

Precyzyjny pomiar wilgotności 95÷100% RH

Pomiar wilgotności powietrza wydaje się jednym z bardziej naturalnych i znanych pomiarów z jakimi mamy do czynienia. Spotykamy się z nim zarówno w stacjach pogodowych w domu jak i w dużo trudniejszych warunkach przemysłowych. Mimo powszechności pomiaru wilgotności, jego skuteczne prowadzenie wymaga odpowiedzi na kilka podstawowych pytań. Czy pomiar wilgotności jest pomiarem łatwym? Jaki jest jego związek z pomiarem temperatury punktu rosy? Jak zachowuje się czujnik w warunkach kondensacji?

WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA A TEMPERATURA PUNKTU ROSY

Wilgotność względna RH wyrażana 0÷100% informuje nas o tym ile wilgotności w mierzonym powietrzu brakuje do wytrącenia wody w postaci kropel. Innymi słowami, stosując pewne uproszczenie można powiedzieć, że powietrze o określonej objętości i temperaturze zawiera określoną ilość wody w postaci rozpuszczonej. Zwiększanie ilości wody powoduje wzrost wilgotności do 100%, a osiągnięcie tej wartości sprawia, że woda w powietrzu przestaje się rozpuszczać i wydziela się w postaci kropel. Ważną jest przy tym informacja, że powietrze o większej temperaturze jest w stanie pomieścić więcej wody w postaci rozpuszczonej. Oznacza to, że do skroplenia wody można doprowadzić co najmniej na dwa sposoby: dostarczając wodę lub obniżając temperaturę. Właśnie obniżona temperatura powietrza, przy której następuje skroplenie się wody, nazywana jest temperaturą **punktu rosy Td**. Istnieje zatem zależność:

$$\text{gdy } T=T_d \text{ wtedy } RH=100\%.$$

Czy zatem w pomieszczeniu o RH=90% może dojść do skroplenia wody?

Rozważmy sytuację gdy temperatura powietrza wynosi $T=23^{\circ}\text{C}$ i RH=90% co daje nam temperaturę punktu rosy 21.3°C . (Najprościej obliczyć to korzystając z dostępnych w sieci kalkulatorów wilgotności np. <http://www.introl.pl/newsletter/calculator/EEHumidityCalculator.swf>).

W samym powietrzu nie nastąpi kondensacja, natomiast wszystkie przedmioty czy też ściany pomieszczenia o temperaturze niższej niż 21.3°C pokryją się kroplami wody skroplonej z powietrza. Znamy to zjawisko chociażby w postaci zaparowanych lusterek w łazience.

Większość przemysłowych urządzeń opiera się na pomiarze wilgotności względnej i temperatury oraz obliczaniu temperatury punktu rosy.

POMIAR A ZANIECZYSZCZENIA

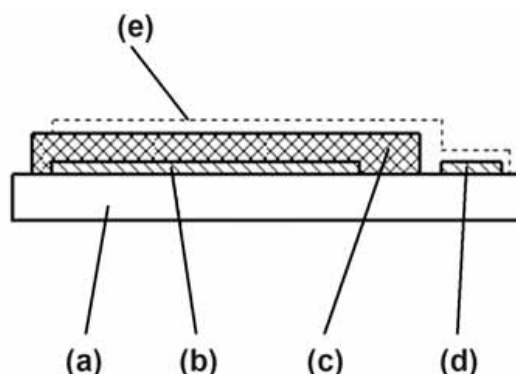
Najczęściej do pomiaru wilgotności wykorzystywane są czujniki pojemnościowe. Sensor wystawiony jest na działanie mierzonego powietrza, a osadzające się na jego powierzchni cząsteczki wody powodują zmianę pojemności, która przeliczana jest na wilgotność względną. Niestety ekspozycja sensora na mierzone medium, naraża go na uszkodzenia mechaniczne oraz zanieczyszczenia chemiczne, które powodują w najlepszym przypadku błąd pomiaru, a w skrajnych przypadkach niszczą sensor. Nie ma niestety możliwości w pełni skutecznego sposobu osłony czujnika (jak np. w czujnikach temperatury), gdyż zawsze musimy zapewnić dostęp mierzonego medium do sensora. Zastosować możemy odpowiednie filtry, które



