www.podkontrola.pl

PodKontrolą

automatyka i pomiary

ISSN 1897-1008

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

01/2023 (59)

w numerze:

temat wydania

Jak zredukować ślad węglowy i oszczędzać energię cieplną?

akademia automatyki

Wilgotność powietrza – teoria i praktyka

dobra praktyka

Przechowywanie i konserwacja czujników pH

spis treści

nowości		4
temat wydania	**Jak zredukować ślad węglowy i oszczędzać energię cieplną?**	6
dobra praktyka	**Przechowywanie i konserwacja czujników pH**	11
akademia automatyki	**Wilgotność powietrza – teoria i praktyka**	16

wydawca

introl
automatyka i pomiary

Introl Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 112, 40-519 Katowice
www.introl.pl

redakcja

Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Magdalena Pajor
Rafał Skrzypiciel
Adam Reimann

dodatkowe informacje i subskrypcja

www.podkontrola.pl

Drodzy Czytelnicy!

Na łamach „Pod kontrolą” nieraz już poruszaliśmy tematykę koniecznej dekarbonizacji przemysłu. Nie straciła ona ani trochę na aktualności dlatego tym razem **„Temat wydania”** znów traktuje o zagadnieniu redukcji śladu węglowego w zakładach przemysłowych. Autor wskazuje obszary, w których najszybciej i najłatwiej dokonać modyfikacji redukujących emisję CO_2. Artykuł w precyzyjny sposób prezentuje także miejsca, w których, obok redukcji emisji, można szukać oszczędności związanych z minimalizacją kosztów wytwarzania energii cieplnej w zakładach. Lekturę polecamy wszystkim, którzy szukają rozwiązań zmierzających do dekarbonizacji, idących w parze z redukcją kosztów.

„Dobra praktyka”, podobnie do „Tematu wydania” wskazuje na możliwości oszczędności, z których często nie korzystamy. Elektrody pH, bo o nich mowa, należą do jednych z najczęściej wymienianych czujników. Wynika to z ich naturalnego zużycia, będącego efektem ich delikatnej konstrukcji (wysokiej precyzji) i bezpośredniego kontaktu z różnymi, często agresywnymi lub silnie brudzącymi mediami. Mimo tego, że producenci dwoją się i troją, aby tworzyć coraz to bardziej trwałe konstrukcje, elektrody pH zużywają się stosunkowo szybko. Ich żywotność zależy jednak także od nas. Prawidłowe przechowywanie, konserwacja i czyszczenie czujników pozwala bowiem wydłużyć żywotność elektrod pH. Właśnie o dobrych praktykach związany z użytkowaniem czujników pH dowiecie się Państwo z artykułu.

Kto z nas nie spotkał się z pojęciami wilgotności powietrza? To pojęcie powszechne stosowane zarówno w sferze zawodowej, jak i w życiu prywatnym. Nie każdy jednak zdaje sobie sprawę, że potoczne sformułowanie wilgotności powietrza kryje za sobą kilka innych, bardziej szczegółowych definicji i zjawisk. Ich znajomość pozwala lepiej zrozumieć istotę pomiarów wilgotności powietrza w warunkach przemysłowych. Wilgotność względna, temperatura punktu rosy, krzywa nasycenia, temperatura mokrego elementu. Te i inne pojęcia wyjaśnia autor **„Akademii automatyki”**.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
prezes zarządu

Nowe przetworniki od E+E

W 2023 roku firma E+E Elektronik wprowadziłą na rynek wiele nowych przetworników. Pierwszym z nich jest przetwornik wilgotności z sondą pracującą w temperaturze do 120°C – model **HTP501**. Oprócz możliwości pracy powyżej 80°C przetwornik wyróżnia się ciekawą konstrukcją – kompletny przetwornik to sonda pomiarowa oraz przewód, a cała niezbędna elektronika mieści się wewnątrz sondy. Dane z przetwornika odczytywane są w sposób cyfrowy poprzez komunikację RS485 MODBUS. W przetworniku tym po raz pierwszy zastosowano także dodatkowe zabezpieczenie wyprowadzeń sensorów, w postaci specjalnej masy. To rozwiązanie praktycznie eliminuje korozję w tym miejscu. Przetwornik dedykowany jest do wszelkiego rodzaju suszarni.

Dla mniej wymagających aplikacji producent wprowadził przetwornik wilgotności **HTP201**, który stanowi nową odsłonę w segmencie sensorów o zmniejszonych gabarytach (bez puszki przetwornika). Przetwornik występuje w wersji z przewodem lub złączem M12 oraz posiada szereg wyjść napięciowych i 4...20 mA. Wraz z modelem EE072 (który posiada komunikację cyfrową) stanowią bazę podstawowych rozwiązań nadających się do zastosowania wszędzie tam, gdzie ilość miejsca jest ograniczona (wnętrza maszyn i urządzeń). Przetwornik może pracować do 80°C.

Trzecią nowość stanowi przetwornik **EE212**, który w dłuższej perspektywie może zastąpić najbardziej popularny model EE210. Zarówno EE210 jak i EE212 to przetworniki nadające się zarówno do HVAC, jak i przemysłu lekkiego, gwarantując bardzo dobrą jakość w długim okresie użytkowania. W przypadku agresywnego środowiska nawet najwyższej klasy sensor pomiarowy może ulec dryftom czy uszkodzeniu. Dlatego w modelu EE212 zastosowano modułową końcówkę, która znacząco upraszcza prace serwisowe. Dzięki nowej końcówce serwis urządzenia zajmuje dosłownie 2 minuty. Warto także zaznaczyć, że wymiana końcówki pomiarowej może zastąpić tradycyjne okresowe wzorcowanie przetwornika. Zamiast martwić się demontażem urządzenia, wysyłaniem do laboratorium i powtórnym montażem, wystarczy wymienić moduł pomiarowy, który posiada świadectwo sprawdzenia. **Modułowy przetwornik EE212 jest obecnie najbardziej dokładnym rozwiązaniem tego typu spośród innych podobnych na rynku.**

Kolejnym rozwiązaniem proponowanym przez firmę E+E Elektronik jest przetwornik, który zamienia sygnał RS485 MODBUS na sygnał analogowy 4...20 mA, dodatkowo prezentując wyniki na wyświetlaczu LCD. Chociaż został on stworzony jako element pomocniczy dla sond cyfrowych oferowanych przez E+E Elektronik, takich jak chociażby HTP501, EE072, EE872, to można wykorzystać go także z dowolnym innym urządzeniem RS485 MODBUS. Wyświetlacz może pokazywać 3 dowolne wartości podpiętych urządzeń, natomiast wyjście analogowe transmituje kolejne dwie wartości. Przetwornik jest w pełni konfigurowalny dostarczonym oprogramowaniem.

Listę nowości E+E zamyka przetwornik dedykowany do zastosowań meteorologicznych. Przetwornik **EE260** posiada sensor wilgotności podgrzewany w sposób ciągły, przez co eliminowany jest efekt skraplania wody na sensorze (rozwiązanie znane chociażby z serii EE33). W konstrukcji tego przetwornika w ciekawy sposób wkomponowano czujnik temperatury, który jest elementem kompensującym wspomniane podgrzewanie. W kompaktowej obudowie zawarty jest bardzo nowoczesny układ pomiarowy, przystosowany do montażu w osłonie radiacyjnej. Mimo tego, że przetwornik EE260 jest dedykowany do meteorologii, to można go zastosować wszędzie tam, gdzie ważny jest pomiar wilgotności w aplikacji o częstych zawilgoceniach 100%. Czy to meteorologia, czy systemy ostrzegania pogodowego, czy detekcja oblodzeń, czy w końcu pomiary nie związane bezpośrednio z pogodą – przetwornik EE260 zapewnia wiarygodny pomiar niezależnie od niesprzyjających warunków.

Nowa generacja refraktometrów VAISALA

Nasz partner handlowy, firma Vaisala, zaprezentował z początkiem roku najnowszą generację refraktometrów procesowych do ciągłego monitorowania stężeń cieczy. Nowa seria **VAISALA Polaris** to refraktometry 5-tej generacji skonstruowane w oparciu o dziesięciolecia doświadczeń inżynierów i niezawodność z jakiej znana jest marka VAISALA. Wszystkie modele zapewniają stabilny, ciągły i dokładny pomiar bez konieczności okresowej kalibracji, w dowolnych jednostkach (g/cm3, % wag.°Brixa, °Ballinga i inne). Pomiar jest całkowicie niewrażliwy na wszelkie stałe i gazowe zanieczyszczenia medium, zmętnienie, zmianę barwy. Nowe refraktometry dostępne są w wersji „stand-alone" lub w pakiecie z wyświetlaczem Indigo520. Nowością w nowej serii jest komunikacja HART i Modbus RTU. Rodzina Polaris to refraktometry dostępne w wielu wersjach dedykowanych różnym zastosowaniom. Zapewniają skuteczny pomiar stężenia roztworów bezpośrednio w procesie (online) między innymi w branżach: spożywczej, chemicznej, papierniczej, farmaceutycznej i wielu innych. Nie bez znaczenia dla użytkownika jest również dostępność refraktometrów, których wysyłka z magazynu producenta jest bardzo szybka.

