

ЈЕДАН ПРИСТУП МЕРЕЊУ РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА ПРИМЕНОМ ПСИХРОМЕТРИЈСКЕ МЕТОДЕ

Александар Ристић, Милош Јовановић, Драган Лазић

Кључне речи: метрологија, влажност ваздуха, психрометријска метода, неодређеност

КРАТАК САДРЖАЈ

Мерење релативне влажности ваздуха у метрологији је посебан проблем због великог броја параметара који утичу на резултат мерења. Психрометријска метода је једна од најзаступљенијих метода у одређивању релативне влажности ваздуха у свету. Овом методом се, посредно, мерењем више параметара, израчунава релативна влажност ваздуха. Због своје специфичности, тачност ове методе у многоме зависи од начина мерења, анализе резултата као и од укупних услова током мерења. Тачност ове методе омогућује да се овакви инструменти могу користити као еталони за баждарење других инструмената. Анализирана је несигурност мерења релативне влажности овом методом. У раду је представљен један могући приступ у циљу што тачнијег одређивања релативне влажности ваздуха током мерења.

ONE APPROACH TO MEASURE AIR RELATIVE HUMIDITY USING THE PSYCHROMETRIC METHOD

Keywords: metrology, air humidity, psychrometric method, uncertainty

ABSTRACT

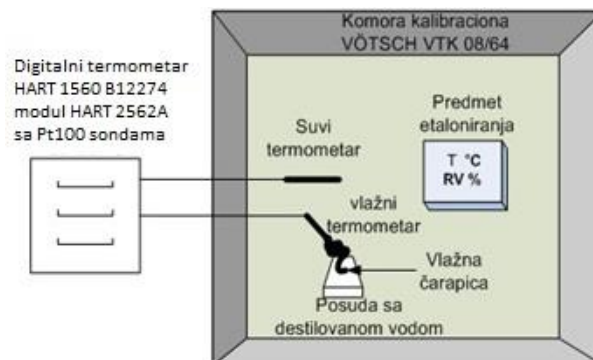
Relative air humidity measurement in metrology is a special task due to the large number of parameters that affect the measurement result. The psychrometric method is one of the most common methods in determining the air relative humidity in the world. This method indirectly calculates the relative humidity by measuring several parameters. Due to its specificity, the accuracy of this method largely depends on the method of measurement, analysis of results, and the overall conditions during the measurement. The paper presents one possible approach to more accurately determine the relative humidity during the measurement.

УВОД

Психрометријска метода се заснива на одређивању разлике температура, коју мере два термометра упарена по својим карактеристикама у тренутку када дође до zasiћења ваздуха воденом паром, при одређеној температури и притиску [1]. Један термометар се одржава сувим и мери стварну температуру ваздуха t_s , а други је обавијен влажном газом и мери температуру $t_v < t_s$. Из измерених температура, на психрометријском графикону читава се релативна влажност RH у %. На апсциси графикона одреди се температура сувог термометра, а на ординати разлика показивања два термометра. Релативна влажност се читава у пресечној тачки на кривој влажности. Психрометри се у пракси чешће користе као инструменти са непосредним читавањем влажности на скали индикатора. Њихов опсег мерења релативне влажности иде од 10 % до 100 %, а грешка мерења релативне влажности иде до $\pm 3\%$ [2], с тим што на мањим влажностима има већу грешку која опада са њеним порастом.

ОПИС ЕТАЛОНА РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА ПРИМЕНОМ ПСИХРОМЕТРИЈСКЕ МЕТОДЕ

Еталон се састоји од : два платинска отпорна термометара Y2037 FLUKE ("суви") и ("влажни"), дигиталног термометра FLUKE HART 1560 B12274 са модулом HART 2562A, B12100. Оба термометра имају отпорност $R_0 = (100 \pm 0,1) \Omega$ на $0\text{ }^\circ\text{C}$. Температурни коефицијенти α примењених термометара се разликују, али су усклађени са дигиталним термометром уносом параметара у меморију термометра. Платински отпорни термометри везују се на одговарајуће прикључке модула HART 2562A а на дисплеју се директно читавају температуре "сувог" и "влажног" термометра. Мерни опсег мерења температуре је од $-80\text{ }^\circ\text{C}$ до $+200\text{ }^\circ\text{C}$, а грешка мерења температуре овим платинским отпорним термометрима износи $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$. Као извор влажности се користи клима комора VÖTSCH чија је тачност генерисања релативне влажности од $\pm 2\%$ до $\pm 5\%$, а стабилност температуре $\pm 4\text{ }^\circ\text{C}$. Блок шема еталона приказана је на слици 1.



