

Maciej Pierzchała 282 934
Filip Kubecki 272 655
Grupa: Wtorek 10:35

Data wykonania ćwiczenia:
5 listopada 2024r

Laboratorium 5

Charakteryzacja czujników wilgotności

1 Spis przyrządów

Do wykonania ćwiczenia wykorzystano:

- Pojemnościowy czujnik wilgotności
- Impedancyjny czujnik wilgotności
- Multimetr cyfrowy Sigilent SDM 3055
- Termohigrobarometr LAB-EL LB706B
- Kolby kuliste z roztworami odpowiednich soli

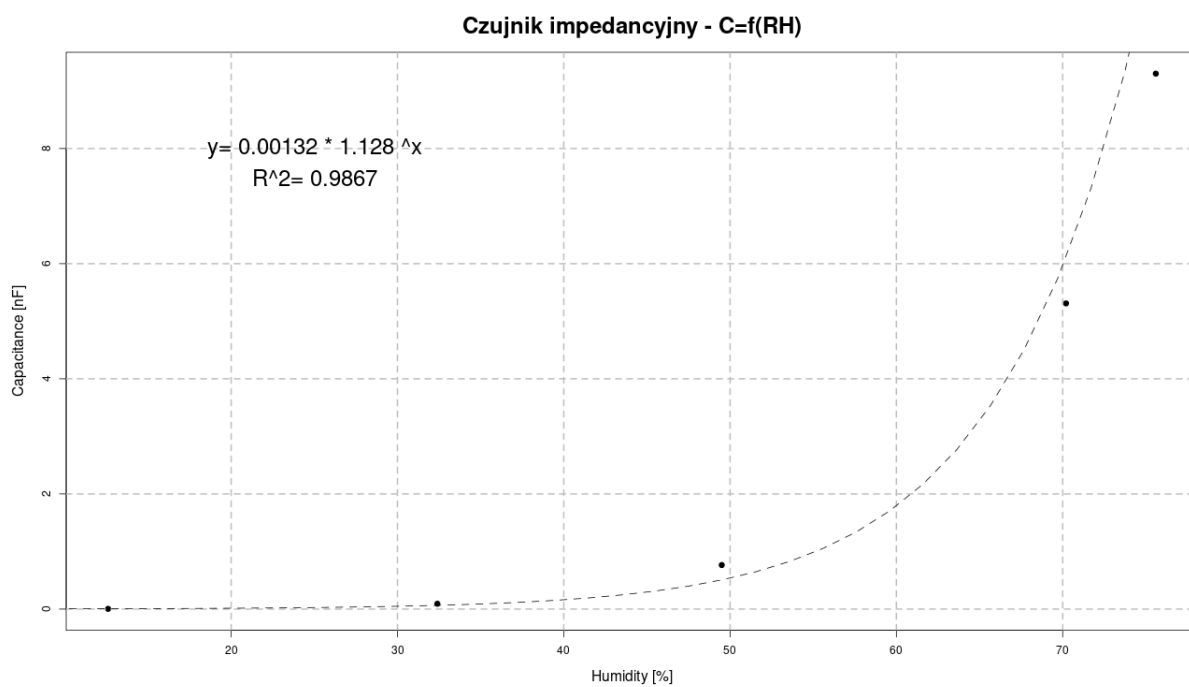
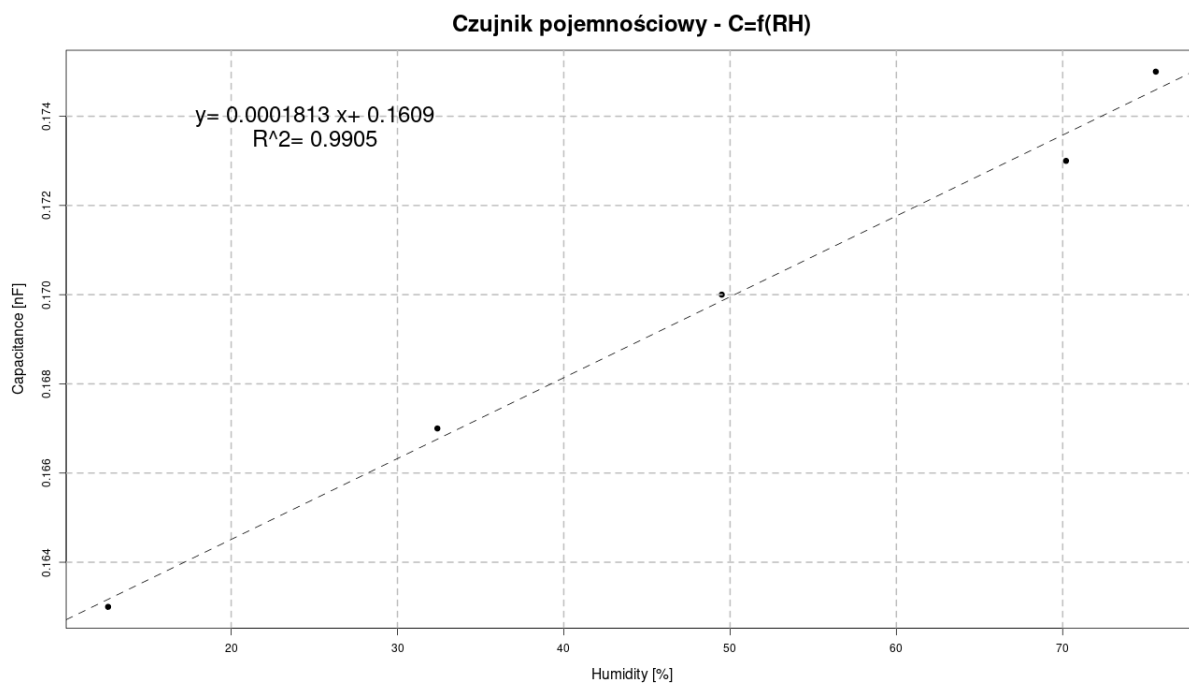
2 Przebieg i cele doświadczenia

