

Podkontrola

automatyka i pomiary

nr 3/2009 (9)

w numerze:

akademia automatyki:

Termopary bez tajemnic – cz. 1

temat wydania:

Sondy radarowe. Fakty i mity

nr 03/2009 (9)

wydawca



INTROL Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 112
40-519 Katowice
tel. 032/ 205 33 44
fax 032/ 205 33 77

dodatkowe informacje i subskrypcja
www.podkontrola.pl

redakcja
Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Rafał Skrzypiciel



Drodzy Czytelnicy

Jako to zwykle bywa, po wspaniałej wiośnie szybko przychodzi równie wspaniałe lato. My również nie zwalniamy tempa i przedstawiamy nowy numer naszego magazynu. Tym razem pozwoliliśmy sobie na lekką modyfikację redakcyjną i zastąpiliśmy artykuł z działu Dobra Praktyka, obszerniejszym niż zwykle Tematem Wydania.

Sondy radarowe to najpopularniejsze urządzenia do pomiaru poziomu zarówno cieczy jak i materiałów sypkich. Wiele artykułów w prasie specjalistycznej wielokrotnie podejmowało starania mniej lub bardziej wnikliwych analiz zalet i ograniczeń stosowania fal elektromagnetycznych w pomiarach poziomu. Część publikacji poddaje tę metodę znacznej krytyce, wątpiąc w zasadność jej wykorzystania w warunkach przemysłowych. Autor Tematu Wydania wdaje się w polemikę z owymi ocenami i przedstawia najbardziej praktyczny z praktycznych punktów widzenia na kwestie związane z pomiarem poziomu. Bez marketingowych chwytów czy promocyjnych retuszy. Same fakty poparte kilkunastoletnim doświadczeniem w uruchamianiu sond radarowych na obiektach w całej Polsce.

Termopary to czujniki znane każdej osobie zajmującej się pomiarami temperatury w procesach przemysłowych. Informacje na temat zasady ich działania, typów oraz obszarów zastosowania nie zawsze są jednak dostatecznie zrozumiałe. Z uwagi na to, pierwsza część wykładu Akademii Automatyki stara się przybliżyć tematykę kontaktowych pomiarów temperatury przy użyciu termopar. W części tej autor skupia się na prezentacji zasad funkcjonowania oraz przybliżeniu informacji na temat zróżnicowanych typów termopar. W części drugiej, do lektury której zapraszamy przy okazji następnego numeru, przedstawimy między innymi istotę błędów obwodów pomiarowych oraz kwestie budowy czujników termoparowych w zależności od zastosowania. Warto zaznaczyć, iż wykład powstał w wyniku współpracy naszej redakcji z redakcją miesięcznika „Automatyka, Podzespoły, Aplikacje”.

Gorąco zachęcam do lektury
Wiceprezes Zarządu Introl Sp. z o.o.

Jerzy Janota

spis treści

■ aktualności	str. 3
■ nowe produkty	str. 4
■ temat wydania Sondy radarowe Fakty i mity	str. 6
■ akademia automatyki Termopary bez tajemnic – cz. 1	str. 10

■ Introl „Firmą bez barier”

Z przyjemnością informujemy o uzyskaniu przez Introl Sp. z o.o. Certyfikatu Społecznej Odpowiedzialności Biznesu przyznawany przez POPON. Nasza firma dzięki podejmowaniu odpowiedzialnych społecznie działań w zakresie polityki personalnej oraz wdrażaniu i promowaniu dobrych praktyk, została uhonorowana tytułem „FIRMY BEZ BARIER”.

Serdecznie dziękujemy za uznanie.



■ Worldwide Sales Conference

W dniach 18-20 maja tego roku partnerzy firmy Berthold Technologies zagościli w miejscowości Ettlingen k. Karlsruhe na spotkaniu podsumowującym dotychczasową współpracę. Reprezentanci firm z całego świata (w tym również naszej firmy) omówili bieżącą sytuację na rynkach w różnych krajach oraz podzielili się swoimi doświadczeniami i zaprezentowali różne aplikacje z zastosowaniem urządzeń do przemysłowych pomiarów za pomocą mikrofal i źródeł izotopowych.

Spotkaniu towarzyszyła również prezentacja najnowszych produktów naszego niemieckiego partnera. Wśród tych urządzeń, najbardziej interesującymi z punktu widzenia polskiego rynku są urządzenia mikrofalowe do pomiaru wilgotności produktów sypkich – Micro Polar LB 567 i 568 ; detektory do bezkontaktowego pomiaru poziomu i gęstości SENSseries oraz miernik poziomu w krystalizatorach COS-CastXpert LB452. Nowa aparatura zostanie wprowadzona do sprzedaży jeszcze w tym lub na początku przyszłego roku – o czym napewno powiadomimy na łamach naszego magazynu. Ciekawą częścią konferencji był konkurs dla klientów/ użytkowników na najdłużej pracujące urządzenie Bertholda. Zwyciężył klient z Włoch, który w swoim zakładzie używa bez przerwy te same mierniki izotopowe od połowy lat siedemdziesiątych.



■ Wiosenne szkolenia

W maju i czerwcu przeprowadziliśmy kilka specjalistycznych szkoleń z zakresu technik pomiarów przemysłowych. Szkolenia, które odbywały się kolejno w Czorsztynie, Wiśle i Rucianych Nidach obejmowały tematykę z zakresu zastosowania wybranej aparatury kontrolno-pomiarowej w procesach technologicznych. Uczestnicy mieli okazję poznać zarówno teoretyczne podstawy jak i praktyczne wskazówki dotyczące montażu i wykorzystania różnych typów przepływomierzy, urządzeń do pomiaru ciśnienia i poziomu, specjalistycznych rozwiązań do kontroli parametrów wody oraz aparatury do analizy i detekcji gazów w obiektach przemysłowych. Tradycyjnie już, szkoleniu towarzyszyły wspaniałe krajobrazy polskich gór i jezior oraz atrakcje agroturystyczne. Oczywiście, nie były to ostatnie seminaria szkoleniowe organizowane w tym roku.



■ Görlich w Introlu

12 maja bieżącego roku przedstawiciele niemieckiego producenta przepływomierzy zawitali do Katowic. Podczas zorganizowanego w katowickiej siedzibie seminarium, reprezentanci firmy Görlich zapoznali grono naszych inżynierów z możliwościami nowych przepływomierzy elektromagnetycznych.



Przypominamy, iż od początku roku Introl posiada w swojej ofercie przepływomierze tego niemieckiego producenta. Ich funkcjonalność, a w szczególności możliwość montażu i demontażu „na ruchu”, oraz zastosowanie w rurociągach częściowo wypełnionych i kanałach otwartych (również dla cieczy agresywnych i stref zagrożonych wybuchem), sprawiają, że przepływomierze firmy Görlich cieszą się rosnącym zainteresowaniem polskich automatyków.

Obserwacyjne kamery termowizyjne SATIR JK 150 i JK 350

Seria kamer firmy SATIR przeznaczona jest do obserwacji różnego rodzaju obiektów (terenów lotnisk, składów celnych, obiektów rządowych, wojskowych itp.) w zakresie podczerwieni, czyli do obserwacji w nocy. W odróżnieniu od noktowizji, urządzenia nie potrzebują do pracy oświetlenia obiektu za pomocą promienników lub księżycy, dzięki czemu są całkowicie niewykrywalne przez jakiegokolwiek system ostrzegania przed zabezpieczeniami.

Dodatkowo, kamery pozwalają na obserwację w czasie występowania mgły (zdolność penetracji 2-3 większa niż kamery video). Urządzenie posiada standardowe wyjście PAL, automatyczny system ustawiania jasności i kontrastu obrazu oraz możliwość podłączenia do standardowych układów regulacji położenia kamery. Wersja JK150 posiada detektor o rozdzielczości 160 × 120, natomiast JK 350 – 320 × 240. Kamery nie mają funkcji pomiaru temperatury, co umożliwiło ich konstruktorom uproszczenie elektroniki oraz kilkukrotne obniżenie ceny w stosunku do innych urządzeń pomiarowych. Temperatura pracy wynosi od -35°C do +50°C, stopień szczelności obudowy IP66 oraz waga 2 kg.



pirometry
pirometry@introl.pl

Kamera termowizyjna dla straży pożarnej SATIR GF 3000 A

Specjalizowane urządzenie termowizyjne do obserwacji obiektów w zakresie podczerwieni w czasie pożaru/wypadku. Termowizja pozwala na szybką detekcję tzw. hot spotów, czyli punktów o najwyższej temperaturze (ognisk pożaru lub potencjalnych miejsc zapłonu). Z uwagi na charakter pracy, urządzenie jest odporne na upadek z wysokości 1,5 m, zanurzenie 1 m pod powierzchnią wody (obudowa IP67) oraz chwilową temperaturę otoczenia +250°C (stała max. +55°C). Zasilanie kamery stanowi akumulator, który zapewnia działanie ciągłe przez 2,5 h.

Kamera posiada rozdzielczość 160 × 120, a optyka – pole widzenia 38 × 28 stopni.



pirometry
pirometry@introl.pl

Miernik wilgotności drewna TMM-590

W naszej ofercie przenośnych mierników pojawił się miernik wilgotności drewna firmy Tecpel. Jest to przenośny, lekki (150 g) i łatwy w użytkowaniu wilgotnościomierz o dokładności $\pm 2\%$ RH i czasie odpowiedzi 3 s. Dodatkowo, miernik wyposażony jest w funkcję oszczędzania baterii i wymienne ostrza pomiarowe. TMM-590 jako urządzenie specjalizowane, przeznaczone jest dla przemysłu stolarskiego, meblowego oraz do przedsiębiorstw, w których istotna jest kontrola wilgotności drewna.



przrządy przenośne
czujtemp@introl.pl



Miernik pola elektromagnetycznego TES-593

TES-593 jest przyrządem szerokopasmowym, przeznaczonym do monitorowania promieniowania o wysokiej częstotliwości w zakresie od 10 MHz do 8 GHz.

Jest to miernik o szerokim spektrum zastosowań i przy jego użyciu można dokonywać pomiaru między innymi: natężenia pola elektromagnetycznego o wysokiej częstotliwości (RF), promieniowania nadajników telefonii komórkowej, urządzeń komunikacji bezprzewodowej (CW, TDMA, GSM, DECT, Wi-Fi). Możliwe jest także wykrywanie ukrytych kamer oraz podsłuchów, promieniowania telefonów komórkowych i bezprzewodowych, kuchenek mikrofalowych oraz mocy nadajników radiowych. Wszystkie wyniki pomiarów przedstawiane są na dużym, czytelnym wyświetlaczu w jednostkach natężenia pola elektrycznego i magnetycznego oraz gęstości mocy.



przrządy przenośne
czujtemp@introl.pl

Przenośne systemy rejestracji parametrów procesu.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom Klientów, dla których dostępne na rynku, uniwersalne rejestratory nie spełniają stawianych wymagań, specjaliści Introlu proponują montaż wybranych urządzeń w gotowy układ pomiarowy/rejestrujący, dostarczany jako kompletne urządzenie wraz ze świadectwem wzorcowania.

Samodzielne wykonanie układu pomiarowego wymaga zaznajomienia się ze specyfikacją poszczególnych urządzeń, montażem układu oraz sprawdzeniem bądź wzorcowaniem toru pomiarowego. Dla wygody naszych Klientów, oferujemy kompleksową realizację dowolnie konfigurowalnych systemów rejestracji i pomiaru parametrów procesowych.

Jako przykład prezentujemy układ pomiaru ciśnienia przetwornikiem VEGABAR14 (zakres pomiarowy 0÷25 bar) wraz z rejestracją na taśmie papierowej za pomocą rejestratora FUJI PHE. Rejestrator oraz inny niezbędny osprzęt umieszczony jest w przenośnej obudowie, a przetwornik oddalony jest na pięciometrowym przewodzie. Cały układ zasilany jest poprzez standardową wtyczkę 230 V AC. Prawidłowość prowadzonych po-



miarów zapewnią świadectwo wzorcowania wydane przez akredytowane laboratorium wzorcujące.

rejestracja i wizualizacja
temperatura@introl.pl

Udoskonalona wersja sondy VEGAPULS 63

Od sierpnia, czołowy producent sond radarowych na świecie – firma Vega – dyktuje ofertę na sondę VEGAPULS 63 z „płaską anteną”. Sonda przeznaczona jest do pomiaru poziomu mediów agresywnych, oblepiających oraz w zbiornikach, gdzie występuje silna kondensacja pary wodnej na antenie. Do chwili obecnej, zastosowanie sondy było ograniczone w zakresie temperatury medium od -40°C do +150°C. W najbliższej przyszłości nastąpią 2 ważne modyfikacje: nowa konstrukcja anteny zapewni zwiększenie sygnału o 13 dB oraz rozszerzenie zakresu temperatur od -200°C (płynne gazy) do +200°C. Dodatkowo, zasilanie sondy w pętlę prądowej zostanie ograniczone do zaledwie 9,6 V DC, co jest przełomem na rynku radarów.



pomiary poziomu
poziomy@introl.pl

nVision – pomiary ciśnienia z graficzną prezentacją wyników

Nowy kalibrator firmy Crystal Engineering umożliwiający rejestrację wyników pomiarowych oraz ich graficzną prezentację na wyświetlaczu. Pamięć kalibratora pozwala na zarejestrowanie 280 000 punktów pomiarowych. Pomiary dokonywane mogą być równocześnie z dwóch kanałów wejściowych z częstotliwością do 10 razy na sekundę. Kanałami wejściowymi mogą być zarówno moduły ciśnienia o dokładności sięgającej nawet 0,025% wartości od-



czytywanej, jak i moduły umożliwiające pomiar sygnałów elektrycznych lub temperatury. Wszystkie dostępne moduły można w łatwy sposób wymieniać na obiekcie co znacznie rozszerza zakres zastosowań urządzenia. Kalibrator może być użytkowany w trudnych warunkach (obudowa IP67) oraz w strefach zagrożonych wybuchem.

kalibratory
kalibratory@introl.pl

Sondy radarowe Fakty i mity

Wśród wielu metod pomiaru poziomu, w ostatnich latach wyróżniają się szczególnie metody bezkontaktowe – łatwe w montażu, elastyczne pod względem zakresu, nieprzenoszące obciążeń mechanicznych na konstrukcję zbiornika, stosowane zarówno na cieczach, jak i materiałach sypkich.