Jak zredukować ślad węglowy i oszczędzać energię cieplną?

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

Zadanie jakie stoi przed przemysłem to zmniejszenie generowanej emisji gazów cieplarnianych. Oczywiście nie jest to możliwe do osiągnięcia z dnia na dzień. Energia odnawialna nie jest jeszcze opłacalnym rozwiązaniem zarówno z punktu widzenia kosztów, jak i dostępności. Nie ma wciąż wystarczającej jej ilości, a ponadto przejście całej branży przemysłowej na odnawialne źródła energii przeciążyłoby obecną infrastrukturę sieciową i jeszcze bardziej podniosłoby koszty. Deficyt i niska efektywność „zielonej energii" sprawiają, że niezwykle ważnym czynnikiem są procesy związane z obecnym użytkowaniem ciepła w każdej fabryce. Spora część zakładów przemysłowych została bowiem zbudowana kilkanaście lub kilkadziesiąt lat temu, a to stwarza ogromne możliwości zminimalizowania ciepła odpadowego i optymalizacji wydajności w ramach obecnych ich procesów. Chodzi o to, by zminimalizować straty energii w zakładzie, zoptymalizować jego efektywność energetyczną, a następnie zbudować strategię całkowitej dekarbonizacji. W tym kontekście przemysł wykorzystujący wysokie temperatury w procesie ma chyba największe pole do popisu. Przyjrzyjmy się zatem co możemy zrobić w ramach oszczędności energii. Skupmy się na najprostszych i najłatwiejszych rzeczach do wdrożenia od zaraz.

W OCZEKIWANIU NA OPŁACALNĄ I CZYSTA ENERGIĘ

Wraz z rozwojem technologii obserwujemy niewiarygodny postęp i modernizację w przemyśle. Innowacje sprawiają, że maszyny zastąpiły człowieka na różnych etapach produkcyjnych, a wiele zautomatyzowanych procesów nie wymaga stałej uwagi personelu. Niestety, praktycznie wszystkie branże i gałęzie przemysłu nie mogą spocząć na laurach i zobowiązane są do podejmowania kolejnych wyzwań. Takim wyzwaniem jest osiągnięcie zerowej emisji netto, czyli zrównoważony rozwój środowiskowy. Obecnie tysiące zakładów na całym świecie codziennie emituje olbrzymie ilości gazów cieplarnianych, a wiele z nich poczyniło niewielkie postępy w osiąganiu swoich celów w zakresie ich redukcji. Przyczyną tego stanu rzeczy jest wciąż oczekiwanie na nowe, czyste i opłacalne ekonomicznie odnawialne źródła energii, które do tej pory nie zostało zastosowane.

Można w tej sytuacji czekać z założonym rękami albo już teraz optymalizować to co mamy i z czego korzystamy. Racjonalnym rozwiązaniem jest oczywiście szukanie oszczędności w zużyciu energii i redukcji emisji już teraz, a pole do tego typu optymalizacji występuje niemal w każdym polskim zakładzie.

UZUPEŁNIANIE IZOLACJI NA ARMATURZE I GORĄCYCH POWIERZCHNIACH

Każdy zakład przemysłowy to setki metrów rur, które muszą być w odpowiedni sposób zaizolowane, by nie tracić zbędnej energii na skutek wymiany ciepła. Inaczej mówiąc, by energia, która ma trafić do miejsca docelowego, nie była po drodze tracona. Izolacja termiczna to prosty i skuteczny sposób na podniesienie efektywności sieci cieplnych. Ważne, by izolacja była o niskim współczynniku przenikania ciepła oraz miała odpowiednią warstwę ochronną przed uszkodzeniami mechanicznymi lub oddziaływaniem środowiska. O ile zakłady przemysłowe pilnują, by rurociągi były zaizolowane, to często zapomina się o możliwości uzupełniania termoizolacji na zastosowanej armaturze. Stosując termoizolację na zaworach istotne jest, by była ona w łatwy sposób demontowalna, trwała i nie komplikowa-

Rysunek 1
Termoizalacja zaworów odcinających

ła życia służbom utrzymania ruchu. Rysunek nr 1 przedstawia parowy kolektor z zaizolowanymi zaworami odcinającymi. Co warte odnotowania, pokazane termoizolacje są ściśle dopasowane do zaworów nie tworząc mostków powietrza, co zwiększa oszczędność ciepła.

Na rynku spotkać można wielu producentów termoizolacji. Najlepsze z nich zaprojektowane są w technologii CAD i wyprodukowane w technologii CNC (z ang. Computerized Numerical Cotrol). Wszystko po to, aby niestandardowe izolacje armatury były perfekcyjnie dopasowane do izolowanych powierzchni, w celu oszczędzania energii, wychwytywania promieniowania cieplnego, minimalizowania konserwacji izolacji i poprawy otaczającego środowiska pracy. Izolacje powinny przy okazji być elastyczne, łatwe w montażu, demontażu i ponownej instalacji, umożliwiając szybki dostęp i łatwe serwisowanie sprzętu. Typowe zastosowania izolacji termicznych obejmuje zawory grzybkowe, kulowe, regulacyjne, zwrotne i przepustnice, a także kołnierze, pompy, oprzyrządowanie, głowice urządzeń, drzwi kotłów parowych i wszelkie złożone powierzchnie trudne do zaizolowania metodą tradycyjną.

Rozważmy przy okazji inwestycji jak będzie wyglądał ewentualny demontaż i ponowne jej założenie, czy izolacja wiązana jest zwykłymi sznurkami, czy ma rzepy i system pasów mocujących. Czy jest trwała? Wszak chcemy ją użytkować przez kolejne lata. Nasuwa się także jeszcze jedno pytanie. Kiedy rozważać zakładanie izolacji? Inaczej mówiąc, od jakiej temperatury procesowej ma to sens? Oczywistym jest, że im wyższa temperatura tym większe oszczędności ciepła. Izolacja na armaturze parowej i ta montowana na instalacjach oleju grzewczego nie podlegają więc dyskusji. Warto wziąć również pod uwagę armaturę na kondensacie i na procesach związanych z wodą gorącą powyżej 100°C.

Rysunek 2
Izolacja kotła parowego

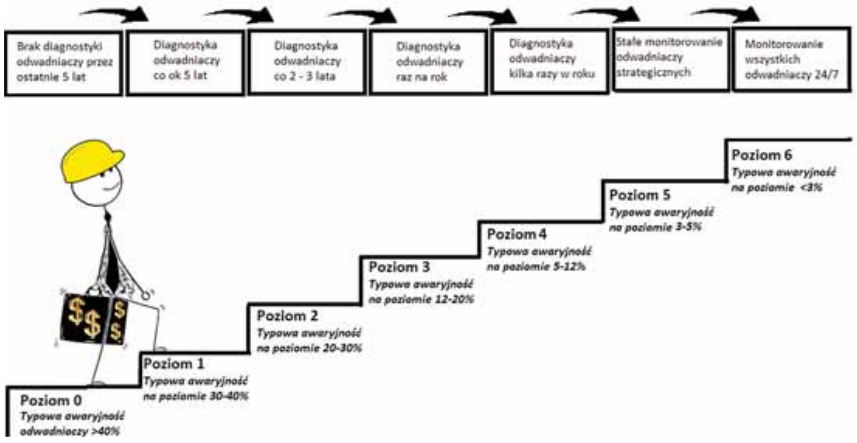
Dzisiejsze ceny energii sprawiają, że koszt zwrotu inwestycji w postaci uzupełniania izolacji na armaturze jest niesłychanie szybki i oscyluje przeważnie w granicach 6-11 miesięcy. Powyższy czas zwrotu inwestycji nie uwzględnia białych certyfikatów (świadectw efektywności energetycznej), które można również dla tego typu inwestycji pozyskać. Finalnie, termoizolacje armatury potrafią się same sfinansować dzięki pozyskaniu Świadectw Efektywności Energetycznej z Urzędu Regulacji Energii. Zatem można wysnuć oczywisty wniosek, że warto zwrócić uwagę na jakość wykonania i aspekt użytkowania termoizolacji.

KONTROLA SZCZELNOŚCI INSTALACJI

Mówiąc o oszczędności energii niezwykle ważna jest regularna kontrola szczelności instalacji. Krótko mówiąc, czy przypadkiem nie tracimy energii na przesyle lub w wyniku uszkodzenia urządzeń zamontowanych w naszych sieciach energetycznych. Szczególnie dotyczy to zakładów wykorzystujących parę jako nośnika energii, gdyż duże straty mogą generować urządzenia odpowiedzialne za odprowadzanie kondensatu z pary, czyli odwadniacze. Rozwiązania mamy dwa: zlecać regularną diagnostykę odwadniaczy lub wdrożyć strategiczny plan zarządzania odwadniaczami. Rysunek nr 3 przedstawia jak częstotliwość diagnostyki odwadniaczy może wpływać na ich awaryjność, a tym samym na straty energii.

Zakłady parowe, w których praktyka regularnej diagnostyki odwadniaczy nie istnieje narażone są na ok. 40% uszkodzonych odwadniaczy. To całkiem sporo prawda? Zakładając, że odwadniacz może przepuścić powiedzmy 500 kg/h kondensatu i popsuje się w pozycji otwartej, straty w skali doby/tygodnia/miesiąca/roku będą ogromne. Ale straty finansowe to jedno. Przepuszczające odwadniacze to również większe ciśnienie kondensatu, więc do rachunku należy dopisać spadek wydajności prawidłowo działających odwadniaczy znajdujących się w jego pobliżu i negatywny skutek środowiskowy. A co gdy

> ***Zakłady parowe, w których praktyka regularnej diagnostyki odwadniaczy nie istnieje narażone są na około 40% uszkodzonych odwadniaczy.***



Rysunek 3
Wpływ częstotliwości diagnostyki odwadniaczy na poziom awaryjności

Rysunek 4
Skutki wadliwie działających odwadniaczy

wadliwy odwadniacz jest zablokowany? Wówczas brak jego pracy powoduje zawodnixenie instalacji parowej, uderzenia wodne, korozję rurociągów, erozję zaworów, problem z uzyskaniem prawidłowej temperatury procesowej. Rysunek nr 4 przedstawia zebrane negatywne czynniki wadliwie pracujących odwadniaczy.

> ***Koszt zwrotu inwestycji w postaci uzupełniania izolacji na armaturze jest niesłychanie szybki i oscyluje przeważnie w granicach 6-11 miesięcy.***

JAK DIAGNOZOWAĆ ODWADNIACZE?

Załóżmy, że decydujemy się na wariant pierwszy, czyli zlecamy diagnostykę odwadniaczy firmie zewnętrznej. Czego powinniśmy się spodziewać po diagnostyce? Przede wszystkim dowiedzmy się jakimi narzędziami dysponuje diagnosta. Do prawidłowej oceny odwadniaczy potrzeba odpowiedniego pomiaru temperatury i analizy ultradźwięków. Większość testerów powinna być kalibrowana raz na rok, by diagnostyka odbyła się w sposób poprawny. Osoba przeprowadzająca pomiar powinna ocenić, czy odwadniacz jest prawidłowo zamontowany, czy nadaje się do konkretnej aplikacji, czy przypadkiem nie powoduje zawodnienia urządzenia wymiany ciepła.

A co po badaniu? Oprócz zdiagnozowania w jakim stanie znajdują się nasze odwadniacze, czyli które działają poprawnie, które są zablokowane, a które przepuszczają parę, oczekujmy rzetelnej inwentaryzacji. Jest ona niezbędna do tego, aby obsługa podczas wymiany wiedziała jaki typ odwadniacza ma wymieniać, jakie ma on przyłącze, gdzie odwadniacz się znajduje i w jakim jest stanie. Dobrze jest wiedzieć jakie straty pary generuje, by zastosować hierarchię prac (począwszy od odwadniaczy generujących najwięcej strat energii). Warto określić również odpowiednią częstotliwość badania w zależności od procesów, bądź kampanii produkcyjnej.

Decydując się na wariant drugi, czyli regularne monitorowanie odwadniaczy we własnym zakresie niezbędne jest odpowiednie wykorzystanie dostępnych narzędzi. Tu zdecydowanie warto zwrócić uwagę na jeden z najbardziej zaawansowanych software'ów na świecie, tj. SAGE firmy Armstrong International. Dzięki niemu sami zinwentaryzujemy odwadniacze grupując je tak jak chcemy. Możemy wyodrębnić je wg wydziałów, linii produkcyjnych, czy ze względu na ich wykorzystanie. To my decydujemy jak będzie wyglądać struktura odwadniaczy w oprogramowaniu. Po określeniu struktury i wpisaniu podstawowych danych możemy przejść do budowania bazy odwadniaczy. Wszystkie dane będą znajdowały się w „chmurze" co daje pewność, że nie ulegną one utraceniu. I tak, dla każdego odwadniacza wybieramy w aplikacji producenta, typ, model, rodzaj i wielkość przyłącza, ciśnienie robocze, możemy zrobić jego zdjęcie, opisać jakie ma zawory odcinające przed, za odwadniaczem i na by-passie, zaznaczyć, czy jest obecny filtr siatkowy, czy zawór zwrotny. Im więcej danych wprowadzimy tym większą liczbą danych będziemy mogli zarządzać.

Rysunek 5
Etapy diagnostyki odwadniaczy

Rysunek 6
Raporty z badania odwadniaczy – elementy

Aplikacja pozwala na sprawdzanie historii badania, tak więc możemy śledzić trendy pracy każdego z nich, mieć pod kontrolą stopień ich awaryjności, czy częstotliwość ich wymian. Dostęp do aplikacji możemy określić dla kilku osób i dedykować odpowiedzialność konkretnym pracownikom.

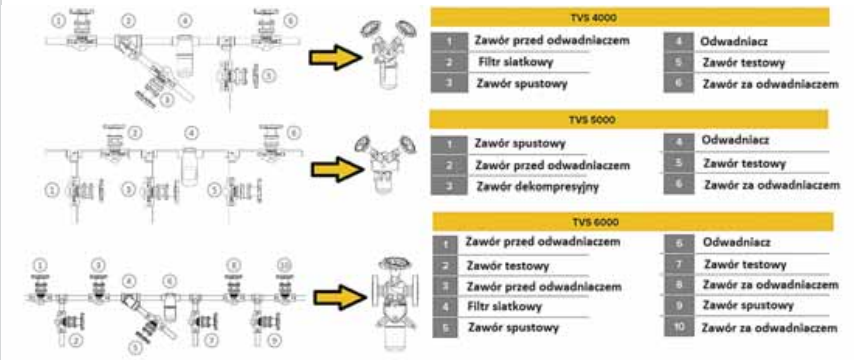
Dopełnieniem aplikacji SAGE jest tester SAGE UMT, który pracuje w oparciu o zebrane przez nas dane w aplikacji. Podczas diagnostyki wykorzystujemy aplikację SAGE w wersji mobilnej i tester parujemy za pomocą bluetooth'a z telefonem lub tabletem. Po wybraniu interesującego nas odwadniacza w aplikacji, tester dokonuje pomiaru temperatury i ultradźwięków. Tester dokładnie wie jakich algorytmów ma się spodziewać dla prawidłowej pracy odwadniacza, a jakich dla odwadniacza przepuszczającego parę. Co najważniejsze, pomiary są powtarzalne i nie ma możliwości samodzielnej interpretacji wyniku. Tester nie wymaga również żadnej kalibracji, gdyż odbywa się ona poprzez aplikację.

Po przeprowadzeniu diagnostyki czas na analizę zebranych danych. Do tego służą raporty, które w każdej chwili możemy wygenerować z SAGE'a. Zawierają one listę wszystkich zinwentaryzowanych odwadniaczy, ich stan pracy, kalkulacje strat energii dla odwadniaczy przepuszczających parę, szczegółowe statystyki z istniejącego stanu, z podziałem na producentów, typy, czy z podziałem na miejsca ich zastosowania. Ponadto możemy wygenerować raport zestawiający wszystkie odwadniacze do wymiany i przekazać go bezpośrednio osobom odpowiedzialnym za serwis.

W KWESTII WYMIANY ODWADNIACZY

Na koniec nie zapominajmy, że spore potencjalne oszczędności drzemią w kosztach

Rysunek 7
Stacja odwadniająca



Rysunek 8
Brak podpisu

Rysunek 9
Trzy kroki do zarządzania odwadniaczami parowymi

wymiany odwadniaczy. Wszak prace serwisowe bywają horrendalnie duże z uwagi na odstawienie produkcji, czas operacyjny niezbędny na wymianę odwadniaczy, czy wystudzenie instalacji. Warto stosować takie odwadniacze, które maksymalnie skrócą czas niezbędny na wymianę. Rozwiązaniem są uniwersalne konektory, do których odwadniacze każdego typu montowane są za pomocą dwóch śrub, tworząc stacje odwadniające.

ZARZĄDZANIE ODWADNIACZAMI = REDUKCJA ZUŻYCIA CIEPŁA

Reasumując, skuteczne zarządzanie odwadniaczami, regularne ich testowanie i szybka wymiana uszkodzonych urządzeń to swoista autostrada w kierunku redukcji zużycia ciepła. O ile stwierdziliśmy, że termoizolacja zwraca się w kilka miesięcy, to biorąc pod uwagę dzisiejsze ceny energii, eliminowanie strat pary na odwadniaczach poprzez ich szybką wymianę zwraca się zazwyczaj w **kilka – kilkanaście tygodni.**

Ponadto, odpowiednie zarządzanie odwadniaczami podniesie efektywność energetyczną wymiany ciepła i poprawi efektywność procesów zachodzących w zakładach wykorzystujących parę. Sprawi, że unikniemy problemów związanych z uderzaniami wodnymi, czy erozją zaworów odpowiedzialnych za regulację przepływu pary.

Przechowywanie i konserwacja czujników pH

Elektrody pH to ważny element układu kontroli procesu w wielu zakładach. Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne zdecydowanie polepszyły ich dokładność, stabilność i trwałość w porównaniu do urządzeń sprzed kilku lat. Niemniej jednak elektrody pH to nadal urządzenia podlegające procesowi starzenia się i należą do aparatury często wymienianej z uwagi na ich naturalne zużycie. Jednak trwałość czujników pH zależy także od nas, czyli użytkowników, a najlepszym sposobem na maksymalizację żywotności procesowych czujników pH jest właściwe przechowywanie i konserwacja. Poniższy artykuł szczegółowo opisuje najlepsze praktyki dotyczące konserwacji czujników pH.

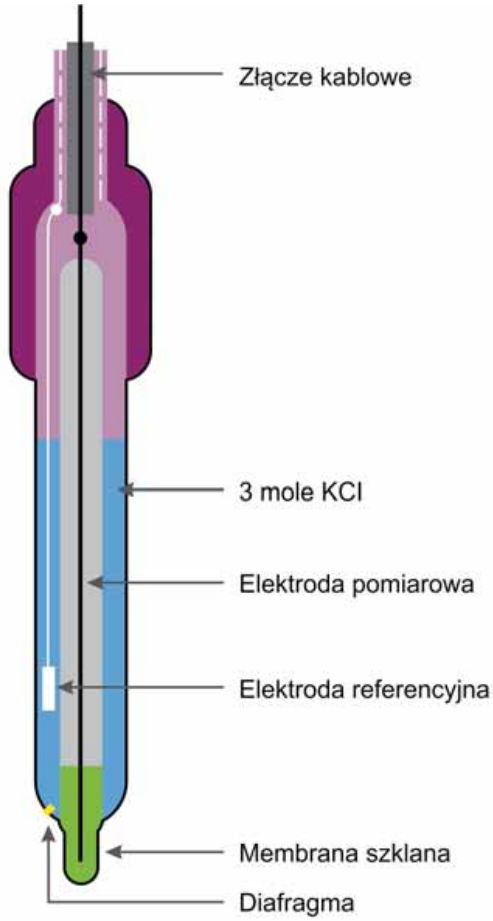
GRZEGORZ GRUSZKA

Absolwent Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Automatyka, Elektronika i Informatyka, o specjalności Aparatura elektroniczna. W Introlu pracuje od 2005 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów fizykochemicznych. Do jego kluczowych zadań należy dobór oraz doradztwo techniczne w zakresie refraktometrycznych pomiarów stężenia, fotometrów oraz wiskozymetrów przemysłowych.

tel. 32 789 00 63

PRZECHOWYWANIE CZUJNIKA PH

Rozważając przechowywanie czujnika/elektrody pH należy poddać ocenie każdy z jej podzespołów: elektrodę pomiarową, elektrodę odniesienia lub, jako całość, elektrodę kombinowaną. Należy również wziąć pod uwagę czas przechowywania, tj. długotrwałe przechowywanie przez tygodnie lub miesiące czy też krótkie odstępy czasu między pomiarami.



Rysunek 1
Schemat budowy czujnika pH

PRZECHOWYWANIE ELEKTROD POMIAROWYCH

Elektrody pomiarowe mogą być przechowywane w stanie suchym przez długi czas. Jednak przed użyciem elektrody należy ją uwodnić przez co najmniej **48 godzin** w wodzie kranowej lub lekko kwaśnym roztworze. Robi się to w celu utworzenia zewnętrznej warstwy żelowej na membranie szklanej wrażliwej na pH. Idealnym rozwiązaniem do tego celu jest roztwór czyszczący firmy Hamilton. Jest to dwuskładnikowy roztwór czyszczący do wszystkich czujników pH z membraną szklaną. Zestaw obejmuje również roztwór KCl do przechowywania czujników pH. Roztwór czyszczący A zawiera wodorotlenek sodu (<3%), roztwór czyszczący B zawiera kwas solny (4%).

Rysunek 2
Dwuskładnikowy roztwór czyszczący do czujników pH

Każdy czujnik pH firmy Hamilton jest dostarczany z ochronną nasadką wypełnioną płynem, zawierającą elektrolit dopasowany do cieczy wewnątrz czujnika.

DWUSKŁADNIKOWY ROZTWÓR CZYSZCZĄCY DO CZUJNIKÓW PH

Jeśli chcemy, aby elektroda była gotowa do natychmiastowego użycia, większość producentów dostarcza swoje elektrody pomiarowe w stanie nawodnionym. Na membranę nakładana jest plastikowa lub gumowa nasadka wypełniona płynnym roztworem. Istotne jest, aby ta nasadka była **zawsze napełniona**. Płynem wypełniającym jest woda z kranu lub lekko kwaśny roztwór. Dzięki temu membrana będzie nawilżona, a tym samym dobrze rozwinięta zewnętrzna warstwa żelu.

Jeśli elektroda pomiarowa musi być przechowywana przez krótkie okresy między pomiarami, powinna być zanurzona w pojemniku wypełnionym wodą wodociągową lub zaopatrzona w wodoszczelną plastikową nasadkę wypełnioną wodą wodociągową. Warto pamiętać, aby nie wyrzucać dołączonych plastikowych nasadek. Należy je zachować do ponownego wykorzystania.

Rysunek 3
Nasadka elektrody pH

PRZECHOWYWANIE ELEKTROD ODNIESIENIA

Elektrody odniesienia należy **zawsze przechowywać w odpowiednim elektrolicie odniesienia**, niezależnie czy są to krótkie czy długie okresy czasu. Diafragma powinna być pokryta podobnym elektrolitem KCl, w którym umieszczono elektrodę odniesienia.

Nie jest wskazane przechowywanie elektrody odniesienia na sucho, ponieważ elektrolit odniesienia będzie powoli przenikał przez diafragmę i krystalizował na zewnątrz elektrody. Kryształy soli same w sobie nie powodują problemów, ale elektroda odniesienia może całkowicie wyschnąć, powodując znaczny wzrost rezystancji diafragmy. Nawet jeśli elektroda odniesienia zostanie ponownie napełniona odpowiednim elektrolitem KCl, wysoka rezystancja membrany może nie zniknąć natychmiast i spowoduje duże błędy pomiarowe lub nawet całkowicie uniemożliwi pomiar.

Jeśli czujnik jest wielokrotnego napełniania, port do napełniania należy zamknąć odpowiednim korkiem. **Należy unikać przechowywania w wodzie wodociągowej lub destylowanej.** Jakakolwiek penetracja tych cieczy przez diafragmę znacznie zwiększy potencjał diafragmy, rozrzedzi stężenie elektrolitu i znacznie zmieni późniejszy pomiar pH.

PRZECHOWYWANIE ELEKTROD KOMBINOWANYCH

Elektroda kombinowana składa się z elektrody pomiarowej i elektrody odniesienia połączonych w jeden czujnik. Dlatego warunki przechowywania muszą być odpowiednie dla obu. Ponieważ każdy elektrolit odniesienia jest roztworem wodnym, stwierdzono, że optymalnym płynem do przechowywania jest elektrolit 3M KCl o podobnym składzie do tego, który jest używany w tej elektrodzie kombinowanej. Jeśli czujnik jest przeznaczony do wielokrotnego napełniania, otwór do napełniania musi być zamknięty na czas przechowywania.

Wszystko, co zostało powiedziane na temat przechowywania elektrody odniesienia, odnosi się również do przechowywania elektrody kombinowanej. Kombinowane czujniki pH wypełnione żelem stanowią wyjątek od reguły. Elektrody te nie mają szczeliny do napełniania i należy za wszelką cenę unikać wysychania ich diafragmy. Dlatego wypełnione żelem elektrody kombinowane muszą być przechowywane w stanie mokrym w roztworze KCl o stężeniu 3 mol/l. To stwierdzenie dotyczy również polimerowych czujników pH.

CZY CZUJNIKI PH MAJĄ DATĘ WAŻNOŚCI LUB OKREŚLONY OKRES PRZYDATNOŚCI DO UŻYCIA?

Nie, data ważności czy „okres przydatności do użycia" (shelf-life) oznacza, że żywotność czujnika dobiegła końca i nie można go używać. W rzeczywistości czujniki nie „umierają" po prostu z powodu przechowywania. Nie oznacza to jednak, że czas nie ma znaczenia. Spadek wydajności jest jednak bardzo powolny, a starzejące się czujniki będą wykazywać następujące cechy:

1. Wydłużony czas reakcji na zmiany pH
2. Zwiększona impedancja szklanej membrany
3. Zmniejszająca się wartość nachylenia
4. Przesunięcie potencjału asymetrii

Wiele z tych zmian można skorygować, wykonując procedurę regeneracji, o której za chwile. Po regeneracji należy wykonać odpowiednią dwupunktową kalibrację na buforach. Należy

przy tym postępować zgodnie z najlepszymi praktykami, w tym używać świeżych buforów, zapewniając odpowiedni czas stabilizacji w każdym buforze oraz przepłukiwać pomiędzy buforami, aby uniknąć zanieczyszczenia krzyżowego.

Powszechnie wiadomo, że przemysłowe czujniki pH tracą wydajność, gdy są używane w aplikacjach o zmiennym pH, temperaturze i ciśnieniu. Na szczęście te zmieniające się warunki nie występują podczas przechowywania. Każdy czujnik pH firmy Hamilton jest dostarczany z ochronną nasadką wypełnioną płynem, zawierającą elektrolit dopasowany do cieczy wewnątrz czujnika. Stała siła jonowa elektrolitu zapewnia bardzo małą aktywność jonów na szklanej membranie. Ten szczegół, w połączeniu z warunkami otoczenia przechowywania, dodatkowo zapobiega utracie wydajności.

Czujniki pH firmy Hamilton mogą być przechowywane przez okres 3 lat, jeśli są odpowiednio konserwowane. Przechowywanie przez okres dłuższy niż 3 lata jest możliwe, o ile wymienione powyżej efekty starzenia mieszczą się w dopuszczalnych przez użytkownika granicach. Zastosowanie takiego „starego" czujnika należy rozważyć pod kątem wymagań procesu. Z pewnością w przypadku procesów o dużej wadzę nowy czujnik pH zawsze zapewni najlepszą odpowiedź pomiarową i dokładność. W przypadku zastosowań niekrytycznych lub procesów zbliżonych do obojętnego (7 pH) z wolno zmieniającymi się wartościami pH, starszy czujnik z odpowiednią kalibracją nadal może działać wystarczająco dobrze.

W przypadku długotrwałego przechowywania firma Hamilton zaleca sprawdzenie czujnika pH w roztworach buforowych pH 4 i pH 7. Warto to zrobić, aby sprawdzić, czy czujnik spełnia podane specyfikacje (np. reakcja na zmianę o 3 pH powinna być krótsza niż 30 sekund). Taka kontrola jest podobna do 2-punktowej kalibracji. Pierwsza kontrola może być wykonywana po 12 lub 18 miesiącach w zależności od typu czujnika. Jeśli nachylenie czujnika wynosi 97% lub więcej, okres trwałości można wydłużyć o kolejne 6 miesięcy. Proces ten można powtarzać do trzech lat od daty produkcji. Zalecana jest również regeneracja czujnika przed użyciem w procesie, jeśli czas przechowywania przekracza 1 rok.

REGENERACJA ELEKTRODY PH

Proces regeneracji elektrody pH polega na wystawieniu szklanej membrany na działanie zasady i roztworu kwasu, w celu aktywacji związków metali alkalicznych osadzonych w szkle. Procedura jest następująca:

1. Przepłukać czujnik czystą wodą, a następnie zanurzyć go w 0,1 do 1,0 M roztworze NaOH (wodorotlenku sodu) (0,4% do 4% wagowo) na 10 minut. Podgrzanie do 50°C przyspiesza regenerację.
2. Wyjąć czujnik i przepłukać go dokładnie wodą z kranu.

Rysunek 4
Przykład czujnika pH z nasadką i bez

3. Zanurzyć czujnik w roztworze HCl (kwasu chlorowodorowego) o stężeniu od 0,2 do 1,0 M (0,73% do 3,65% wagowych) na 10 minut. Podgrzanie do 50°C przyspiesza regenerację. W przypadku podgrzewania HCl zalecane jest użycie wyciągu.
4. Wyjąć czujnik i przepłukać go dokładnie wodą z kranu.
5. Zanurzyć czujnik w roztworze do przechowywania na co najmniej 60 minut. Zalecane jest zanurzenie na noc.

CZYSZCZENIE ELEKTRODY PH

Przemysłowe elektrody pH są często zanurzane w sposób ciągły w roztworach procesowych, które mają tendencję do zanieczyszczania szklanej membrany lub diafragmy, a czasem obu tych elementów jednocześnie. Efektem tego może być:

- przesunięcie punktu zerowego
- zmniejszone nachylenie
- długi czas reakcji.

Idealnie czujnik pH powinien być zawsze czysty, aby zagwarantować idealny pomiar pH. Okresowe czyszczenie elektrod pH powinno więc być częścią każdego harmonogramu regularnej konserwacji instalacji. Ponieważ częstotliwość czyszczenia zależy wyłącznie od celu zastosowania, czas cyklu czyszczenia należy ustalać indywidualnie dla każdego pomiaru pH. Częstotliwość czyszczenia może wahać się od godzin do tygodni. Procedura czyszczenia pH zależy również od rodzaju zanieczyszczenia. Następujące procedury zostały uznane za praktyczne i skuteczne:

- Widoczne osady na szklanej membranie lub diafragmie, w pierwszej kolejności można spłukać łagodnym detergentem.
- Twarde, przypominające kamień osady wapnia można usunąć mocząc elektrodę przez kilka minut w roztworze 0,1M kwasu HCl.
- W celu usunięcia osadów oleju i tłuszczu zaleca się użycie silnego domowego rozpuszczalnika. Jeśli to się nie powiedzie, wskazane jest krótkie płukanie w alkoholu etylowym.
- Aplikacje zawierające białka mają tendencję do zanieczyszczania szklanej membrany oraz diafragmy. Moczenie zespołu elektrody przez kilka godzin w 1% roztworze pepsyny w 0,1 mol/l HCl jest zwykle środkiem zaradczym. Pepsyna

„Czujniki pH firmy Hamilton mogą być przechowywane przez okres 3 lat, jeśli są odpowiednio konserwowane.

jest enzymem, który skutecznie zmiękcza osady białkowe.

- Powłoki nieorganiczne, takie jak węglowodory, można usunąć za pomocą dostępnych w handlu roztworów do czyszczenia szkła.
- Ciecze procesowe zawierające siarczki będą reagować z chlorkiem srebra stosowanym w elemencie referencyjnym i obecnym w większości elektrolitów referencyjnych.
  Reakcja ta doprowadzi do zanieczyszczenia diafragmy osadami siarczku srebra, które odbarwiają porowaty materiał ceramiczny. Aby usunąć wytrącony siarczek srebra, należy zanurzyć czujnik w roztworze tiomocznika/HCl, aż do całkowitego wybielenia membrany.
- Twarde powłoki z kamienia można usunąć za pomocą nadtlenku wodoru lub podchlorynu sodu.
- Powłoki rozpuszczalne w kwasach lub zasadach można usunąć płucząc elektrody w 0,1 M HCl lub 0,1 M NaOH przez 5 do 10 minut.

Bardzo ważne jest, aby po każdym powyższym czyszczeniu czujnik był moczony w elektrolicie 3M KCl przez około 12 godzin lub najlepiej jeden dzień w celu ponownego nawodnienia. Ponieważ roztwór czyszczący może przeniknąć przez membranę podczas czyszczenia, może to mieć wpływ na potencjał dyfuzyjny. Po procesie czyszczenia i moczenia bezwzględnie konieczne jest wykonanie ponownej kalibracji przed ponownym pomiarem pH.

W żadnym wypadku nie należy czyścić czujnika mechanicznie, tj. nożem, śrubokrętem lub innym ostrym narzędziem, gdyż grozi to zniszczeniem elektrody. Należy również unikać pocierania szmatką, ponieważ spowoduje to wprowadzenie elektryczności statycznej do szklanego trzonu elektrody i znacznie wydłuży czas reakcji.

DOBRA PRAKTYKA WYDŁUŻA ŻYWOTNOŚĆ

Podsumowując, elektrody pH marki Hamilton mogą być magazynowane nawet przez trzy lata, pod warunkiem zachowania właściwych warunków i procedur postępowania z nimi. Równie ważne jest właściwe postępowanie z czujnikiem w trakcie jego użytkowania w procesie, na przykład okresowe czyszczenie zapewni dłuższą pracę czujnika. Warto też w tym miejscu wspomnieć, iż ważnym aspektem okresowej konserwacji elektrody pH jest jej kalibracja. Zapewnia to kompensację jej naturalnej zmienności w czasie.

Na podstawie materiałów Hamilton Company

HAMILTON

Elektroda pH POLILYTE PLUS
z przyłączem
MEMOSENS

Mierz przepływ bezinwazyjnie na światowym poziomie

FLEXIM

- światowy lider w pomiarze ultradźwiękowym
- brak ingerencji w rurociąg
- brak spadków ciśnienia
- do cieczy, pary, gazów
- nawet do 600°C
- nawet do DN 6000
- także do bardzo wysokich ciśnień
- wersje z ATEX

Zobacz przepływomierze Flexim:

Wilgotność powietrza – teoria i praktyka

GRZEGORZ CIAŁOŃ

Ukończył studia na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Elektrycznym. W Introlu pracuje od 2006 roku, obecnie jest kierownikiem działu komponentów automatyki. Zajmuje się głównie doborem urządzeń pomiarowych w systemach HVAC oraz do regulacji i rejestracji procesów.

tel: 32 789 00 18

Wilgotność względna to prawdopodobnie druga po temperaturze wielkość fizyczna, z którą mamy do czynienia na co dzień zarówno w domu, jak i w życiu zawodowym. Co to za parametr i jakie są jego główne cechy? Postarajmy się odpowiedzieć na te podstawowe kwestie związane z wilgotnością powietrza.

W teorii wilgotność względna jest definiowana jako stosunek pomiędzy aktualnym ciśnieniem parcjalnym pary wodnej (e'), a ciśnieniem nasycenia pary wodnej (ew') w danej temperaturze. Wyrażana jest najczęściej w procentach, gdzie zero % oznacza powietrze całkowicie suche, a 100% całkowicie nasycone parą wodną.

CZYM JEST CIŚNIENIE PARCJALNE PARY WODNEJ (e')?

Zgodnie z teorią Daltona, całkowite ciśnienie mieszaniny gazów jest sumą ciśnień poszczególnych jego składników. Na 1000 mbar przeciętnego ciśnienia atmosferycznego 770 mbar to ciśnienie wywoływane przez azot, 210 mbar przez tlen, 10 mbar to ciśnienie pary wodnej (**e**) oraz pozostałe 10 mbar to suma pozostałych składników.

Rysunek 1.
Parowanie i kondensacja

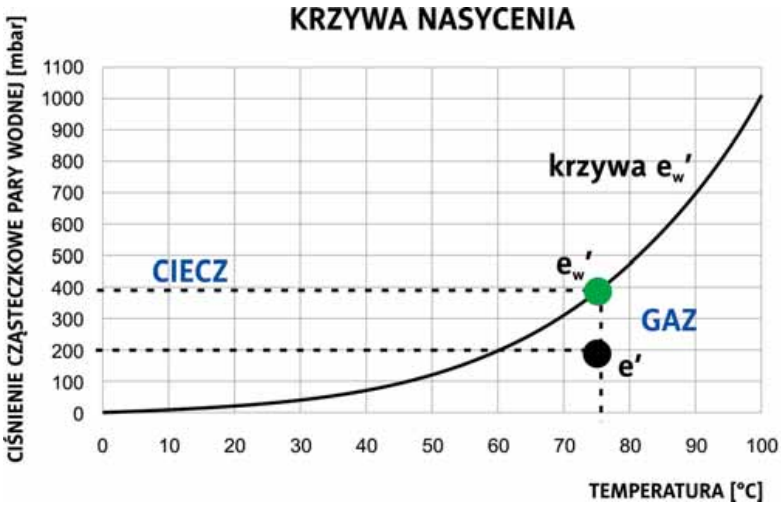
CZYM JEST CIŚNIENIE NASYCENIA PARY WODNEJ (e_w')?

W zamkniętej objętości wody i powietrza istnieje równowaga pomiędzy parowaniem, a kondensacją. Tym samym powietrze jest nasycone i zawiera maksymalną możliwą ilość pary wodnej. Ciśnienie nasycenia pary wodnej (e_w') to wartość maksymalna ciśnienia jaka wystąpi w tym gazie w danej temperaturze.

Ciśnienie pary nasyconej zależy od ciśnienia i temperatury i jest opisane przez krzywą wykładniczą (rysunek 2).

Wilgotność względna nie informuje więc ile wody rozpuszczonej jest w gazie. Informuje jedynie jak daleko mamy do nasycenia. Ta sama ilość wody może mieć różny udział w wilgotności względnej. Zależy to od temperatury i ciśnienia (rysunek 3).

O bezwzględnej ilości wody informują inne parametry związane z wilgotnością, takie jak stosunek zmieszania czy wilgotność bezwzględna.



Wilgotność względna wyrażona w **%**

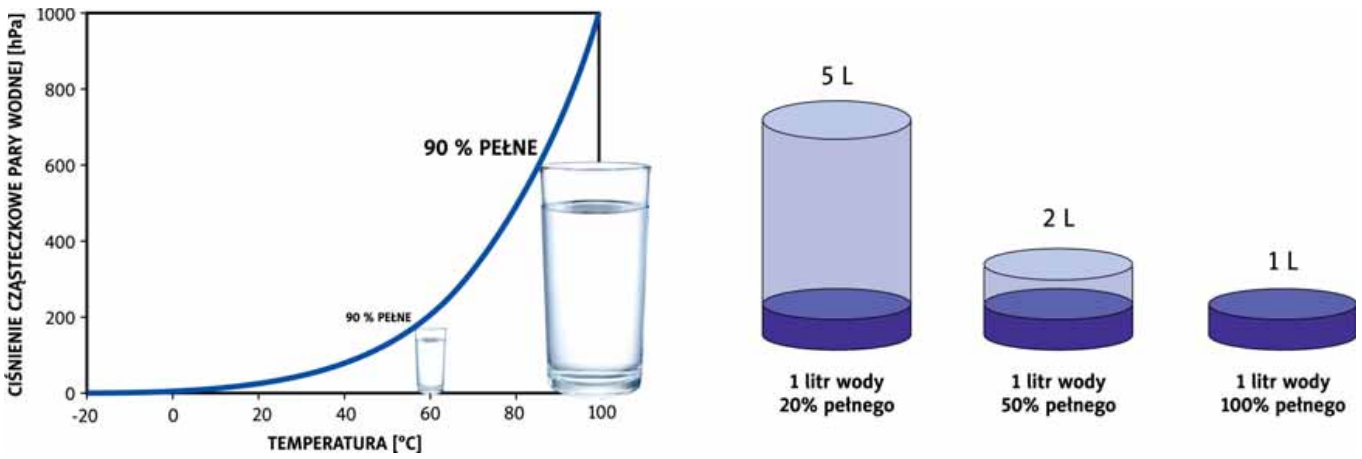
$$RH\% = \frac{e'}{e_w'(t)} * 100$$

Przykład z wykresu dla **75°C**

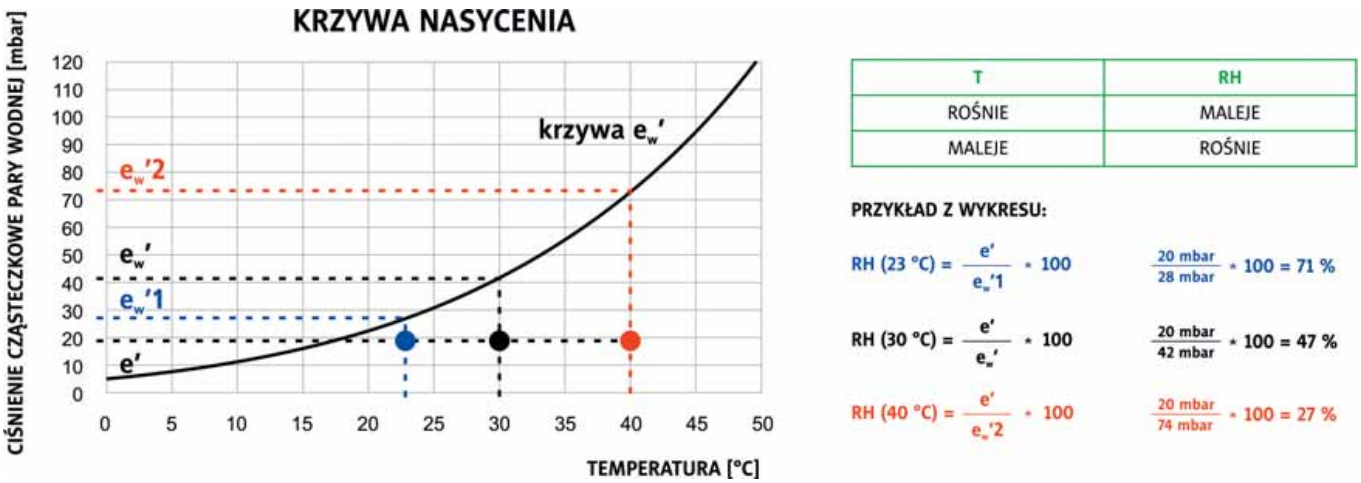
e' = 200 mbar
e_w' = 400 mbar

$$\frac{200\ mbar}{400\ mbar} * 100 = 50\%$$

Rysunek 2.
Wilgotność wzgledna. Wyliczenia wg krzywej nasycenia



Rysunek 3.
Graficzne zobrazowanie wilgotności względnej



Rysunek 4.
Wpływ temperatury na wilgotność względną

Stosunek e'/e_w' zmienia się wraz ze zmianą temperatury. W praktyce gaz o większej temperaturze posiada większą energię cząsteczek, drgania cząsteczek są większe i przemieszczają się dalej od siebie, co utrudnia łączenie. Zmniejszenie temperatury powoduje mniejszy ruch cząstek, poruszają się wolniej bliżej siebie, co z kolei ułatwia ich łączenie.

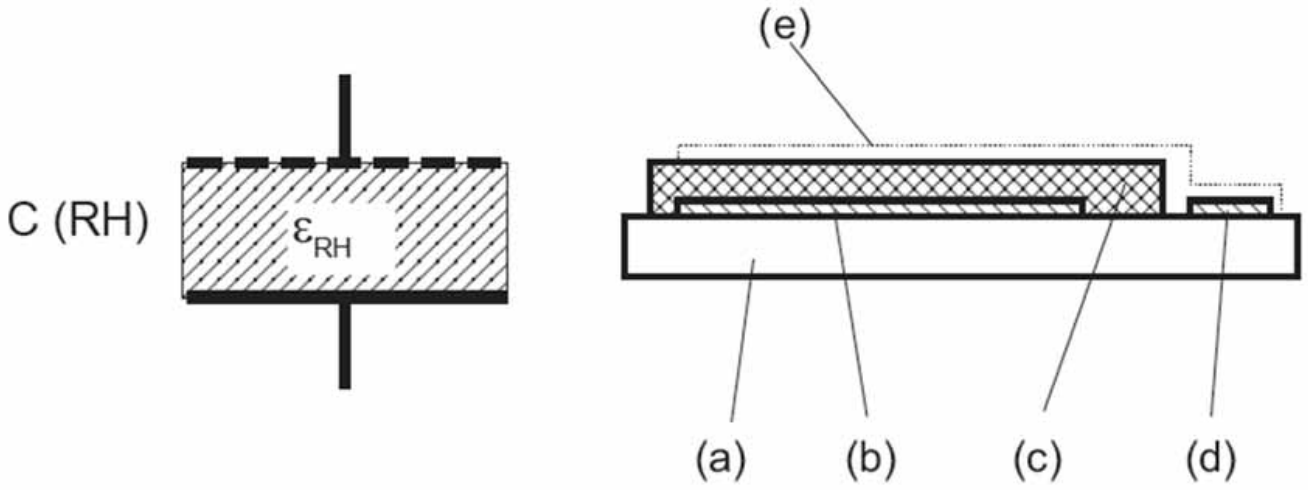
Tak więc wzrost temperatury medium będzie powodował zmniejszenie wskaźnika wilgotności względnej, natomiast spadek temperatury – wzrost wilgotności względnej. Ten wzrost dąży do wartości 100%, a temperatura, przy której osiąga 100% nazywana jest temperaturą punktu rosy. Para wodna przechodzi przez krzywą nasycenia i zmienia stan skupienia z gazu na ciecz.

TEMPERATURY PUNKTU ROSY

Temperatura punktu rosy jest parametrem bardzo często stosowanym zamiennie z wilgotnością względną, gdyż łączy w sobie dwie wielkości – wilgotność i temperaturę. Pojęcie temperatury punktu rosy często wykorzystywane jest w specyfikacji gazów technicznych, definiując w ten sposób jego suchość. Parametr ten jest także często stosowany w układach regulacji wilgotności i temperatury, gdy istnieje potrzeba bardzo precyzyjnego ustawienia tych parametrów.

Wyobraźmy sobie pomieszczenie, w którym od układu klimatyzacji i wentylacji wymaga się utrzymania tych parametrów na stałym poziomie. Naturalne oscylacje temperatury będą automatycznie przekładały się na zmiany wilgotności względnej. Jeżeli więc spadkowi temperatury towarzyszy wzrost wilgotności, to układ regulacji wilgotności rozpozna to jako konieczność osuszania powietrza, co najczęściej sprowadza się do podniesienia jego temperatury. W ten sposób układ regulacji wilgotności spowoduje zaburzenia w regulacji temperatury prowadząc do rozkołysania układu i pogorszenia procesu regulacji. W efekcie większy nakłady na regulację oznacza wzrost kosztów zużycia energii. W sytuacji kontrolowania wilgotności poprzez parametr temperatury punktu rosy, układ regulacji wilgotności nie jest zakłócany zmianami temperatury. Regulacja tym sposobem jest bardziej efektywna.

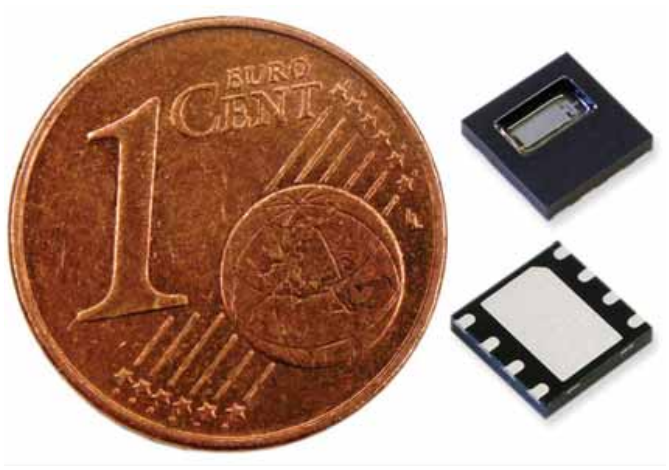
> *Właściwie dobrana wielkość pomiarowa może się okazać kluczowa*



a) płytka szklana
b) główna elektroda
c) polimerowa powłoka czuła na zmiany wilgotności
d) podłączenia elektryczne
e) porowata elektroda przepuszczająca wilgoć

Rysunek 4.
Schemat pojemnościowego czujnika wilgotności

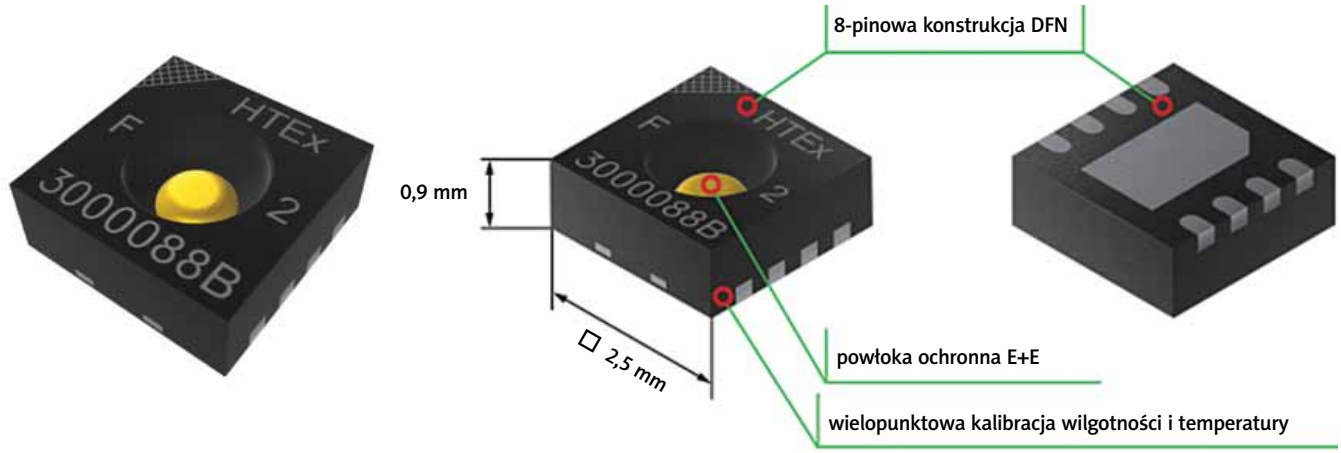
Rysunek 5
Przykład pojemnościowego czujnika wilgotności starszego typu



Rysunek 6
Przykład sensora wilgotności do montażu SMD. Zdecydowanie mniejszy gabarytowo.

TEMPERATURY MOKREGO ELEMENTU

Z wilgotnością związanych jest jeszcze kilka innych parametrów, które mimo, że opisują to samo zjawisko, wygodnie interpretować właśnie w tej innej postaci. Oprócz punktu rosy może to być temperatura mokrego termometru. Jeżeli dokonamy pomiaru temperatury powietrza zwykłym termometrem oraz termometrem owiniętym materiałem nasączonym wodą, to okaże się, że pomiędzy nimi występuje pewna różnica wskazań. Czym powietrze będzie bardziej suche, tym ta różnica będzie większa – termometr mokry wskazuje mniejszą temperaturę. W trakcie parowania wody następuje bowiem odbieranie ciepła z otoczenia – schładzanie. Powyższe zjawisko nie tylko służy do określania wilgotności względnej za pomocą tablic psychometrycznych ale może być wprost wykorzystane w celu zwiększenia efektywności chłodni kominowej. Aby schłodzić cokolwiek poprzez parowanie, temperatura mokrego termometru musi być mniejsza niż temperatura obiektu chłodzonego. Inaczej proces chłodzenia nie nastąpi. Także my, ludzie wykorzystujemy ten proces. Człowiek w spoczynku wytwarza około 100 W ciepła, które musi oddać otoczeniu, jeśli nie chce umrzeć z przegrzania. Pot to naturalny element zwilżający. Parowanie odprowadza ciepło z naszego ciała i efekt ten wspomagany jest dodatkowo przez odpowiednią wentylację. Powiew wiatru zwiększa w ten sposób uczucie chłodu. Jeżeli jednak temperatura mokrego termometru będzie wyższa niż temperatura naszego ciała, to schładzanie nie nastąpi i istnieje realne ryzyko przegrzania organizmu.



Rysunek 7.
Cyfrowy sensor wilgotności serii HTE501.

POMIAR WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ

Na tym etapie pozostawimy pozostałe wielkości fizyczne związane z wilgotnością. Pozostało ich jeszcze co najmniej kilka, wrócimy do nich przy okazji innego artykułu. W dalszej części opowiemy w jaki sposób mierzona jest wilgotność w oferowanych przez nas urządzeniach. Istnieje kilka sposobów pomiaru wilgotności względnej. Firma E+E Elektronik wybrała metodę opartą o zmianę pojemności kondensatora i jest producentem takich właśnie czujników.

Zmiana pojemności tak zbudowanego kondensatora przetwarzana jest przez układ elektroniczny, który oblicza wilgotność. W układzie pomiarowym, obok sensora wilgotności znajduje się sensor temperatury (najczęściej PT1000), który wykorzystywany jest do właściwego przeliczenia wilgotności, a także informuje użytkownika o temperaturze medium. Wspominaliśmy już, że wilgotność względna bez informacji o temperaturze nie jest kompletną informacją.

Powyższe czujniki, które przetwarzają wielkość fizyczną (wilgotność) na elektryczną (pojemność) wymagają układu pomiarowego, który zmierzy tę pojemność oraz układu przetwarzającego, który przeliczy pomiar na informację właściwą. Trzeba przy tym uwzględnić wszelkiego rodzaju kompensacje niekorzystnych czynników, nieliniowość układu, powtarzalność pomiaru, błędy itp. Producenci urządzeń chcąc wykorzystać takie sensory muszą więc sprostać sporym wymaganiom, mieć wiedzę i doświadczenie w tym temacie. Zdecydowanie prościej jest w przypadku sensorów cyfrowych, w których zaszyta elektronika pozwala nowemu, zdecydowanie mniej doświadczonemu użytkownikowi, wykorzystać sensor. Nie musi on myśleć o przetwarzaniu pojemności tylko wykorzystuje układ mikroprocesorowy odpytujący sensor drogą cyfrową za pomocą protokołu **I²C**.

Gotowy do użycia sensor HTE501 posiada dokładność pomiaru wilgotności względnej na poziomie 1,8% (z uwzględnieniem histerezy) i może pracować w temperaturze od -40 do 135°C. Aktywna część sensora pokryta jest opatentowaną przez producenta powłoką, która trwale chroni przed brudem i osadami korozyjnymi. Sensor taki można więc zastosować w szerokim zakresie aplikacji, nawet w wymagających i trudnych warunkach.

Przełomowym niemal faktem jest zabudowanie w sensorze możliwości jego ciągłego podgrzewania, co zabezpiecza sensor przed kondensacją wody i ogranicza korozję. Wprawdzie trzeba wtedy użyć drugiego sensora mierzącego właściwą temperaturę otoczenia i wykonać kilka obliczeń w procesorze, jednak korzyści płynące z takiego rozwiązania są rewolucyjne. O idei i korzyściach z podgrzewanych sensorów pisaliśmy w 4 numerze Pod Kontrolą w roku 2012.

Wartości mierzone dostępne są w formacie 16-bitowych liczb całkowitych, poprzez protokół transmisji danych **I²C**. Bezpośrednio z sensora może być także odczytana temperatura punktu rosy. Dzięki adresacji bitowej można na jednej szynie danych kontrolować 8 sensorów. Aż trudno uwierzyć, że cała ta funkcjonalność mieści się na elemencie wielkości 2,5×2,5 mm i niespełna milimetrze grubości. Dzięki cyfrowym sensorom takim jak HTE501 (czy samej temperatury TEE501) znacznie łatwiej wprowadzić takie pomiary do produkcji własnych wyrobów czy podzespołów.

WILGOTNOŚĆ WILGOTNOŚCI NIERÓWNA

Jak wskazaliśmy w niniejszym artykule, pod potocznym sformułowaniem wilgotności powietrza kryje się wiele różnych parametrów. Ich znajomość pomaga w zrozumieniu zawiłości pomiaru wilgotności, szczególnie w warunkach przemysłowych. Oczywiście w praktyce mało kto ma czas na rozważania akademickie. Na szczęście całą wiedzę na temat pomiaru wilgotności producenci wykorzystują w procesie konstruowania swoich urządzeń. My otrzymujemy gotowe rozwiązanie, które lata badań naukowych i tomy dokumentacji mieści w małym, cyfrowym sensorze. Pozostaje tylko wiedzieć jaki sensor wybrać, aby cieszyć się skutecznym, dokładnym i trwałym pomiarem przez długi czas.

> *6,25 mm² mieści sensor wilgotności wraz z elektroniką*

Refraktometry 5. generacji VAISALA Polaris™

VAISALA

Vaisala Polaris

Light your way beyond tomorrow.

- skuteczny pomiar stężenia roztworów bezpośrednio w procesie
- wiele wersji dla szerokiej gamy zastosowań
- bez konieczności okresowej kalibracji
- HART i Modbus RTU
- dokładność ±0.00014 nD oraz zwiększona powtarzalność pomiaru ±0.00002 nD
- wersja „stand-alone" lub w komplecie z wyświetlaczem Indigo520
- pełna kompatybilność ze starszymi akcesoriami montażowymi
- bardzo szybki czas dostawy od producenta

Poznaj serię VAISALA POLARIS:

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary