

”Kalla lödstället” felkälla vid simulering av termoelement

Vid kalibrering av mätkanaler kopplas givaren bort och ersätts med en elektrisk signalkälla. För termoelement som mäter temperaturskillnad är omgivningstemperaturen och ”kalla lödstället” en komplicerande företeelse. Vad bör man tänka på?

Termoelement mäter temperaturskillnad enligt uttrycket

$$E_{DVM} = S_{AB} (T_1 - T_2) \quad (1)$$

Se figur 1. För att den temperatur man önskar mäta ska visas på displayen krävs att båda mätpunkternas temperaturer T_1 och T_2 är kända. I annat fall ser man bara skillnadstemperaturen $T_1 - T_2$, t ex 100 °C respektive 20 °C (rumstemperaturen) och läser av 80 °C . S_{AB} är seebeckkoefficienten eller känsligheten som mäts i $\mu\text{V}/\text{°C}$ och den har olika värde beroende på termoelementtyp och är dessutom något olinjär med temperaturen.

Eliminera referensspänningen

Vanligtvis kompenserar man elektroniskt för referensställets temperatur. Genom att mäta upp referenstemperaturen T_2' och addera motsvarande spänning till kretsen, se ekvation (1), balanseras T_2 bort enligt följande:

$$E_{DVM} = S_{AB} (T_1 - T_2 + T_2') \quad (2)$$

Under förutsättning att $T_2 = T_2'$ kan vi lösa ut T_1 ur ekvation (2). Det är mycket viktigt att den verkliga referenstemperaturen, T_2 , överensstämmer med den uppmätta, T_2' . Om inte går skillnaden

rakt in i mätvärdet vilket framgår av ekvation (2). Överensstämelsen ställer krav på stark termisk koppling mellan referensställe och den interna givaren som ska mäta där. Påkostade indikatorer brukar ha sina terminaler inkapslade i metall för att hålla temperaturen konstant. Enklare instrument är ofta försedda med en plastkontakt med hylsor av koppar för att kunna hantera olika termoelementtyper. Viktigt är då att den interna givaren är limmad mot eller inbördad i plasthöljet och inte sitter på kretskortet omgiven av luft.

Referensgivare kan vara av olika kvalitet, hela spannet från diod till Pt100 eller Pt1000. Kalibrering av indikatorer görs i allmänhet i 23 °C . Annan omgivningstemperatur vid mätningen ger fel som ökar med avvikelsen - ju enklare givare och större tolerans desto större avvikelse i avläsningen.

Kalibrera rätt

För kalibrering av en mätkedja med bortkopplat termoelement behöver motsvarande temperatursignal simuleras elektriskt. Se figur 2. Uttrycket för E_{DVM} det avlästa värdet på digitalvoltmetern, ger en bild av vad som gäller för olika anslutningsformer:

$$E_{DVM} = V_{SIM} - S_{AB} [T'_{SIM} + (T_{SIM} - T_{REF}) + T'_{REF}] \quad (3)$$

Simulatorn ger en valbar stabil spänning V_{SIM} . Simulatorns signal T_{SIM} motsvarar mätpunkten T_1 i figur 1 och adderar spänning till den genererade V_{SIM} . V_{SIM} är oftast hämtad ur tabeller där det förutsätts att referenspunkten håller 0 °C . Alltså måste referenspunkten, som här motsvarar T'_{SIM}

balanseras bort av den uppmätta temperaturen T'_{SIM} . Mellan instrumenten förs simulatorsignalen via anslutningsledning för termoelement typ A/B. Indikatorn mäter precis som i figur 1 skillnadstemperaturen $T_{SIM} - T_{REF}$ där T_{REF} måste balanseras bort av T'_{REF} . Om vi nu hyfsar ekvationen och förutsätter att $T'_{SIM} = T_{SIM}$ och $T'_{REF} = T_{REF}$ var för sig får vi inom hakparentesen:


$$[-T_{SIM} + T_{SIM} - T_{REF} + T_{REF}] = 0 \quad (4)$$

$$E_{DVM} = V_{SIM} \quad [\text{V}] \quad (5)$$

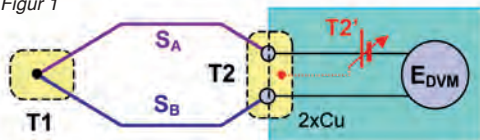
Digitalvoltmetern mäter den inställda spänningen på simulatorvoltmetern. Dividerar man båda sidor med seebeckkoefficienten får man likheten i °C . Simulator och indikator kan placeras i olika temperaturer och kalibreringen fungerar ändå. Begränsningarna sätts av instrumenspecifikationerna och inte minst den tid det tar för instrumenten att anta sin omgivningstemperatur.

Kopparkabel

Om man lägger in villkoret att $T'_{SIM} = T_{SIM} = T'_{REF} = T_{REF}$ blir ekvation (4) åter noll. Vi får ingen temperaturskillnad över skarvkabeln och då, men bara då, kan man använda vanlig kopparledning. Om någon temperatur avviker uppträder motsvarande felvisning eftersom $S_{AB} = 0$ för kopparledare.

Har man ingen spänningsimulator med kompenseringskrets kan man klara sig med en spänningskälla och ett isvattenbad. Se figur 3. Man får då omak att räkna om μV till °C för simulator. 

Figur 1

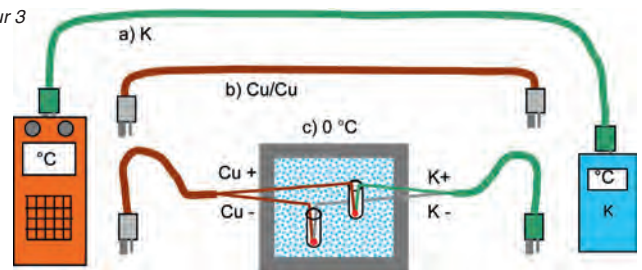


Figur 1. Här är T_1 mätpunkt och T_2 referensställe. Digitalvoltmetern visar $E_{DVM} = S_{AB} (T_1 - T_2)$ som alltså även varierar med T_2 , normalt rumstemperaturen. T_2 kan mätas upp som T_2' och kan på så vis balansera bort T_2 : $E = S_{AB} (T_1 - T_2 + T_2')$ förutsatt att $T_2 = T_2'$. Här symboliseras detta med en variabel spänning styrd av T_2' (rödfärgat).

Figur 2



Figur 3



Figur 3. Praktiska exempel på inkoppling av simulator till indikator:
a) Korrekt inkoppling av simulator (orange) till indikator (blå) som ska kalibreras. Jämför figur 2.
b) Kopparkabel fordrar lika omgivningstemperatur vid simulator och indikator.
c) Simulatorn kan ersättas med en ren spänningskälla om övergången till termoelementindikatorn placeras i ett isbad.

Figur 2. Kompenseringskretsar i båda apparaterna gör att de kan fungera i olika omgivningstemperaturer. Man måste vänta tills temperaturstabilitet uppnåtts innan simuleringen kan utföras vilket kan dröja åtskilliga minuter.

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