

Allmänt om motståndstermometrar

Temperaturmätning med motståndstermometrar bygger på en metalls egenskap att inta ett givet motståndsvärde för varje given temperatur. För mätning inom spannet -200 °C till +850 °C, i vissa fall upp till +1000 °C, är ädelmetallen platina den vanligast förekommande metallen. Mätelemt av platina tillverkas normalt för 100 Ω vid 0 °C, beteckning Pt100, men varianter som Pt250, Pt500 och Pt1000 förekommer också. Andra vanligt förekommande metaller är nickel och koppar.

Mätmotstånd i platina är antingen trådlindade eller, såsom allt oftare är fallet, i tunnfilmsutförande. De i Europa använda platina-mätmotstånden följer normen IEC 60751, som anger såväl motstånds-/temperaturförhållandet som toleransgränserna. Då den normala toleransnivån Klass B ofta ej är tillräcklig levereras mätmotstånd med snävare tolerans, Klass A, 1/3 DIN, 1/10 DIN eller INOR Premium Grade. En snäv tolerans är emellertid svår att uppnå inom mätelemtets hela mätspann -200 °C – +1000 °C, varför den anges för en given temperaturpunkt eller mätspann. Se vidare diagram på sid. 58

Mätmotstånd av nickel tillverkas för 100Ω vid 0 °C, beteckning Ni100 och följer normen DIN 43760.

Motstånds-/temperaturförhållandet för Pt100 och Ni100

Motstånds-/temperaturkurvan för Pt100, enligt den nu gällande temperaturskalan ITS-90, följer nedanstående ekvationer A, B, se tabell sid. 60 och följande.

Pt100 inom området - 200 °C till 0 °C

Ekvation A :

$$R_t = 100 \cdot [1 + 3,9083 \cdot 10^{-3}t - 5,775 \cdot 10^{-7}t^2 - 4,183 \cdot 10^{-12}(t - 100)t^3]$$

Pt100 inom området 0 °C till +850 °C

Ekvation B :

$$R_t = 100 \cdot (1 + 3,9083 \cdot 10^{-3}t - 5,775 \cdot 10^{-7}t^2)$$

Två toleransklasser förekommer enl. IEC 60751

Klass A: $\pm (0,15^\circ\text{C} + 0,002 | t |)$

Klass B: $\pm (0,3^\circ\text{C} + 0,005 | t |)$

där $| t |$ = absolutvärdet av den aktuella temperaturen.

Motstånds-/temperaturkurvan för Ni100 följer ekvation C, se tabell på sid. 62:

Ni100 inom området -60 °C till +250 °C

Ekvation C :

$$R_t = 100 + 0,5485 t + 0,665 \cdot 10^{-3} t^2 + 2,805 \cdot 10^{-9} t^4 - 2 \cdot 10^{-15} t^6$$

Två toleransklasser förekommer

Inom området 0 °C till +250 °C: $\pm (0,4^\circ\text{C} + 0,007 | t |)$

Inom området -60 °C till 0 °C: $\pm (0,4^\circ\text{C} + 0,028 | t |)$

där $| t |$ = absolutvärdet av den aktuella temperaturen

Mätosäkerhet och mätavvikelser

För att minimera mätfelen, som ofrånkomligt uppstår vid varje temperaturmätning, är det viktigt att känna till de faktorer som påverkar mätningen. Dessa är:

1. Svarstid *
2. Instickslängd
3. Avvikelse från föreskrivet montage
4. Egenuppvärmning
5. Vibrationer och andra mekaniska belastningar *
6. Omgivningstemperaturen/Värmeavledning *
7. Avvikelser hos mätelemtet avseende grundvärdena
8. Kemiska reaktioner *
9. Joniserande strålning
10. Givarens inre isolationsmotstånd
11. Inducerade termospanningar
12. Elektriska och magnetiska störfält
13. Termisk belastning *

* se närmare beskrivning som följer nedan

Då det som synes är en hel rad faktorer, som kan förvränga ett korrekt temperaturvärde är det av vikt att inför varje enskild mätning noggrant undersöka vilka förutsättningar, som gäller.

INOR Process ABs specialister har lång erfarenhet och står beredda att lämna praktisk rådgivning för såväl enkla som komplicerade mätningar.

Felpåverkan av mekanisk belastning

Tryck, vibrationer och böjning är de vanligaste mekaniska belastningarna en temperaturgivare utsätts för. Mätmotstånd, utsatta för tryck eller böjning, ändrar motståndsvärdet mer eller mindre beroende på konstruktionen. Förändringen blir större ju fastare förbindningen mellan motståndsmetallen och dess stomme är.

En temperaturgivare måste därför konstrueras så att belastningar ej överförs till mätmotståndet.

Kraftiga vibrationer kan leda till avbrott på interna ledare. I skaksäkra motståndsgivare måste därför de interna ledarna ges minsta möjliga rörelsefrihet. I temperaturgivare utsatta för tryckande eller böjande belastningar skall däremot tilledningarna ges största möjliga rörelsefrihet för att därigenom förhindra överföring av belastningen.

Fel på grund av kemiska reaktioner

Korrosionsbeständigheten i en motståndsgivares skyddsarmatur är den utslagsgivande faktorn vid kemisk påverkan. Det är därför ytterst viktigt att armaturen tillverkas i ett material, som passar dels processkärlet, dels processmediet och dels den högsta förekommande medietemperaturen. Givartillverkaren måste tillse att mätinsatsen förseglas för att den skall skyddas mot intrång av fukt.

Vid hög temperatur kan dessutom stark syrebrist vid mätmotståndet medföra reaktionsförlopp i mätmotståndets keramiska stomme som medför att metaller diffunderar in i mättråden, med ändring av de elektriska egenskaperna som följd.

Påverkan av termisk belastning

Pt100 har praktiskt taget ingen oxidationsbenägenhet. Däremot kan de elektriska värdena driva beroende på bl.a. mätmotståndets konstruktion samt hur nära temperaturgränsen man befinner sig. Förändringarna orsakas oftast av föroreningar i metallen och i de omgivande isolationsmaterialen. Termisk belastning kan dessutom minska isolationsmotståndet, vilket märkbart kan påverka mätresultatet.

Termiska svarstider

Svarstiden är den tid givaren behöver för att ge en ändrad utsignal sedan den utsatts för ett temperatursprång. I denna handbok anges T0,5 samt T0,9, dvs den tid det tar för att givaren skall ange 50% resp. 90% av språngets slutliga värde.

I en temperaturgivare har de ingående delarna olika svarstider. Dessa är beroende av värmeledningskoefficienter, luftspalter, ingående isolations-

material mm. Då det är mycket svårt att ställa upp matematiska formler för att beräkna svarstider, i synnerhet då det förekommer ett flertal teorier, är det bäst att genomföra praktiska mätningar. Vanligtvis genomförs mätningarna i luft och vatten. I denna handbok finns svarstiden angiven för de flesta givare.

För mätning av svarstiden i luft skall begynnelse-temperaturen ligga mellan 15 °C och 30 °C. Temperatursprånget skall vara maximalt 20 °C. Därtill kommer att givarens neddoppning skall uppgå till minst längden av det temperaturkänsliga mätmotståndet + 15x givarens diameter. Hänsyn måste tas till att luften fritt kan cirkulera runt givaren. Enligt normerna skall luftens hastighet vara 1 m/s.

För mätning av svarstiden i vatten skall begynnelse-temperaturen ligga mellan 15 °C och 25 °C. Temperatursprånget skall vara maximalt 10 °C. Givarens neddoppningslängd skall minst uppgå till längden av det temperaturkänsliga mätmotståndet + 5x givarens diameter. Enligt normerna skall vattnets hastighet därvid vara 0,4m/s.

För att korrekt kunna genomföra mätningar på svarstider erfordras speciella mätutrustningar där temperaturstabilitet och medie hastighet kan garanteras. Inor Process AB har sådan utrustning och utför mätningar på uppdrag.

Fel på grund av värmeavledning

Temperaturmätning med beröringsgivare förutsätter att givaren kommer i direkt kontakt med mediet, antingen genom att givaren doppas in i mediet, som då helt omsluter den temperaturkänsliga delen, eller genom att givaren lägges an mot mediets yta. I båda fallen störs den befintliga värmeströmningen eftersom givaren transporterar energi från mediet till omgivningen.

Speciellt vid mätning av yttemperatur är felet p.g.a. värmeavledning framträdande. Ytans utstrålning, och därmed också temperaturprofilen, ändras omkring mätstället. Mätnoggrannheten förbättras avsevärt om givaren har

- liten massa och volym
- god värmekontakt
- liten värmeledningsförmåga till omgivningen

Mätvärdesomvandlare

Mätvärdesomvandlare används för omvandling av en motståndsgivares resistansvärde till en processanpassad mätsignal. För anslutning av givaren till omvandlaren tillämpas tre olika anslutningsmetoder: 2-, 3- och 4-ledaranslutning. I samtliga anslutningsformer sänder omvandlaren en konstant ström genom mätmotståndet, som man sedan mäter spänningfallet över. Det är viktigt att mätströmmen hålls liten för att minimera egenuppvärmningen. En bra omvandlare avger en mätström som ligger under 1 mA. Omvandlare tillverkas i 2- resp. 4-trådsutförande (ej att förväxla med 2- resp. 4-ledaranslutning). I 4-tråds-utförande matas omvandlaren genom två separata ledare (därav beteckningen separatmatad) skilda från utgångens två ledare. I 2-trådsutförande matas omvandlaren via utgångens båda ledare vilka därigenom uppfyller dubbla funktioner. Därav följer automatiskt att en 2-trådsomvandlars utsignal p.g.a. egenförbrukningen ej kan gå ned till 0, utan har ett lägsta värde av 4 mA. Standardspännet (processnorm) blir därför 4-20 mA. Utsignalen från en 4-trådsomvandlare kan däremot fås att anta godtyckliga processsignalvärden.

Givarbrott

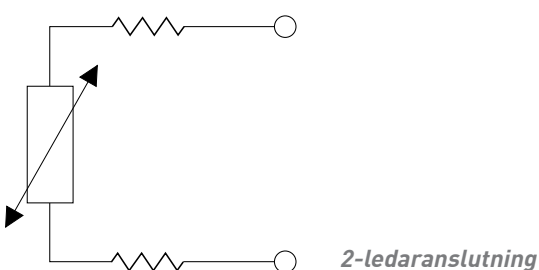
De stora påfrestningarna temperaturgivare utsätts för medför ofta risk för elektriskt avbrott inuti givaren. Avbrottet kan drabba tilledningarna eller också kan mätmotståndet skadas. Samtliga dessa fel går under namnet givarbrott. Den vanligaste orsaken till givarbrott är vibrationer i eller omkring den kritiska frekvensen. En modern omvandlare ger signal vid givarbrott. Detta sker genom att utsignalen går till ett förbestämt värde, vanligast strax ovanför 20 mA. Konsekvent givarbrottskydd innebär att omvandlaren signalerar, dvs utsignalen går till ett förutbestämt värde, oavsett i vilken ledare avbrottet har ägt rum (viktigt att veta vid 3- eller 4-ledaranslutning). Hos Inor Process AB:s programmerbara omvandlare bestämmer användaren själv utsignalens värde vid givarbrott.

OBS! När givarens isolationsmotstånd sjunker under en viss nivå kan det inträffa att omvandlaren uppfattar det låga isolationsmotståndet som ett mätvärde i stället för det motstånd som mätmotståndet intar. Påföljden blir att omvandlaren luras att tro att mätledjan är intakt även sedan ett givarbrott ägt rum. De flesta Inor-omvandlare har en funktion, SmartSense, som kontinuerligt övervakar temperaturgivarens isolationsresistans och ger signal när denna är för låg.

Linjärisering

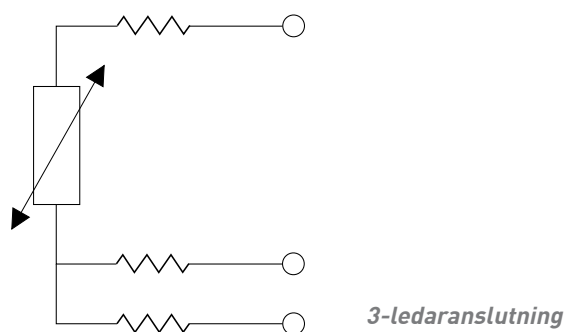
Med temperaturlinjärisering menas att en omvandlare alltid lämnar samma förändring av utsignalen för en viss förändring av temperaturen oberoende av var inom mätspännet denna förändring sker. Förhållandet temperatur/utsignal blir därför en rät linje. För motståndslinjära omvandlare är däremot överföringen olinjär ur temperaturhänseende som medför olika stora förändringar av utsignalen inom mätspännets olika delar. Hos digitala omvandlare kan man lätt ställa om mellan motstånds- och temperaturlinjäritet.

Två anslutningsledningar



I denna form ligger motståndet från anslutningsledningarna i serie med mätmotståndet. Förändringar i tilledningarnas motstånd kommer därför att direkt påverka mätresultatet. P.g.a. de uppenbara nackdelarna används denna form sällan. Stor försiktighet tillråds om den trots allt måste tillgripas.

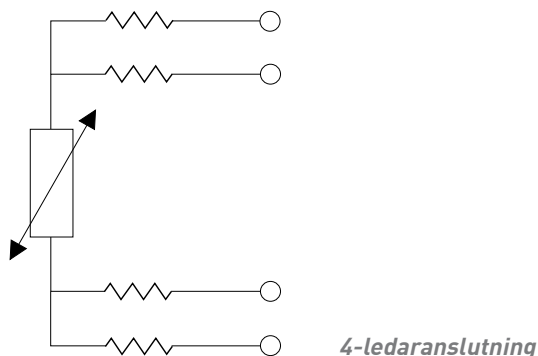
Tre anslutningsledningar



Detta är den vanligast förekommande formen för anslutning. 3-ledaranslutning förutsätter att resistansen i de 3-ledarna är lika. Normalt eliminerar den i stort sett inverkan av förändringar i tilledningarna så länge dessa förändringar är lika i de tre ledarna

(hos IPAQ-familjen är inverkan helt eliminerad). För omvandlare inbyggda i givarens anslutningshuvud är 3-ledaranslutning den mest använda metoden.

Fyra anslutningsledningar



Används vid noggranna mätningar. Mätströmmen leds genom två ledningar och spänningsfallet mäts över de två återstående. Härigenom elimineras alla motståndsförändringar i tilledningarna, även när dessa skiljer sig från varandra.

Omvandlarnas utförande

För temperaturmätning finns omvandlare för såväl montage inuti en givares anslutningshuvud som externt på vägg, skena eller i skåp. Inor Process AB erbjuder ett omfattande program signalomvandlare i alla utföranden. Den intresserade läsaren kan rekvidrera detaljerad information. Här skall omnämnas omvandlare för montage i givaren, s.k. huvudmonterade omvandlare.

Huvudmonterade omvandlare

Dessa omvandlare är alltid i 2-trådsutförande. Då de utsätts för stora miljöpåfrestningar måste de kunna motstå hög omgivningstemperatur, kraftiga temperaturvariationer, vibrationer, kemiska angrepp samt nedsmutsning. Moderna omvandlare skall dessutom

vara CE-konforma dvs. vara störokänsliga i alla tänkbara avseenden samt ej heller störa sin omgivning. Eftersom de oftast sitter otillgängligt placerade är långtidsstabiliteten en viktig faktor som ofta avgör val av leverantör. IPAQ-H har en långtidsdrift som är mindre än 0,1% av mätspannet per år.

Kalibreringstjänster

De allra flesta motståndsgivare kalibreras standardmässigt utan kostnad före leverans och ett certifikat för detta bifogas med givarna på begäran. Detta certifikat är spårbart till tillverkningsbatch med hjälp av individnumret på givaren.

Dessutom kan Inor Process erbjuda kalibrering inom temperaturområdet -80...+1200 °C. Dessa kalibreringar utförs i vårt temperaturlaboratorium.

Kalibreringen är en jämförelsekalibrering i kontrollerade vätskebad eller kalibreringsugn gentemot precisionstermometrar som, liksom all övrig mätutrustning, är spårbar till nationella och internationella normaler. Laboratoriets personal arbetar enligt en kvalitetshandbok för laboratoriet som beskriver samtliga arbetsmoment såsom kalibreringsrutiner osv.

Kalibreringstjänster som Inor Process kan erbjuda vid tidpunkten för denna katalogs tryckning:

Motståndsgivare:

- Jämförelsekalibrering i vätskebad -80...+300 °C
- Fixpunktskalibrering 29,7646 °C (smältpunkt Gallium)

Termoelement:

- Jämförelsekalibrering i kalibreringsugn 100-1200 °C

Kontakta Inor Process för mer information om vilka kalibreringstjänster vi kan erbjuda just Dig samt för upplysning om mätosäkerheter för respektive kalibreringsmetod då mätosäkerheten ständigt förbättras.