

Temperaturmätningens grunder

Temperaturmätning är mätning av energinivån hos det undersökta objektet. Molekyler som har en temperatur har också en viss energinivå och det är denna energinivå som överförs till termometern som vi sedan avläser. Ju högre temperatur som avläses, desto högre energinivå. Essensen i temperaturmätning är att få termometern att rapportera energinivån och därmed temperaturen på bästa sätt.

I denna katalog behandlas givare som är i beröring med ett processmedium som har en för oss okänd temperatur. En sådan temperaturgivare kan bara rapportera sin egen temperatur. Det är vår uppgift att ge den förutsättningar för att denna givares egen

temperatur är så lika mediets temperatur som det bara är möjligt. Många faktorer sam- och motverkar varandra. Vi önskar kort svarstid vilket kräver minsta möjliga diameter för givaren. Högt flöde hos processmediet kräver robust givare dvs grov givare med mycket och hållbart material. För att undvika problem med virvlar i strömmande media och egenfrekvens så vill vi ha hög egenfrekvens hos givaren, dvs kort dito. Samtidigt vill vi minska värmeavledningsfelet genom att ha en lång givare, vilket ger en låg egenfrekvens. Detta är bara några exempel på de kompromisser som måste övervägas. En bra temperaturgivare är en där man balanserat viktiga behov i valet av material och dimensioner.

Läs mer på www.krohne-inor.se/temperaturskolan

Allmän information om motståndsgivare

Temperaturmätning med motståndsgivare bygger på en metalls egenskap att inta ett givet motståndsvärde för varje given temperatur. Metallen ska ha en lång livslängd vid de tänkta temperaturerna. För mätning inom spannet -200 °C...+850 °C, är ädelmetallen platina den vanligast förekommande metallen. Mätelelement av platina tillverkas normalt för 100 Ω vid 0 °C, 138,50 Ω vid 100 °C etc, med beteckning Pt100. Varianter som Pt500 och Pt1000 förekommer också. Andra vanligt förekommande metaller är nickel och koppar. Mätelelement av nickel som är producerade för 100 Ω vid 0 °C, har beteckningen Ni100.

Mätmotstånd av platina är antingen trådlindade eller, såsom allt oftare är fallet, i tunnfilmsutförande. Platina-mätmotstånden som används i Europa följer normen EN/IEC 60751, som anger såväl förhållandet mellan motstånd - temperatur som toleransgränserna. Då den normala toleransnivån Klass B ofta ej är tillräcklig levereras mätmotstånd med snävare tolerans, Klass A, AA eller de äldre 1/3 DIN B och 1/10 DIN B. En snäv tolerans är emellertid svår att uppnå inom mätelementets hela mätspann -200 °C...+850 °C, varför den anges för en given temperaturpunkt eller mätspann. För mer information se avsnittet "Toleranser för mätmotstånd".

Fyra toleransklasser förekommer enligt IEC 60751 för trådlindade Pt100 eleuova
 Klass AA: $\pm [0.1 \text{ °C} + 0.0017|t|]$ -50 °C...+250 °C
 Klass A: $\pm [0.15 \text{ °C} + 0.002|t|]$ -100 °C...+450 °C
 Klass B: $\pm [0.3 \text{ °C} + 0.005|t|]$ -196 °C...+600 °C
 Klass C: $\pm [0.6 \text{ °C} + 0.01|t|]$ -196 °C...+600 °C
 Där $|t|$ = absolutvärdet för aktuell temperatur

Fyra toleransklasser förekommer enligt IEC 60751 för tunnfilm Pt100 eleuova

Klass AA: $\pm [0.1 \text{ °C} + 0.0017|t|]$ -0 °C...+150 °C

Klass A: $\pm [0.15 \text{ °C} + 0.002|t|]$ -30 °C...+300 °C

Klass B: $\pm [0.3 \text{ °C} + 0.005|t|]$ -50 °C...+500 °C

Klass C: $\pm [0.6 \text{ °C} + 0.01|t|]$ -50 °C...+600 °C

Där $|t|$ = absolutvärdet för aktuell temperatur

Motstånd/ temperaturegenskaper för Pt100 och Ni100

Motstånds-/temperaturkurvan för Pt100, enligt den gällande temperaturskalan ITS-90, är definierad i en standardekvation enligt IEC 60751 (the Callendar- Van Dusen equation). För mer informatio

Pt100 beräknas enligt följande där t är temperatur inom området -200 °C till 0 °C

$$R_t = 100 \cdot [1 + 3.9083 \cdot 10^{-3}t - 5.775 \cdot 10^{-7}t^2 - 4.183 \cdot 10^{-12}(t - 100)t^3]$$

Pt100 beräknas enligt följande där t är temperatur inom området 0 °C till +850 °C

$$R_t = 100 \cdot [1 + 3.9083 \cdot 10^{-3}t - 5.775 \cdot 10^{-7}t^2]$$

Mätosäkerhet och mätavvikelse

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

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

* se beskrivningarna nedan för ytterligare information.

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.

KROHNE Inors specialister har lång erfarenhet och kan ge praktisk rådgivning för såväl enkla som komplicerade mätningar.

Fel på grund av mekanisk belastning

Tryck, vibrationer och böjning är de vanligaste mekaniska belastningarna 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 tryck eller böjbelastningar 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 avgörande 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 säkerställa att mätinsatsen är tätad för att förhindra att fukt tränger igenom. Vid hög temperatur kan dessutom

stark syrebrist vid mätmotståndet medföra reaktionsförlopp i mätmotståndets keramiska stomme, vilket leder till att metaller diffunderar in i mättråden. Till följd av detta, kan de elektriska egenskaperna förändras.

Påverkan av termisk belastning

Pt100 element 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 omgivande metaller och i isolationsmaterialen. Termisk belastning kan dessutom minska isolationsmotståndet, vilket märkbart kan påverka mätresultatet. Dessa effekter ökar med temperaturen, i vissa fall drastiskt.

Termiska svarstider

Svarstiden är den tid givaren behöver för ge en ändrad utsignal sedan den utsatts för ett temperatursprång. I denna handbok anges t 0.5 samt t 0.9, dvs tiden tills givaren antagit 50% resp. 90% av språngets slutliga värde. I en temperaturgivare ger de ingående delarna olika svarstider. Dessa är beroende av värmeledningskoefficienter, luftspalter, ingående isolationsmaterial, mm. Det är svårt att ställa upp matematiska formler för att beräkna svarstider, så oftast görs praktiska mätningar. Vanligtvis mäts i luft och vatten. I denna handbok är svarstiden angiven för de flesta givare utifrån var den används.

För svarstid i luft bör start-temperaturen ligga inom 15 °C - 30 °C. Temperatursprånget högst 20 °C. Dessutom skall givarens insticksdjup vara minst längden av det temperaturkänsliga mätmotståndet + 15x givarens diameter. Det är viktigt att luft kan cirkulera fritt runt givaren. Enligt normerna skall luftens hastighet vara 1 m/s.

För svarstid i vatten bör start-temperaturen ligga inom 15 °C - 25 °C. Temperatursprånget högst 10 °C. Givarens insticksdjup skall minst uppgå till längden av det temperaturkänsliga mätmotståndet + 5x givarens diameter. Enligt normerna skall vattnets hastighet vara 0,4 m/s. För att korrekt kunna genomföra mätning av svarstid krävs speciell mätutrustning med stabil temperatur och mediehastighet. KROHNE Inor 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 värme från mediet till omgivningen.

Speciellt vid mätning av ytemperatur 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

Värmestrålning

Vid temperaturmätning i gas/luft kan omgivande väggarnas temperatur påverka mycket, speciellt vid transientska förlopp. Det är värmeutbytet med väggarna som påverkar temperaturgivarens yta om inte speciella hänsyn tas. Man kan till exempel förse givaren med en perforerad sköld som släpper igenom gasen men gör så att temperaturgivaren inte träffas direkt av värme-strålningen från väggarna. Likaså gäller att avsevärt kallare väggar påverkar.

Mätvärdesomvandlare

Ingång:

Mätvärdesomvandlare används för omvandling av en motståndsgivares resistansvärde till en processanpassad mätsignal. För anslutning av givaren till omvandlaren tillämpas normalt tre olika anslutningsmetoder: 2-, 3- och 4-ledaranslutning. I samtliga anslutningsformer sänder omvandlaren en konstant ström genom mätmotståndet, som man sedan mäter spänningssvängningen över. Det är viktigt att mätströmmen hålls liten för att minimera egenuppvärmningen. En bra omvandlare avger en mätström som ligger under 1 mA.

Utgång:

Omvandlare tillverkas i 2- resp. 4-trådsutförande (ej att förväxla med 2- resp. 4-ledaranslutning). I 4-trådsutförande matas omvandlaren genom två separata ledare (därför beteckningen separatmatad) skilda från utgångens två ledare.

I 2-trådsutförande matas omvandlaren via utgångens båda ledare vilka därigenom uppfyller dubbla funktioner. Därför följer automatiskt att en 2-trådsomvandlares

utsignal pga. 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 som 0-20 mA, 4-20 mA, 0-5 V eller 1-5 V.

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 KROHNE Inor'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 mätkedjan är intakt även sedan ett givarbrott ägt rum.

De flesta KROHNE Inor-omvandlare har en funktion, SmartSense, som kontinuerligt övervakar temperaturgivarens isolationsresistans och ger signal när denna är för låg.

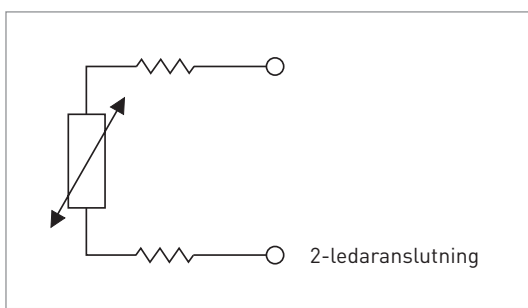
Linjärisering

Med temperaturlinjärisering menas att en omvandlare alltid lämnar samma förändring av utsignalen för en viss förändring av in-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.

2-ledaranslutning

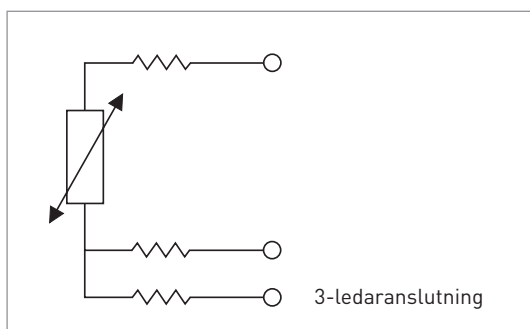
I en 2-ledaranslutning ligger motståndet från anslutningsledningarna i serie med mätmotståndet. Förändringar i tillledningarnas motstånd kommer därför att direkt påverka mätresultatet. P.g.a. de uppenbara nackdelarna används denna form sällan och bör användas med försiktighet.

Mätfel p.g.a. ledningarnas motstånd är i regel cirka 2,6 °C per ohm för en Pt100-givare och 10 gånger mindre för Pt1000. Om ledningsmotståndet är känt, kan signalomvandlaren justeras manuellt för att kompensera ledningsmotståndet. Eftersom detta är en fast justering, kommer förändringar i ledningsmotståndet på grund av temperaturvariationer inte att kompenseras.



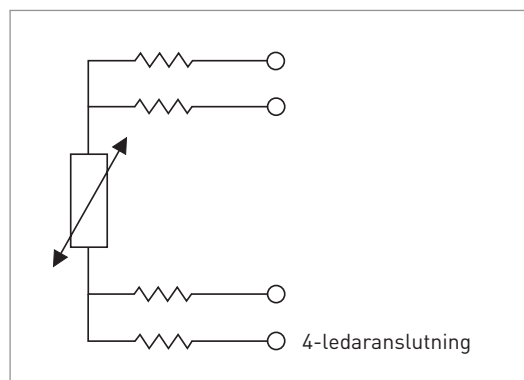
3-ledaranslutning

Detta är den vanligast förekommande formen för anslutning. 3-ledaranslutning förutsätter att resistansen i de tre ledarna är lika. Normalt eliminerar den i stort sett inverkan av förändringar i tillledningarna så länge dessa förändringar är lika i de tre ledarna (hos KROHNE Inor's IPAQ-signalomvandlare är inverkan försumbar om detta krav är uppfyllt). För omvandlare inbyggda i givarens anslutningshuvud är 3-ledaranslutning den mest använda metoden.



4-ledaranslutning

4-ledaranslutning används vid noggranna mätningar. Mätströmmen leds genom två ledningar och spänningsfallet mäts över de två återstående. Härigenom kompenseras alla motståndsförändringar i tillledningarna, även när dessa skiljer sig från varandra. De flesta moderna signalomvandlare stödjer denna rekommenderade anslutning.



Typer av signalomvandlare

För temperaturmätning finns signalomvandlare för såväl montage inuti en givares kopplingshuvud som externt på vägg, skena eller i skåp. KROHNE Inor erbjuder ett omfattande program signalomvandlare i alla utföranden. För mer information besök inor.se eller läs mer i vår katalog om signalomvandlare.

Huvudmonterade signalomvandlare

Huvudmonterade signalomvandlare är oftast i 2-tråds-utförande. Då de utsätts för stora miljöpåfrestringar måste de kunna motstå hög omgivningstemperatur, kraftiga temperaturvariationer, vibrationer, kemiska angrepp samt nedsmutsning. Moderna signalomvandlare skall dessutom vara EMC-störökänsliga dvs. vara störökänsliga i alla tänkbara avseenden samt ej heller störa sin omgivning. Eftersom de oftast sitter otillgängligt placerade är stabiliteten över tid en viktig faktor när man väljer en huvudmonterad signalomvandlare.