

INLEDAREN ▶

Komplexa mätningar

Det är sällan man kan lita bara på vad mätinstrumentet visar. Ofta använder man olika typer av sensorer. Anpassningen mellan dessa och mätinstrumentet kan spela spratt liksom hur man applicerar sensorerna. Artikeln intill visar hur fallgroparna kan undvikas.

Den som vet mycket om mätteknik kan ofta klara sig med äldre, men välkalibrerade instrument och eventuella, anslutna givare. Åtminstone i ett lab. Men så snart det handlar om att mäta på kortast möjliga tid, som i produktions- eller övervaknings-sammanhang, behövs modernare instrument med viss inbyggd intelligens. Denna hjälper till att undvika felaktiga avläsningar eller omöjliga mätvärden med hänsyn till de gränsvärden som gäller. Att mätningarna kan ske snabbare betyder ofta att en nyinvestering snabbt är återbetald.

Exempel på ett sådant instrument är en modern spektromanalysator som i sin komplexitet kan beskrivas som ett helt mätsystem. Det är inte bara enklare att "ratta" än ett äldre instrument. Framför allt är det noggrannare genom interna kompenseringar av olinjäriteter eller andra begränsningar.

Vi tar även upp distribuerade mätsystem. Här liksom i många datasammanhang, gör Ethernet sitt segertåg.

GUNNAR
LILLIE-
SKÖLD



gunnar.lillieskoeld@elinor.se

Mät temperaturen noggrannare

Mycket noggranna utrustningar för temperaturmätningar kan nu fås till mycket rimliga priser – men många användare gör enkla misstag som motverkar fördelarna med att använda kvalificerade givare och mätutrustningar, skriver här Alan Tong. Han är teknisk chef vid Pico Technology.

När en person får i uppdrag att mäta en temperatur är det vanliga att han köper en så avancerad och dyr givare och mätutrustning som han har råd med. Men det är fel sätt att gå tillväga för att mäta noggrant, för redan innan man beslutar om givare och instrumenttyper måste man göra tre viktiga överväganden:

- Vilken temperatur ska du mäta? Det är exempelvis svårt att mäta rumstemperatur med 1°C onoggrannhet eftersom denna inte är en temperatur utan många – på olika höjder i rummet.

- Kom också ihåg att du endast registrerar givarens temperatur. Om du exempelvis klämmer fast en temperaturgivare runt ett rör är det fel att tro att du mäter temperaturen på det som flyter genom röret eftersom det finns en temperaturskillnad mellan rörets insida och utsida. Och den omgivande luftens temperatur och luftflödet runt givaren orsakar ytterligare fel.

- Till sist ska du tänka igenom hur givaren kan påverka mätningen. I ett experiment som vi genomfört (fig 1) användes givar- och instrumentkombinationer med stor och liten noggrannhet för att observera den stigande temperaturen medan lika stora vattenvolymer värmdes. En stor, dyr och noggrann Pt100-givare anslöts till en PT-104 (båda med 0,01°C onoggrannhet) och sänktes delvis ned i en glasbägare medan en billig termokopplare, ansluten till en TC-08 (0,5°C onog-

grannhet), sänktes ned i den andra bägaren. Att använda Pt100-givaren på detta sätt motverkade noggrannheten hos både givaren och instrumentet på grund av "termisk shuntning".

Sedan du tänkt igenom vad du ska mäta blir nästa steg att bestämma vilken typ av temperaturgivare som ska användas. De tre vanligaste givarna för forskningsändamål och industriellt bruk är termokopplaren, den resistiva temperaturdetektorn (RTD eller "resistanstermometer") och termistorn. I tabell 1 jämförs de tre.

TERMOKOPPLARE

Termokopplare betraktas inte som precisionsgivare (fel på 2°C är typiska), men de har brett temperaturområde (-200°C till 2000°C) och behövs ofta för att andra element helt enkelt inte fungerar vid den aktuella temperaturen. De är också relativt billiga och mångsidiga.

Standardtabeller anger den spänning som termokopplare producerar vid varje temperatur. En termokopplare typ K avger exempelvis 12,2 mV vid 300°C. Denna spänningsgenerering är visserligen liten, men den innebär ändå att termokopplare är självgående och inte behöver någon drivström.

Tyvärr är det inte möjligt att ansluta en voltmeter direkt till termokopplaren och mäta spänningen eftersom det skapar en andra oönskad termokoppling.