◀ Czujnik pojemnościowy wilgotności

zmniejszają ryzyko uszkodzeń. Należy jednak mieć świadomość, że gęsty filtr będzie stanowił znaczną przeszkodę nie tylko dla zanieczyszczeń, ale także dla samych cząsteczek wody. Filtr taki sprawi więc, że pomiar nie będzie odzwierciedlał rzeczywistych warunków i wprowadzi dodatkowy błąd.

Najtrudniej jest zabezpieczyć sensor przed oddziaływaniem związków chemicznych. Dobrym tego przykładem jest wykorzystywany w procesach sterylizacji tlenek etylenu, który zabija wszelkie drobnoustroje, niszcząc przy okazji także polimer pełniący rolę izolatora w czujniku pojemnościowym. Inne substancje mogą być bardziej łaskawe, a ich wpływ uzależniony jest zarówno od składu jak i koncentracji. W ochronie czujnika, w pewnym zakresie, pomaga stosowanie specjalnych powłok ochronnych proponowanych przez producentów sensorów. Przykładowo, firma E+E ELEKTRONIK wprowadziła osłonę HC01, która w znacznym stopniu filtruje związki chemiczne, będąc jednocześnie przepuszczalną dla cząsteczek wody. Sensor wyposażony w taką powłokę mierzy dokładniej i pracuje zdecydowanie dłużej.



◀ Schemat czujnika pojemnościowego.
a) płytka szklana
b) elektroda główna
c) polimerowy izolator czuły na zmiany wilgotności
d) elektroda połączeniowa
e) druga elektroda o porowatej konstrukcji umożliwia dodatkowe przenikanie wilgotności do warstwy polimerowej

POMIAR W WARUNKACH KONDENSACJI

Pomiar w warunkach kondensacji, gdy wilgotność względna wynosi 100% wiąże się z dodatkowymi niekorzystnymi czynnikami. Po pierwsze, często pojawiające się krople wody na sensorze będą



Stacja meteo



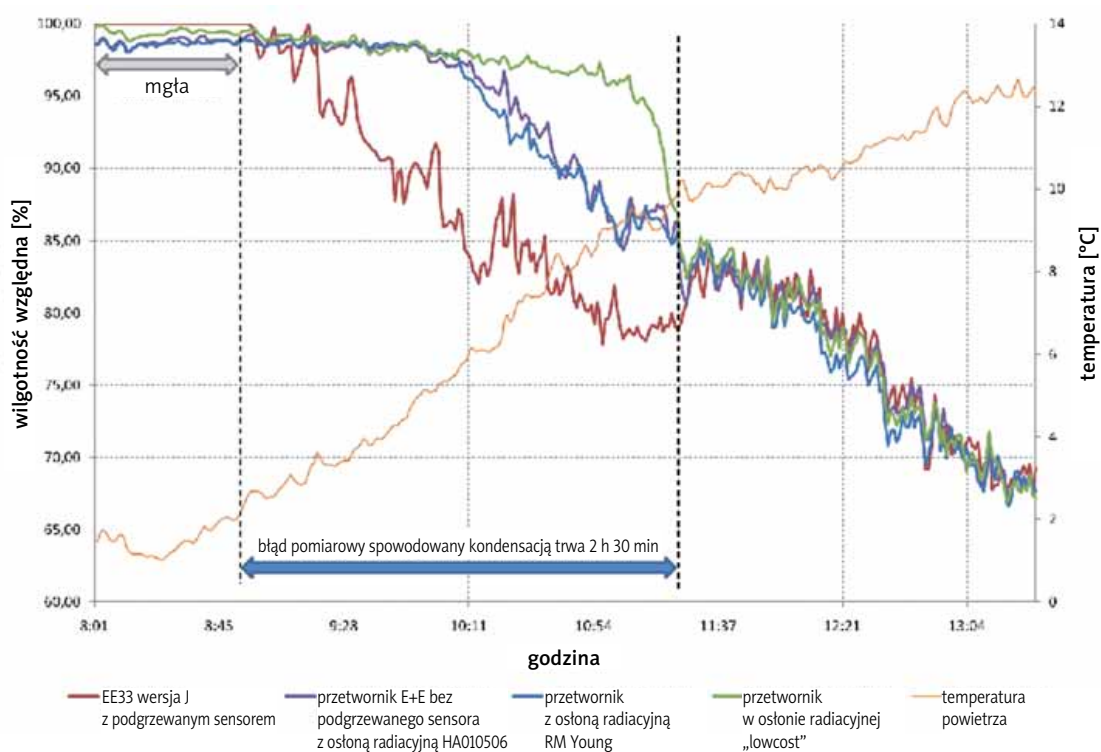
wywoływać korozję sensora i połączeń. Po drugie, krople wody przyciągają i sprzyjają osadzaniu się na sensorze dużej ilości zanieczyszczeń. Po trzecie, woda, która osadzi się na sensorze musi w naturalny sposób odparować i dopóki nie odparuje, miernik będzie wskazywał 100%. Odparowanie trwa tym dłużej im większa jest wilgotność powietrza. Jeśli wysoka wilgotność pojawia się sporadycznie, sytuacja może nie być krytyczna. Sprawa jednak się komplikuje gdy takie warunki panują w sposób ciągły.

