

PodKontrola

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

02/2019 (47)

PRAKTYCZNY PUNKT WIDZENIA



temat wydania

Wysokotemperaturowe aplikacje przemysłowe z wykorzystaniem ultradźwiękowych przepływomierzy bezinwazyjnych



akademia automatyki

**Czujniki rezystancyjne przemysłowe i wzorcowe
Rodzaje charakterystyk czujników rezystancyjnych**



dobra praktyka

**Mapa drogowa w optymalizacji procesów energetycznych
związanych z gorącą wodą**



od redakcji

**Drodzy Czytelnicy!**

Okres jesienno-zimowy za nami, a słupki termometrów wyrzuciły w górę. Wzrost temperatury udzielił się także autorom najnowszych artykułów. Każdy z nich nawiązuje do problematyki temperatury, oczywiście w przemysłowych warunkach.

Media o wysokiej temperaturze występują w wielu branżach przemysłowych. Najczęściej wykorzystywane są w energetyce, branży petrochemicznej i chemicznej. Jak każde media, także te gorące muszą być monitorowane i kontrolowane, a jednym z kluczowych dla procesów jest pomiar przepływu. Z uwagi na podwyższoną temperaturę, prowadzenie pomiarów wymaga stosowania aparatury dostosowanej do tak gorących mediów. Właśnie o pomiarach przepływu gorących mediów z wykorzystaniem nowych, bezinwazyjnych sond pomiarowych traktuje „**Temat wydania**”.

Pozostając przy temacie gorących mediów „**Dobra praktyka**” tym razem porusza zagadnienie optymalizacji procesów energetycznych związanych z gorącą wodą. Autor wymienia poszczególne elementy systemu wykorzystującego gorącą wodę, wskazując

na miejsca możliwe do poprawy. Artykuł polecamy wszystkim, którzy szukają możliwości usprawnienia procesów wytwarzania, przesyłu i ponownego wykorzystania gorącej wody w swoim zakładzie.

Ostatni w 2018 roku numer „Pod kontrolą” zawierał artykuł dotyczący czujników i przetworników temperatury. Z uwagi na docierające do nas sygnały Czytelników, postanowiliśmy kontynuować temat czujników, tym razem skupiając się na czujnikach rezystancyjnych. Autor „**Akademii automatyki**” przybliży podstawowe pojęcia, charakteryzuje ich typy a także, a może przede wszystkim, skupia uwagę na normach i skalach, według których produkowane są czujniki RTD. Dodatkowo zobrazowane są różnice pomiędzy czujnikami produkowanymi w Europie, a tymi sprowadzanymi z innych części świata. Osoby zainteresowane wzorcowymi czujkami RTD także znajdą coś dla siebie.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
 wiceprezes zarządu



Przetwornik CO₂ dla wymagających aplikacji

Nowością w zakresie pomiarów stężenia dwutlenku węgla jest przetwornik **EE872** stworzony specjalnie dla wymagających aplikacji, z zakresem pomiarowym do 5% CO₂. Przetwornik posiada kilka nowatorskich rozwiązań wyróżniających go na tle konkurencji, takich jak:

- wymienny moduł pomiarowy,
- podgrzewany sensor,
- wymienny filtr teflonowy,
- obudowę ze stali nierdzewnej,
- metodę pomiaru opartą o NDIR z detekcją podwójnej długości fali i autokalibracją,
- wbudowany sensor temperatury do kompensacji zmian temperatury,
- wbudowany sensor ciśnienia do kompensacji zmian ciśnienia,
- konfigurowane wyjście – mierzone wartości można odczytywać na wyjściach analogowych lub w sieci RS485 (MODBUS),
- stopień ochrony IP65,
- łączenie poprzez szybkozłącze M12.

Dzięki podgrzewanemu sensorowi, przetwornik EE872 nadaje się do pracy w warunkach wysokiej wilgotności, nawet kondensacji. Klasa ochrony IP65 oraz filtr teflonowy zapewniają doskonałą ochronę w zanieczyszczonym środowisku. Przetwornik nadaje się między innymi do szklarni, pieczarek, inkubatorów, wylęgarni, komór biologicznych, obór, ferm drobiu oraz magazynów owoców i warzyw. W wielu tych aplikacjach przetwornik narażony jest na mieszanki agresywnych substancji i zanieczyszczeń. Dzięki wymiennemu sensorowi, koszt regeneracji urządzenia jest wielokrotnie tańszy i mniej kłopotliwy niż wymiana całego przetwornika.

hvac@introl.pl



Najbardziej zaawansowany miernik SDT

Nowością tego roku w miernikach ultradźwiękowych jest miernik **SDT340**. To urządzenie do rejestracji danych dynamicznych z pomiarów ultradźwięków i wibracji, umożliwiające przegląd i analizę zarejestrowanych sygnałów bezpośrednio w miejscu pomiaru. Podglądy przebiegów czasowych oraz rozkładu częstotliwościowego, powiązane z odczytem wartości dziesięciu najwyższych pików z przebiegu, pozwalają na szybką i precyzyjną diagnostykę tam, gdzie najbardziej tego potrzebujemy. Urządzenie korzysta z kalibrowanych sond pomiarowych kompatybilnych z poprzednimi modelami mierników ultradźwięków firmy SDT. W odróżnieniu od dobrze znanego i sprawdzonego SDT270, nowy miernik zapisuje pomiar w postaci dynamicznej, z możliwością późniejszej pełnej analizy z pozycji oprogramowania UAS4.0. Dodatkowe atuty to duży, czytelny, kolorowy wyświetlacz i wymienna bateria zapewniająca ośmiogodzinną pracę urządzenia.

przenosne@introl.pl



Następca przepływomierza ST98

Amerykańska firma Fluid Components International wycofała z rynku masowy przepływomierz termiczny model ST 98. W zamian za niego na rynku zadebiutował model **ST80**, który jest wersją pośrednią pomiędzy popularnymi ST50/51, a najwyższą i najlepiej wyposażoną wersją ST100. Nowy model jest więc bardziej zaawansowaną wersją wycofanego ST98, jednocześnie będąc swoją wersją „lite” modelu ST100. W porównaniu do ST98 w nowym modelu dodano lub udoskonalono 22 funkcje, czyniąc z ST80 zaawansowany przepływomierz ze średniej półki cenowej. Jednym z głównych udoskonaleń jest wyposażenie ST80 w technikę Adaptive Sensor Technology™ (AST™). Ta opatentowana technika pomiarowa, której szerszą charakterystykę przybliżyliśmy już na łamach „Pod kontrolą” 2/2017, łączy w sobie dwie sprawdzone w branży technologie dyspersji termicznej – stałej mocy (CP) i stałej temperatury (CT). Nowy model ma także większy zakres, lepszą dokładność, a także nowoczesne protokoły komunikacyjne (np. HART v. 7), graficzny wyświetlacz LCD (także w wersji z przyciskami), SIL 1 w standardzie. Jako opcja dostępna jest obudowa ze stali nierdzewnej, a także najnowsze czujniki wykonane w technologii „Wet Gas”, zwiększającej niezawodność i żywotność czujnika w warunkach wilgotnych gazów. Jeśli do zalet ST80 dodamy także znaną ze wszystkich przepływomierzy FCI wytrzymałą konstrukcję elementu przepływowego bez ruchomych części, dostajemy urządzenie zapewniające dokładny, bezpośredni, masowy pomiar przepływu powietrza i gazu za pomocą pojedynczego króćca.