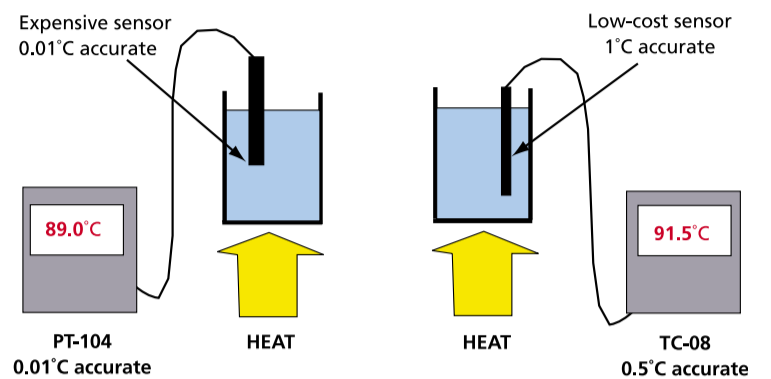


Fig 1: I det här experimentet användes givare och instrument med låg och hög noggrannhet för att observera den stigande temperaturen när lika stora vattenvolymer värmdes. Den billiga lösningen med sämre noggrannhet gav den mest noggranna och representativa mätningen.

För noggranna mätningar används en teknik som kallas kallpunktskompensering (CJC, cold junction compensation).

Alla standardtabeller för termokopplare tar hänsyn till denna andra termokoppling genom att anta att den hålls på exakt 0°C. Vanligtvis avkänns kallpunkts-temperaturen med en precisionstermistorn med bra termisk kontakt till mätinstrumentets ingångar. Denna andra temperaturavläsning, tillsammans med avläsningen från termokopplaren, används mätinstrumentet för att beräkna den riktiga temperaturen vid termokopplarspetsen.

Det är viktigt att man förstår sig på CJC eftersom varje fel i mätningen av kallpunktstemperaturen leder till samma fel i den uppmätta temperaturen från termokopplarspetsen.

Termokopplare är tillverkade av tunn tråd som minimerar termisk shuntning och ökar reaktionstiden. Den tunna tråden ger termokopplaren en hög resistans som kan orsaka fel på grund av mätinstrumentets ingångsimpedans. En typisk termokopplare med 32AWG tråd (0,25 mm diameter) har en resistans på ungefär 15 ohm/m.

Om termokopplare med tun-

na ledare eller långa kablar behövs ska du hålla termokopplarleddarna så korta som möjligt och sedan använda förlängningstråd (som är mycket tjockare och har lägre resistans) mellan termokopplaren och mätinstrumentet.

Om du har behov av att förlänga ledarna från en termokopplare ska du se till att du använder rätt typ av förlängningstråd. Om du använder någon annan typ uppstår en oönskad termokopplingspunkt. Se också till att alla kontaktdon och anslutningselement som används för att ansluta förlängningstråden är tillverkade av samma material som termokopplaren och att rätt polaritet alltid erhålls.

Eftersom signalnivåerna från termokopplare endast uppgår till några mikrovolt, kan bruset vara ett problem. De flesta mätinstrument spärnar vanligt brus – men denna spärning är inte perfekt och därför är det klokt att minimera bruset där det är möjligt. Det kan du göra genom att dra trådarna bort från brusiga områden och tvinna termokopplarkabelns två (isolerade) ledare så att båda tillförs samma brus. Du kan också överväga att använda skärmda förlängningstrådar.

Ett sista påpekande om termo-

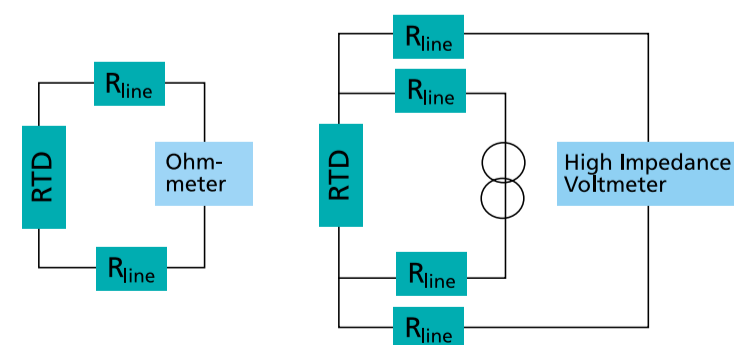


Fig 2: En 4-trådskoppling (höger) ger bästa noggrannheten. Men se upp! RTD-komponentens låga resistans och dåliga känslighet ställer stora krav på mätinstrumentet, och en kompromiss måste göras mellan drivström, brus och upplösning.

Mät tid och frekvens med precision!

