

Vässa temperaturmätkedjan för bättre noggrannhet

En vanlig mätkedja för temperatur med Pt100-givare kan ha en mätosäkerhet på $\pm 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ under givna förutsättningar. Vi ska här se hur man stegvis kan minska mätosäkerheten ned till åtminstone $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ genom att vidta några olika åtgärder.

En normal mätkedja för lägre processtemperaturer upp till exempelvis $160 \text{ }^\circ\text{C}$ är ofta bestyckad med Pt100-givare som ansluts till en transmitter i vidstående elskåp. Se figur 1, mätkedja 1 och 2. Elektroniken omvandlar signalen till 4-20 mA ström för vidare transport till analog/digital-omvandlare (A/D) och anslutning till ett överordnat styrsystem.

Vidare framgår att givaren är tretrådskopplad till transmittern. Kalibrering har inte gjorts utan man förlitar sig på att givaren är av klass A enligt standarden IEC 60751, d v s $\pm 0,15 \text{ vid } 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Vid intervallets övre gräns $160 \text{ }^\circ\text{C}$ blir då toleransen $\pm 0,47 \text{ }^\circ\text{C}$. Osäkerheten i transmittern kan på grund av temperaturdrift vid förhöjd skåptemperatur bli $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ över hela mätområdet.

Vid A/D-omvandlingen i nästa steg blir mätosäkerheten ca $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, vilket gäller alla A/D-omvandlingar i figur 1. Väl i digital form uppstår inga fler fel på mätvärdet.

Pt100 treledare osäkra

Men, vi har en osäkerhet kvar i analoga kedjan som man inte kan bortse ifrån och det är svagheten i tretrådskopplingen. Den består av skillnaden mellan resistanserna i ledningens tre trådar och övergångsmotstånden i skruvplintar

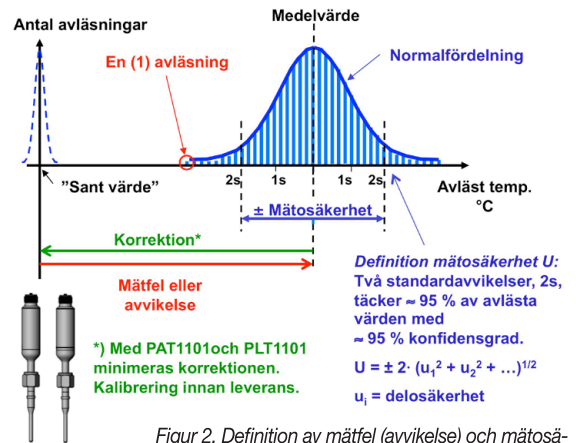
och andra skarvpunkter på vägen från Pt100-resistorn till transmittern. Ledningsmotståndet kan kalibreras bort men långsam oxidering av kontaktpunkterna ändrar förhållandena över tid, särskilt i besvärlig processmiljö. Treledarkopplingen kräver nämligen att alla tre förbindelserna ska ha lika resistans. Varje skillnad går in som mätfel. Egentligen gäller det den vita och en av de röda ledarna men eftersom de röda är två kan man inte avgöra vilken som är den kritiska och för att vara säker måste man se till att alla har lika resistans. Vi har utgått från $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ mätfel men i dålig miljö kan felet klättra upp till åtminstone ett par grader med tiden.

Genom att addera delosäkerheterna (u_i) enligt reglerna för mätosäkerhetsberäkning (se figur 2) får vi i intervallgränserna följande osäkerheter: $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ger $\pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ respektive $160 \text{ }^\circ\text{C}$ ger $\pm 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Osäkerhet på grund av mätspetsens utförande tillkommer eftersom det kan variera med mätuppgiften.

Mätkedja 2 är försedd med en okalibrerad fyrledarkopplad Pt100 samt en analog transmitter Pentronic PAT1201 för DIN-skena med förbättrade egenskaper: $\pm 0,25 \text{ }^\circ\text{C}$ osäkerhet i båda intervallgränserna. Totala osäkerheten blir $\pm 0,4 \text{ resp } \pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ vid gränserna. Fyrledarkopplingen eliminerar helt treledarens långtidsdrift.

Samkalibrering minimerar fel

Mätkedja 3 består av en ihopbyggd givare och transmitter med analog utsignal som har samkalibrerats vid leverans. Därmed snävar man in ordentligt på toleransgränserna som man använt i Mätkedja 1 och 2. Transmittern innehåller både



Figur 2. Definition av mätfel (avvikelse) och mätosäkerhet. Mätfelet kan minimeras vid samkalibreringen av integrerad givare och transmitter.

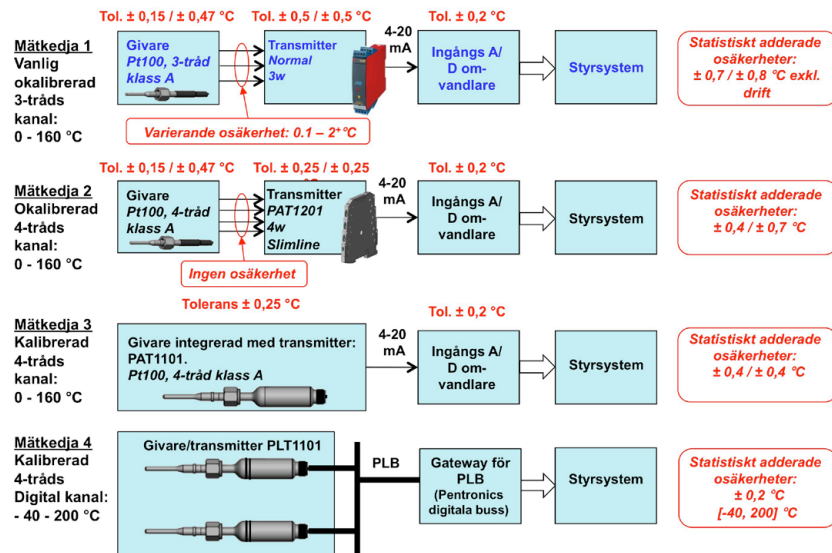
A/D- och D/A-omvandlare. Osäkerheten blir här $\pm 0,25 \text{ }^\circ\text{C}$. Också mätfelet elimineras i och med samkalibreringen. Totala osäkerheten exklusive mätspets sjunker till $\pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Mätkedja 4 i figur 2 bygger på givare och transmitter från den analoga Mätkedja 3 vars A/D-omvandlare kopplats till en egen digital mätbuss PLB (Pentronic Low-power Bus) som via en gateway kan kopplas till de flesta bussystem på marknaden. Genom samkalibrering av givare och transmitter samt digital överföring direkt till överordnat styrsystem sjunker osäkerheten till $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ vid båda intervallgränserna som här kan utsträckas till $[-40, 200] \text{ }^\circ\text{C}$.

Pressa till $\pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$

Osäkerhetsnivån gäller som tidigare utan hänsyn till mätspetsens egenskaper. Samkalibreringen görs i två temperaturer. Pt100-resistorn är inte helt linjär. En liten andragradsterm, i sambandet resistans som funktion av temperatur, ger en krökning som man kan kompensera med en trepunktskalibrering. Då kan osäkerheten pressas ned mot $\pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ över hela intervallet. Kalibrering av tre punkter leder visserligen till mer manuellt kalibreringsarbete men kan automatiseras när kravet på ökad mätnoggrannhet blir aktuellt hos flera användare.

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



Figur 1. Figureerna visar hur mätkedjan kan vässas från mätosäkerhet $\geq 10,81 \text{ }^\circ\text{C}$ ned till $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Med ytterligare kalibreringspunkter kan Mätkedja 4 pressas ned mot $\pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$. I alla fallen tillkommer osäkerheter på grund av mätspetsens utformning och installation.