2 mV/V),
- standaryzowany opór elektryczny wyjściowy (rezystancja), najczęściej 350 Ω ,
- wysoka klasa dokładności (zwykle w granicach 0,01 \pm 0,05)
- budowa przystosowana do warunków eksploatacji (np. przeciwwybuchowa), do łatwego zamocowania i szybkiej wymiany w razie uszkodzenia,
- możliwie małe wymiary gabarytowe,
- duża niezawodność i trwałość,
- dobre właściwości dynamiczne,
- duża przeciążalność (najczęściej w granicach 200÷500%),
- elektryczny, standaryzowany sygnał wyjściowy.

Bardzo prosty system pomiarowy służący do dozowania jednego składnika mieszaniny, złożony z czterech przetworników tensometrycznych (tzw. waga zbiornikowa) - pokazano na załączonym rysunku.

Możliwości doboru przetworników do tego systemu pomiarowego są, pod względem ich dokładności, bardzo zróżnicowane - począwszy od klasy 0,01, a skończywszy na klasie 0,5.

Największy wpływ na dokładność systemu pomiarowego mają: klasy dokładności zastosowanych przetworników, klasa dokładności miernika oraz ewentualne błędy wnoszone przez linię przesyłową LP (głównie błąd temperatu-



Rys. 1. Prosty system pomiarowy dozowania jednego składnika mieszaniny. 1 - zbiornik, 2 - przetworniki tensometryczne, 3 - miernik cyfrowy

rowy). W analizie tej celowo pominięto błędy wnoszone przez układ dozujący, jako wnoszone przez aparaturę pomiarową.

Nie trudno zauważyć, że o dokładności tego najprostszego systemu pomiarowego będzie decydowała głównie dokładność zastosowanych przetworników.

Należy jednak podkreślić, że klasa dokładności przetwornika w dużym stopniu zależy od jego maksymalnego obciążenia i regułą jest, że przetworniki o małym maksymalnym obciążeniu (rzędu gramów i pojedynczych kilogramów) i o bardzo dużym obciążeniu (rzędu dziesiątek i setek ton) mają niższe klasy dokładności.

Ponieważ w Polsce nie było przetworników systemowych o podwyższonych klasach dokładności (rzędu 0,01-0,05), z końcem lat osiemdziesiątych w Instytucie Metrologii i Systemów Pomiarowych PW podjęto próbę modernizacji wykonywanych wtedy przetworników klasy 0,1-0,5. Próby te podjęto dla określonego przedziału obciążeń i jako dolną granicę przyjęto obciążenie 5 kg (50 N), a jako górną granicę - 1000 kg (10 kN).

Wartość dolnej granicy była uwarunkowana sztywnością mieszka sprężystego stosowanego do zabezpieczenia tensometrów przed uszkodzeniami mechanicznymi i wpływami zmian wilgotności, a górnej - możliwościami posiadanego stanowiska do badań właściwości metrologicznych przetworników.

Aby zrealizować założony cel należało:

- zoptymalizować konstrukcję elementu sprężystego przetwornika,
- ulepszyć technologię wykonania elementu sprężystego i jego obróbki cieplnej,
- ulepszyć technologię klejenia tensometrów i termicznego utwardzania kleju,
- zwiększyć dokładność kompensacji błędów,
- zbudować ulepszone stanowisko do badań przetworników oraz
- dopracować metodykę badań właściwości metrologicznych przetworników.

Wyniki obliczeń teoretycznych elementu sprężystego przetwornika zweryfikowano przeprowadzając odpowiednie badania elastooptyczne.

Efektom tych prac było opracowanie i wykonanie rodziny przetworników systemowych [2] masy od 5 kg do 1000 kg i siły od 50 N do 10 kN o podwyższonej klasie dokładności. Główny problem w budowie tych przetworników [3] stanowiły ich właściwości metrologiczne.

WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE PRZETWORNIKÓW

Za podstawowe właściwości metrologiczne przetworników przyjęto:

- nieliniowość charakterystyki,
- histerezę pomiarową,
- pełzanie wskazań,
- odchylenie standardowe, błędy temperaturowe: czułości i zera.

