

Strålning vid rumstemperatur?

Strålning (1)

Vid temperaturmätning måste man alltid tänka på att värmeflödet beror av ledning, konvektion och strålning. Att strålningen inverkar på värmeflödet vid höga temperaturer är uppenbart. Det är dock inte lika uppenbart att strålningen har stor betydelse även i rumstemperaturområdet. För en vanlig vattenradiator gäller exempelvis att värmeflödet till rummet består av ungefär hälften strålning och hälften konvektion. I den här artikeln kommer vi att diskutera inverkan av strålning på temperaturmätning vid rumstemperatur.

Mätning av lufttemperatur - ett exempel

Vid mätning av lufttemperaturen i ett rum kan strålningen i vissa fall ge ett avsevärt mätfel. Uppvärmningen av rummet antas ske med hjälp av varmluft, vars temperatur är 22°C. Rummet förutsätts vara dåligt isolerat och temperaturen på väggar, tak och golv är därför 15°C. Mitt i rummet hänger en temperaturgivare, men i övrigt är rummet tomt.

Mellan temperaturgivaren och väggarna sker ett värmeutbyte genom strålning. Värmeflödet från givaren till väggarna gör att givarens temperatur sjunker under rumsluftens temperatur. Givaren tillförs nu värme från luften genom konvektion. Temperaturen hos givaren ställer in sig så att värmeflödet genom strålning från givaren till väggarna, \dot{Q}_{str} , blir lika med det konvektiva värmeflödet, \dot{Q}_{konv} , från luften till givaren

$$\dot{Q}_{str} = \dot{Q}_{konv}$$

Givaren visar en temperatur som är lägre än lufttemperaturen, men högre än väggtemperaturen. Hur stort mätfelet blir beror bland annat av väggarnas och luftens temperatur, värmeövergångskoefficienten mellan luft och givare samt väggarnas och givarens strålningsegenskaper.

Värmeutbyte mellan två kroppar genom strålning

För den energi per tidsenhet, \dot{E} (W), som emitteras från ideal svart kropp med arean A (m²) och temperaturen T (kelvin, K) gäller enligt Stefan-Boltzmanns lag

$$\dot{E} = \sigma A T^4$$

där σ är Stefan-Boltzmanns konstant, $5.67 \cdot 10^{-8}$ W/m² K⁴. För verkliga kroppar reduceras energiflödet med det dimensionslösa emissionsförhållandet, ϵ . Några ungefärliga värden på ϵ vid rumstemperatur ges i tabellen nedan

Typ av yta	Emissionsförhållande, ϵ
Polerad aluminium	0.1
Polerat stål	0.1 - 0.2
Rostigt stål	0.7
Trä	0.9
Lackerad metall	0.90 - 0.95

Om två kroppar med temperaturerna T_1 och T_2 ($T_1 > T_2$) utsätts för varandras strålning kan värmeflödet från kroppen 1 till kroppen 2 skrivas

$$\dot{Q}_{12} = \epsilon_{12} \sigma A_1 [(T_1)^4 - (T_2)^4]$$

där, ϵ_{12} är den resulterande emissionskoefficienten som bland annat beror av den aktuella geometrin och kropparnas emissionsförhållanden, ϵ_1 respektive ϵ_2 . För det fall kroppen 2 helt omges av kroppen 1 gäller följande uttryck för ϵ_{12}

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)}$$

I litteraturen finns ϵ_{12} för ett antal andra standardfall samt anvisningar för hur strålningen kan beräknas i övriga fall.

Mätexemplet ovan i siffror

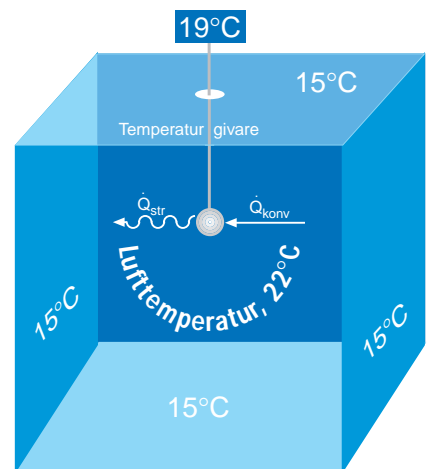
Rummet antas ha storleken 3 m x 4 m x 2.4 m och för givarens yta antas $\epsilon_1 = 0.8$ och för väggytan $\epsilon_2 = 0.9$. Vid beräkning av resulterande emissionsförhållandet ϵ_{12} finner man att det bestäms helt av ϵ_1 , eftersom givarens area A_1 är mycket liten i förhållande till väggarean A_2 ; $\epsilon_{12} = \epsilon_1$. För det konvektiva värmeflödet från luften till givaren gäller

$$\dot{Q}_{konv} = \alpha A_1 (T_{luft} - T_1)$$

Om vi antar att det råder egenkonvektion blir $\alpha = 5.5$ W/m²K. Med $\dot{Q}_{str} = \dot{Q}_{konv}$ och $T_2 = 288$ K finner man nu $T_1 = 292$ K. Temperaturgivaren visar i detta fall en temperatur som ligger 3°C under rumsluftens temperatur, 22°C. Det finns alltså all anledning att kontrollera eventuell inverkan av strålningen, när man mäter i rumstemperaturområdet.

Har du synpunkter eller frågor om Dan Loyds artikelserie kan du nå honom på e-post:

danlo@ikp.liu.se



På grund av strålningsförluster till de kalla väggarna visar temperaturgivaren lägre temperatur än den omgivande luftens.