

Håll termoelementets anslutningsledningar utanför varm zon!

När allt färre tekniker ska sköta och underhålla allt fler olika mätdon blir det inte lätt att hålla reda på hur allt fungerar. Vanliga frågor till Pentronic gäller anslutningsledning och hur den påverkar mätresultatet vid passage av olika temperaturzoner.

Se uppkopplingen i figur 1. Ett termoelement mäter temperaturen i en varmhållningsugn. Anslutningsledningen till termoelementet är dragen genom ett antal avsvältningszoner innan den når en temperaturindikator i rumstemperatur. Termoelement mäter temperaturskillnad mellan mätpunkten i spetsen och anslutningen till indikatorn. Signal eller termoelektrisk spänning (spänning på μV -nivå) bildas bara på de sektioner av termoelementet som ligger i en temperaturgradient som är skild från noll. I figuren är de längderna markerade med röda ringar.

Överallt där temperaturkurvan i diagrammet är horisontell (temperaturgradienten = 0) bildas ingen signal alls. Det normala brukar vara att man kalibrerar termoelementets spets och kalibreringsbadets eller -ugns djup brukar då få avgöra den plats längs spetsen vars egenskaper bestäms, d v s kalibreras. I figuren kan kalibreringsstället mycket väl sammanfalla med den röda cirkeln vid passagen av den isolerade väggen. Bidraget här blir temperaturskillnaden $[\text{°C}]$ gånger termoelementets känslighet $[\mu\text{V}/\text{°C}]$. Med insatta värden ungefär $(120 - 80) \times 40 \mu\text{V}$. Se faktaruta och figur 2.

I termoelementets skarvhylsa (eller kontakter) byts mantelmaterialet i mätspetsen mot anslutningsledning också av typ K som markeras av den gröna färgen på isoleringen. Nu är kabeln i sig sällan kalibrerad så att dess egenskaper framgår av termoelementets provningsprotokoll. Då återstår i brist på annat toleransgränserna i standarden IEC 60584. I temperaturområdet $[0... 120 \text{°C}]$ gäller toleransen $\pm 1,5 \text{°C}$ (klass 1)

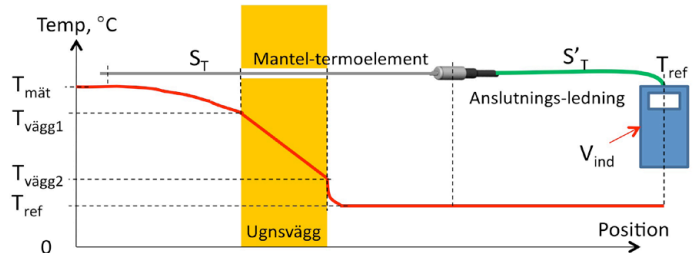
resp. $\pm 2,5 \text{°C}$ (klass 2) för ny ledning. Eftersom temperaturgradienten = 0, och att alltså konstant temperatur råder vid skarvhylsan, påverkas mätvärdet inte här.

Mellan zon 2 och 3 däremot finns en gradient skild från noll vid röda ringen. För att uppskatta det maxfel som kan uppstå via anslutningsledningen kan vi utnyttja toleransgränserna enligt ovan. Om vi exempelvis antar att mätspetsens kalibrering ligger på såg max plustolerans och anslutningsledningen på max minustolerans får vi en skillnad på $\pm 1,5 \text{°C}$, d v s $3,0 \text{°C}$. Om vidare hela längden av anslutningsledningen kommer ur samma tillverkningsbatch kan den anses lika ända fram till indikatorn. Det innebär att termoelementet står för $(120 - 80)/(120 - 20) = 40/100$ av mätresultatet som är riktigt enligt kalibreringen och ledningen står för resten $(80 - 20)/(120 - 20) = 60/100$. Alltså kommer felet som ledningen orsakar att inverka med 60 % på mätresultatet. I vårt fall (klass 1) betyder det att maxfelet blir $60 \times 3,0/100 = 1,8 \text{°C}$ vilket borde synas tydligt på en indikator med 0,1 graders upplösning även om inte maxläget uppnås.

Skulle anslutningsledningen från zon 2 till indikatorn bestå av olika slumpmässiga materialsammansätt-

ningar inom termoelementtypen blir maxfelet i samma storleksordning som ovan om gradienterna i skarvarna är likartade. Så länge vi räknar på maxfel uppstår inga ökande fel, snarare minskande. Man kan tänka sig olika sätt att anta maxfelens storlek.

Det är dock viktigast att man helt och hållet undviker att förlägga okalibrerade anslutningsledningar i zoner med förhöjd temperatur. Låt det kalibrerade termoelementets spets täcka så mycket som möjligt av temperaturgradienterna över rumstemperatur. Därmed slipper du fundera så mycket över anslutningsledningens felbidrag och kan ägna dig åt viktigare uppgifter.



Figur 2. Generell bild för var i en termoelementkrets som temperatursignal bildas. Noggrannast mätning får man om temperaturgradienterna endast ligger längs det kalibrerade termoelementets utsträckning.

Har du synpunkter eller frågor kontakta Hans Wenegård: hans.wenegard@pentronic.se

FAKTARUTA

Generell beräkning av summasignalen från ett termoelement. Exemplet gäller ett manteltermoelement som är instuckt i en ugn. Den röda kurvan i figur 2 visar temperaturfördelningen längs termoelementet som via en anslutningsledning är kopplat till en temperaturindikator.

Den generella formeln för utsignalen ur termoelement lyder:

$$V_{\text{IND}} = S_T (T_{\text{MÄT}} - T_{\text{REF}}), \quad (1)$$

där

V_{IND} = Termo-emk-spänning i indikatorn $[\text{°C}]$

S_T = Seebeckkoefficienten för termoelementet $[\mu\text{V}/\text{°C}]$

$T_{\text{MÄT}}$ och T_{REF} = mätpunktens respektive referensställets temperaturer $[\text{°C}]$. Referensställets temperatur kan vara densamma som omgivningstemperaturen men är det inte alltid.

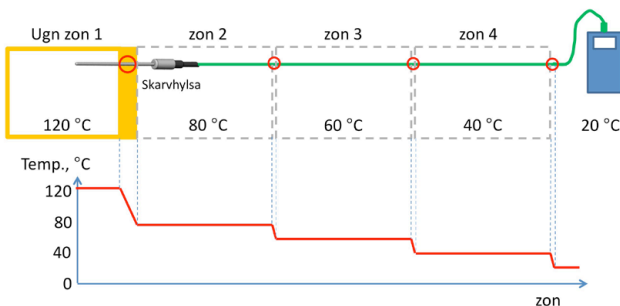
Ekvation (1) tillämpad på figur 2 ger efter uppdelning enligt lodräta strecken, där S'_T är den okända (okalibrerade) seebeckkoefficienten för anslutningsledningen och $(T_{\text{REF}} - 0)$ indikatorns kompensering för referensställets temperatur:

$$V_{\text{IND}} = S_T \{ (T_{\text{MÄT}} - T_{\text{VÄGG1}}) + (T_{\text{VÄGG1}} - T_{\text{VÄGG2}}) + (T_{\text{VÄGG2}} - T_{\text{REF}}) \} + S'_T \{ (T_{\text{REF}} - T_{\text{REF}}) + (T_{\text{REF}} - 0) \} \quad (2)$$

$$V_{\text{IND}} = S_T (T_{\text{MÄT}} - T_{\text{REF}}) + S'_T T_{\text{REF}} \quad (3)$$

Om i ekvation (3) $S_T = S'_T$, blir $V_{\text{IND}} = S_T T_{\text{MÄT}}$ där man kan lösa ut $T_{\text{MÄT}} = V_{\text{IND}} / S_T$

Om $S_T \neq S'_T$, uppstår ett mätfel. I figur 2 finns ingen temperaturskillnad över anslutningsledningen. Därmed introduceras ingen spänning över denna. Se näst sista termen i ekvation (2) som är noll.



Figur 1. Ett kalibrerat termoelement mäter temperaturen i en ugn. Dess anslutningsledning passerar ett antal zoner med olika temperatur på vägen till temperaturindikatorn. Hur påverkas mätvärdet av detta?