

I sensori capacitivi a film sottile per la misurazione dell'**umidità relativa dell'aria (RH)** rappresentano un metodo abbastanza affidabile di misura nell'intervallo 30%-70%. Negli ambienti ad elevata umidità, la misurazione di RH è perturbata dalla possibile **condensazione di acqua sul materiale dielettrico**.

Un **nuovo sistema** per la misura di elevati valori di umidità relativa è stato sperimentato sulla base del modello teorico definito in [1].

Principio di funzionamento

- I. Il sistema proposto (Fig. 1) impiega un sensore di temperatura 'T' e un termogigrometro con un'unità di riscaldamento 'T-RH', interfacciati e programmati in Arduino UNO.
- II. Quando l'umidità relativa (RH) è maggiore del 60%, l'unità di riscaldamento si accende aumentando la temperatura (T_H) per abbassare RH fino a 60% (RH_{60}).
- III. Registrazione della misura di T_H e RH_{60} .
- IV. Calcolo: temperatura di rugiada dell'aria riscaldata (DP_H) e umidità relativa effettiva dell'aria (RH_E) da DP_H e T [2].
- V. Valori output: $T = T_E$ e $RH = RH_E$.

Il procedimento è valido anche quando RH aria è inferiore a 60%.

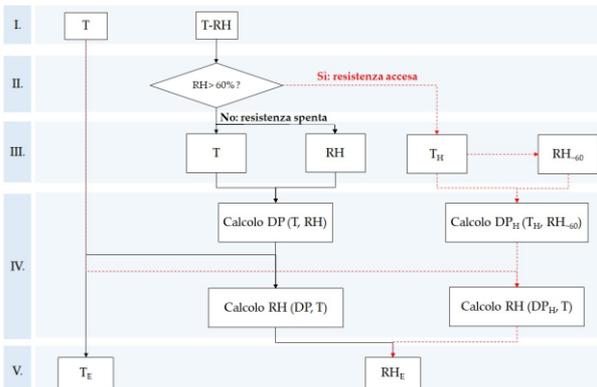


Figura 1. Diagramma di flusso del principio di funzionamento del nuovo sistema.

Sperimentazione

➤ Confronto prestazioni del sistema *versus* termogigrometro di riferimento in laboratorio a condizioni ambientali (Fig. 2).



Figura 2. Sperimentazione in laboratorio: sistema proposto e termogigrometro di riferimento.

➤ Misure in continuo in camera climatica per diversi cicli di T e RH (Fig.3).



Figura 3. Sperimentazione in camera climatica

Frequenza di campionamento impostata a 10 secondi.
Unità di riscaldamento accesa per 2 secondi se RH è superiore del 60%.

Risultati

Per $RH < 60\%$ tutti i valori del sistema sono in accordo con il termogigrometro di riferimento sia per T che per RH (Fig. 4a, b).

Per $RH > 60\%$, quando il sistema non riesce a stabilizzare RH a un valore di 60%, $RH_E \neq RH_{ref}$ a causa di un brusco innalzamento della temperatura di 6°C (Fig. 5).

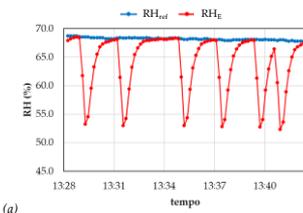


Figura 4. Grafici a dispersione per verificare l'accordo tra il sistema proposto e il termogigrometro di riferimento quando $RH < 60\%$: temperatura (a) e umidità relativa (b).

Per $RH > 60\%$ (Fig. 6), quando $|DP_H - DP_{ref}| < 0.5^\circ C$, $RH_E = RH_{ref}$ il sistema permette di derivare correttamente RH_E .

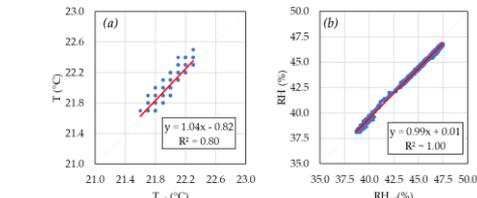


Figura 5. Grafico dell'andamento dei valori raccolti in camera climatica: a) umidità relativa, b) temperatura.

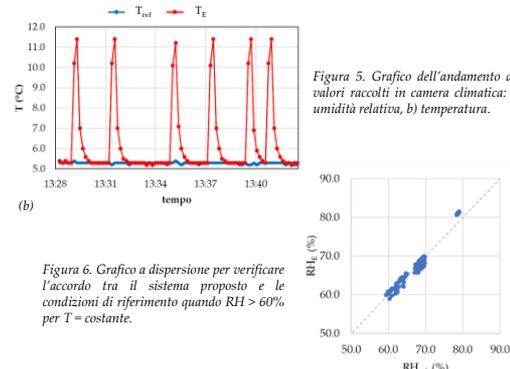


Figura 6. Grafico a dispersione per verificare l'accordo tra il sistema proposto e le condizioni di riferimento quando $RH > 60\%$ per $T = costante$.

Conclusioni

Il sistema testato ha mostrato risultati incoraggianti, pur evidenziando delle criticità legate al **tempo di accensione** dell'unità di riscaldamento e al **tempo di campionamento**, che necessitano di ulteriori sperimentazioni finalizzate al loro superamento.

Riferimenti

[1] Camuffo D. (2018). A method to obtain precise determinations of relative humidity using thin film capacitive sensors under normal or extreme humidity conditions. Journal of Cultural Heritage, 37, 166–169. [2] UNI-EN 16242: 2012 - Conservazione dei beni culturali – Procedure e strumenti per misurare l'umidità dell'aria e gli scambi di vapore tra l'aria e i beni culturali.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Prof.ssa Silvia Masi (Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma) per aver autorizzato l'uso della camera climatica e Giorgio Amico e Giorgio Milani per il loro prezioso supporto tecnico.