

# Temperaturmätning för nybörjare (1)

## Val av temperaturgivare

Hur väljer man temperaturgivare? Vilken temperaturgivare är bäst lämpad för att lösa den uppgift som jag står inför? Dessa frågor återkommer varje dag i våra kundkontakter, och vi får också förfrågningar om att ta upp dessa frågor i StoPextra. Elementärt, kan någon tycka, men långt ifrån alla våra läsare har haft möjlighet eller anledning att följa den utdragna kurs som tekniksidorerna i denna tidning faktiskt utgör. Pentronic saluför givare av alla de typer som förekommer i denna artikel och har ingen anledning att framhålla någon framför någon annan. Det är kundens behov, givarens egenskaper och mätsituationen som avgör valet.

### Typer och mätområden

De temperaturgivare som främst är intressanta för industriellt bruk är termoelement, resistanstermometrar, termistorer och strålningspyrometrar. De två förstnämnda har fördelen av att i de flesta fall vara standardiserade och därmed utbytbara - om vi ersätter en givare med en annan med samma specifikationer kan vi förvänta oss en närmast identisk utsignal.

|                      |          |         |
|----------------------|----------|---------|
| Termoelement         | -200°C - | +2200°C |
| Pt 100               | -200°C - | +600°C  |
| Termistorer          | -200°C - | +600°C  |
| Strålningspyrometrar | -50°C -  | +3000°C |

### Termoelement

Termoelementet mäter temperaturskillnaden mellan spetsen (mätpunkten) och anslutningspunkten (referensstället). Om man använder skarvkablage mellan mätpets och anslutningspunkt kan kablaget påverka mätningen om det utsätts för temperaturskillnader.

Termoelementet är oömt och innehåller normalt inga lösa delar. Det förekommer i form av

- termoelementtråd
- mantelmaterial där trådarna ligger åtskilda och isolerade av hårt packad magnesiumoxid med ett hölje av stål. Påminner närmast om

ståltråd och finns i dimensioner med en diameter på mellan 0,5 och 10 mm.

- grova trådar instuckna i keramiska kutsar, s k utbyteselement

Utsignalen beror av materialet i trådarna som måste vara homogent för att signalen ska vara tillförlitlig. En annan felkälla är att trådar som ligger öppet exponerade kan reagera med omgivningen och därmed få förändrade egenskaper, vilket givetvis påverkar mätningen. Känsligheten är omkring 40  $\mu\text{V}$  per  $^{\circ}\text{C}$  vilket även kallas seebeckkoefficient. Den varierar olinjärt över temperaturskalan för de flesta termoelement. Det finns ett flertal typer av termoelement med bokstavsbezeichnung som B, J, K, N, S och



Att mäta temperatur är ett precisionsarbete som förutsätter noggrannhet också vid tillverkningen av temperaturgivarna.

T, där typ K och N numera är de vanligast förekommande under 1000 $^{\circ}\text{C}$ .

Under 200 $^{\circ}\text{C}$  mäter termoelement med en noggrannhet bättre än ca  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , men över 200 $^{\circ}\text{C}$  kommer det in felkällor som t ex Short Range Ordering, SRO, som kan ge mätfel på 3 - 5  $^{\circ}\text{C}$  hos typ K. Vid temperaturer kring 1000 $^{\circ}\text{C}$  kan man få stora fel efter relativt kort drifttid. Kalibreras termoelementet i temperaturer under 200 $^{\circ}\text{C}$  kan man uppnå noggrannheter på  $\pm 0,1 - 0,2^{\circ}\text{C}$ .

### Pt 100

Pt 100 är en resistanstermometer där man utnyttjar det faktum att metaller ändrar resistans med temperaturen. Pt 100 står för att resistansen är av platina och att den genererar 100  $\Omega$  vid 0 $^{\circ}\text{C}$ . Valet av platina beror på att det är den metall som uppvisar den största lagbundenheten och har de mest förutsägbara elektriska egenskaperna. Pt 100-givarens resistans vid 100 $^{\circ}\text{C}$  är 138,5  $\Omega$ , vilket innebär att resistansförändringen per grad är 0,385  $\Omega$ , ett värde som ibland kallas alfa-värde.

En avgörande skillnad mot termoelementet är att Pt 100 behöver en excitationström, normalt ca 0,25-1 mA. Denna matning krävs för att man ska kunna mäta motståndet över kretsen. En nackdel är att strömmen bidrar till att värma upp givaren, s k egenuppvärmning, vilket kan ge mätfel på  $\pm 0,01 - 0,1^{\circ}\text{C}$ .