przeplyw@introl.pl



Czujniki FCI na „mokre” gazy

Drugą nowością w przepływomierzach termicznych marki FCI jest głowica czujnika „Wet Gas”. Jest to specjalnie zaprojektowana konstrukcja, która poprzez niestandardowe przedłużenie osłony izoluje czujnik od kropli wody. Taka konstrukcja odcina krople wody od czujnika i odprowadza ją bez kontaktu z materiałem czujnika. Zwiększa to znacząco niezawodność i żywotność czujnika w warunkach pomiaru mocno wilgotnych gazów. Nowe głowice typu „Wet Gas” dostępne są jako wyposażenie opcjonalne dla modeli ST100 i ST80.

przeplyw@introl.pl





Wysokotemperaturowe aplikacje przemysłowe z wykorzystaniem ultradźwiękowych przepływomierzy bezinwazyjnych

Wiele procesów technologicznych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu, takich jak energetyka, ciepłownictwo czy przemysł rafineryjny i chemiczny, wykorzystują media o podwyższonej temperaturze przekraczającej 200°C. Procesy te charakteryzują się wysokim reżimem technologicznym pod względem możliwości wykorzystywanej aparatury kontrolno-pomiarowej. Ważnym elementem poprawiającym efektywność procesów, które często wymagają podwyższonej temperatury, jest pomiar przepływu cieczy.

BEZINWAZYJNIE, BEZPIECZNIE, SKUTECZNIE

Jednym z bardzo dobrych rozwiązań jest wykorzystanie ultradźwiękowej technologii bezinwazyjnej do pomiaru przepływu cieczy. Metoda bezpośrednio nie ingeruje w proces technologiczny, eliminuje wszelkiego rodzaju zagrożenia wynikające z rozszczelnienia połączeń procesowych oraz umożliwia stosunkowo szybki i łatwy montaż na pracującej instalacji sond pomiarowych na rurociągach z mediami o wysokiej temperaturze.

Niemiecka firma Flexim, wyspecjalizowana w ultradźwiękowych pomiarach bezinwazyjnych cieczy i gazów, dysponuje niezbędnymi narzędziami w postaci wysokotemperaturowych sond pomiarowych, a także specjalnie opatentowanym urządzeniem WaveInjector do pomiarów cieczy o temperaturze powyżej 240°C (do prawie 600°C), który umożliwia wykonanie pomiarów przepływu cieczy w tych rygorystycznych warunkach.

JESZCZE WYŻSZY ZAKRES

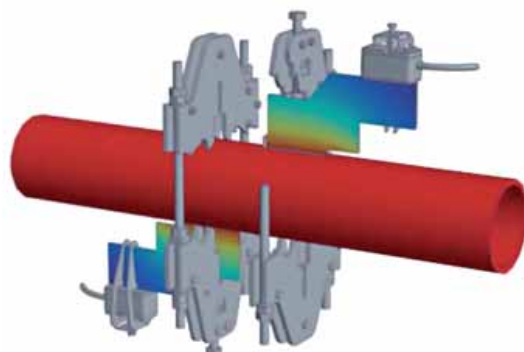
W marcu 2019 roku firma Flexim rozszerzyła zakres możliwości stosowania swoich sond pomiarowych. Pierwotnie sondy pomiarowe w technologii Sharewave (czyli stosowanych głównie do pomiaru cieczy) posiadały dwa przedziały temperaturowe – pierwszy, standardowy do 130°C oraz drugi, do 200°C. Zakres zastosowania tych urządzeń został rozszerzony do 240°C, dzięki czemu sondy pomia-

rowe typu M i P pozwalają mierzyć przepływy mediów ciekłych na rurociągach od DN25 do DN1200 do wspomnianej temperatury 240°C.

Nowe, wysokotemperaturowe sondy pomiarowe z progiem temperaturowym do 240°C wykonane są z wytrzymałego materiału PI, czyli poliamidu oraz szlachetnej stali nierdzewnej 304. Sondy pomiarowe wewnątrz posiadają element piezokrystaliczny, generujący falę ultradźwiękową. Sondy pomiarowe firmy Flexim posiadają także wbudowany czujnik temperatury, kompensujący zmianę temperatury pochodzącą od opomiarowywanego rurociągu. Stopień ochrony elementów pomiarowych wynosi IP56. Sondy dedykowane są do pracy wyłącznie w strefie niezagrożonej wybuchem (z uwagi na wymagania ATEX, które pozwalają na pracę sond pomiarowych wyłącznie do temperatury 200°C). Elementem sprzęgającym sondy pomiarowe z powierzchnią rurociągu w tym przypadku są specjalne podkładki wykonane z teflonu PTFE, zamiast dotychczasowo stosowanego żelu na bazie silikonu (stosowanego do 200°C). Zakres stosowania podkładek teflonowych wynosi od 200 do 240°C (poniżej 200°C teflon jest zbyt sztywny i staje się kruchy).

Głównym powodem zwiększenia zakresu temperaturowego dla elementów pomiarowych była chęć zastąpienia nakładki wysokotemperaturowej WaveInjector, która była aplikowana, gdy temperatura medium przekraczała 200°C (czyli pierwotnego, maksymalnego progu temperaturowego przed wprowadzeniem nowych sond wysokotemperaturowych). Zmianę tę podyktowała dość skomplikowana procedura montażu nakładki WaveInjector oraz wymóg idealnie gładkiej powierzchni styku „dźwiękowodu” – elementu łączącego sondę pomiarową z powierzchnią rurociągu. W ramach przypomnienia – w aplikacjach z wykorzystaniem WaveInjector, jako elementu sprzęgającego używa się podkładek wykonanych z ołowiu do temperatury medium 280°C oraz podkładek sprzęgających wykonanych ze srebra do temperatury medium około 400°C.