Слика 1. Блок шема психрометријског мерења влажности ваздуха

МЕРЕЊЕ И НЕСИГУРНОСТ МЕРЕЊА

Релативна влажност ваздуха јесте мера присуства водене паре у ваздуху. Појам засићења ваздуха се користи у дефинисању ове величине [3]. За ваздух који садржи при датој температури t_s и атмосферском притиску p_a , највећу количину водене паре, кажемо да је засићен. По дефиницији релативна влажност RH у % представља однос парцијалног притиска водене паре у ваздуху (p) према притиску водене паре при засићењу (p_s) при датој температури t_s [4]:

$$RH(\%) = 100 \cdot \frac{p}{p_s} \quad (1)$$

где је

$$p = p_s(t_v) - 0.00066 \cdot (1 + 0.00115 \cdot t_v) \cdot p_a \cdot (t_s - t_v) \quad (2)$$

Израз за релативну влажност се онда израчунава из:

$$RH = \frac{p_s(t_v) - A \cdot (t_s - t_v) \cdot p_a}{p_s(t_s)} \quad (3)$$

где је А тзв. психрометријска константа, која претежно зависи од брзине струјања ваздуха. Код брзина од 3 m/s до 5 m/s, при мерењу се обезбеђује устаљено струјање ваздуха, па је константа $A \cong 6,7 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$. Под претпоставком да за кратко време можемо да занемаримо промену атмосферског притиска, $p_a = 1000 \text{ hPa}$, израз се може написати [5]:

$$RH = \frac{p_s(t_v) - 0,5 \cdot (t_s - t_v)}{p_s(t_s)} \quad (4)$$

Несигурност мерења релативне влажности одређује се као сума свих парцијалних извода RH по зависно променљивим величинама. На основу податка о разлици температура $t_s - t_v$, а уз примену психрометријских таблица за $p_s(t_v)$ и $p_s(t_s)$, несигурност мерења релативне влажности описаном методом приказана је у табели 1.

Табела 1. Резултати анализе мерне несигурности

		релативна влажност (%)					
t_s (°C)		10	20	30	50	80	90
25		2,8	2,1	1,6	1,4	1,2	1,2
40		2,4	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0

Анализа је вршена на две температуре t_s : + 25 °С и + 40 °С и у опсегу од 10 % до 90 % RH. Из табеле се види да је на вишој температури несигурност мерења мања за цео разматрани опсег релативне влажности, а да се са порастом релативне влажности мерна несигурност смањује. Када се узму у обзир фактори који утичу на повећање мерне несигурности, а потичу од: неупарених карактеристика примењених термометара, радијације, проводности топлоте, неадекватног струјања ваздуха, промене атмосферског притиска, као и од присуства разних нечистоћа у ваздуху, може се рећи да укупна мерна несигурност не прелази ± 3 %.

УТИЦАЈИ ЕКСТЕРНИХ ПАРАМЕТАРА НА ГРЕШКУ МЕРЕЊА

Као што је напоменуто у претходном параграфу релација (1) се користи за израчунавање релативне влажности. Према релацији (1), један од фактора који утиче на мерење релативне влажности је и атмосферски притисак p_a . Утицај атмосферског притиска на мерну несигурност приликом мерења може да се утврди тако што једначину (1) диференцирамо по p_a и заменом одговарајућих вредности за притисак засићене водене паре p_{zp} , у зависности од температуре, добијају се грешке израчунавања релативне влажности које потичу од грешке мерења атмосферског притиска. Ова зависност конкретно је дата у табелама 1, 2 и 3. Анализа је дата за различите температуре и за различите вредности релативне влажности а при притисцима 100 kPa, 85 kPa, 98 kPa и 102 kPa

Табела 1: Утицај грешке мерења атмосферског притиска на грешку мерења релативне влажности за $t_s = 25$ °С

% RV	10	20	30	50	80	90
G (%RV) за $p_a = 100$ kPa	0,09 5	0,08 3	0,07 0	0,04 4	0,01 9	0,00 6
G (%RV) за $p_a = 85$ kPa	0,08 1	0,07 0	0,05 9	0,03 8	0,01 6	0,00 5
G (%RV) за $p_a = 98$ kPa	0,09 3	0,08 1	0,06 8	0,04 3	0,01 9	0,00 6
G (%RV) за $p_a = 102$ kPa	0,09 7	0,08 4	0,07 1	0,04 5	0,01 9	0,00 6

Табела 2: Утицај грешке мерења атмосферског притиска на грешку мерења релативне влажности за $t_s = 40\text{ }^\circ\text{C}$

% RV	10	20	30	50	80	90
G (%RV) за $p_a = 100\text{ kPa}$	0,05 7	0,04 9	0,04 1	0,02 7	0,01 1	0,00 5
G (%RV) за $p_a = 85\text{ kPa}$	0,04 9	0,04 2	0,03 5	0,02 3	0,00 9	0,00 4
G (%RV) за $p_a = 98\text{ kPa}$	0,05 6	0,04 8	0,04 0	0,02 7	0,01 1	0,00 5
G (%RV) за $p_a = 102\text{ kPa}$	0,05 8	0,05 0	0,04 2	0,02 7	0,01 1	0,00 5

Табела 3: Утицај грешке мерења атмосферског притиска на грешку мерења релативне влажности за $t_s = 50\text{ }^\circ\text{C}$

% RV	10	20	30	50	80	90
G (%RV) за $p_a = 100\text{ kPa}$	0,04 2	0,03 4	0,02 8	0,01 8	0,00 6	0,00 3
G (%RV) за $p_a = 85\text{ kPa}$	0,03 6	0,02 9	0,02 4	0,01 5	0,00 5	0,00 3
G (%RV) за $p_a = 98\text{ kPa}$	0,04 2	0,03 3	0,02 7	0,01 8	0,00 6	0,00 3
G (%RV) за $p_a = 102\text{ kPa}$	0,04 3	0,03 5	0,02 8	0,01 8	0,00 6	0,00 3

Остали утицаји на мерење огледају се у спољашњим утицајима као што су надморска висина, запрљаност ваздуха – засићеност неким другим реагенсима и нечистоћама. Овде треба напоменути да надморска висина значајно утиче на мерење и треба је унети у прорачун поготово ако се мерење обавља на већим надморским висинама. Ово може да буде али није у директној корелацији са барометарским притиском, већ пре свега са густином ваздуха која значајно утиче на засићеност воденом паром.

ЗАКЉУЧАК

У раду је приказан еталонски психрометар који се у пракси чешће користе као инструмент са непосредним читавањем релативне влажности на скали или дисплеју инструмента. Пошто радни еталони са којим се баждаре ови психрометри имају око два пута мању мерну несигурност мерења релативне влажности, што је прихватљиво за мерење ове величине, закључује се на основу анализе несигурности мерења описаном методом да се баждарење обавља са задовољавајућом тачношћу. Дата је анализа могућих параметара који утичу на тачност мерења и на буџет мерне несигурности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. Младеновић: "Мерење релативне влажности психрометријском методом", Зборник радова, Конгрес метролога 1998.год. стр. 927-930
- [2] Д. Станковић, "Физичко – техничка мерења", 1991, стр. 391 – 400
- [3] L. J. Fritschen, L. W. Gay, "Humidity and Moisture", Environmental Instrumentation, 1979, стр. 119 – 153
- [4] Н. Н. Bindon, "A Critical Review of Tables and Charts used in Psychrometry", "Principles and methods of Measuring Humidity in Gases", Volume one, 1963, стр. 3 – 15
- [5] Т. Поповић, "Дифузија и кондензација у архитектонским објектима", Грађевинска књига.
- [6] S. A. Thulin: "Air Humidity and Air Density Determinations in Metrology Laboratories", Bulletin OIML N° 123, Jun 1991. str 32-37