Do badań wzięto kilkanaście sztuk przetworników o maksymalnych obciążeniach 30 kg i 300 kg - jako reprezentatywne dla całej rodziny. Badanie przeprowadzono na stanowisku umożliwiającym bezpośrednie obciążanie i odciążanie przetworników wzorcami masy, tj. przeprowadzenie badań przy obciążeniu rosnącym i malejącym, a wyniki pomiarów odczytywano za pomocą cyfrowego wzmacniacza precyzyjnego klasy 0,0005.

Na podstawie kilkunastu serii pomiarów (z których trzy pierwsze odrzucono), określono występowanie błędów w następujących granicach:

nieliniowość charakterystyki	- od 0,001% do 0,016%
histereza pomiarowa	- od 0,004% do 0,023%
odchylenie standardowe	- od 0,002% do 0,005%

Maksymalne wartości pełzania wskazań nie przekraczały 0,012% w ciągu 40 min i 0,02% w ciągu 2 h, a dokładność kompensacji błędów temperaturowych czułości i zera zawierała się w granicach 0,01%/10 °C.

Należy podkreślić, że tak znaczne zwiększenie dokładności wykonanych przetworników uzyskano poprzez zmniejszenie błędów składowych, a głównie odchylenia standardowego oraz przez uzyskanie, przez specjalne zabiegi technologiczne, ujemnych wartości histerezy pomiarowej (przy jednoczesnym małym rozwarciu jej pętli) - przy dodatnich wartościach nieliniowości charakterystyki, co w dużym stopniu zapewniło zmniejszenie błędu granicznego przetwornika.

Wykonane dla różnych użytkowników przetworniki wykazały się podczas użytkowania dobrą stabilnością charakterystyki i odpornością na ciężkie warunki eksploatacyjne. Zastosowano je również do budowy specjalnych osobowych wag lekarskich [4].

WNIOSKI

Uzyskane rezultaty pracy są bardzo zachęcające (opracowano bowiem typoszereg przetworników masy od 5 kg do 1000 kg i siły od 50 N do 10 kN o klasach dokładności zawierających się w przedziale 0,02-0,03), kierunki dalszych prac nad rozwojem tej grupy przetworników muszą jednak uwzględniać następujące wnioski i propozycje:

1. dalsze zwiększanie dokładności przetworników tensometrycznych poprzez zmniejszanie ich błędów składowych jest mało realne; osiągnięto już bowiem pewną barierę, której przekroczenie wymaga innych rozwiązań - np. zastosowania nowych, lepszych materiałów na elementy sprężyste przetworników;
2. pewne możliwości zwiększania dokładności przetworników rysują się przez takie dopracowanie technologii ich wykonania, aby np. przy dodatniej wartości nieliniowości charakterystyki, uzyskać ujemną histerezę sprężystą o takiej wartości, która skompensuje błąd nieliniowości;
3. możliwe jest istnienie pewnych związków pomiędzy pełzaniem, histerezą i nieliniowością; bliższe zbadanie i ustalenie tych związków może doprowadzić do dalszej poprawy dokładności wskazań tensometrycznych przetworników systemowych.

Na zakończenie należy podkreślić, że stosowanie do budowy przetworników układów mikroprocesorowych i budowanie tzw. przetworników inteligentnych (typu "smart") przy tym poziomie dokładności przetworników, nie rozwiązuje problemów technicznych, a jedynie ułatwia ich rozwiązanie.

Bibliografia:

- [1] Jankowski J.: Wagi i ważenie w przemyśle i handlu. Warszawa, WNT 1982
- [2] Jankowski J., Czwal T.: Przetworniki tensometryczne o podwyższonej klasie dokładności stosowane w układach do pomiaru masy i siły. Pomiary Automatyka Kontrola 1994, nr 2, s. 36-37
- [3] Jankowski J., Czwal T., Dyakowska E.: Certain aspects of high accuracy strain gauge transducers design. p. 127-128. 14th International Conference IMEKO TC3: State of the Art in Force and Mass Measurement. September 5-8, 1995, Warszawa. Główny Urząd Miar. Polskie Stowarzyszenie Pomiarów Automatyki i Robotyki POLSPAR.
- [4] Jankowski J., Czwal T.: Osobowa waga lekarska o rozszerzonych możliwościach stosowania. Pomiary Automatyka Kontrola 1995, nr 7, s. 18

Abstracts

Transducers for force and mass measuring systems

Janusz Jankowski p. 26

Requirements for high quality transducers employed in force and mass measuring systems are discussed as well as some results of a study on the fabricated transducers are given.