CNT-81 Timer/Counter/Analyzer

- högsta upplösning
- högsta mätastighet
- högsta EMC-tålighet



GPS-89 GPS-styrd Rubidiumstandard

- cesiumstabilitet till budgetpris
- enda spårbara GPS-referensen
- inga kalibreringskostnader



pendulum

08-598 510 42 www.pendulum.se info@pendulum.se

kopplare gäller något som kallas avkalibrering. Den uppstår för att termokopplarens egenskaper ändras oavsiktligt vid drift i ytterkanterna av det tillåtna temperaturområdet. Därför ska du kontrollera specifikationerna för mätroppens isolering och endast använda termokopplare med isolerade kopplingar vid extrema temperaturer eftersom det skyddar mot oxidering och förorening.

RTD-ENHETER

En annan vanlig typ av temperaturgivare är den resistiva temperaturdetektorn. Det är den mest stabila och noggranna av de tre givartyper som behandlas i den här artikeln. Men den är också dyr och ömtålig.

Den elektriska resistansen i varje metall varierar med temperaturen – i de flesta fall ökar resistansen med temperaturen och materialet sägs då ha en positiv temperaturkoefficient (PTC).

Den vanligaste typen av RTD är kanske platinaresistanstermometern (PRT), vars praktiska arbetsområde sträcker sig från -250°C till 850°C. Beroende på typen kan RTD-enheter ha en onoggrannhet mellan 0,03°C och 0,3°C. Den mest använda typen av PRT har beteckningen Pt100. Den kallas så för att den har en resistans på 100 ohm vid 0°C. PRT-enheter är antingen trådlindade motstånd eller metallfilmsmotstånd. Av dessa har den sistnämnda kortare reaktionstid.

Eftersom en Pt100-givare egentligen är ett motstånd, kan dess värde mätas med en ohmmeter enligt fig 2. Givarens låga resistans och dess låga känslighet (0,385 ohm/°C) försvårar dock noggranna mätningar på grund av ledarresistansen. En resistans på 1 ohm i varje ledare som ansluter Pt100-givaren till instrumentet orsakar ett fel på mer än 5°C.

För att undvika fel på grund av ledarresistansen utförs de flesta Pt100-mätningar med hjälp av en 4-trådskoppling (visas också i fig 2). Här används två trådar för att åstadkomma en drivström medan två trådar ansluter en voltmeter över PRT-komponenten. Om voltmeterens impedans är hög orsakas inget fel av några få ohms resistans i ledarna.

Man bör undvika att använda 2-trådskopplingar eller så kallade 3-trådskopplingar. De visas visserligen inte här, men man bör nämna att de ofta felaktigt förutsätter att alla tre trådarna har samma resistans för att mäta med stor noggrannhet.

Till RTD-komponenter bör drivströmmen vara så låg som möjligt (<1 mA) så att inte givaren värms upp av sig själv. Detta minskar givarens utspänning, signalbrusförhållandet (på grund av brus) och instrumentets upplösning. Men det finns lyckligtvis avancerade instrument att tillgå. Det nya PT-104 från Pico Technology arbetar exempelvis med

Tabell 1 - De vanligaste temperaturgivarna och deras egenskaper

	Termokopplare	RTD (Pt100)	Termistor
Arbetsområde	-200°C till 2000°C	-250°C till 850°C	-100°C till 300°C
Noggrannhet	Låg, 1°C vanligt	Mycket hög, 0,03°C vanligt	Hög, 0,1°C vanligt
Linjäritet*	Medel	Hög	Låg
Termisk reaktion**	Snabb	Långsam	Medel
Kostnad	Låg	Hög	Låg till måttlig
Brusproblem	Stora	Medel	Små
Längtidstabilitet	Låg	Hög	Medel
Kostnad för mätinstrument	Medel	Hög	Låg

* Linjäriteten är inget problem om du använder moderna digitala mätinstrument eftersom söktabeller i minnet kompenserar.

** Termisk reaktion anges enbart för mätelemtet, inte dess inneslutning.

en drivström på endast 0,25 mA – tack vare en ny konstruktion och en 24-bitars A/D-omvandlare. Ändå ger den en upplösning på 0,001°C.

Vid noggranna mätningar bör egenuppvärmningen alltid beaktas – och värden för drivströmmen och egenuppvärmningen för en viss givare bör erhållas från tillverkaren. Fysiskt små givare ger fel till följd av egenuppvärmning på upp till 1°C/mW i luft. Det innebär att en drivström på 1 mA i 100 ohm utvecklar 0,1 mW och orsakar ett fel på 0,1°C. Genom att använda en fysiskt stor givare kan man minska felet på grund av egenuppvärmning, men man riskerar då fel till följd av termisk shuntning.

De små signalerna från en Pt100-givare leder till brusproblem av samma slag som med termokopplare och samma motåtgärder bör därför vidtas.

En fälla som den omedvetne ofta fastnar i är förekomsten av två olika kompenseringsskurvor. Standarden DIN 43760, som också kallas "Europakurvan", anger 0,385 ohm/°C för en Pt100-givare. Men det finns också en "Amerikakurva" som grundas på en platinatråd med större renhet (används ofta som standardreferens) och för den anges temperaturkoefficienten till 0,392 ohm/°C. Europakurvan är dock den dominerande (även i USA) och de flesta mätinstrument kompenserar enligt den. Men om PRT-komponenten har en Amerikakurva och instrumentet kompenserar för en europeisk givare uppstår ett litet fel.

TERMISTORER

Många människor betraktar orättvist termistorer som icke noggranna givare. Det kanske var fallet förr i tiden då termistorer hade toleranser på 5 procent som bäst. För stor noggrannhet är RTD-givare fortfarande bästa valet, men moderna termistorer ligger inte långt efter. Termistorer med en onoggrannhet på 0,1°C är nu vanligt förekommande till mycket rimliga kostnader. De har kort reaktionstid och större utspänning per °C än RTD-komponenter.

Liksom RTD-produkter utnyttjar termistorer det faktum att ett materials resistans ändras med

temperaturen. De flesta termistorer arbetar dock med metalloxid och har negativ temperaturkoefficient (NTC).

Termistorer ger relativt hög noggrannhet (0,1°C till 1,5°C), men har ett begränsat temperaturområde: -100°C till 300°C. Dessutom kan ingen enskild termistor täcka hela detta område och avsaknaden av standarder innebär att det ofta är nödvändigt att köpa givaren och mätutrustningen tillsammans. Termistorers svar är inte linjärt och, liksom för RTD, måste man undvika att använda för stor drivström genom termistorn på grund av risken för egenuppvärmning.

Anslutningen till instrumentet kan göras med en enkel 2-trådskoppling eftersom vi – till

skillnad från fallet med RTD – inte behöver kompensera för ledarresistanser. Dessa är små jämfört med termistorernas egen resistans (vanligtvis mellan 1 och 100 kohm).

Termistorer är, till följd av den höga känsligheten, idealiska för detektering av små temperaturförändringar – särskilt när det är förändringen och inte det absoluta värdet som är intressant.

VARIERANDE SPECIFIKATIONER

Sedan vi valt temperaturgivare och sett till att vi använder den så att vi tar vara på alla dess fördelar, behöver vi bara utnyttja mätutrustningen på bästa sätt. Därför ska vi studera specifikationerna för instrumentens noggrannhet

eftersom dessa varierar kraftigt mellan olika instrumenttyper och tillverkare. I vissa fall, till exempel vid användning av RTD-givare, kan huvuddelen av systemfelet komma från instrumentet.

Vid användning av termokopplare har dock mätinstrumentet normalt ett litet fel jämfört med givaren. Genom att termistorer har särskilda kurvor för varje krets är det vanligt att man köper matchade givare och instrument tillsammans från samma tillverkare. För noggranna mätningar är kalibrering nödvändig, och där det är möjligt ska instrumentet och givaren kalibreras tillsammans som ett system.

Till sist, temperaturmätningar med hög precision kan utföras med hjälp av väl specificerade och lämpligt kalibrerade givare och instrument. Noggrannheten i dessa mätningar blir dock meningslös om inte utrustningen och givaren används på rätt sätt.

ALAN TONG
PICO TECHNOLOGY

Introducing the measurement ...



... switching and control system that also controls cost.

The new Model 2750 combines a high-performance DMM with built-in switching and I/O control. With it, you get up to 200 channels of multiplexed measurement and control, or 240 matrix crosspoints, at a very low cost per channel – all in one 19" rack mount or benchtop enclosure. And, the Model 2750's five-slot mainframe allows the simultaneous operation of five different types of multiplexer, matrix or control modules. With more modules on the way, you'll build on this platform for years to come.

Please contact us by fax or e-mail for a free copy of detailed product specifications. Or call our support engineers for further information and for prices:



Denmark: Teleinstrument A/S. Phone: 076 25-1818, Fax: 075 61-5658, sales@teleinstrument.dk
Finland: Keithley Instruments OY. Phone: 040-760 0880, Fax: 09-25 10 51 00, toivonen_teemu@keithley.com
Norway: Teleinstrument A/S. Phone: 066 82-2900, Fax: 066 82-29 01, svein@teleinstrument.no
Sweden: Teleinstrument KonTest AB. Phone: 08-626 4050, Fax: 08-626 81 33, boris.hostman@kontest.se

Or contact directly our UK office at:
Phone: 0118/929 75 00, Fax: 0118/929 75 19
E-Mail: info@keithley.co.uk
Internet: www.keithley.com

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE