

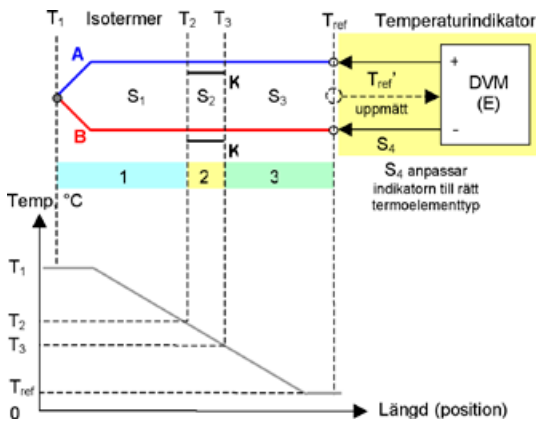
# Avvikande material skarvar mätfelet

**Varför är det så viktigt att termoelement skarvas med lika material från mätpunkt till instrumentanslutning? Hur kan temperaturskillnader på ett fåtal grader utefter en skarvad kabel ge mätfel som är av samma storlek? Frågorna är vanliga och här följer en analys med förklaringar.**

Pt100 resistanstermometrar, termistorer och många andra givartyper har en känslkropp vars resistans är ett mått på temperaturen i denna. Termoelementet däremot har den ovanliga egenskapen att signalen inte alstras i en mätpunkt. Istället är det hela längden mellan mätpunkt och referensstället som genererar signalen. Anledningen är att termoelement mäter temperaturskillnaden mellan dessa punkter. Jämför den engelska benämningen thermocouple som antyder två mätpunkter. Temperaturskillnaden ( $^{\circ}\text{C}$ ) multiplicerad med termoelementets känslighet ( $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) ger en spänning som utsignal ( $^{\circ}\text{C} \cdot \mu\text{V}/^{\circ}\text{C} = \mu\text{V}$ ).

Dessutom kan man dela upp termoelementet i ett antal delsträckor och summera produkten av aktuell känslighet  $S_n$  och temperaturskillnad ( $T_n - T_{n+1}$ ) från alla delsträckor ( $n$ ) till den totala utsignalen  $E$  från termoelementet. Se figur 1.

$$E = S_1 (T_1 - T_2) + S_2 (T_2 - T_3) + S_3 (T_3 - T_4) + \dots \quad (1)$$



Figur 1. Mätrets med oskarvat termoelement AB från mätpunkt till indikator. Alternativt är här sträckan i position 2 bruten och skarvad med koppartrådar (K) vilket ger mätfel. Inverkan av koppar i sträckorna 1 och 3 framgår av texten.

För figur 1 gäller enligt uttrycket (1):

$$E = S_1 (T_1 - T_2) + S_2 (T_2 - T_3) + S_3 (T_3 - T_{ref}) + S_4 (T_{ref} - 0) \quad (2)$$

där  $S_3 T_{ref}$  och  $S_4 T_{ref}$  är referenstemperaturens spänning respektive motsvarande uppmätta temperaturspänning som vid termisk jämvikt ska balansera ut varandra. Det kallas också för kompensering för kalla lödställets temperatur. Vid korrekt inkoppling är vidare termoelementtrådarna tagna ur samma rulle varför  $S_1 = S_2 = S_3$  och ekvation (2) reduceras till

$$E = S_1 T_1 \quad (3)$$

där  $T_1 = E/S_1$  ger den önskade temperaturen vid mätpunkten.

Om vi nu relaterar känsligheten eller seebeckkoefficienten  $S$  till ingående trådar A och B i termoelementet kan vi använda beteckningen  $S_{AB} = S_A - S_B$  d v s skillnaden mellan trådarnas egna absoluta känsligheter.

## Kopparskarv ger fel

I nästa exempel skarvar vi det avbrutna termoelementet AB i position 2 med kopparledare (K). Insättning i ekvation (2) och byte av beteckningar  $S_1 = S_{AB}$  o s v ger:

$$E = S_{AB} (T_1 - T_2) + S_{KK} (T_2 - T_3) + S_{AB} (T_3 - T_{ref}) + S_{AB} (T_{ref} - 0) \quad (4)$$

I ekvation (4) ser vi att relativa känsligheten för kopparledningen  $S_{KK} = S_K - S_K = 0$  vilket ger uttrycket (5):

$$E = S_{AB} [T_1 - (T_2 - T_3)] \quad (5)$$

Här kan vi konstatera en avvikelse mot ekvation (3). Den önskade temperaturen  $T_1$  har i ekvation (5) reducerats med temperaturskillnaden ( $T_2 - T_3$ ) som är belägen just över kopparskarven. Skulle skillnaden vara  $5^{\circ}\text{C}$  sjunker alltså mätvärdet också med  $5^{\circ}\text{C}$ . Råkar  $T_2 = T_3$  försvinner feltermen.

Man kan roa sig med att byta ut delarna 1 och 3 i tur och ordning mot kopparledare. Det är bara att ersätta  $S_{AB}$  med  $S_{KK}$ , som är noll, och se vad som blir kvar av ekvation (4). Byte av del 1 innebär att mätpunkten flyttas till isotherm  $T_2$ . Byte av del 3 betyder att det

verkliga referensstället  $T_{ref}$  flyttas till isothermen  $T_3$  medan kompenseringen för referensstället  $T_{ref}$  ligger kvar i indikatorns terminal. Temperaturskillnaden går rakt in som mätfel.

I verkligheten har man sällan samma isotermer genom båda ledarnas skarvpunkter. De blandtermer som uppstår ändrar oftast felets storlek marginellt.

I praktiken kan dessa fall inträffa utan att man tänker på det. Skarvning kan ske med plintar, kontakter och krokodilklämmor i kopparmaterial eller genom signalomkopplare. Genomföringar till ugnar och liknande får absolut inte göras med lika material, koppar eller annat, i båda ledarna. I ugnsväggar är temperaturskillnaden oftast avsevärd och felet blir lika stort.

## Rekommendationer

Med utgångspunkt från ekvation (5) kan följande åtgärder rekommenderas i turordning:

1. Använd obrutet termoelement i samma material och helst från samma rulle hela vägen ut ur temperaturzonen. Betecknas t ex K eller KX. Beteckningar se StoPextra 1-97 på [www.pentronic.se/stopextra](http://www.pentronic.se/stopextra).

2. Då skarvning trots allt måste ske använd termoelementmaterial K eller KX. Exempelvis kontakter kan även innehålla KC. Undvik att lämna glipor med annat material. Lägg omlott i plintar och skarvlistor eller bara från ena hållet.

3. Exempelvis signalomkopplare är sällan utförda i termoelementmaterial. Här måste man inrikta sig på lika temperatur i skarvområdet. Kapsla därför omkopplaren i metall-dosa eller liknande som jämnar ut temperaturen runt om. 

Plintar monterade på DIN-skena i skåp utgör en typisk risk för mätfel när sådana med kopparledare används för att ansluta termoelementen. Skillnadstemperaturen över plinten tas inte upp av termoelementkretsen och blir till mätfel.

Synpunkter och frågor är välkomna till: [hans.wenegard@pentronic.se](mailto:hans.wenegard@pentronic.se)