Sondy pomiarowe
typu P i M



WaveInjector



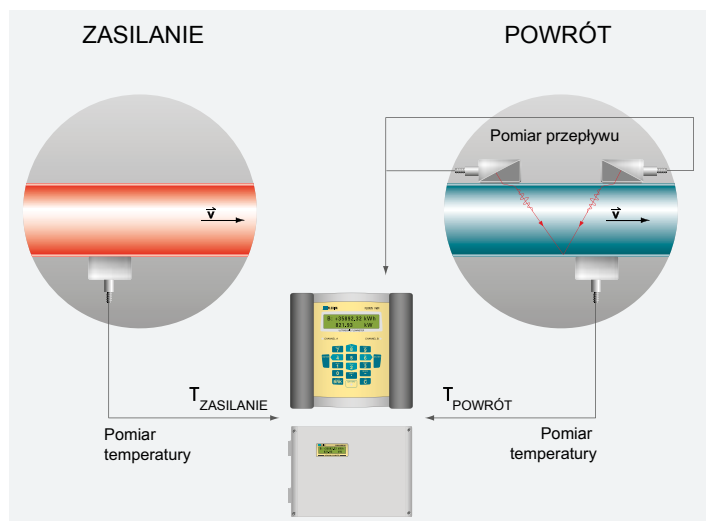
SZERSZY ZAKRES STOSOWANIA

Rozszerzony zakres temperatur dla sond pomiarowych zapewnia łatwiejszy dostęp do niektórych zastosowań wysokotemperaturowych, ze względu na zwiększoną liczbę aplikacji, które można teraz opomiarować bez nakładki wysokotemperaturowej WaveInjector. Daje to lepsze argumenty w przypadku konkurencji z przepływomierzami in-line (w technologii ultradźwiękowej, czy Vortex), a także zmniejsza w szczególności bariery finansowe dla klienta.

Dobrym przykładem jeśli chodzi o zarządzanie energią w zakładach produkcyjnych, są klienci którzy eksploatują systemy oleju termalnego. Wymagana jest wtedy kontrola przepływu energii. Kombinacja przepływomierza FLUXUS F704 TE i sond pomiarowych ze zwiększonym progiem temperatury zapewnia idealne rozwiązanie, które sprawdza się zwłaszcza w branżach produkujących żywność (piecze piekarnicze), papierowo-celulozowej, meblarskiej, tworzyw sztucznych (folie i laminaty), a także w zakładach produkujących włókna tekstylne, gdzie na szeroką skalę wykorzystuje się nośniki ciepła do różnych zastosowań w procesach grzewczych.

NIE TYLKO PRZEPŁYW

Rozwiązanie oparte na sondach wysokotemperaturowych przyczynia się również do skutecznej poprawy w procesie chemicznym, skoncentrowa-



nym na produkcji kwasu siarkowego. W procesach produkcyjnych przeważają temperatury od 200°C do 240°C. W takich procesach można wykorzystać model PIOX S (model S721SA) do pomiaru stężenia kwasu siarkowego. Urządzenie pozwala na pomiar stężenia z dokładnością odczytu 0,1% dla zakresu stężenia kwasu siarkowego od 70 do 100%. Sondy wysokotemperaturowe zapewniają lepszą dokładność pomiaru prędkości dźwięku, w porównaniu z nakładką wysokotemperaturową WaveInjector.

CHEMIA, RAFINERIE, ENERGETYKA...

Do najbardziej typowych aplikacji i możliwości zastosowania wysokotemperaturowych sond pomiarowych należy zaliczyć:

- wykorzystanie wody i innych mediów jako nośnika ciepła w procesach energetycznych i ciepłowniczych,
- opomiarowanie mediów w procesach chemicznych egzotermicznych (np. wspomniana już produkcja kwasu siarkowego)
- procesy destylacji próżniowej i atmosferycznej do 240°C w rafineriach,
- inne procesy wysokotemperaturowe.



Miernik PIOX S

ZALETY, KTÓRYCH NIE SPOSÓB PODWAŻYĆ

Korzyści ze stosowania przepływomierzy bezinwazyjnych z nowymi sondami do 240°C najlepiej rozpatrywać pod kątem różnic względem metod inwazyjnych. Najważniejszy jest fakt, że stosując urządzenia bezinwazyjne nie ingerujemy w proces technologiczny, a sondy można montować bez zatrzymywania pracy instalacji (procesu technologicznego). Tym samym zwiększamy bezpieczeństwo poprzez zredukowanie możliwości wycieków do minimum. Brak ingerencji w rurociąg to także brak generowania jakiegokolwiek spadku ciśnienia na instalacji i brak limitów ciśnienia. Zgodnie z założeniem powstania nowych sond, nie istnieje już konieczność stosowania nakładki wysokotemperaturowej WaveInjector do temperatury 240°C, co znacznie upraszcza proces montażu i konfiguracji przepływomierza.

W stosunku do metod inwazyjnych, stosowanie nowych sond redukuje także koszty zabudowy i montażu. Przepływomierze bezinwazyjne oferują przy tym szeroki zakres pomiarowy z zadowalającą dokładnością.

mgr inż. Krzysztof Karasiak

Absolwent Politechniki Śląskiej wydziału Chemicznego na kierunku Technologia Chemiczna. W Introlu pracuje od 2014 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów przepływu. Specjalizuje się w pomiarach przepływu za pomocą przepływomierzy bezinwazyjnych ultradźwiękowych, turbinkowych, masowych Coriolisa, owalno-kołowych oraz zagadnień układów dozowania.

Tel: 32 789 00 95

Przepływomierz ultradźwiękowy F704 TE+

Zasilanie i powrót





Mapa drogowa w optymalizacji procesów energetycznych związanych z gorącą wodą

Degradacja środowiska dokonywana przez człowieka, globalne ocieplenie i problemy ze smogiem to czynniki, które powodują coraz to większą świadomość w zakresie poprawiania efektywności naszego życia. Cała ludzkość siedzi na tykającej bombie ekologicznej i bez dokonania zmian w naszym życiu doprowadzimy świat do zagłady. Dlatego też, z roku na rok w krajach rozwiniętych kładzie się większy nacisk na zwiększenie efektywności i sprawności zakładów technologicznych. Zwiększenie wydajności procesów energetycznych, przy jednoczesnej redukcji stopnia emisyjności i zużycia mediów, to cel, do którego się dąży. W niniejszym artykule postaramy się przeanalizować systemy wody gorącej i udzielić wskazówek na co warto zwrócić uwagę rozpatrując układ pod kątem zwiększenia jego maksymalnej wydajności.