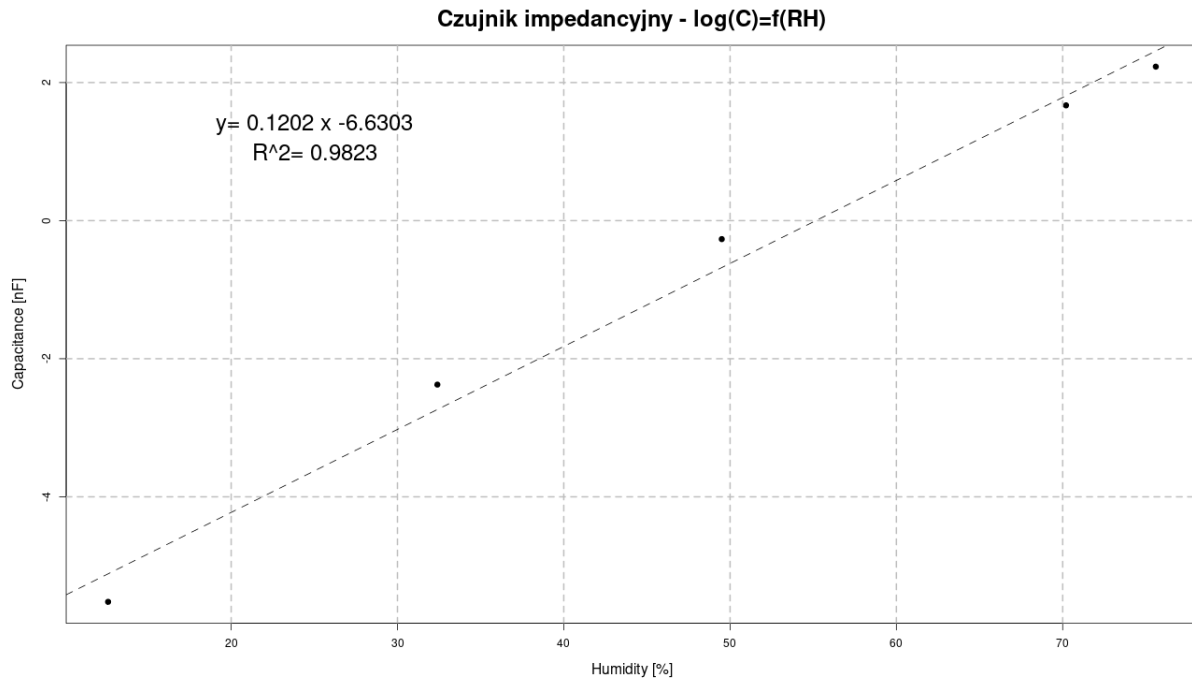
Ćwiczenie polegało na pomiarze wilgotności powietrza przy pomocy czujnika pojemnościowego, impedancyjnego oraz przy pomocy termohigrobarometru. Mierzono wilgotność powietrza w pomieszczeniu oraz wewnątrz kolb zawierających roztwory odpowiednich soli które pozwalały na ustalenie stabilnej wilgotności na odpowiednich poziomach.

Celami ćwiczenia było zapoznanie się z budową oraz zasadą działania czujnika pojemnościowego oraz impedancyjnego, zapoznanie się z metodyką otrzymywania atmosfery pomiarowej o określonej wilgotności, wyznaczenie krzywej kalibracyjnej oraz określenie wilgotności atmosfery otoczenia.

3 Obliczenia i analiza wyników

Na podstawie pomiarów wyznaczono charakterystyki $C = f(RH)$ dla czujnika pojemnościowego oraz impedancyjnego. Na wykresach charakterystyk zamieszczono również równanie prostej kalibracyjnej oraz wartość współczynnika R^2 .





Przy pomocy zmierzonej temperatury pomieszczenia wyznaczono ciśnienie pary nasyconej dla warunków sali:

$$p_n = 0.61121 * \exp\left(\left(18.678 - \frac{T}{234.5}\right)\left(\frac{T}{257.14 + T}\right)\right) \quad (1)$$

Dla naszej temperatury pomieszczenia równej 24.8 [C°]:

$$p_n = 0.61121 * \exp\left(\left(18.678 - \frac{24.8}{234.5}\right)\left(\frac{24.8}{257.14 + 24.8}\right)\right) = 3.13095[kPa] \quad (2)$$

Wartość ta jest bliska wartości tablicowej więc można założyć poprawność obliczenia. Ciśnienie cząstkowe pary wodnej obliczamy przekształcając poniższy wzór:

$$RH = \frac{p_w}{p_n} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$p_w = \frac{RH \cdot p_n}{100\%} \quad (4)$$

Przykładowo do atmosfery z solami LiCl (RH - współczynnik RH skorygowany dla temperatury otoczenia):

$$p_w = \frac{11.3\% \cdot 3.13095[kPa]}{100\%} = 0.3537974[kPa] = 353.7974[Pa] \quad (5)$$

Wilgotność atmosfery sali na podstawie wartości zmierzonych obliczamy przekształcając równanie prostej dla krzywych kalibracyjnych:

$$C = a * RH + b \quad (6)$$

$$RH = \frac{C - b}{a} \quad (7)$$

Dla czujnika pojemnościowego:

$$RH = \frac{0.171 - 0.1608843}{0.0001813} = 55.79537[\%] \quad (8)$$

Dla czujnika impedancyjnego wykorzystujemy wzór:

$$C = b * a^{RH} \quad (9)$$

$$RH = \log_a \frac{C}{b} \quad (10)$$

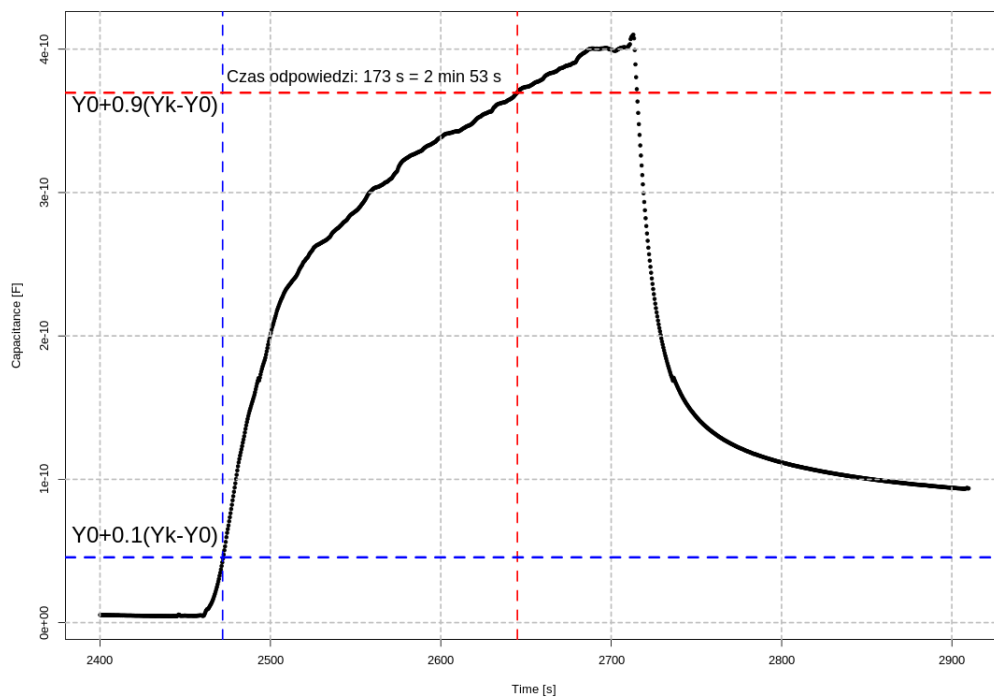
Dla pomiaru wilgotności otoczenia:

$$RH = \log_{1.128} \frac{0.4}{0.0132} = 47.5334[\%] \quad (11)$$

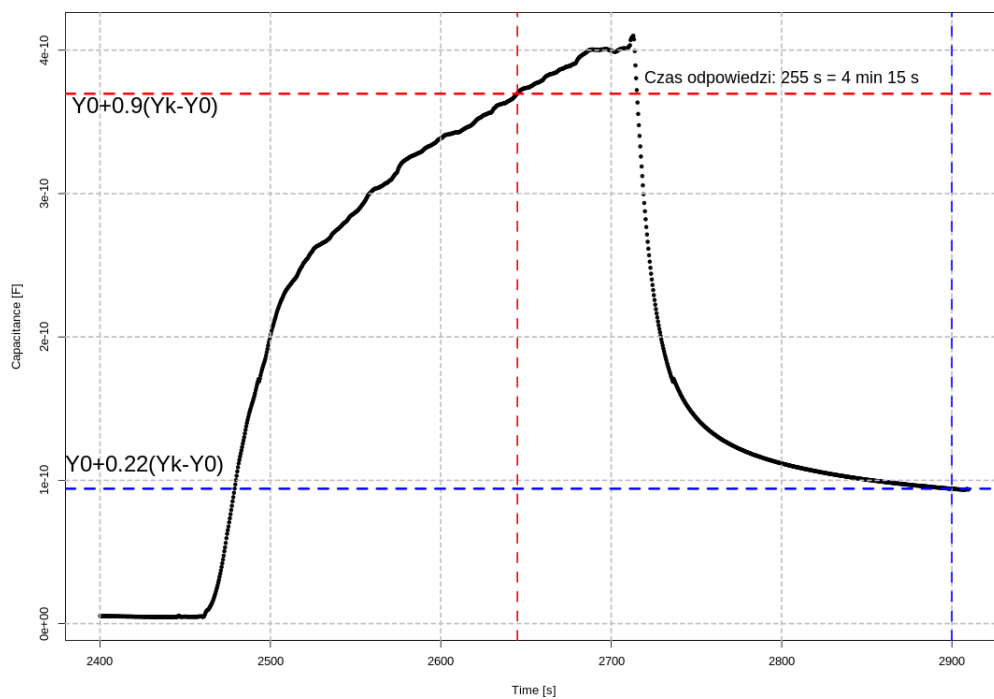
Pomiary te odbiegają od wartości zmierzonej przez termohigrobarometr. Wartość dla czujnika pojemnościowego może różnić się z powodu zmian wilgotności powietrza w trakcie zajęć. Może to mieć znaczące znaczenie gdyż pomiar termohigrobarometrem wykonano na początku zajęć a pomiar czujnikiem pojemnościowym pod koniec kiedy otworzono już okna (zapomniano dokonać pomiaru wilgotności pomieszczenia na początku zajęć). W przypadku czujnika impedancyjnego wynik jest bardzo zbliżony do wartości podanej przez termohigrobarometr. Wartości te zostały zmierzone zaraz po sobie co pozwoliło osiągnąć ten efekt.

Wyznaczono czas odpowiedzi oraz czas powrotu dla czujnika indukcyjnego dla roztworu $MgCl_2$ (najlepsza krzywa z wszystkich). Czas odpowiedzi oraz powrotu wyznaczono wykorzystując metody analityczne a wniki obliczeń przedstawiono na wykresach:

Czujnik Impedancyjny - czas narastania



Czujnik Impedancyjny - czas powrotu



Oba te czasy to czas który potrzebuje czujnik aby przejść z 10% różnicy wartości maksymalnej i minimalnej pomiaru do 90% tej wartości. W przypadku czasu odpowiedzi jest to zbocze narastające a dla czasu powrotu jest to zbocze opadające. Gdyż nie sygnałowi opadającemu nie udało się spaść do poziomu 10% różnicy maksimum i minimum, wykorzystano najniższą wartość jaką osiągnął czujnik przed włożeniem go do kolejnej atmosfery. Wartość ta to 22% różnicy maksimum i minimum.

3.1 Tabela z danymi

Środowisko	RH_t	RH_m	RH_k	x [ppm]	p_w [Pa]
"env"	NA	46.4	NA	14699	NA
"LiCl"	11	12.6	11.3	13817	353.797
"MgCl2"	36	32.4	32.78	16101	1026.325
"Mg(NO3)2"	55	49.5	52.89	15311	1655.96
"NaCl"	75	70.2	75.29	22233	2357.292
"KCl"	85	75.6	84.34	24317	2640.643

Gdzie:

RH_t - teoretyczna wartość wilgotności powietrza w kolbie,

RH_m - zmierzona wartość wilgotności powietrza w kolbie,

RH_k - skorygowana wartość wilgotności powietrza dla temperatury 25 [C°]

x - zawartość pary wodnej w powietrzu

p_w - ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej

4 Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można wysunąć następujące wnioski:

- Czujniki wilgotności charakteryzują się różnymi charakterystykami wartości zmieniającej się wraz ze zmianą wilgotności. Dla czujnika pojemnościowego zmiana ta była liniowa podczas gdy dla czujnika impedancyjnego była to zmiana nieliniowa.
- Można zauważyć różnice między ciśnieniem cząsteczkowym pary wodnej a zawartością pary wodnej w powietrzu. Obie wartości są ze sobą skorelowane ponieważ obie opisują obecność molekuł wody w mieszaninie gazów. Nie rosną one jednak równomiernie. Ciśnienie cząsteczko opisuje ciśnienie jakie wywiera para wodna w mieszaninie gazów podczas gdy zawartość pary wodnej opisuje procentową ilość pary w gazie.
- Czas odpowiedzi i powrotu dla tych czujników jest dość długi bo wynosił w naszym przypadku aż kilka minut. Czujniki te więc nie nadają się do pomiarów w systemach które wymagają natychmiastowej odpowiedzi np.: systemy medyczne, systemy bezpieczeństwa.

References

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Partial_pressure
- [2] https://www.engineeringtoolbox.com/relative-humidity-air-d_687.html
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Water_vapor