Szczególnym zainteresowaniem cieszy się metoda radarowa do pomiaru wypełnienia zbiornika przy wykorzystaniu zjawiska odbicia fal elektromagnetycznych.

Prawie w każdym specjalistycznym czasopiśmie można znaleźć reklamy, które zarówno bardzo zachwalają tę metodę, jak i takie, które poddają ją całkowitej krytyce. Z uwagi na powyższe różnice poglądowe, w artykule postanowiłem przedstawić „garść” ogólnych informacji na temat technologii radarowej, obalając tym samym liczne mity kreowane przez krytyków tej metody. Warto zaznaczyć, iż podstawą artykułu nie są materiały marketingowe, lecz przede wszystkim moje osobiste doświadczenie zdobyte przy uruchamianiu lub serwisowaniu około 400 sond radarowych w przeciągu ostatnich 12 lat. Czasami opieram się także na informacjach zaczerpniętych z literatury fachowej dotyczącej urządzeń do nawigacji morskiej, kierowania ruchem lotniczym czy zastosowań wojskowych.

Podstawy

Niezbędnym elementem dyskusji na temat sond radarowych jest poznanie zasad fizycznych na jakich opiera się pomiar. Urządzenia radarowe wykorzystują promieniowanie elektromagnetyczne, czyli dokładnie takie same jak telewizja, radio, bezprzewodowy Internet, sieci komórkowe itd. Jest jednak jedna zasadnicza różnica: częstotliwość radarów znajduje się w wyższym przedziale tj. od 6 do 26 GHz. Standardem stały się urządzenia o „sztywnym” zakresie częstotliwości (bez modulacji), ponieważ częstotliwości 6 GHz oraz 26 GHz nie wymagają indywidualnego uzyskiwa-

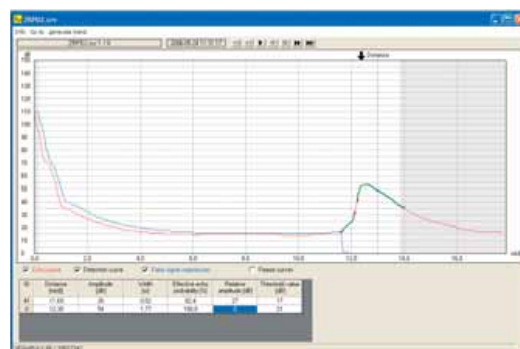
nia zezwolenia na wykorzystanie częstotliwości (podobnie jak np. sieci WiFi – 2,4 GHz). Dzięki temu, mogą być instalowane na zewnątrz zbiorników np.: do pomiaru poziomu w kanale otwartym/rzece, w zbiornikach z tworzywa sztucznego, suwnicach do pomiaru wysokości przemy, w czujnikach antykolizyjnych itp.

Radar tak naprawdę jest bardzo precyzyjnym czasomierzem, zdolnym do pomiaru nieprawdopodobnie małych odstępów czasu, w którym wyemitowana fala dociera do powierzchni medium, odbija się i powraca do odbiornika (1 m przestrzeni fala pokonuje w 8 ns).

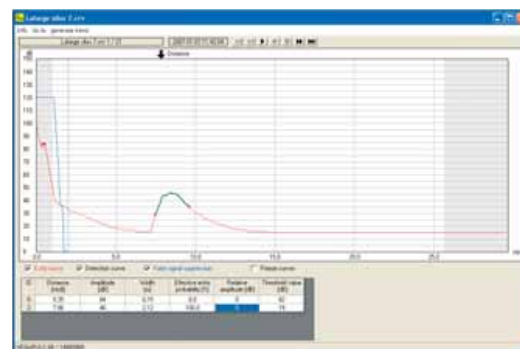
Promieniowanie radarowe rozchodzi się we wszystkich gazach, próżni jak i również cieczach i ciałach stałych (ale ulega w nich silnemu tłumieniu), pod warunkiem że są one dielektrykami (czyli nie przewodzą prądu elektrycznego). Już pierwsze doświadczenia XIX wieku wykazały, że fale odbijają się po napotkaniu przeszkody, jednak stopień ich odbicia nie jest uzależniony od twardości powierzchni (jak w falach ultradźwiękowych) lecz od pewnego współczynnika, zwanego stałą dielektryczną (w skrócie DK). Pojęcie to jest bardzo proste do zrozumienia: określa ile razy wzrośnie pojemność elektryczna kondensatora wypełnionego wstępnie powietrzem, po wypełnieniu przestrzeni między elektrodami dowolną inną substancją (w przypadku ciał przewodzących 1 elektroda jest izolowana). Stała dielektryczna określa również ilość energii, którą jest w stanie dany materiał odbić. I tak np.: ciecze przewodzące i stal odbijają 100% padającej na nie energii (woda DK = 80), ale już

gaz LPG (DK=2), popiół lotny (DK=3) czy suche drewno (DK=2,3) odbijają zaledwie kilka procent energii.

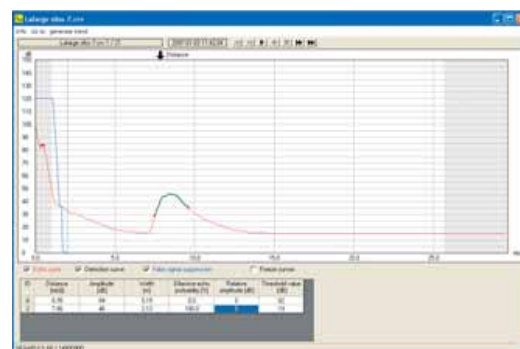
Jak widać na wykresie echa, pomiar gazu LPG, który odbija zaledwie 4% promieniowania nie stanowi w dniu dzisiejszym żadnego problemu. Postęp w elektronice pozwala na pomiar mediów, które odbijają tylko 2-3% energii. Jeszcze 6 lat temu nie było możliwości pomiaru su-



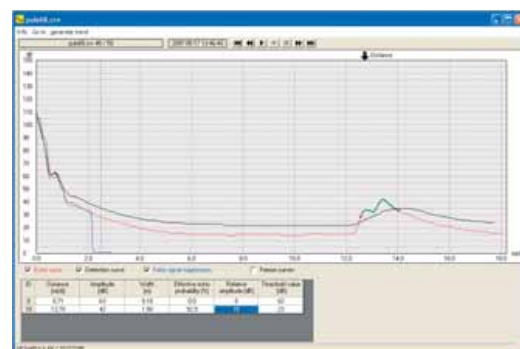
Widok echa od popiołu



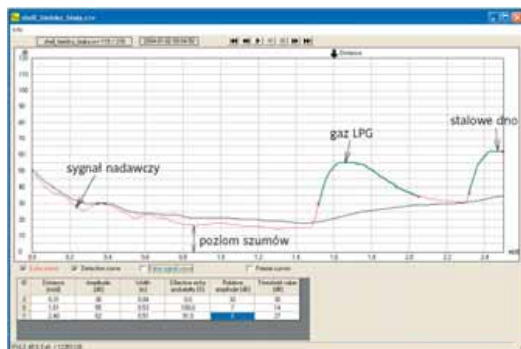
Widok echa od cementu



Widok echa od wapna (IOS)



Widok echa od drewna (wilgotność < 3 %)



Widok typowego echa radarowego



czego drewna, perlitu czy tworzyw sztucznych, a kilkanaście lat temu mój kolega „poległ” na zwykłym zbiorniku z mazutem. Dzisiaj wyzaniem pozostaje tylko kilka mediów np.: styropian czy pusty polistyren, płynne tworzywo z PET, celuloza, szkło do produkcji światłowodów (ale nie stłuczka!). 99% pozostałych materiałów jak popiół, wapno, gips, cement, mazut, benzyna, drewno, stłuczka szklana, perlit, granulaty PP lub PE – od pięciu lat nie stanowią już wyzwania.

Na wykresach widzimy, że stała dielektryczna drewna jest zdecydowanie wyższa od wapna czy popiołu, wapno natomiast na pewno jest lekko zawilgocone, gdyż... zbyt dobrze odbija promieniowanie.

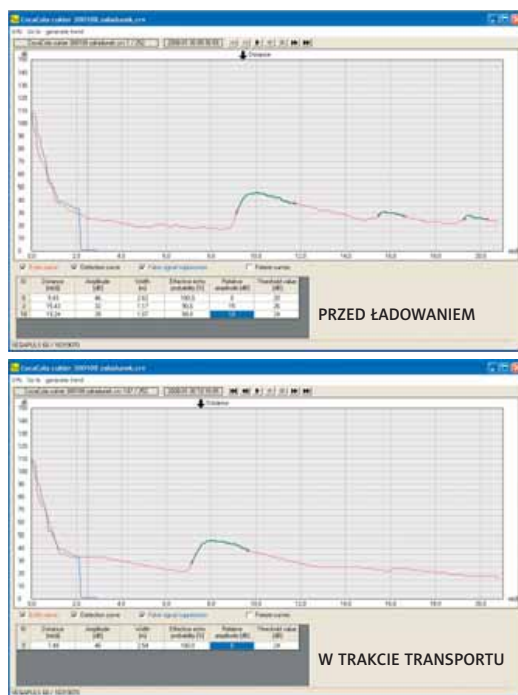
Wpływ zakłóceń na promieniowanie elektromagnetyczne

Aby lepiej wyobrazić sobie co skłoniło wojsko do wykorzystania „centymetrowych” fal elektromagnetycznych (długość fali, na której pracują radary to zazwyczaj od 1 do 5 cm), należy rozpatrzyć moc stosowanych nadajników: skromne zasilanie 650W radaru nawigacyjnego TRN-311 z lat 70-tych pozwalało na detekcję w zakresie 45 km. Urządzenia, które stosujemy do pomiaru w zakresie do 70 m „zadowolają” się poborem 80 mW (pojedynczy impuls to 0,7 mW, dla porównania dioda laserowa dla zakresu 30m posiada moc szczytową 45 W).

Dodatkowo, wiązkę radarową można łatwo ukierunkować za pomocą anteny w postaci talerza lub tuby z blachy kwasoodpornej.

W wielu reklamach innych urządzeń można spotkać sformułowania typu: „zapylenie powoduje problemy z radarem”, lub „niemożliwość ich zastosowania w środowiskach mocno zapyłonych”. Może to budzić wątpliwości na temat sensowności stosowania radarów np.: do lokalizacji statków czy samolotów w czasie opadów atmosferycznych czy do pomiaru poziomu materiałów sypkich. Sformułowania takie sugerują bardzo silne pochłanianie/rozproszenie wiązki przez pył lub mgłę.

Jest to całkowicie sprzeczne z moimi obserwacjami i literaturą specjalistyczną. Poniżej zamieszczam 2 ekrany z ciągłego zapisu echa w czasie ładowania pneumatycznego zbiornika z cukrem pudrem: jeden przed ładowaniem i drugi w trakcie transportu cukru z autocysterny.

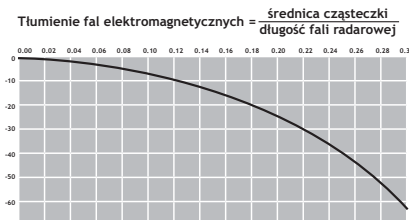


Jak widzimy, sygnał na dystansie 8 m spadł dokładnie o... 0 db

Odpowiedź na pytanie dlaczego nie nastąpiło rozproszenie sygnału można znaleźć w szeregu publikacji np.: z zakresu nawigacji lub wojskowości. W książce „Radar w Żegludze Morskiej” stwierdza się, że „...burze piaskowe występujące w pewnych strefach Morza Czerwonego, Zatoki Perskiej (...), które dla wzroku przedstawiają się podobnie jak mgła, redukują zasięg radarowy (ok. 50 km) tylko w nie-

znaczonym stopniu”¹, a Jarosław Szóstka zaznacza natomiast, iż w zakresie do 30 GHz praktycznie nie uwzględnia się wpływu mgły, śniegu i aerozoli.² Opinie te są zatem całkowicie sprzeczne ze sformułowaniami z wspomnianych reklam.

Decydującym czynnikiem przy tłumieniu jakiegokolwiek promieniowania ma stosunek długości fali, na której pracuje urządzenie, do wielkości cząsteczki np.: ziarenek piasku, pyłu lub cząsteczek pary wodnej. Jeśli długość fali jest wielokrotnie większa od średnicy cząsteczek, rozproszenie promieniowania jest tak słabe, że w przypadku zakresów pomiarowych poniżej dziesiątków kilometrów, jest trudne do zidentyfikowania. Sytuacja ma się dokładnie odwrotnie w przypadku kiedy długość fali jest porównywalna lub mniejsza od średnicy cząsteczek np.: laser wykorzystuje długość fali 1 μm, a cząsteczka pary wodnej ma rozmiar minimum 10 μm. W taki przypadku promieniowanie jest prawie całkowicie rozpraszane lub wręcz następuje odbicie promieniowania od cząsteczki np.: laser nie radzi sobie w przypadku mgły czy silnego zapylenia w czasie załadunku pneumatycznego, ale nadaje się świetnie do pomiaru wysokości pułapu chmur, czego nie jest w stanie określić żaden radar.



Poglądowy wykres tłumienia

Z wykresu wynika dlaczego urządzenie o długości fali 1 μm (laser) zasilane jest 50 000 większą energią niż tranzystor emitujący fale elektromagnetyczne o 10 000 większej długości.

Inną zaletą fal elektromagnetycznych jest praktycznie pomijalne zjawisko zmiany prędkości fali związane ze zmianami temperatury: jest to dokładnie 0,26% przy zmianie o 1000°C – (dla porównania – fala dźwiękowa aż 1,6% / 10°C). Nie da się jednak tego samego powiedzieć przy zmianie ciśnienia – wpływ na poziomie 0,029% na 1 bar mimo, iż nie ma znaczenia przy pomiarach materiałów sypkich czy pomiarach w typowych zbiornikach z cieczami, jednak musi być wzięty pod uwagę w specjalnych aplikacjach np.: w energetyce, gdzie pomiar przy dużych ciśnieniach nasyconej pary wodnej może powodować spore błędy – 2% przy 10 barach, 8% przy 50 barach ale przy 160 barach aż 40% (ale dla powietrza przy 160 barach tyl-

ko 3%, a wodoru 2%). Problemem w tym przypadku są specyficzne właściwości pary wodnej, która powoduje znaczny spadek prędkości fali elektromagnetycznej przy bardzo wysokich ciśnieniach.

Falszywe echa – problem czy mit?

Typowym zjawiskiem występującym przy pomiarach radarowych i ultradźwiękowych są fałszywe oraz wielokrotne odbicia. Część wiązki radarowej emitowana jest w innym kierunku niż dno zbiornika czyli np. w kierunku ścian. Kąt wiązki radaru wynosi od 4 do 30 stopni, w zależności od anteny. Odbicie sygnału od samej ściany nie jest żadnym problemem, ponieważ zgodnie z regułami promieniowania, które wróci do odbiornika pochodzi wyłącznie od elementów, których powierzchnia jest w przybliżeniu prostopadła do wiązki.

Problemem może być natomiast przypadek kiedy na ścianie znajdują się belki lub nawisy materiału, których kształt umożliwia odbicie fali w kierunku anteny. W takim przypadku obowiązuje następująca zasada – jeśli echo od produktu jest silniejsze od jakiegokolwiek echa fałszywego, to wystarczy przeprowadzić standardową procedurę „nauki fałszywego echa”, polegającą na zapisie i eliminacji wszystkich ech przy pustym zbiorniku.

Inaczej wygląda sytuacja gdy echo fałszywe jest silniejsze od echa właściwego. Taka sytuacja występuje jednak tylko wtedy gdy radar zabudujemy:

- bezpośrednio nad stalową belką konstrukcyjną
- bezpośrednio nad wlotem strugi cieczy lub materiału sypkiego
- bardzo blisko ściany, najczęściej zaledwie 10-20 cm

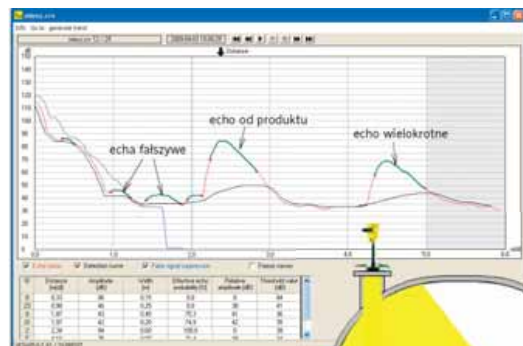
Problem pojawia się również gdy zainstalujemy w dużym zbiorniku radar z anteną o małej średnicy, czyli o bardzo szerokim kącie wiązki. W takich przypadkach – gdy najsilniejszym echem jest echo fałszywe – procedura eliminacji fałszywych ech jest mało skuteczna, a jedynym rozwiązaniem jest:

- zmiana lokalizacji radaru
- zastosowanie większej anteny czyli ograniczenie kąta promieniowania.

Drugim typem ech są echa wielokrotne, czyli takie, które przykładowo – po odbiciu się od materiału docierają do odbiornika po wcześniejszym odbiciu się od np.: ściany.

Problem ten był dużym wyzwaniem lat 80. Dzisiaj rozwiązanie tego problemu jest bardzo proste: echa wielokrotne z reguły eliminowane są prostą funkcją czytania pierwszego echa, co rozwiązuje 100% problemów aplikacyjnych.

Instrukcje obsługi oraz zwykłe podstawy fizyki wystarczą aby uniknąć błędów instalacyjnych powodujących silne echa fałszywe. Przy tej okazji należy zdawać so-



Funkcja czytania pierwszego echa

bie sprawę, że odbiorca nie jest w stanie w drodze przetargu zmienić praw fizyki i czasami żaden istniejący króciec na zbiorniku nie nadaje się do wykorzystania. Jednocześnie należy pamiętać, że bardzo mały kąt wiązki ma też jedną wadę: urządzenie zamiast uśredniać powstające stożki lub leje dla określenia pojemności materiału, wskazuje odczyt „punktowy”. Z uwagi na to, nie należy przesadzać i w przypadku gdy interesuje nas bardziej objętość lub masa materiału, zalecane jest stosowanie nieco „szerszej” wiązki (oprogramowanie automatycznie uśrednia poziom).

Budowa radaru... kilka rzeczowych wskazówek

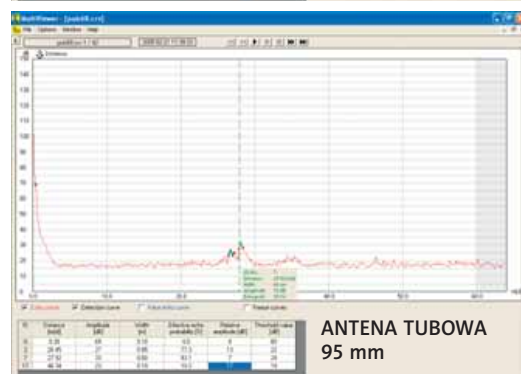
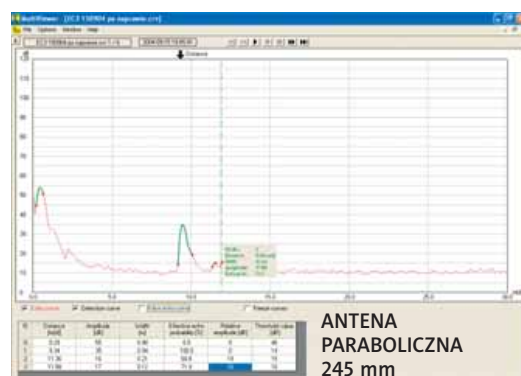
Radar ma tak naprawdę dwa elementy, które decydują o jego pewności działania: elektronikę i antenę. Każdy z tych elementów jest tak samo istotny i tylko razem stanowią „zgrany i pewny zespół”. Elektronika sond produkowana jest najczęściej w 2 wykonaniach: o słabszej mocy dla cieczy (powierzchnie prostopadłe) - nieco tańsza o dokładności 3 mm, oraz uniwersalna – o większej mocy dla dodatkowego skompensowania rozproszenia energii na stożkach materiałów sypkich lub pianie (zazwyczaj sygnał jest mocniejszy o 30 dB, czyli 1000 razy). Elektronika taka ma gorszą dokładność na poziomie 15 mm.

Generalnie z doбором elektroniki nie ma większego problemu. Odwrotnie z anteną, którą dobiera się do...istniejącego króćca. I tu tkwi wiele problemów, na podstawie

których niejedna osoba wysunęła już zbyt pochopne wnioski o możliwościach radarów. Często tłumaczę zainteresowanym, że pewność działania radaru określa jest przez... średnicę anteny. I tak, przy mediach przewodzących stosujemy dowolną antenę, pod warunkiem że jest odporna chemicznie na medium. W przypadku materiałów sypkich, dobór anteny poniżej 80 mm jest pozbawiony sensu. Dla bardzo lotnych materiałów przy załadunku pneumatycznym, polecam natomiast anteny minimum 100 mm lub 245 mm (parabola – zdecydowanie najlepsza antena, dla osób ceniących spokój).

W przypadku anten należy brać pod uwagę największy problem serwisowy: ich oblepienie lub kondensację pary wodnej (kondensacja me-

Odbicie echa



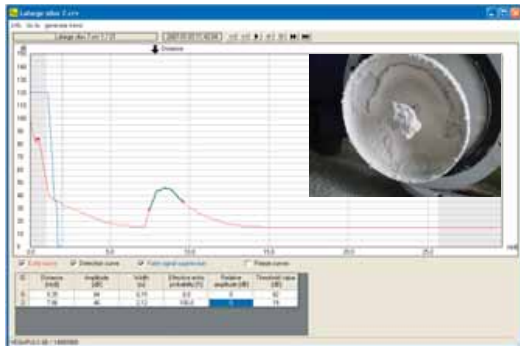
Próby widok echa przy zastosowaniu anten o różnej średnicy (czyli wzmacnieniu)

diów nieprzewodzących jest nieistotna).

Według mnie, 75% problemów serwisowych jest związane właśnie z problemem oblepienia.

Generalnie w przypadku oblepiających mediów zalecam:

- anteny paraboliczne: nawet przy bardzo silnym oblepieniu (1-3 cm) są w stanie jeszcze mierzyć – poniżej zbiornik z wapnem na IOS:



Pomiar w zbiorniku z wapnem w warunkach silnego oblepienia anteny

- anteny tubowe z układem nadmuchu sprężonego powietrza AKP (nie wilgotnego!)
- anteny z tzw. płaską anteną z teflonu lub innego tworzywa (w praktyce to zwykła antena tubowa z wypełnieniem).

W przypadku silnej kondensacji pary wodnej (np.: zbiorniki z wilgotnym węglem lub drewnem w okresie zimowym) najlepiej zastosować „płaską” antenę z teflonu o średnicy DN 80 lub DN 100. Przy wyeliminowaniu ech od skroplin na teflonie nie powinno być żadnych problemów. Odwrotnie, najgorszym rozwiązaniem jest w takim przypadku zwykła antena tubowa,



Anteny tubowe z układem nadmuchu sprężonego powietrza

wa, która na 90% będzie sprawiać ciągłe problemy.

Inne cechy radarów

O wyborze techniki radarowej – poza wymienionymi wcześniej zaletami (np.: brak wpływu zapylenia, par i mgieł, różnic temperatur itp.) – należy jeszcze wymienić:

- Wykonanie w technice 2-przewodowej, zarówno z wyjściem analogowym 4-20 mA, jak i standardami cyfrowymi Profibus PA i FieldBus Foundation
- Jako prawdopodobnie jedyna metoda posiada prawie wszystkie atesty:
 - ATEX do stref zagrożenia wybuchem na powierzchni (0 i 20) i górnicze (M2), zarówno w wersji iskrobezpiecznej Ex ia, jak i ognioszczelnej Ex d
 - SIL 2, przy redundancji SIL 3
 - Atesty morskie np.: GL, ABS, RINA itd.

- Atesty dla przemysłu spożywczego np.: EHEDG, FDA, 3A
- Atesty dopuszczające do pracy na wolnym powietrzu, bez stwarzania dodatkowych niebezpieczeństw dla ludzi (jak izotopy, lasery oraz niektóre silne głośnie ultradźwiękowe).
- Zgodność z technologią Field Device Tool, zrzeszającą już ponad 70 firm i organizacji, co pozwala korzystać z ogólnodostępnych, uniwersalnych i niezależnych od pojedynczego producenta programów konfiguracyjnych jak np. PACTWARE.
- Dostępne są również na rynku wysoko-specjalizowane urządzenia, które posiadają zatwierdzenie GUM (dokładność od



Antena płaska z PP

+/- 0.4 mm). Są one elementem układów do rozliczeń składów paliw płynnych.

Konkluzja

Technika radarowa jest w chwili obecnej najbardziej uniwersalną z technik pomiaru poziomu. Spotykana jest w każdej gałęzi przemysłu, od górnictwa podziemnego do farmacji. Umożliwia pomiar mediów o temperaturze od -200°C do 450°C, w zbiornikach próżniowych, ciśnieniowych (do 160 bar). Radary mogą mierzyć przez okna wziernikowe lub płaszcze zbiorników z tworzyw sztucznych (bez króćca!), w aplikacjach w przestrzeniach zagrożenia wybuchem, układach zabezpieczeń wymagających stosowania SIL. Należy jednak pamiętać, że jest to urządzenie techniczne, którego błędny dobór, instalacja lub eksploatacja może skutecznie zniweczyć wszystkie jego pozytywne cechy. Warto również pamiętać, że istnieją także aplikacje, w których optymalne może być zastosowanie innej techniki pomiarowej np.; radaru z falowodem, sondy pojemnościowej, pomiarów izotopowych itp.

Na zakończenie pozwolę sobie na drobną refleksję – mam nadzieję, że przytoczone informacje, których źródłem jest moje wieloletnie doświadczenie oraz specjalistyczna literatura, pozwolą osobom zainteresowanym pomiarami poziomu, na prawidłowy wybór określonej metody pomiarowej. Jestem świadom, iż w krótkim artykule nie byłem w stanie przedstawić wszystkich niuansów związanych z techniką radarową, ale mam nadzieję, że zawarte treści obalą pewne mity krążące na temat zalet i wad radarów.

¹ W. Kon, *Radar w żegludze morskiej*, Wydawnictwa Komunikacyjne, Warszawa 1955, s.71.

² J. Szóstka, *Mikrofały*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2006, s.207.



Autor artykułu
Robert Sowa

Ukończył studia na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej, kierunek Automatyka i Robotyka. Po ukończeniu studiów rozpoczął prace w Introlu.

Od 2006 r. zajmuje stanowisko kierownika działu pomiaru poziomu i bezkontaktowych pomiarów temperatury.

tel. 032/7890024

e-mail: poziomy@intrpol.pl

Termopary bez tajemnic – cz. 1

Podstawowym parametrem większości procesów przemysłowych jest temperatura. Jej pomiar, stabilizacja lub utrzymanie zadanego gradientu warunkuje bezpieczeństwo i optymalizację procesów w automatyce. Z uwagi na powszechną potrzebę kontroli temperatury, rynek oferuje mnogość rozwiązań, z których najpopularniejszym są termopary.

Pomiar temperatury może być zrealizowany z wykorzystaniem różnych rodzajów czujników ale to termopary noszą dumne miano najbardziej rozpowszechnionych. Powodów popularności tych relatywnie prostych w konstrukcji urządzeń jest mniej więcej tyle, co ich typów. Ale po kolei...

Termopara swą popularność zawdzięcza szerokiemu zakresowi pomiarowemu, małej bezwładności czasowej oraz prostej budowie i niezawodności. Nie bez znaczenia jest też fakt, iż termopary znajdują zastosowanie zarówno w pomiarze materiałów sypkich jak i cieczy oraz gazów. Mogą być one stosowane w strefach zagrożenia wybuchem, w środowiskach (mediach) agresywnych chemicznie, w procesach o wysokiej temperaturze i ciśnieniu. Aż trudno uwierzyć, że do wykonania tak wszechstronnego i wytrzymałego urządzenia wystarczą skręcone razem lub zespawane druty odpowiednich stopów.

Zasada działania termopar

W 1821 roku, niemiecki fizyk (pochodzenia estońskiego) Thomas Johann Seebeck odkrył, że styk pomiędzy dwoma metalami generuje napięcie będące funkcją temperatury. Termopara to po prostu praktyczne wykorzystanie zjawiska Seebecka. Jest to czujnik temperatury złożony z dwóch drutów zbudowanych z różnych metali, połączonych razem z jednego końca. Metale te na rysunku 1 są oznaczone jako „stop 1” i „stop 2” i tworzą styki J1 i J4.

Historycznie rzecz ujmując, pomiary temperatury z wykorzystaniem termopar były oparte na drugim termoelemencie służącym do mierzenia znanej temperatury jako temperatury odniesienia. Najłatwiejszym i najbardziej precyzyjnym sposobem uzyskania temperatury odniesienia było zanurzenie styku odniesienia (J4) w kąpiel lodowej, co spowodowało nadanie mu nazwy „styk zimnego”. Wielkość generowanego w ten sposób napięcia zależy teraz od różnicy temperatur pomiędzy stykami J1 i J4 oraz od rodzajów metali użytych w stopie 1 i stopie 2. Wynik można opisać następującym równaniem:

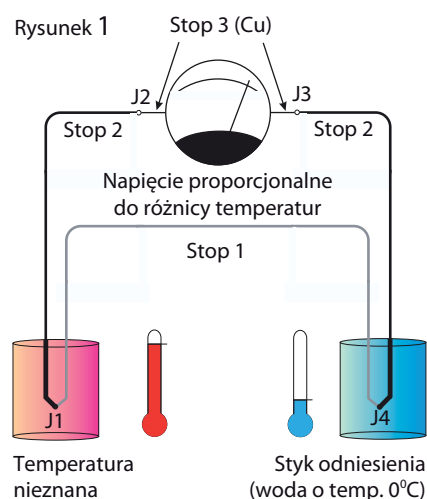
$$V = \alpha (T_{\text{NIEZNANA}} - T_{\text{ODN}})$$

gdzie α jest współczynnikiem Seebecka. Różne termopary mają różne współczynniki, których wartości są publikowane w większości notek informacyjnych termopar. Przy takiej konfiguracji wystarczyłoby jedynie odczytać napięcie, następnie odnaleźć odpowiadającą mu temperaturę w tabeli dla stopu 1/stopu 2 termopary w odniesieniu do temperatury 0°C.

Zauważmy, że podłączenie termopary do woltomierza tworzy dodatkowe, potencjalnie niechciane styki J2 i J3. W efekcie styki te także są termoparami, ale mają one podobny skład i przeciwną polaryzację. Jeśli temperatury styków J2 i J3 są takie same (warunek, który może być osiągnięty

stosunkowo łatwo poprzez odpowiednie zaprojektowanie sprzętu), to styki te nie będą miały wpływu na pomiar.

Rysunek 1



Zasada działania termopary

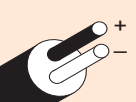
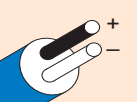
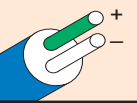
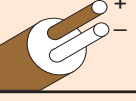
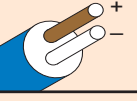
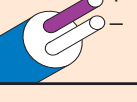
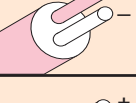
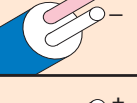
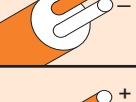
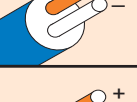
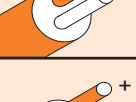
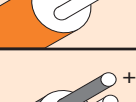
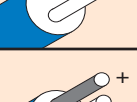
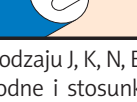
W celu ułatwienia dokonywania pomiarów przemysłowych, zastosowano uproszczenia systemu pomiarowego. Dzisiejsze urządzenia pomiarowe posiadają kompensację elektroniczną spiny odniesienia realizowaną przez pomiar temperatury zacisków przyłączeniowych termopary. Wyeliminowano także nieliniowość charakterystyki termopar stosując przybliżenia liniowe (z zastosowaniem tablic – PN-EN 60584-1) lub przybliżenia arytmetyczne. W niektórych przypadkach stosuje się kombinację obu metod.

TABELA 1

Typ termoelementu	Klasa 1		Klasa 2		Klasa 3	
	Zakres stosowania °C	Tolerancja °C	Zakres stosowania °C	Tolerancja °C	Zakres stosowania °C	Tolerancja °C
T Cu-CuNi	od -40 do +125 od +125 do +350	±0,5 od -40 ± 0,004/t/	do +133 ±1 od +133 do +350	od -67 ± 0,0075/t/	do +40 ±1 od -200 do -67	± 0,015/t/
E NiCr-CuNi	od -40 do +375 od +375 do +800	±1,5 od -40 ± 0,004/t/	do +333 ±2,5 od +333 do +900	od -167 ± 0,0075/t/	do +40 ±2,5 od -200 do -167	± 0,015/t/
J Fe-CuNi	od -40 do +375 od +375 do +750	±1,5 od -40 ± 0,004/t/	do +333 ±2,5 od +333 do +750	± 0,0075/t/		
K NiCr-Ni	od -40 do +375 od +375 do +1000	±1,5 od -40 ± 0,004/t/	do +333 ±2,5 od +333 do +1200	od -167 ± 0,0075/t/	do +40 ±2, od -200 do -167	± 0,015/t/
N NiCrSi-NiSi	od -40 do +375 od +375 do +1000	±1,5 od -40 ± 0,004/t/	do +333 ±2,5 od +333 do +1200	± 0,0075/t/		
R PtRh13-Pt	od 0 do +1000 od +1100	±1 od 0 ± (1+0,003	do +600 ± 1,5 od +600 do +1600	± 0,0025/t/		
S PtRh10-Pt	do +1600	(/t/-1100))				
B PtRh30-PtRh6		od +600	do +1700 od +800 do +1700	± 0,0025 /t/ ± 0,005/t/	od +600 do +800	±4

Rodzaje termopar

Do budowy termopar wykorzystuje się kilka rodzajów stopów metali. Każdy stop oferuje charakterystyki przeznaczone do specyficznych zastosowań. Jak pokazano w TABELI 1, do stopów tych przypisano standardowe kody literowe. Każdy rodzaj drutu termopary można zidentyfikować za pomocą barwnego kodu dla poszczególnych przewodników. Istnieje kilka stosowanych na całym świecie systemów barwnego kodowania. Najczęściej stosowane są oznaczenia barwne wg PN-EN 60584-3, gdzie ujemne wyprowadzenie jest oznaczane kolorem białym, a kolory przewodnika dodatniego i zewnętrznej izolacji są zależne od typu termopary. Szczegółowy system barw jest przedstawiony w TABELI 2.

TABELA 2		
Termopary standardowe	Termopary do stref zagrożonych wybuchem	Kod kolorów
		J
		K
		T
		E
		N
		R
		S
		U
		B

Termopary rodzaju J, K, N, E i T są ekonomiczne, niezawodne i stosunkowo dokładne. Ponad 90% wszystkich termopar należy

do tej właśnie grupy. Zakres ich zastosowań rozciąga się od -200°C do 1250°C .

Typ E – stopy odpowiednie dla temperatur od -200°C do 900°C . Dają się stosować w atmosferze od próżni do łagodnie utleniającej, a także w bardzo niskich temperaturach. Rodzaj E daje największe napięcie wyjściowe spośród wszystkich termopar zbudowanych z metali podstawowych.

Typ J – stopy odpowiednie dla niższych temperatur (-40°C do 750°C). Nie powinny być używane powyżej

760°C . Ekonomiczne i niezawodne. Popularne w przemyśle chemicznym (produkcja plastiku), ale używane również jako termopary ogólnego zastosowania w określonym zakresie temperatur.

Typ K – standard przemysłowy dla temperatur od -200°C do 1200°C . Termopary typu K mogą korodować w środowiskach odtłuszczanych chemicznie.

Typ N – podobne do termopar typu K, ale bardziej odporne na utlenianie i bardziej stabilne w górnym zakresie pomiarowym.

Typ T – stopy odpowiednie dla temperatur od -200°C do 350°C .

Metale szlachetne

Termopary typu R, S i B są zbudowane z platyny i rodu. Są one więc określane mianem „termopar szlachetnych”. Jako klasa są one bardziej dokładne i stabilne niż typy metali podstawowych, ale również i droższe. Są stosowane do mierzenia temperatur do 1700°C oraz jako źródła odniesienia do testowania innych typów. Aby uniknąć możliwości zanieczyszczenia w wyższych temperaturach oparami innych metali, powinny być używane wewnątrz nie-metalowych osłon.

Typ R – dla wysokich temperatur (do 1600°C). Mają skłonność do zanieczyszczenia się, gdy kontaktują się z innymi metalami. Stabilne w atmosferze utleniającej, ale ulegają degradacji w próżni lub atmosferze rozrzedzonej.

Typ S – standard przemysłowy dla wysokich temperatur do 1600°C , podobne do typu R, stosowane również jako czujniki wzorcowe,

Typ B – podobne do typów R i S, ale użyteczne do 1700°C . Najlepiej stosować w temperaturach powyżej 600°C .

Termoelementy do bardzo wysokich temperatur

Pomiar temperatur do 2320°C umożliwiają termopary wolframowo-renowe:



Czujnik głowicowy



Czujnik płaszczowy



Czujnik przewodowy

Typ C W5Re-W26Re

Typ G W-W26Re

Typ D W3Re-W25Re

Termopary te są jednak rzadko stosowane z uwagi na swoją kruchość i wymóg stosowania w atmosferze obojętnej (szybkie utlenianie).

Ciąg dalszy nastąpi

Termopary – urządzenia proste w konstrukcji i użytkowaniu, zainstalowane są w tysiącach aplikacji na całym świecie. Już sama skala ich zastosowania daje powody do stwierdzenia, iż informacji na ich temat nigdy nie jest zbyt dużo. Mam nadzieję, że artykuł, który macie Państwo za sobą przybliżył lub odświeżył wiedzę na temat zasad działania i typów tych popularnych czujników temperatury.

Co oczywiste, z uwagi na ograniczenia redakcyjne nie sposób nawet w największym skrócie omówić najważniejsze zagadnienia związane z kontaktowym pomiarem temperatury za pomocą termopar. Dlatego też, w przyszłym wydaniu naszego magazynu zamieszczona zostanie część druga.



Opracowanie na podstawie artykułu zamieszczonego w „Automatyka, Podzespoły, Aplikacje” nr 12/2006

Stanisław Stanisza

Ukończył Wydział Odlewnictwa na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W Introlu pracuje od 2003 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu Czujników temperatury.

tel. 032/7890150
e-mail: czujtemp@introl.pl

TECHNOLOGIA PRZYSZŁOŚCI

dostępna już w Polsce



Nowa seria przetworników ciśnienia Fuji

- unikalny krzemowy **mikrosensor**
- zwiększona **dokładność**
- wydłużona **stabilność**
- atrakcyjna **cena**

Fuji Electric to czołowy producent przetworników ciśnienia, których skala zastosowania przekracza 1 000 000 urządzeń w aplikacjach na całym świecie. W odpowiedzi na wymagania przemysłu, producent wprowadził nową, ulepszoną serię - V5.

» przeplywy@introl.pl «

Przedsiębiorstwo Automatykacji i Pomiarów
Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary
w przemyśle niezastąpieni