Det finns åtminstone tre typer av konstruktioner för Pt 100 mätelemt:

- med delvis fritt upphängd platinatråd som ger den största noggrannheten
- bobinlindade varianter där tråden säkrats mot stommen för bättre tålighet mot vibrationer. Nackdelen är ett fenomen kallat hystereres, där bobinens och trådens olika utvidningskoefficienter leder till trådtöjning vilket förändrar termometerns egenskaper och ger därmed mätfel
- Filmmotstånd där platinamassa fästs vid ett substrat. Med laser skär man ut ett mönster i platinaskiktet, ett mönster som motsvarar platinatråden i de tidigare exemplen. Dessa mätelemt är lätta att fästa på ytor, men drabbas även de av hystereres med åtföljande mätfel.

Pt 100-givaren är i det närmaste linjär mellan 0 $^{\circ}\text{C}$  och 150 $^{\circ}\text{C}$  inom  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Jämfört med ett termoelement av liknande dimension ger Pt 100-givare längre svarstider, men kan ha en noggrannhet på  $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$  eller bättre vid 0 $^{\circ}\text{C}$ . Osäkerheten ökar med temperaturen till samma nivåer som för termoelement, men Pt 100-givarna är mer förutsägbara i sina avvikelser än termoelementen som kan variera godtyckligt inom

Fortsättning på sidan 2

Fortsättning från sidan 1.

(och utanför!) toleransgränserna.

Den trådlindade Pt 100 har en årsstabilitet på ca  $\pm 0,01^\circ\text{C}$  om den inte utsätts för mekanisk påverkan. Under förutsättning att den kalibreras kan driften kontrolleras. Pt 100 rekommenderas inte för temperaturer över  $600^\circ\text{C}$  på grund av att höljet och stommen börjar bli ledande vid denna temperaturnivå.

### Termistorer

För termistorer finns ingen standardisering, utan egenskaperna är fabriksberoende. Principen är att termistorns resistans varierar med temperaturen och resistansförändringarna per grad är ofta betydligt större än för Pt 100-givare. Det finns två typer av termistorer - en med negativ temperaturkoefficient, NTC, där resistansen minskar med stigande temperatur, och en med positiv, PTC, där resistansen stiger med ökad temperatur. Nominellt resistansvärde brukar anges vid  $25^\circ\text{C}$ .

Termistorns fördel är de stora skillnaderna i resistans per grads temperaturförändring vilket gör det lätt att detektera temperaturskillnader samt dess kompakta format. Nackdelen är att den inte är lämpad för att mäta absoluta temperaturer vilket beror på den stora spridningen av egenskaperna vid tillverkningen. De sorteras efter kvalitet och för den som vill ha en noggrannhet som

är jämförbar med en Pt 100-givare blir priset ungefär detsamma. Termistorn är dessutom kraftigt olinjär över temperaturskalan och drabbas även den av egenuppvärmning i storleksordningen  $0,1 - 0,5^\circ\text{C}$ .

### Strålningspyrometrar

Strålningspyrometern är ett instrument för beröringsfri mätning – till skillnad från termoelement, Pt 100-givare och termistorer som kräver kontakt med den kropp som skall mätas. Via optik leds värmestrålningen från en kropp in i pyrometern där den kan mätas med hjälp av termoelement, termistor eller annan värmekänslig detektor.

Det stora problemet när man använder



Grunden för säker mätning är att veta vilken givare som passar för uppgiften.

sig av strålningspyrometri är störningarna i form av reflekterad och transmitterad värmestrålning. Man vet aldrig hur stor del av värmestrålningen från mätobjektet som har sitt ursprung där.

Emissionsfaktorn -  $\epsilon$  - anger andelen egenutstrålad energi. Om all värmestrålning kommer från mätobjektet är  $\epsilon = 1$ , om ingen strålning härrör därifrån, t ex vid mätning på en blankpolerad metall, är  $\epsilon$  nära 0. Dessutom påverkas strålningen av det material som finns mellan strålkälla och detektor.

På ackrediterade kalibreringslaboratorier får man i kontrollerade miljöer i temperaturer till ca  $1000^\circ\text{C}$  räkna med att mätosäkerheten garanterat överstiger  $2^\circ\text{C}$ , vilket motsvarar riksmätplatsen SP:s ackrediterade förmåga. Det hjälper inte hur dyr pyrometer man väljer om inte  $\epsilon$  är känt med tillräcklig noggrannhet.

### Hur väljer man?

När man väljer vilka givare som ska användas för en given mätsituation måste man väga samman de egna kraven på noggrannhet, med givaregenskaper i förhållande till mätsituationens fysiska förutsättningar. Med dessa fakta på bordet är man rustad för ett beslut som ger mätningar med den kvalitet man vill uppnå. I Djungelboken skriver Rudyard Kipling "Pröva noga, o vargar!". Han är inte berömd för sina insikter i temperaturmätning, men hans ord är synnerligen relevanta vid val av givare. P