

Termoelement mäter till spetsen men inte i spetsen

Termoelementets funktion är speciell eftersom det mäter temperaturen mellan sina ändpunkter, till skillnad från motståndsgivare vars "punktformiga" resistans ger en entydig temperatursignal. Termoelementet kan därför, då signalen inte blir den förväntade, utsätta den oinvidige användaren för onödigt besvärlig felsökning.

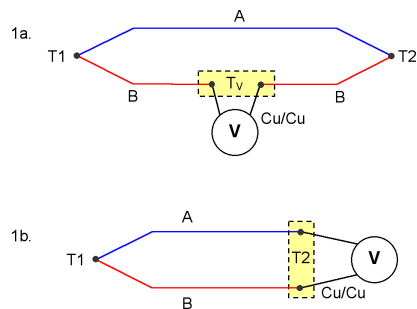
Grundläggande för termoelementet är att det egentligen består av två mätpunkter. Se figur 1a. Om övergångarna till voltmeterns kopparledare (Cu/Cu) håller lika temperatur, inverkar voltmeterkretsen ej på mätresultatet som är skillnaden mellan mätpunkternas temperaturer. Materialkombinationen A och B i ledarna ger termoelementet en temperaturkänslighet, seebeck-koefficient, S_{AB} , som anges i $\mu V/^\circ C$. Temperaturskillnaden gånger känsligheten ger mätsignalen

$$V = S_{AB} (T1 - T2) \quad (1)$$

där referenspunktens temperatur (T2) placeras i nollgradigt isbad eller kompenseras bort elektroniskt för att mätpunktens signal ska bli lättbegriplig ¹.

Två mätpunkter

Öppna sedan t ex mätpunkt T2 och placera voltmetern där. Nu känner vi igen den vanliga termoelementkretsen med mätpunkt (T1) och referenspunkt (T2) som ihopfogas via voltmetern ². Se figur 1b. Formeln (1) gäller även här och kan uttryckas som att känsligheten multipliceras med netto-temperaturskillnaden över



Figur 1a och 1b. Termoelementet har alltid två mätpunkter. Anslutningarna till voltmeterns koppartrådar måste hålla samma temperatur, vara isoterma.

termoelementets längd. Villkor är då att S_{AB} är lika hela vägen, vilket kräver homogent material, dvs precis samma material-sammansättning utefter hela längderna. För att kunna hantera varierande temperaturer och material längs termoelementet är det tillåtet att dela upp ekvation (1) i delar vars spänning summeras. Lämpligt för uppdelning är temperaturfördelningens (=gradientens) brytpunkter och där känsligheten ändras p g a kontakter, skarvkabel etc.

Se exemplet i figur 2. I figuren finns 11 zoner avdelade av antingen krökar i temperaturkurvan eller olika material. Hela uttrycket för summan av zonernas termospänningar visas i figur 2, formel (2). Ur (1) framgår att känsligheten och temperaturskillnaden båda måste vara skilda från noll för att respektive zon ska kunna ge ett bidrag. Zonerna 3-6, 9 och 11 har noll temperaturskillnad (gradienten=0) och ger noll bidrag ^{3,4}. Följande signalbidrag återstår:

$$V = S_1[(T1-T2) + (T2-T3)] + S_4[(T7-T8) + (T8-T9) + (T10-T11)]$$

hyfsning ger

$$V = S_1[(T1-T3)] + S_4[(T7-T9) + (T10-T11)]$$

och med insatta värden ur figur 2 fås:

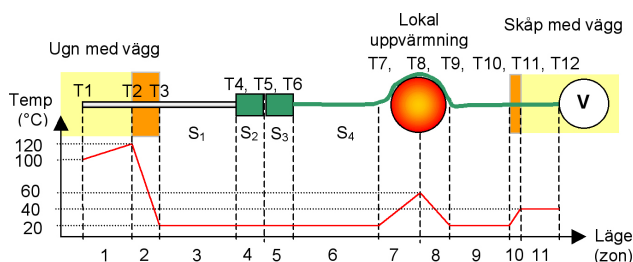
$$V = S_1[(100-20)] + S_4[(20-20) + (20-40)]$$

vilket visar att lokal uppvärmning av termoelementledning inte påverkar mätresultatet bara zon 7 och 8 består av lika material.

$$V = 80 S_1 - 20 S_4 \quad (3)$$

Mätpunkten bidrar inte

Om $S_2 = S_4$, dvs homogent material hela längden, visar voltmetern 60 grader som är nettoskillnaden i temperatur mellan mätpunkt och referensställe. Kompensering för referens-temperaturen, 40 °C i skåpet, skulle adderas till nettot av en komplett temperaturindikator ¹.



$$V = S_1 [(T1-T2)+(T2-T3)+(T3-T4)] + S_2 [(T4-T5)] + S_3 [(T5-T6)] + S_4 [(T6-T7)+(T7-T8)+(T8-T9)+(T9-T10)+(T10-T11)+(T11-T12)] \quad (2)$$

Figur 2. Exempel med termoelement som mäter i ugn. Temperaturfördelningen (gradienten) från mätspets till voltmeter kan delas in i 11 zoner beroende på materialskillnader och/eller temperaturförändringar. Zon 3-6, 9 och 11 ger noll bidrag eftersom temperaturskillnaderna är noll där. I verkligheten är temperaturkurvans krökar inte tvåra men ovanstående analysprincip räcker oftast.

Här framgår alltså att signalen byggs upp längs hela termoelementkretsen där gradienten lutar. Själva mätpunkten tjänstgör bara som elektrisk förbindelse och genererar ingen spänning. Däremot summeras signalbidragen fram till mätpunkten.

Om S_4 avviker från S_1 , normalt kalibreras givardelen, beror mätfelet på avvikelens storlek ¹. Genom att ventilera instrumentskåpet till rumstemperatur undviker man problemet helt. Annars viktas avvikelserna i S_4 in i förhållande till sin andel av signalen, se (3) som är $20/(80+20)$, dvs 20%. Om avvikelserna är 0,5 °C blir andelen 0,1 °C som nätt och jämnt kommer att synas vid 0,1 grads upplösning på displayen. Det här är orsaken till att de snarlika termoelementtyperna J/L, T/U samt R/S, kring rumstemperatur, parvis kan kopplas till motsatt skarvmaterialtyp utan problem. L och U betecknar äldre DIN-varianter av IECs J resp. T. Undvik att placera annat än homogena material i de varma zonerna. I figur 2 är installationen riktig då skarvdetaljerna ligger i konstant rumstemperatur.

Noter. Förklaringar se tidigare StoPextra som finns arkiverade under Kundtidning på www.pentronic.se.

¹ 2000-6 sid 4, ² 2006-1 sid 4, ³ 2000-2 sid 4, ⁴ 2006-5 sid 4

Synpunkter och frågor är välkomna till: hans.wenegard@pentronic.se