KLUCZEM JEST WYDAJNOŚĆ

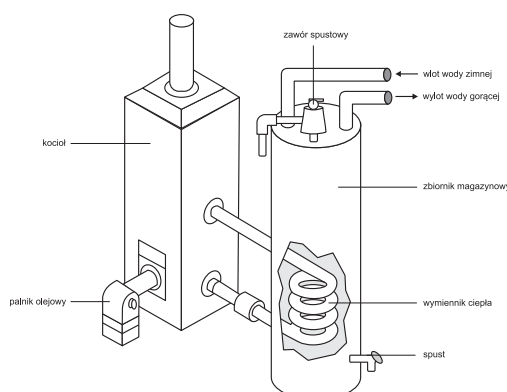
By stwierdzić, czy system grzewczy jest efektywny należy wiedzieć, jak możemy go zidentyfikować i mierzyć jego wydajność. Wydajność to słowo klucz w aspekcie nowoczesnego życia. Zatem, jeżeli stwierdzamy, że coś jest wydajne oznacza to, że wykonana przez nas praca przyniosła zadowalający efekt, bez strat zbędnych materiałów, czasu i energii. Mówiąc o wydajności w aspekcie całego systemu energetycznego możemy ją określić, zestawiając energię włożoną w punkcie początkowym z energią wychodzącą w punkcie końcowym, determinując przy tym w jakim stopniu została ona wykorzystana pomiędzy wspomnianymi wyżej punktami. Wydajność urządzeń z kolei określa nam w jakim stopniu poszczególne maszyny wykorzystują energię, która została do nich dostarczona. Poza tym ich praca nie powinna mieć negatywnego wpływu na cały układ energetyczny.

Zacznijmy od produkcji wody. W zakładach wytwarzających wodę gorącą możemy poddać analizie wstępnej kocioł grzewczy, czyli urządzenie służące do spalania paliw w celu uzyskania energii potrzebnej do podgrzania wody. Jego wydajność, a dokładniej sprawność, może być różna w zależności od stosowanego typu kotła i różnej jego konfiguracji, niemniej jednak większość nowoczesnych kotłów posiada sprawność oscylującą w granicach 100%. Przyjrzyjmy się zatem wszystkim możliwościom użytkowania wody gorącej i zastanówmy się na co warto zwrócić uwagę przy projektowaniu lub wdrażaniu modernizacji w naszym systemie. W tym aspekcie możemy poczynić znaczne oszczędności.

RÓŻNE RODZAJE SYSTEMÓW GRZANIA WODY: ANALIZA POD KĄTEM OSZCZĘDNOŚCI I WYDAJNOŚCI UKŁADU

Pierwszą możliwością uzyskania gorącej wody jest pośredni system grzania pokazany na rysunku poniżej.

Schemat pośredniego systemu grzania



Pośredni układ oznacza, że medium grzewczym jest czynnik zewnętrzny, niemający bezpośredniego kontaktu z wodą, a wymiana cieplna odbywa się dzięki zastosowaniu dodatkowego urządzenia jakim jest wymiennik ciepła. Tego typu system wykorzystywany jest w układzie para-woda lub woda-woda. Układy i konstrukcje wymienników ciepła mogą być różne i tu warto zbadać, co tak na dobrą sprawę nam się opłaca. Czy inwestować w zbiornik magazynowy, czy podgrzewacz, który wyprodukuje nam wodę gorącą na żądanie? Rozważmy wszystkie plusy i minusy obu rozwiązań.

Zajmowana powierzchnia użytkowa – magazynowy zbiornik grzewczy wody zajmuje dużo więcej miejsca niż podgrzewacz, którym uzyskamy wodę gorącą na żądanie. Na ogół gabaryty zbiornika są na tyle znaczące, że należy wybudować wokół niego infrastrukturę. Podobne wnioski o zajmowanej powierzchni możemy wyciągnąć patrząc na wielkości wymienników. Przykładowo, wymiennik płytowy zajmuje dużo mniej miejsca niż wymiennik płaszczo-wo-rurowy. Mniejsza przestrzeń oznacza mniej rozbudowany zakład i większe możliwości ekonomiczne. **Straty związane z wymianą ciepła** – im większa powierzchnia zbiornika, tym więcej strat związanych z utratą ciepła. Stosując niewielkie podgrzewacze dobrane optymalnie pod kątem zapotrzebowania zakładu wyeliminujemy uciekające nam ciepło. Ponadto niewielkie podgrzewacze nie posiadają zbiornika magazynowego, więc oszczędzamy energię, która potrzebna jest do utrzymywania zadanej temperatury wody. Kolejną sprawą jest **czas, jaki potrzebny jest na serwisowanie naszego układu**. Układ wymiennikowy będzie dużo bardziej wydajny, jeżeli poświęcimy mniej czasu na jego konserwację, czyszczenie i obsługę. Tu znowu podgrzewacz na żądanie góruje nad zbiornikiem grzewczym, jako że czyszczenie zbiornika to długi i skomplikowany proces. **Żywotność naszego układu** – system grzewczy wykonany z materiałów o lepszej jakości, czyli tych bardziej wytrzymałych, znacznie wydłuży czas użytkowania naszych urządzeń. Zaoszczędzi nam również problemów z dokonywaniem częstych wymian poszczególnych elementów. Przy inwestycjach głównym współczynnikiem, który bierze się pod uwagę jest nakład finansowy. Redukując koszty bardzo często inwestorzy decydują się na rozwiązania gorszej jakości, co skutkuje zmniejszeniem czasu eksploatacji urządzeń. Dlatego też mając wybrane rozwiązanie podgrzewania wody pośredniego działania zwróćmy uwagę z jakich materiałów wykonane są urządzenia.

Drugą opcją uzyskania gorącej wody jest **system bezpośredniego działania**. W tego typu rozwiąza-

niach nie korzystamy z wymiennika ciepła jako dodatkowego elementu układu podgrzewania wody. Gorącą wodę uzyskuje się dzięki spalaniu gazu ziemnego, propanu, metanu lub bio-paliw, a energia spożytkowana jest do osiągnięcia odpowiedniej temperatury wody.



Podgrzewacze bezpośredniego działania mogą być bez lub z możliwością kondensacji, co stanowi pierwszą szansę zwiększenia jego wydajności energetycznej. Slabym punktem bowiem jest konieczność częstego serwisowania podgrzewaczy z kondensacją. Co bardzo istotne, systemy wytwarzania wody gorącej wykorzystujące podgrzewacze bezpośredniego działania mogą być bardzo efektywne, przy wykorzystaniu palnika o zmiennej mocy, z niską emisją spalin. Oszczędności możemy też poszukać osiągając prawidłową mieszankę gazowo-powietrzną. Minusem niestety jest to, że niezwykle trudno zastosować palniki o zmiennej mocy i równocześnie optymalizować mieszankę. Ponadto, tak jak w przypadku systemów pośredniego działania, rodzaj zastosowanych materiałów ma olbrzymi wpływ na wydajność cieplną.

Została nam jeszcze jedna opcja w postaci podgrzewaczy wykorzystujących bezpośrednią wymianę ciepła poprzez kontakt gazu z wodą. Jest to najnowocześniejsze i najbardziej efektywne rozwiązanie na rynku. W tym przypadku mamy tylko wersję kondensującą, niemniej jednak możemy mieć różnorodne konfiguracje podgrzewaczy. Na zdjęciu powyżej pokazany jest podgrzewacz Flo-direct firmy Armstrong wykorzystujący tę technologię.

W tego typu rozwiązaniach istotne jest całkowite spalanie gazu w suchej komorze celem osiągnięcia jak największej sprawności. Bardzo ważną rolę stanowi wówczas palnik, który musi zapewnić efektywność spalania gazu na poziomie zbliżonym do wartości 100%. Kolejną sprawą jest wykorzystanie energii spalonego gazu, czyli wydajność cieplna podgrzewacza. Jego wysoka skuteczność osiągnięta jest poprzez bezpośredni kontakt gazu i wody, gdzie oba media mają

znaczną różnicę temperatur. Tu z kolei bardzo ważna jest konstrukcja samego podgrzewacza i maksymalna powierzchnia, na której błyskawicznie następuje wymiana cieplna. Do podgrzewaczy, w których zachodzi bezpośredni kontakt gazu z wodą nie potrzebujemy dodatkowych wymienników ciepła, tak więc zajmują one niewielką powierzchnię użytkową i znacznie ograniczają konieczność obsługi, konserwacji i czyszczenia. Ścianki podgrzewacza na ogół są chłodne, tak więc wyeliminowane są również straty wymiany ciepła z otoczeniem, a wykonania materiałowe ze stali nierdzewnej gwarantują długą eksploatację.

SPRAWNOŚĆ WYTWARZANIA TO NIE WSZYSTKO

Przeanalizowaliśmy możliwości optymalizowania procesu wytwarzania gorącej wody. Łatwo wywnioskować, że najlepszym rozwiązaniem stanowią podgrzewacze bezpośredniego działania, w których zachodzi kontakt gazu z wodą zimną. Etap produkcyjny jednak to tylko cząstka układu, w którym możemy poszukać oszczędności i zwiększyć wydajność systemu. Przyjrzyjmy się teraz miejscom, gdzie energia już wytworzona jest marnowana (a można by ją wykorzystać powtórnie).

Świadomość co możemy z nią zrobić stanowi impuls do działania. Pierwszym przykładem zagospodarowania ciepła jest redukcja różnicy temperatur między temperaturą wejściową a wyjściową. Efektem tego będzie zmniejszenie konieczności wykorzystania dodatkowej energii zewnętrznej. Istnieje wiele możliwości optymalizowania procesu, by energię „złapać” ponownie, i kolokwialnie rzecz ujmując, wpuścić z powrotem do układu. Rzadko spotykana jest jednak stała wartość strat energetycznych, dlatego optymalizacja powtórnego wykorzystania energii jest trudniejsza niż mogłoby się wydawać. Wiąże się to oczywiście z odpowiednią metodologią i określeniem jak energia mogłaby być powtórnie wykorzystana. Powszechnie stosuje się zbiorniki magazynowe wody, do których możemy dostarczyć powtórnie uzyskaną energię i podgrzać wodę procesową. Przeanalizujemy zatem źródła, z których można powtórnie wykorzystywać energię.

Solary, czyli kolektory słoneczne – pozyskana energia z solarów może być wykorzystana do wzrostu temperatury wody, jednak zbudowanie całego układu wymaga wysokich nakładów finansowych i wiąże się



◀◀
Podgrzewacze
bepośredniego
działania

◀◀
Podgrzewacz Flo-direct

◀
Kolektory słoneczne

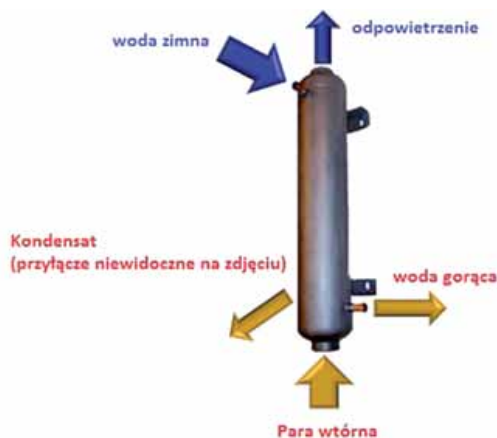


Silnik kogeneracyjny

Schemat działania skraplacza oparów

z wysokimi kosztami utrzymania. Poza tym do optymalnego wykorzystania kolektorów słonecznych niezbędny jest odpowiedni klimat i nasłonecznienie, stąd też nie jest to rozwiązanie popularne w naszym kraju.

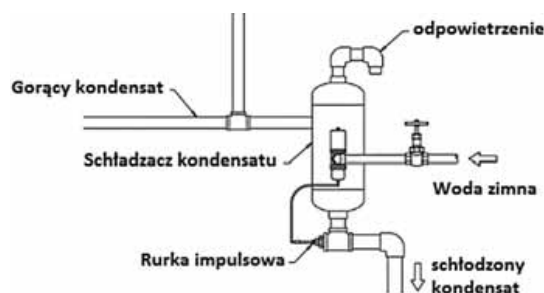
Skrapłacz oparów – tego typu urządzenie możemy wykorzystać w zakładach wytwarzających parę,



jako że skrapłacz gromadzi parę odprowadzaną ze zbiornika pary wtórnej i skrapla ją, redukując obłoki pary odprowadzane do atmosfery. Pozyskane ciepło można wykorzystać do wytwarzania wody kotłowej, wody procesowej lub do wody użytkowej.

Schładzacz kondensatu – gdy kondensat nie jest odprowadzany do kotłowni możemy z niego

Schemat działania schładzacza kondensatu

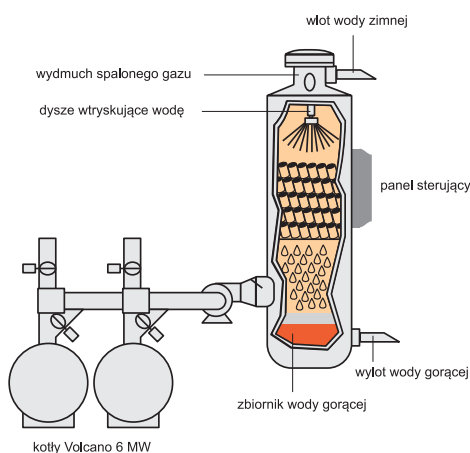


uzyskać sporą dawkę energii za pomocą wymienników woda – woda. Dotyczy to szczególnie zakładów produkcyjnych wykorzystujących parę z miasta, w których nie ma linii powrotu kondensatu. Uzyskane ciepło z kondensatu może być spożytkowane dla wszelkiego rodzaju wody gorącej.

Ekonomizator kotła – urządzenie wymiennikowe wyłapujące opary z kotła celem polepszenia jego sprawności, nawet w okolicach 5%. Jego zadaniem jest wykorzystanie entalpii spalin wylotowych z kotła do podgrzania powrotnej wody obiegowej.

Kogeneracja – czyli wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w jednym procesie technologicznym, który pozwala w znacznie większym stopniu wykorzystać energię pierwotną zawartą w paliwie. Efektywność energetyczna jest nawet do 30% wyższa niż w przypadku oddzielnego wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni i ciepła w kotłowni.