Do niedawna nie istniało rozwiązanie tego problemu. Wszystko zmieniło się wraz z wprowadzeniem podgrzewanego sensora.

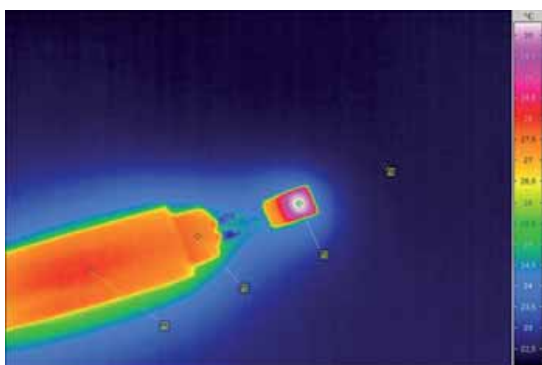
Częsta kondensacja pary wodnej na czujniku pojawia się w meteorologicznych stacjach pogodowych.

Poranna mgła, która osadza się na sensorze powoduje wskazanie wilgotnościomierza 100%. Zawilgocenie sensora może trwać do kilku godzin, podczas gdy już pierwsze promienie słoneczne i podgrzewanie się powietrza sprawiają, iż realna wilgotność jest mniejsza niż 100%. Mamy więc do czynienia ze sporym błędem pomiarowym. Na poniższym wykresie obrazowana jest sytuacja, w której błędny pomiar trwa przez 2,5 godziny. Sytuację może pogarszać zabudowanie przetwornika w miejscu o małej wentylacji.

W innej aplikacji np. przy produkcji serów, tworzony jest ciągły mikroklimat o parametrach 94÷98% wilgotności względnej. Istnieje zatem duże prawdopodobieństwo częstego skraplania się wody na sensorze. W tych i wielu innych podobnych aplikacjach



Porównanie wskazań higrometrów z uwzględnieniem kilku rodzajów obudów radiacyjnych



zastosować można przetwornik wilgotności z podgrzewanym sensorem.

W przetworniku takim dokonywany jest pomiar temperatury punktu rosy oraz temperatury powietrza, a następnie obliczana jest wilgotność względna. W praktyce wygląda to następująco:

Przy $T = 5^{\circ}\text{C}$ i 99% RH

temperatura punktu rosy wynosi $4,8^{\circ}\text{C}$ (Td)

Wykorzystując podgrzewany czujnik, podnoszona jest jego temperatura powyżej temperatury otoczenia – np. do 10°C . Fakt, że temperatura punktu rosy nie zależy od temperatury medium, sprawia, że dla czujnika będzie to nadal $4,8^{\circ}\text{C}$ Td czyli około 70%RH. Aby określić wilgotność względną musimy poznać temperaturę otoczenia. Ponieważ nie możemy skorzystać z pierwszego czujnika, gdyż układ pomiarowy podgrzał go do 10°C , do mierzonego medium wprowadzamy dodatkowy czujnik temperatury (będący częścią urządzenia). Za jego pomocą otrzymujemy informację, że temperatura powietrza wynosi 5°C . Z informacji $T=5^{\circ}\text{C}$ i $T_d=4,8^{\circ}\text{C}$ procesor oblicza $\text{RH}=99\%$. Metoda taka przynosi szereg korzyści:

- obniżenie wilgotności sensora poniżej 80%, wyklucza powstawanie dryftów związanych z wysoką wilgotnością,
- nie ma kondensacji na sensorze, nie ma więc korozji ani gromadzenia się zanieczyszczeń,
- nie występuje „martwy” czas odparowywania wody z sensora, metoda wyklucza skraplanie się wody na sensorze,
- otrzymujemy szybki i dokładny pomiar w warunkach kondensacji,
- temperatura podgrzania sensora dobierana jest tak aby wilgotność mierzona wynosiła 76% czyli dokładnie w punkcie, w którym przetwornik jest kalibrowany, co dodatkowo podnosi dokładność pomiaru.

Czujniki tego typu posiadają jeszcze jedną zaletę. System umożliwia podgrzanie sensora do około 150°C co powoduje odparowanie nie tylko wody ale także związków chemicznych i innych zanieczyszczeń a przez to powoduje oczyszczenie sensora. Proces ten wyzwalany jest automatycznie lub przez operatora.

DAWNE PROBLEMY IM NIE STRASZNE

Pomiar wilgotności nie jest pomiarem łatwym, głównie z powodu zanieczyszczeń, przed którymi nie istnieje 100%-owo skuteczna ochrona. Dobór filtra to zawsze swoistego rodzaju kompromis pomiędzy ochroną sensora a zapewnieniem właściwego czasu odpowiedzi. W warunkach narażenia czujnika na kontakt z jakimikolwiek substancjami chemicznymi

(np. w suszarniach drewna w wyniku procesu wydzielają się opary żywicy) zdecydowanie zalecamy korzystanie z oferowanych przez producentów dodatkowych powłok ochronnych.

Problemy związane z pomiarem w wysokich wilgotnościach już także nie stanowią bariery nie do pokonania. Najnowsze przetworniki (jak np. EE33 wersja J) zapewniają bowiem dokładny pomiar w warunkach kondensacji oraz samooczyszczanie sensora.

Nowoczesne mierniki wilgotności radzą sobie zatem zarówno z zanieczyszczeniami jak i kondensacją, co sprawia, że znajdują one zastosowanie w większości aplikacji przemysłowych, niejednokrotnie przyczyniając się do wymiernych korzyści finansowych. Dobitym tego przykładem są turbiny wiatrowe, które należy zabezpieczyć przed możliwością pracy w trakcie oblodzenia lub kondensacji wilgotności wewnątrz turbiny. Zapewnienie bezpieczeństwa wymusza konieczność wczesnego wykry-



Podgrzewany sensor wilgotności



Przetwornik wilgotności EE33-J



Podgrzewany czujnik przetwornika EE33-J

wania niekorzystnych warunków. Względnie ekonomiczne natomiast wymagają szybkiego ponownego załączenia, gdy tylko niekorzystne warunki ustąpią. W takich warunkach z powodzeniem zastosować można przetwornik EE33-J, który na tle standardowego przetwornika zapewni co najmniej 2 godziny więcej pracy prądnic (po każdym wyłączeniu spowodowanym warunkami pogodowymi).



Grzegorz Ciałoń

Ukończył studia na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Elektrycznym. W Introlu pracuje od 2006 roku, w dziale temperatur, na stanowisku specjalisty ds. AKPiA. Zajmuje się głównie doborem i konfiguracją urządzeń do regulacji i rejestracji procesów technologicznych.

Tel: 32 789 00 18