

IZRADA PSIHROMETRA I MJERENJE VLAŽNOSTI

Psychrometer design and measuring relative humidity

Leon Maglič¹, Ivan Matić¹

¹ Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Ključne riječi: psihrometar, mjerenje vlažnosti.

Sažetak

Mjerenje vlažnosti je jedno od važnih mjerenja koja se provode u industriji i primjenjivo je u širokom spektru aktivnosti. U ovom radu prikazati će se mjerenje vlažnosti uz pomoć Assmannovog psihrometra. Idejno rješenje te praktična izrada uređaja će biti prikazani u radu. Rezultati mjerenja će se usporediti s mjerenjima profesionalnim uređajem.

Key words: psychrometer, humidity measurement

Abstract

Measuring of humidity is one of important measurements performed at industry processes, and it is applicable to various activities. This paper deal with humidity measurement performed by Assman psychrometer. Design and construction of instrument will be presented. Measurement results will be compared to results of professional instrument

1. Uvod

U industriji, pogotovo u energetskim postrojenjima, najčešća mjerenja su mjerenja temperature i tlaka. To su dobro poznate fizikalne veličine, za koje postoje jasno definirane tehnike mjerenje kao i adekvatni instrumenti. Mjerenje vlažnosti nije u tolikoj mjeri prisutno kao navedene dvije veličine, ali za određena područja kao što su medicina, poljoprivreda, biologija je vrlo važno. U mjerenju vlažnosti koriste se definirane veličine a važnije su:

- Apsolutna vlažnost – masa vodene pare prisutna u jediničnom volumenu vlažnog zraka s obzirom na temperaturu i tlak. Apsolutna vlažnost ρ_d definirana je kao odnos mase vodene pare sadržane i zraku m_d i volumena zraka V [1],

$$\rho_d = \frac{m_d}{V} \quad (1)$$

- Relativna vlažnost – φ (RH) omjer stvarnog tlaka pare (e) i zasićenog tlaka pare (e_s) pri istoj temperaturi, izražena kao postotak

$$\varphi = \frac{e}{e_s} \quad (2)$$

- Temperatura suhog termometra – (eng. Dry Bulb Temperature) izmjerena temperatura zraka, često uparena temperaturom vlažnog termometra kako bi se dobila vrijednost relativne vlažnosti

- Temperatura vlažnog termometra – (eng. Wet Bulb Temperature) temperatura izmjerena termometrom koji je prekriven vlažnom krpicom i utječe na stopu isparavanja od krpice

- Tlak pare – dio totalnog tlaka koji pridonosi vodena para. Izražava se u jedinicama tlaka (Pa)

- Tlak zasićenja pare – maksimalni tlak vodene pare koji može postojati za određenu temperaturu
Izražava se u jedinicama za tlak (Pa).

Za mjerenje relativne vlažnosti mogu se koristiti gravimetrijska metoda, mjerenje vlažnosti psihrometrom, mjerenje vlažnosti higrometrom (otporničkim, kapacitivnim, i higrometrom s elastičnim elementom). U ovom radu opisati će se projektiranje i izrada Assmanovog psihrometra za mjerenje vlažnosti. Mjerenja provedena psihrometrom koji će biti izrađen za potrebe ovog rada usporedit će se s rezultatima mjerenja provedenim profesionalnim uređajem.

2. Izrada psihrometra

Kod mjerenja vlažnosti Assmanovim psihrometrom koristi se dva termometra, oko kojih struji vlažni zrak. Prvim termometrom mjeri se temperaturu vlažnog zraka tzv. suhi termometar dok drugi ima lukovicu obloženu vlažnom krpicom tzv. mokri termometar. Razlika temperatura suhog i vlažnog termometra označava se kao psihrometerska razlika. Na osnovu psihrometerske razlike i temperature zraka, te vrijednosti atmosferskog tlaka, pomoću dijagrama, tablica ili formula određuje se vlažnost zraka. Sprungova formula za izračunavanje relativne vlažnosti prihvaćena prema WMO glasi:

$$RH = 100 \cdot \frac{e_s(t_w) - A \cdot p \cdot (t - t_w)}{e_s(t)} \quad (3)$$

Korištenjem ove formule i svih njenih komponenti, računa se relativnu vlažnost u instrumentu a vrijednosti u formulama su:

t - temperature suhog termometra,

t_w - tempertaura vlažnog termometra,

p - atmosferski tlak,

A - psihrometerska konstanta

2.1 Mjerenje temperature

Kako je već objašnjeno, prvo je potrebno provesti mjerenje temperature da bi se mogla odrediti relativna vlažnost. U procesu mjerenja temperature korišten je digitalni temperaturni senzor DS18S20 proizvođača Dallas Semiconductor (Slika 1).



Slika 1 Senzor temperature DS18S20

Mjerno područje korištenog digitalnog senzora je od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. U mjernom području od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ u kojem će se vjerojatno i odvijati većina mjerenja točnost iznosi $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Senzor šalje podatak o temperaturi mikrokontroleru, bit po bit u binarnom obliku. Temperaturni senzor može se napajati naponom od $3,0\text{V}$ do $5,5\text{V}$.

2.2 Mjerenje tlaka

Za mjerenje tlaka odabran je senzor BMP180 tvrtke Bosch (Slika 2). Senzor radi na principu piezo otpornih osjetnika kojima mjerenje tlaka ovisi o temperaturi. Dobiveni analogni signal pretvara se u digitalni pomoću ADC-a. Svaki senzor ima ugrađenu EEPROM memoriju s podacima za kalibraciju. U senzor je programiran jedinstveni niz podataka koji se koristi za otklanjanje šumova, kompenzaciju pomaka i određivanja ovisnosti o temperaturi.



Slika 2 Senzor tlaka BMP180

Karakteristike senzora BMP 180 su brzo vrijeme odziva, niska potrošnja ($5\mu\text{A}$ po mjerenju), niski napon, te digitalna komunikacija. Područje mjerenja je od 300 do 1100 hPa a odstupanja su $0,02\text{ hPa}$.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler upravlja procesima i očitava analogne i digitalne signale. Za ovu aplikaciju odabran je Teensy 3.1 tvrtke PJRC (Slika 3). Teensy 3.1 je Arduino kompatibilna razvojna pločica sa 32 bit ARM Cortex-M4 mikroprocesorom.



Slika 3 Teensy 3.1

Važnija svojstva mikrokontrolera: 256K Flash Memorija, 64K RAM, 2K EEPROM, 21 Analognih ulaza visoke rezolucije (13 bitova iskoristivo, 16 bit hardware), 34 Digitalnih I/O Pins (5V tolerantan na digitalnim pinovima), 12 PWM izlaza, 7 tajmera za intervale/odgode, odvojeno od PWM, USB sa posebnim DMA transferom memorije. Kućište izrađenog instrumenta napravljeno je na 3D printeru iz ABS (akrilonitril butadien stiren). Na kućište su dograđeni zaštita od zračenja i senzori. Izgled gotovog psihrometra prikazan je na slici 4, a profesionalni uređaj koji je korišten za usporedbeno mjerenja je UT330 tvrtke UNI-T čija je točnost mjerenja relativne vlažnosti $\pm 3\%RH$.



Slika 4 Izrađeni psihrometar [1]

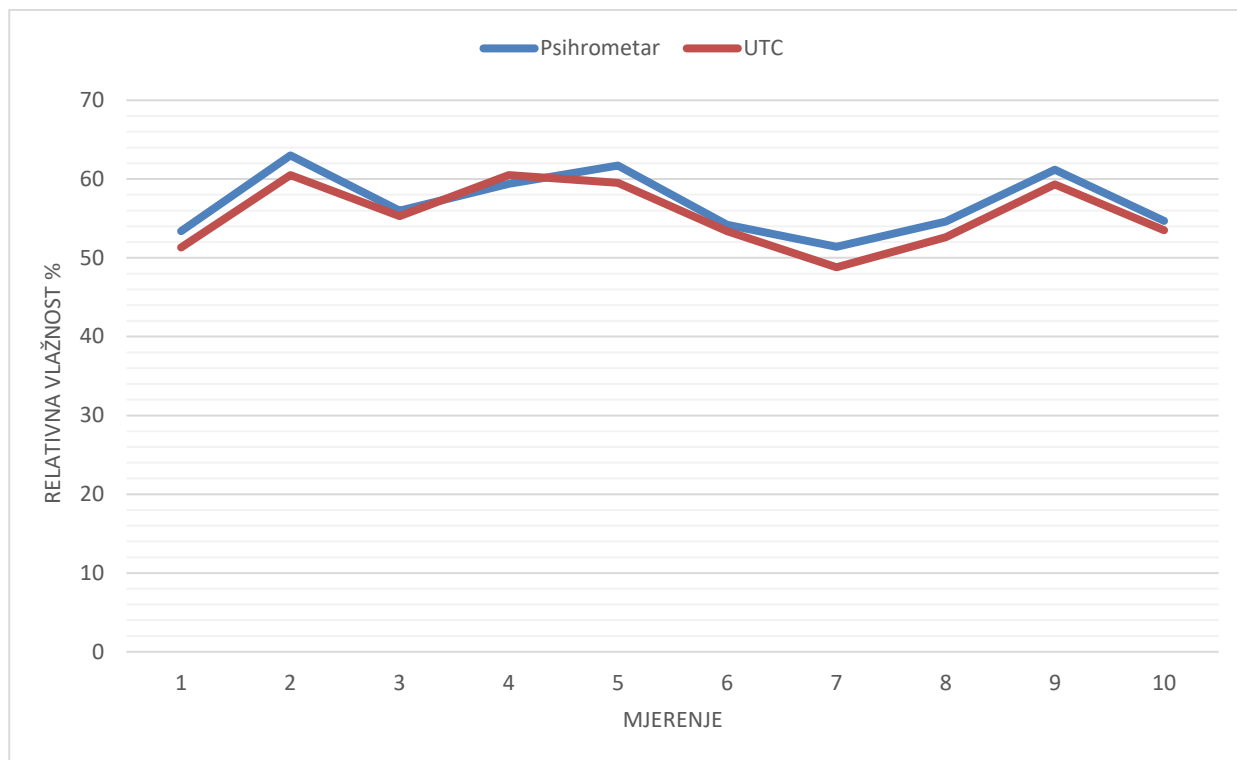
3. Mjerenje

Mjerenje je provedeno izrađenim psihrometrom, kao i profesionalnim uređajem UT 330, izvršeno je 10 mjerenja. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 1 [1].

Tablica 1 Rezultati mjerenja

Broj mjerenja	Psihrometar			UT330		Razlika
	$t\text{ }^{\circ}C$	$t_w\text{ }^{\circ}C$	RH %	$t\text{ }^{\circ}C$	RH %	RH %
1.	27,3	20,3	53,4	27,2	51,3	+2,1
2.	20,5	16,0	63,0	20,5	60,5	+2,5
3.	25,5	19,3	56,0	25,4	55,3	+0,7
4.	29,6	23,4	59,4	29,6	60,5	-1,1
5.	28,0	22,4	61,7	28,1	59,5	+1,2
6.	22,5	16,5	54,2	22,6	53,4	+0,8
7.	27,7	20,4	51,4	27,6	48,8	+2,6
8.	22,8	16,8	54,6	22,8	52,6	+2,0
9.	26,5	21,0	61,2	26,5	59,3	+1,9
10.	25,5	19,1	54,7	25,4	53,5	+1,2

Rezultati mjerenja izrađenog psihrometra i profesionalnog uređaja (UT 330) pokazuju razliku u izmjerenim vrijednostima relativne vlažnosti od maksimalno 2,6 % a točnost higrometra UT 330 je $\pm 3\%RH$. Može se zaključiti kako je izrađeni psihrometar prezentiranim rezultatima ispunio očekivanja i pokazao zadovoljavajuću točnost. Grafički prikaz usporedbe rezultata mjerenja izrađenim psihrometrom i uređajem UT 330 je prikazan na slici 5.



Slika 5 Usporedba rezultata mjerenja psihrometrom i higrometrom

4. Zaključak

Mjerenje relativne vlažnosti je provedeno instrumentom koji je projektiran, izrađen, i sklopljen kao dio završnog rada na Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu. Rezultati mjerenja relativne vlažnosti koji su dobiveni tako napravljenim psihrometrom, uspoređeni su s rezultatima mjerenja profesionalnim higrometrom. Usporedba rezultata mjerenja pokazuje najveću razliku u izmjerenim vrijednostima relativne vlažnosti od 2,6 % što je manje od deklarirane točnosti korištenog higrometra. Bolja točnost izrađenog psihrometra bi se mogla ostvariti korištenjem točnijih senzora.

5. Literatura

[1] Matić, I., Izrada psihrometra, Završni rad, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 2017

[2] Demirdžić I., Kaluđerčić P., Prilog određivanju vlažnosti vazduha psihrometrom

[3] Bindon, H. H.: A Critical Review of Tables and Charts in Psychrometry, Int. Symp. On Humidity and Moisture, Washington, 1963

[4] Bosch. "BMP180 Digital pressure sensor", 2011.