Schemat działania ekonomizera kotła



Paweł Hoła

Absolwent Politechniki Śląskiej, od 2007 roku zawodowo zajmuje się armaturą przemysłową. W Introlu pracuje na stanowisku kierownika Działu armatury przemysłowej.
Tel: 601 55 33 61



Odmulanie kotła – wszystkie kotły do swojej prawidłowej pracy potrzebują odmulaniania i odsalania. Procesy te powodują straty, dlatego warto stosować układy automatycznego odmulaniania kotłów.

Stosowanie małych kotłów – kotły są bardziej efektywne, jeżeli pracują w swoich maksymalnych wydajnościach, dlatego też nie warto ich przewymiarować. Ponadto pamiętajmy, że mniejsze kotły zużywają znacznie mniej paliwa w biegu jałowym w stosunku do kotłów o większej mocy.

SPRAWDŹ CZY WARTO

Duże, nowoczesne zakłady przemysłowe posiadają ludzi, których zadaniem jest szukanie oszczędności energetycznych i zwiększanie wydajności produkcyjnych. Jak pokazaliśmy w niniejszym artykule, istnieje szereg możliwości wprowadzenia modernizacji w naszych systemach energetycznych, dzięki którym możemy zwiększyć wydajność i efektywność instalacji. Przy każdej inwestycji trzeba oczywiście rozważyć jaki będzie okres zwrotu poniesionych nakładów. Akceptowalny czas powinien oscylować w granicach 2-3 lat. Należy przy tym wziąć pod lupę jaki będzie koszt zastosowanych urządzeń, instalacji, obsługi, czy konserwacji. Niezbędna jest ocena tego z jakimi stratami cieplnymi mamy do czynienia i w których miejscach one występują. Musimy jednak wiedzieć do czego wykorzystamy odzyskane ciepło, czy mamy go wystarczająco dużo, by rozpocząć modernizację. Warto zawczasu skorzystać z firm inżynierskich, które

bazując na swoim doświadczeniu odpowiedzą jaki rodzaj modernizacji warto wdrożyć w naszym systemie energetycznym, by znaleźć odpowiedni balans między koniecznym wydatkiem finansowym, a jego czasem zwrotu.





Czujniki rezystancyjne przemysłowe i wzorcowe

Rodzaje charakterystyk czujników rezystancyjnych

W „Pod kontrolą” 4/2018 poruszaliśmy tematykę czujników i przetworników temperatury. Z uwagi na zainteresowanie naszych Czytelników zagadnieniami związanymi z czujnikami RTD, postanowiliśmy rozwinąć temat, skupiając się na charakterystykach czujników rezystancyjnych w odniesieniu do czujników przemysłowych i wzorcowych. Co sprawia, że możemy mówić o czujniku wzorcowym? W jaki sposób opisuje się jego charakterystykę? Spójrzmy zatem na czujniki RTD pod kątem wzorcowania i testów, na przykładzie kalibratorów firmy Beamex.

DLA PRZYPOMNIENIA – TYPU CZUJNIKÓW RTD

Czujniki rezystancyjne RTD (z ang. Resistance Temperature Device) są czujnikami, które zmieniają swoją rezystancję wraz ze zmianą temperatury (zasada wykorzystania zjawiska zmiany rezystancji metali wraz ze zmianą temperatury). Wraz ze zmianą temperatury, czujnik zmienia swoją rezystancję, tak więc poprzez pomiar rezystancji czujnika RTD możemy mierzyć temperaturę. Czujniki RTD najczęściej wykonywane są z platyny (Pt) ze względu na duży współczynnik zmiany rezystancji, wysoką temperaturę topnienia oraz wysoką stabilność. Dzięki wyjątkowej odporności na działanie czynników chemicznych nadaje się do trudnych warunków aplikacyjnych. Do wykonania rezystorów termometrycznych stosujemy również miedź i nikiel (np.: Cu100, Ni1000).

W nomenklaturze przemysłowej czujniki rezystancyjne (RTD) potocznie nazywane są najczęściej czujnikami Pt100. Swoją nazwę zawdzięczają wartości rezystancji jaką wskazują w temperaturze 0°C, która powinna wynosić dokładnie 100 Ω. Oczywiście istnieje wiele innych typów czujników rezystancyjnych np. wykorzystywane w przemyśle: Pt500 oraz Pt1000 (i inne), które analogicznie jak Pt100 w 0°C mają odpowiednio 500Ω i 1000Ω. Są także czujniki rezystancyjne PTR znacznie dokładniejsze niż standardowe czujniki Pt100, których wartość rezystancji w 0°C wynosi 10 Ω, 25 Ω lub 50 Ω. Czujniki te wykorzystywane są głównie w laboratoriach akredytowanych, w których dokładność pomiaru ma duże znaczenie. Czujniki rezystancyjne możemy również podzielić ze względu na rodzaje wykonania rezystora termometrycznego:

- rezystor drutowy – wykonany z cienkiego drutu platynowego, nawiniętego na płytkę ceramiczną i zabezpieczonego osłoną (np. ze szkła kwarcowego). Charakteryzuje się dużym zakresem temperatury pracy nawet do 850°C oraz większą dokładnością, co wpływa na jego cenę;
- rezystor cienkowarstwowy – wykonany z cienkiej warstwy platyny napyłonej na płytkę ceramiczną. Charakteryzuje się mniejszą dokładnością, niższą ceną oraz wysoką odpornością na uszkodzenia mechaniczne, dzięki czemu wspaniale sprawdza się w przemyśle, w aplikacjach do maksymalnie 600°C.

W warunkach przewyższających temperaturę 600°C najczęściej stosuje się czujniki termoelektryczne, czyli tak zwane termopary. Zastosowanie takich czujników jest tańszym rozwiązaniem ale przekłada się to na dokładność pomiarów. Wymagają one także zastosowania przewodów podłączeniowych, wykonanych z odpowiedniego materiału oraz kompensacji zimnego złącza (taką funkcję posiada np. kalibrator Beamex serii MC6).

KRÓTKIE PORÓWNANIE CZUJNIKÓW REZYSTANCYJNYCH I TERMIELEKTRYCZNYCH (TERMOPAR)

Termopary:

- mogą być używane do pomiaru wysokich temperatur,
- solidne wykonanie,
- niska cena,
- nie wymagają zewnętrznego prądu pomiarowego,
- mniejsza dokładność,
- wymagają kompensacji zimnego złącza,
- przewody do przedłużenia muszą być wykonane z odpowiednich metali,
- niejednorodność temperatury przewodów pomiarowych może powodować nieoczekiwane błędy.

Czujniki RTD :

- bardziej dokładne i stabilne w porównaniu do termopar,
- nie wymagają kompensacji zimnych końców,
- do wydłużenia przewodów pomiarowych można użyć zwykłych przewodów miedzianych,
- droższe niż termopary,
- musi być znany prąd pomiarowy,
- wykonanie bardziej delikatne.

Krótko ujmując, termopary są bardziej odpowiednie dla aplikacji wysokotemperaturowych, natomiast czujniki RTD stosowane są w aplikacjach, gdzie wymagana jest wyższa dokładność (przy niższej temperaturze).

NORMA RTD

Właściwości i charakterystyki rezystorów platynowych zostały szczegółowo przedstawione w normie PN-EN 60751, która przedstawia zależność pomiędzy temperaturą, a wynikającą z niej rezystancją. Norma dotyczy rezystorów platynowych, których współczynnik temperatury α określamy jako:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 * 100^{\circ}\text{C}}$$

gdzie:

α = współczynnik temperatury

R_{100} = rezystancja przy 100°C

R_0 = rezystancja w 0°C

Czujnik Pt100 ma rezystancję 100 Ω przy temperaturze 0°C i 138,51 przy 100°C.

$$\alpha = \frac{138,51 \Omega - 100 \Omega}{100 \Omega * 100^{\circ}\text{C}}$$

Otrzymujemy wynik 0,003851/°C (3,851 10⁻³°C⁻¹). Takie czujniki są wykonane zgodnie ze współczynnikiem α „385”. Jest to standardowe wykonanie czujników, zwane czujnikiem Pt100 „385”. Współczynnik ten jest zależny od czystości platyny jaka została użyta do wy-

Typy standardowych czujników rezystancyjnych obsługiwanych przez kalibrator Beamex MC6

tworzenia drutu – im wyższy współczynnik, tym czystsza platyna.



Jak widać, dla czujnika PT100 mamy charakterystyki następującymi współczynnikami α :

- Pt100 (375)
- Pt100 (385)
- Pt100 (389)
- Pt100 (391)
- Pt100 (3926)
- Pt100 (3923)

Podłączając czujnik do kalibratora lub innego urządzenia współpracującego należy zawsze wybrać odpowiedni współczynnik. Który? Można powiedzieć, że w 99% procentach należy wybrać charakterystykę Pt100 (385). Czujniki wyprodukowane w Polsce lub Unii Europejskiej spełniają bowiem normę PN-EN 60751 i produkowane są standardowo ze współczynnikiem α 385. Należy jednak być czujnym, kiedy wymieniamy lub badamy czujnik z maszyny wyprodukowanej poza Unią Europejską np. w USA, Japonii, Australii czy Azji. Przykładowo, jeśli w urządzeniu jest czujnik z α 391, a w kalibratorze mamy wybraną charakterystykę Pt100 α 385, to w tem-

peraturze 100°C błąd wyniesie ~1,5°C i jest to dość znaczący błąd. Dlatego bardzo ważne jest zwracanie uwagi w jakim standardzie posiadamy czujniki w urządzeniach.

Norma PN-EN 60751 zawiera także informację odnośnie klasy tolerancji – jest to tolerancja pomiaru temperatury w zależności od konstrukcji mechanicznej i precyzji wykonania rezystora.

CZUJNIKI WZORCOWE

Klasy tolerancji czujników rezystancyjnych są używane dla czujników przemysłowych. Nie mają one jednak zastosowania w przypadku czujników referencyjnych (wzorcowych). Czujniki takie wykonuje się z wysoką starannością, przy użyciu lepszych jakościowo materiałów. Przede wszystkim muszą się one charakteryzować dużą stabilnością charakterystyki i małą histerezą. Takie czujniki nie powinny być używane bez uwzględnienia ich własnej charakterystyki.

Wzorcowe czujniki RTD nie mogą być „adjustowane” lub „regulowane” tak, aby mierzyły z małym błędem temperaturę. Tak więc korekcja musi być wprowadzona do urządzenia, do którego jest podłączony czujnik. Oczywiście można zmierzyć rezystancję czujnika i wyliczyć na „piechotę” lub w arkuszu kalkulacyjnym właściwą temperaturę, co jest niewygodne.

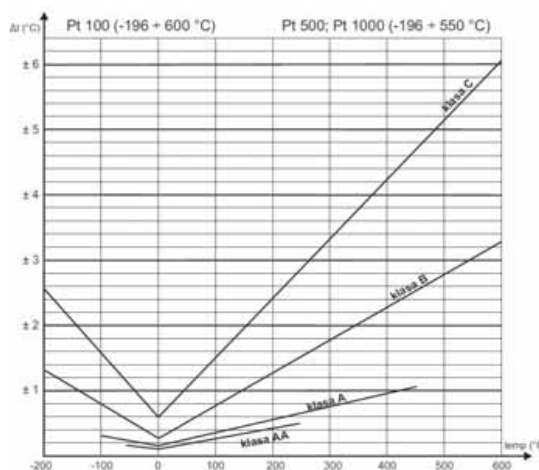
Aby wyznaczyć współczynniki, czujnik musi być wywzorcowany najlepiej w akredytowanym laboratorium (tzn. należy wyznaczyć rezystancję w stosunku do temperatury w kilku punktach). Na podstawie wyników wzorcowania można wyznaczyć współczynniki, które będą opisywały w sposób matematyczny zależność temperatury od rezystancji. Użycie wyliczonych współczynników spowoduje dokładniejszy pomiar temperatury. Istnieje kilka sposobów opisywania charakterystyki czujników. My opiszemy dwa najbardziej popularne.

Klasy tolerancji wg PN-EN 60751

KLASY TOLERANCJI TERMOMETRÓW			
Klasa tolerancji	Zakres temperatury obowiązywania °C		Wartości tolerancja °C
	Rezystory nawijane z drutu	Rezystory warstwowe	
AA	-50 to +250	0 to +150	$\pm(0.1 + 0.0017 t)$
A	-100 to +450	-30 to +300	$\pm(0.15 + 0.002 t)$
B	-196 to +600	-50 to +500	$\pm(0.3 + 0.005 t)$
C	-196 to +600	-50 to +600	$\pm(0.6 + 0.01 t)$

$a | t |$ = moduł temperatury w °C bez względu na znak.

Klasy tolerancji



CALLNDAR-VAN DUSEN

Równanie zostało sformułowane przez brytyjskiego fizyka Hugh'a Longbourne'a Callendar'a i udoskonalone do pomiarów w temperaturach poniżej zera przez M.S. van Duse'na, chemika z amerykańskiego Narodowego Biura Norm (obecnie znanego jako Narodowy Instytut Standardów i Technologii) w pracach opublikowanych w 1925 r.

Norma PN-EN 60751 podaje analityczną i stabilizowaną wartość zależności zmiany rezystancji w czujnikach Pt100 wraz ze zmianą temperatury, bazując na równaniach Callendar-van Duse'na. Równania są określone dla dwóch zakresów temperatury: w zakresie od -200°C do 0°C:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3]$$



w zakresie od 0°C do 850°C:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

gdzie:

R_t – rezystancja czujnika w temperaturze t

R_0 – rezystancja czujnika w temperaturze 0°C

Stałe w tych równaniach to:

$$R_0 = 100,000 \, \Omega$$

$$A = 3,9083 \times 10^{-3} \, ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7} \, ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12} \, ^\circ\text{C}^{-4}$$

Można się także spotkać z nazwami współczynników jak R_0 , α , δ i β .

ITS-90

ITS-90 jest skalą temperatury, a nie normą. Równanie Callendar-van Dusen legło u podstaw do wcześniejszych skal temperatury z 1927, 1948 i 1969 roku. Lecz ITS-90 przyniosło znacząco inny aparat matematyczny. Począwszy od 1990 roku formuła interpolacji została udoskonalona dzięki publikacji Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r. ITS-90 został opublikowany przez Comité Consultatif de Thermométrie i Comité International des Poids et Mesures. Praca ta dostarcza wielomianu 12-go rzędu, który jest ważny w jeszcze szerszym zakresie temperatur, rozciągającym się od -259,3567°C do 0°C i drugiego wielomianu dziewiętego rzędu, który obowiązuje w zakresie temperatur od 0°C do 961,78°C.

Jeśli świadectwo wzorcowania posiada współczynniki jak RTPW lub R(0,01), a4, b4, a7, b7, c7 to są to współczynniki ITS-90

- RTPW, R(0,01) lub R(273,16) to rezystancja czujnika w punkcie potrójnym wody 0,01°C
- a4 i b4 są współczynnikami poniżej zera °C (czasem mogą być w postaci abz, bbz „below zero” lub po prostu a i b)
- a7, b7, c7 są współczynnikami powyżej zera °C (czasem mogą być w postaci aaz, baz i caz „above zero” lub po prostu a, b i c)

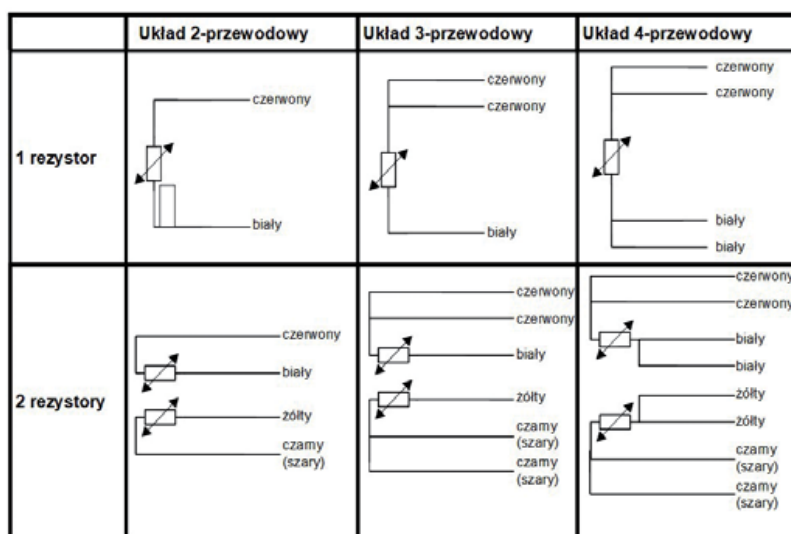
WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW TEMPERATUROWYCH CZUJNIKA

Kiedy czujnik jest wysyłany do laboratorium i poddany wzorcowaniu, punkty wzorcowania muszą być wybrane w sposób właściwy. 0°C lub 0,01°C jest zawsze wymagany. Minimalna liczba punktów wzorcowania musi być taka, jak liczba współczynników, które mają być wyznaczone. Np. w ITS-90 dla wyznaczenia współczynników a4 i b4 wymagane są co najmniej dwa punkty wzorcowania w ujemnej temperaturze.

POMIAR REZYSTANCJI CZUJNIKA

Rezystancyjne czujniki temperatury Pt100 posiadają 3 różne rodzaje obwodów pomiarowych

– są to czujniki w wykonaniu 2, 3 lub 4 przewodowym. Czujniki w wykonaniu 2 przewodowym obciążone są błędem pomiaru spowodowanym rezystancją przewodów pomiarowych oraz wpływem temperatury otoczenia na ich rezystancję. Czujniki w wykonaniu 3 przewodowym nieznacznie eliminują błąd pomiaru spowodowany rezystancją kabli i wpływem temperatury otoczenia. Trzeba jednak zwrócić szczególną uwagę na to, aby wszystkie trzy przewody użyte do podłączenia czujnika miały dokładnie takie same właściwości (średnica, długość i materiał wykonania). Czujniki w wykonaniu 4 przewodowym całkowicie eliminują błąd spowodowany rezystancją przewodów oraz wpływem temperatury otoczenia. Niektóre urządzenia, jak chociażby



Schemat podłączenia czujników RTD

kalibratory Beamex serii MC6 posiadają możliwość podłączenia czujników o każdym rodzaju obwodów pomiarowych.

PODSUMOWANIE

To co warto zapamiętać po lekturze niniejszego artykułu to fakt, iż czujniki rezystancyjne są dokładniejsze niż termopary, ale mogą być używane w węższym zakresie temperatury. Niemniej ważne jest również to, że aby dokładnie zmierzyć temperaturę, należy użyć czujnika z wyznaczoną charakterystyką (CvD lub ITS-90). Pomocne w tym względzie okazują się kalibratory serii Beamex MC6, które umożliwiają wprowadzanie indywidualnych charakterystyk czujników (CvD lub ITS-90), dzięki czemu od razu mamy wyświetloną właściwą wartość temperatury. Należy przy tym pamiętać, żeby, używając kalibratorów czy multimetrów, wybrać właściwy czujnik i wybrać/sprawdzić właściwy współczynnik α (domyślnie dla czujników przemysłowych pochodzących z Polski lub Europy to $\alpha = 385$).

Na zakończenie warto dodać, że kalibratory serii MC6 posiadają dwa kanały pomiarowe czujników rezystancyjnych (również termopar), co daje nam możliwość podłączenia czujnika wzorcowego do jednego kanału i czujnika badanego do drugiego.

Michał Dudek

W Introlu od 2007 roku, obecnie na stanowisku menadżera produktu w dziale kalibratorów.

tel. 32 789 01 21



Miernik ultradźwięków i wibracji **SDT340**



Ultrasound
Solutions

NOWOŚĆ!



→ wykrywaj

→ mierz

→ analizuj ultradźwięki i wibracje

- wykrywa usterki mechaniczne
- znajduje wycieki powietrza, gazów, pary wodnej
- kontroluje smarowanie
- wykrywa wyładowania w instalacjach elektrycznych
- diagnozuje instalacje elektryczne i szczelność zaworów
- określa szczelność zbiorników

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary