



2. Charakteryzacja czujników wilgotności

(na prawach rękopisu)

WSTĘP

Wilgotne powietrze to najczęściej spotykanym wieloskładnikowy gaz zawierający parę wodną. Stężenie pary wodnej w wilgotnym powietrzu można określić podając:

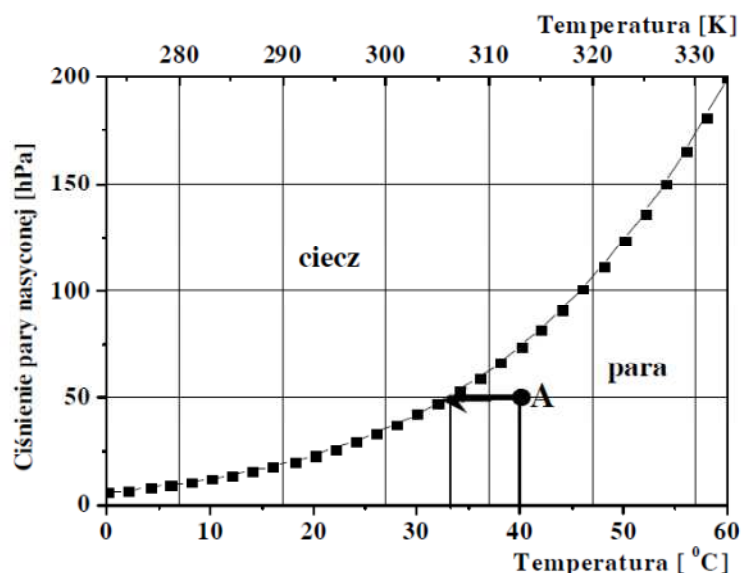
- prężność parcjalaną (cząstkową) pary wodnej,
- temperaturę punktu rosy,
- wilgotność bezwzględną,
- wilgotność względną.

Gazy będące składnikami powietrza atmosferycznego, w tym również parę wodną traktuje się odrębnie i przypisuje się im odpowiednie ciśnienie określone jako **ciśnienie cząstkowe** lub **prężność parcjalaną**. Ciśnienie cząstkowe (zgodnie z prawem Daltona) to ciśnienie, jakie miałby gaz, gdyby zajmował całą dostępną objętość. Ciśnienie atmosferyczne powietrza jest sumą ciśnień cząstkowych wszystkich jego składników:

$$p = \sum p_i$$

gdzie: p – ciśnienie powietrza, p_i – ciśnienie cząstkowe poszczególnych składników atmosfery gazowej w tym również pary wodnej zawartej w powietrzu.

Do celów praktycznych można przyjąć, że powietrze atmosferyczne jest mieszaniną powietrza suchego oraz pary wodnej. Ciśnienie parcjalne (cząstkowe) pary wodnej nie może być dowolne. Może ono wzrastać tylko do pewnej wartości, określanej jako stan nasycenia. Dalsze wprowadzanie pary wodnej do powietrza atmosferycznego nie powoduje wzrostu wilgotności powietrza lecz następuje proces skraplania (roszenia). Zawartości pary wodnej w powietrzu zależy od temperatury a temperaturę, w której para wodna znajdująca się w powietrzu atmosferycznym, staje się parą nasyconą nazywa się **punktem rosy T_r** . Zmniejszając temperaturę możemy osiągnąć stan nasycenia powietrza, związany z pojawieniem się efektu roszenia.



Rys. 1. Zależność ciśnienia cząstkowego nasyconej pary wodnej od temperatury.

Zawartość pary wodnej w powietrzu atmosferycznym charakteryzują przede wszystkim dwie wielkości: **wilgotność bezwzględna W_b** i **wilgotność względna RH** .

Wilgotność absolutna (bezwzględna) jest to ilość wody zawarta w jednostce objętości.

$$W_b = \frac{m_w}{V} \left[\frac{g}{m^3} \right]$$

gdzie: m_w – masa pary wodnej zawartej w powietrzu; V – objętość powietrza.

Wilgotność bezwzględna pary wodnej nazywana jest także gęstością bezwzględną pary wodnej.

Wilgotność względna RH (ang. *Relative Humidity*) to stosunek ciśnienia cząstkowego pary wodnej p_w zawartej w powietrzu do ciśnienia nasycenia p_n nad płaską powierzchnią czystej wody, określającego maksymalne ciśnienie cząstkowe pary wodnej w danej temperaturze.

$$RH = \varphi = \frac{p_w}{p_n} \cdot 100\%.$$

Wilgotność względna jest niemianowana i zawiera się w przedziale od 0 do 1, ale bardzo często wyrażana w procentach (1=100%). Wilgotność względna równa 0 oznacza, że powietrze jest suche i nie zawiera pary wodnej (bardzo trudno ten stan osiągnąć). Gdy wilgotność względna równa jest 1 to powietrze jest nasycone parą wodną. Nieznaczne schłodzenie powietrza o wilgotności względnej równej 1 powoduje skraplanie pary wodnej.

Wilgotność można oznaczyć za pomocą różnego rodzaju czujników wilgotności takich jak:

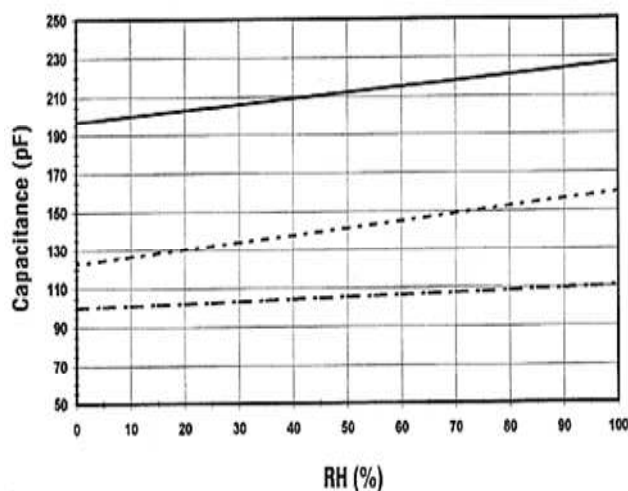
- mechanicznych,
- psychrometrów,
- czujników punktu rosy,
- elektrolitycznych,
- podczerwieni,

- rezystancyjnych,
- pojemnościowych.

Najstarszym i najbardziej popularnym czujnikiem wilgotności, ze względu na stosunkowo niską cenę, jest higrometr włosowy. Pod wpływem wilgotności zmienia się długość odłuszczonego włosa ludzkiego lub zwierzęcego. Jeden koniec włosa jest zamocowany na stałe, a drugi nawinięty na bleczek. Gdy długość włosa ulega zmianie wówczas wskazówką połączona z bleczką obraca się. Wskazania higrometr włosowy nie są zbyt dokładne, gdyż włos reaguje nie tylko na zmiany wilgotności ale również temperatury. Ponadto długi jest czas odpowiedzi i powrotu tego rodzaju czujnika.

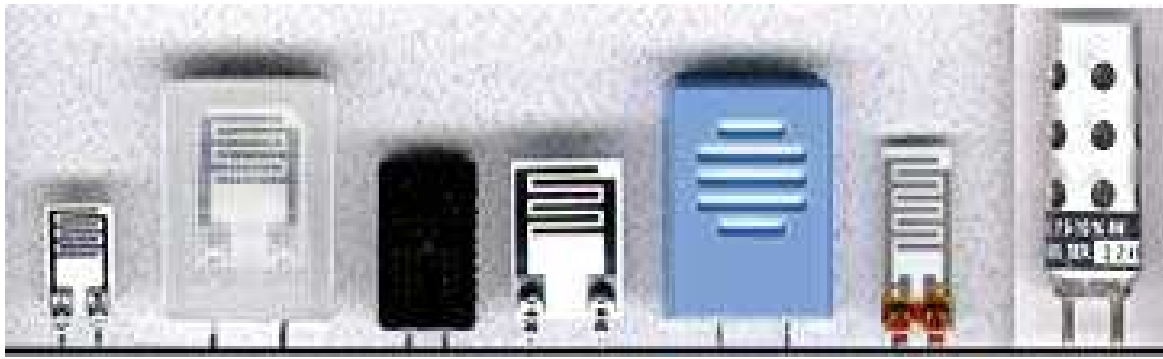
Zasada działania czujników rezystancyjnych i pojemnościowych polega na określaniu zmian właściwości elektrycznych (rezystancji, stałej dielektrycznej, impedancji, itp.) różnych substancji takich jak ceramika, glinokrzemiany czy polimery hydrofilowe. Zmiany parametrów elektrycznych spowodowane są oddziaływaniem tych materiałów z parą wodną znajdującą się w atmosferze gazowej otaczającej czujnik.

Czujnik pojemnościowy to kondensator, w którym pomiędzy okładkami znajduje się porowaty polimer. Para wodna absorbując się w porach powoduje wzrost pojemności elektrycznej C kondensatora wynikającej z dużej wartości przenikalności elektrycznej wody ($\epsilon = 81$). Gdy wzrasta wilgotność powietrza, to wzrasta pojemność C . Gdy wilgotność powietrza maleje wówczas para wodna desorbuje z powierzchni polimeru. Pojemność czujnika wykazuje małą zależność od temperatury i można przyjąć, że jest liniową funkcją wilgotności względnej.



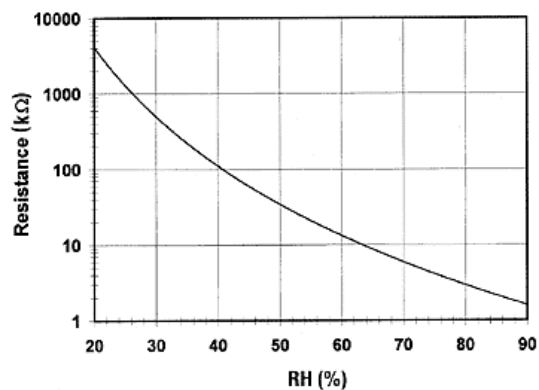
Rys. 2. Przykładowe zmiany pojemności w funkcji wilgotności.

Czujniki rezystancyjne (rys. 3) wykonywane są na bazie warstw tlenków o właściwościach półprzewodnikowych, których rezystancja zależy od zawartości pary wodnej w atmosferze otoczenia.



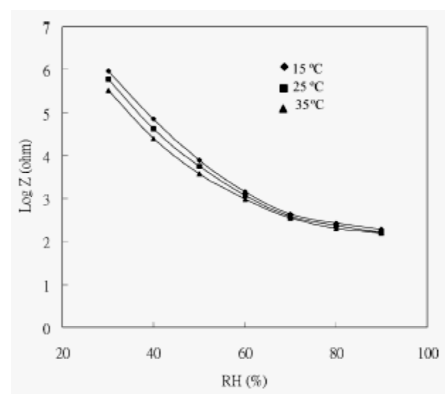
Rys. 3. Przykłady czujników rezystancyjnych.

Przykładowo rezystancja powierzchniowa szkła sodowego zmienia się o ok. 6 rzędów (np od 10^5 do $10^{11} \Omega$), gdy wilgotność otoczenia maleje od 100% do blisko 0%. Również w szerokim zakresie zmienia się rezystancja większości czujników rezystancyjnych w funkcji wilgotności (rys. 4).



Rys. 4. Zmiana rezystancji czujnika wilgotności w funkcji wilgotności.

Rezystancja czujników wilgotności wykazuje zależność od temperatury i tą zależność należy określić doświadczalnie (rys. 5).



Rys. 5. Zależność impedancji w funkcji wilgotności w różnej temperaturze.

Wadą czujników rezystancyjnych jest możliwość zachodzenia elektrolizy na elektrodach i ich korozja, powodująca niestabilność wskazań podczas długotrwałej ich eksploatacji w atmosferze o wysokiej wilgotności.

1. Cel ćwiczenia:

- zapoznanie się ze stanowiskiem pomiarowym – analizatorem impedancji;
- zapoznanie się z budową i zasadą działania rezystancyjnego czujnika wilgotności;
- zapoznanie się z metodyką otrzymywania atmosfery pomiarowej o określonej wilgotności;
- wyznaczenie czułości analizowanego rezystancyjnego czujnika wilgotności.

2. Zadania do wykonania:

- obserwacja pod mikroskopem konstrukcji czujnika stosowanego w ćwiczeniu;
- zbadanie odpowiedzi czujnika w atmosferze o określonej wilgotności metodą spektroskopii impedancyjnej;
- wyznaczenie wilgotności względnej w atmosferze otoczenia;
- wyznaczenie czasu odpowiedzi i powrotu czujnika w atmosferze o określonej wilgotności przy optymalnej częstotliwości;

3. Analiza otrzymanych wyników:

- wyznaczyć zmiany pojemności i rezystancji czujnika w funkcji częstotliwości;
- wyznaczyć optymalną częstotliwość przy której obserwowane są największe zmiany pojemności i rezystancji czujnika;
- wyznaczyć czas odpowiedzi i powrotu czujnika w funkcji wilgotności;
- wyznaczenie histerezy czujnika.

4. Przygotować sprawozdanie zawierające:

- wstęp – zasada działania, konstrukcja i zdjęcia mikroskopowe badanego rezystancyjnego czujnika, schemat i krótki opis układu pomiarowego i parametrów pomiarowych;
- wyniki pomiarów – przedstawić wykresy zależności $|Z|=f(\text{częstotliwości})$, $C=f(\text{częstotliwości})$, krótko opisać.
- analiza wyników – opisać przy jakiej częstotliwości zauważalny jest wpływ pary wodnej na odpowiedź czujnika,
- literatura – wyszczególnić pozycje przywołane w pracy.

5. Zagadnienia do przygotowania:

- impedancja, rezystancja, konduktancja, pojemność;
- prawo gazu doskonałego;
- para nasycona wody; zależność ciśnienia od temperatury;
- wilgotność bezwzględna i względna – definicje, wzajemna zależność;
- czujniki wilgotności powietrza atmosferycznego;
- rodzaje i parametry czujników chemicznych;

6. Literatura:

- Miłek Marian – Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2006
- Okada, Christopher T., Humidity Sensors : Types, Nanomaterials, and Environmental Monitoring, 2011.