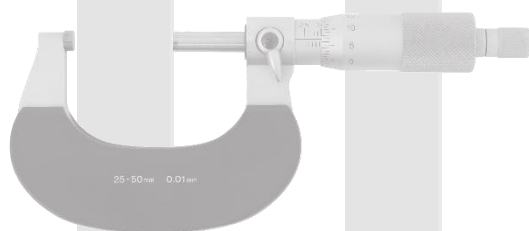


TEMPERATURMÅLING VED HJÆLP AF ELEKTRISK MODSTAND – ØVELSER

UNDERVISNINGSELEMENT

T2

—
UNDERVISNING
I MÅLETEKNIK

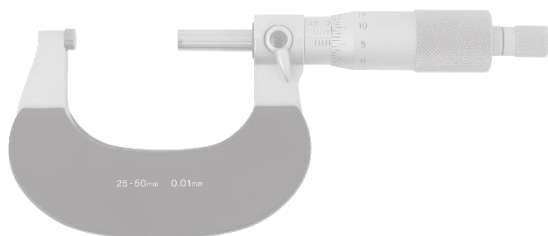


metrologi.dk

TEMPERATURMÅLING VED HJÆLP AF ELEKTRISK MODSTAND – ØVELSER

Per Thåstrup Jensen, DELTA (revideret af Knud A. Baltzen, FORCE Technology)

2. udgave – September 2017, redigeret oktober 2019



Copyright © 2017 metrologi.dk – Materialet må ikke anvendes til kommercielt brug, uden tilladelse fra metrologi.dk.

Metrologi.dk er finansieret af Styrelsen for Forskning og Innovation i perioden 2016 – 2018. Materiale er udarbejdet i et samarbejde mellem GTS-institutterne DFM A/S, FORCE Technology og DELTA - a part of FORCE Technology.

Læs mere om projektet på www.metrologi.dk.

Parterne i Metrologi.dk kan ikke gøres ansvarlig for fejl og mangler i indholdet af undervisningsmaterialet eller i indholdet på websitet, samt indholdet i de eksterne dokumenter og websites, der linkes til, medmindre andet følger af dansk rets almindelige regler.

Grafisk design af: Henriette Schäfer Høyrup og David Balslev-Harder.

Contents

1 Indledning	2
2 Praktisk måling	3
2.1 Valg af korrekt sensor	3
2.2 Love, direktiver, standarder	3
Boks 1: CE-mærke	4
Boks 2: EMC	4
Boks 3: LVD	4
Boks 5: ATEX-direktiv	5
Boks 6: ROHS	5
Boks 4: RED (eller på dansk RUD)	5
2.3 ØVELSE 1 – MODSTANDSMÅLING	7
2.4 ØVELSE 2 – BRUG AF TERMOMETER	10
3 Måleusikkerhed	13
3.1.1 Bidrag sensor	13
3.1.2 Bidrag fra kalibrering af sensor	13
Boks 7: Sporbar eller ej?	14
3.1.3 Bidrag måleværdiomformer	15
Boks 8: NAMUR	16
3.1.4 Øvrige bidrag	17
3.1.5 Beregning og konfidens	17
4 Supplerende info	20
4.1 Litteratur	20
4.2 Websites	20
4.3 Tabel over platinmodstand	21
4.4 Eksempel på instrumentering Platintermometer PR 7400	23
4.5 Eksempel på instrumentering Omformer - PR 5333A	25
4.6 Eksempel på instrumentering Omformer – PR 3112	27
5 Opsummering	29
5.1 Læringsudbytte	29
5.2 Læringsspørgsmål	29
5.3 Niveau og omfang	29

1 Indledning

I dette kompendium introduceres den studerende til nogle praktiske aspekter ved modstandstemperaturmålinger, herunder øvelser med usikkerhedsberegninger og datablade for et industrielt modstandstermometer.

T2 kan betragtes som en praktisk udbygning af de teoretiske begreber, som introduceredes i kompendiet T1.

2 Praktisk måling

Dette kapitel beskæftiger sig med de praktiske aspekter ved at vælge en modstandstemperatursensor. Sensoren skal være i stand til at løse måleopgaven med hensyn til temperaturområde, nøjagtighed/opløsning og måleusikkerhed. Vigtige sekundære parametre kan være sensorens og målesystemets responstid, dets robusthed med hensyn til miljøparametre (varme/kulde/fugt/elektriske forstyrrelser) samt sikkerhedsmæssige forhold som elektrisk sikkerhed eller overholdelse af radiobestemmelser for trådløse målesystemer.

2.1 Valg af korrekt sensor

Når der skal vælges platintermometer og måleværdiomformer til en temperaturmåleopgave er det i første omgang de målemæssige specifikationer, der skal tages højde for. Følgende parametre bør primært tages i betragtning:

- Temperaturområde
- Nøjagtighedskrav
- Adgang til kalibreringsdata
- Usikkerhedsbudget for målekæden

Sekundært skal der tænkes på:

- Signalform (interface)
- Mulighed for programmering eller tilpasning af approksimeringsdata for måleværdiomformen
- Responstid for målekæden
- Robusthed af sensor og måleværdiomformer (kemisk, mekanisk, elektrisk)

Alle data skal findes i fabrikanternes datablade.

De primære hensyn fremgår normalt tydeligt af fabrikanternes datablade. Mange målesystemer har mulighed for at kunne programmeres til at måle indenfor bestemte måleområder, hvor nøjagtigheden er bedst muligt tilpasset det aktuelle område. Tabel 1 viser områderne og toleranceklasserne i standarden IEC/EN 60751.

Tabel 1. Klasser af platintermometre.

Toleranceklasser for platintermometre i henhold til IEC/EN 60751			
Toleranceklasse	Trådviklet sensor-element	Folie sensor-element	Tolerance °C
AA	-50 °C til +250 °C	0 °C til +150 °C	0,1 + 0,0017 t
A	-100 °C til +450 °C	-30 °C til +300 °C	0,15 + 0,002 t
B	-196 °C til +650 °C	-50 °C til +500 °C	0,3 + 0,005 t
C	-196 °C til +650 °C	-50 °C til +600 °C	0,6 + 0,01 t
t er temperaturen uden fortegn.			

2.2 Love, direktiver, standarder

Regler for elektriske produkter er primært relevante for dem, der indeholder aktiv elektronik. For en passiv platinsensor eller et passivt termometer er kun få regler gældende i EU. Det store antal regler kommer først, når man inkluderer en aktiv måleværdiomformer i produkterne. Det kan dog være relevant at tænke på, hvilken isolationsspænding en passiv føler er designet til, det vil sige hvor stor en isolations-spænding selve den passive sensor og ledningerne tåler i forhold til følerens eller termometrets metalindkapsling.

En række af de relevante direktiver benytter fælles et CE-mærke til at dokumentere overholdelse af ALLE de direktiver, der måtte gælde for produktet.

BEMÆRK: Hvis direktiverne eller deres standarder ændrer sig (for eksempel hvis de opdateres og nyudgives), så gælder de nye, ændrede krav for alle nyproducerede produkter. Vær derfor opmærksom på om det er de nyeste direktiver og standarder, der er nævnt i produktdokumentationen.

Boks 1: CE-mærke

CE-mærket anvendes samlet som dokumentationsmærke for en hel række af direktiver (alle direktiver, der måtte gælde for produktet).



Hvis termometer og måleværdiomformer er kombineret til en temperatursensor eller temperaturføler, så gælder følgende EU-direktiver for denne:

EMC-direktivet 2014/30/EU:

Dette direktiv sikrer, at elektronikprodukter ikke udsender mere elektrisk støj end tilladt, og at produktet er tilstrækkelig immunt overfor elektriske forstyrrelser udefra.

Boks 2: EMC

EMC er en forkortelse for Electro-Magnetic Compatibility, eller på dansk elektromagnetisk kompatibilitet. Kompatibiliteten betyder, at produktet er i stand til at fungere efter hensigten, selv om der optræder elektriske forstyrrelse på brugsstedet, og at det samtidig ikke selv udsender forstyrrende signaler til omgivelserne.

Forstyrrende signaler kunne for eksempel være elektriske spændingstransienter, der findes i stort tal i industriinstallationer, eller det kan være indstråling fra mobiltelefoner og radiokaldeanlæg eller bærbare radioer som walkie-talkies.

Der kan også være ledningsbårne HF-forstyrrelser fra for eksempel motorstyringer, industrielle ultralydanlæg eller HF-plastsvejsere i en produktionslinje. Dokumentation for, at dette direktiv er overholdt, vil typisk være EMC-produktstandarden for måleinstrumenter:

- EN 61326-X. Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements. -X betyder at der findes flere standarder i denne serie, og disse er gældende for forskellige produkttyper.

- EN 55011. Industrial, scientific and medical equipment - Radio frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement

Eksempel på en overensstemmelseserklæring for en måleværdiomformer ses i Figur 1. Som det ses, er der nævnt relevante standarder for hvert direktiv.

LVD-direktivet 2014/35/EU:

Dette direktiv sikrer, at elektronikprodukter er elektrisk sikre, når de installeres og bruges i henhold til deres specifikationer. Dokumentation for, at dette direktiv er overholdt, vil typisk være sikkerhedsstandarden:

- EN 61010-X. Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use. -X betyder at der findes flere standarder i denne serie, og disse er gældende for forskellige produkttyper.

Eksempel på en overensstemmelseserklæring for en måleværdiomformer ses i Figur 1.

Boks 3: LVD

LVD er en forkortelse for Low Voltage Directive. På dansk kaldes dette dokument Lavspændingsdirektivet. Lavspænding er for eksempel nettets 230 VAC, og skal forstås i modsætning til højspændingsnettet. LVD stiller krav til, at produkter ikke må blive årsag til brand eller risiko for, at personer får elektrisk stød.

RED- eller RUD-direktivet 2014/53/EU.

Direktivet gælder for produkter, der indeholder en trådløs, radiobaseret funktionalitet.

Dokumentation for, at dette direktiv er overholdt, vil typisk være en radiostandard som:

- EN 30x xxx-x.

Der findes mange standarder i denne serie, og det særlige ved radiodirektivet er, at HVIS det gælder for produktet, så overtager det også rollen som regulerende direktiv i stedet for EMC- og LVD-direktiverne.

Boks 4: RED (eller på dansk RUD)

Direktivnavnet står for Radio Equipment Directive (eller på dansk: RadioUdstyrsDirektivet). Direktivet gælder, hvis der anvendes radiosignaler og -frekvenser i forbindelse med målefunktionen eller transmissionen af data fra produktet. Direktivets formål er at sikre, at radiospektret anvendes efter hensigten, det vil sige at der ikke udsendes signaler på frekvenser, der ikke er tilladt, og at sendeudstyret ikke påvirkes unødvendigt af fremmede forstyrrelser som andre radiotjenester eller elektriske forstyrrelser.

ATEX-direktivet 2014/34/EU:

Dette direktiv sikrer, at elektronikprodukter er elektrisk sikre, når de installeres og bruges i eksplosionsfarlige miljøer. Dokumentation for, at dette direktiv er overholdt, vil typisk være sikkerhedsstandarden:

- EN 60079-X. Explosive atmospheres, xxx

xxx betyder, at der findes flere standarder i denne serie, og disse er gældende for forskellige produkttyper og flere typer eksplosionsfarlige miljøer, se Boks 5.

Boks 5: ATEX-direktiv

ATEX-direktivet gælder for udstyr, der benyttes i potentielt eksplosive miljøer (Ex-miljø). Dette kan for eksempel være i produktionssystemer, raffinaderier eller lignende. De tekniske standarder beskriver, hvordan effekt, spænding, strøm og ladning i elektriske systemer begrænses, således at der ikke er effekt nok til rådighed til at starte en elektrisk gnist eller en brand. Graden af beskyttelse afhænger af, hvor eksplosiv atmosfæren på brugsstedet er. I visse tilfælde anvendes en såkaldt zener-barriere til at begrænse den elektriske energi til produktet. Symboler for ATEX-områder ses her:



Boks 6: ROHS

ROHS er en forkortelse af "Restriction Of the use of certain Hazardous Substances". Direktivets opgave er at undgå giftige og miljømæssigt skadelige ingredienser i elektriske og elektroniske produkter.

ROHS anvender KUN CE-mærket i dokumentationssammenhæng. Eventuelle mærkninger relateret til teksten ROHS har ikke noget med selve direktivoverholdelsen at gøre, men kan skyldes andre mærkningsbehov.

ROHS-direktivet 2011/65/EU:

Dette direktiv sikrer, at produkter er opbygget af materialer og kemiske stoffer, der kan anvendes og bortskaffes efter endt brug på en miljømæssigt forsvarlig måde.

Bemærk, at dette direktiv gælder for alle slags produkter, det vil sige også for stålindkapslingen af et termometer. Direktivet er ikke begrænset til aktiv elektronik, og har ikke umiddelbart noget med produktets tekniske funktionalitet at gøre. Direktivets tekst indeholder de detaljerede tekniske krav vedrørende materialer og deres brug.

Vær opmærksom på, om der udover disse europæiske krav optræder krav fra andre dele af verden som led i et instrumenteringsprojekt, eller om der er opstillet specielle godkendelseskrav i kontrakt om opbygning af målesystemer.

OVERENSSTEMMELSESERKLÆRING

(3xxxDoC_101)

Som producent erklærer

PR electronics A/S, Lerbakken 10, DK-8410 Rønde

hermed at følgende produkt:

Type: 31xx, 33xx og 34xx

Navn: 6 mm temperaturtransmittere og signalerheder

Fra serienummer: 150802000

er i overensstemmelse med følgende direktiver og standarder:

EMC-direktivet og senere tilføjelser

indtil 2016.04.19: 2004/108/EF

fra 2016.04.20: 2014/30/EU

EN 61326-1 : 2013

For specifikation af det acceptable EMC-niveau henvises til modulets elektriske specifikationer.

Lavspændingsdirektivet og senere tilføjelser

indtil 2016.04.19: 2006/95/EF

fra 2016.04.20: 2014/35/EU

EN 61010-1 : 2010

*ATEX-direktivet 94/9/EC og senere tilføjelser

indtil 2016.04.19: 94/9/EF

fra 2016.04.20: 2014/34/EU

EN 60079-0 : 2012 og EN 60079-15 : 2010

ATEX-certifikat: KEMA 10ATEX0147 X

Bemyndiget organ

DEKRA Certification B.V. (0344)

Meander 1051, 6825 MJ Arnhem

P.O. Box 5185, 6802 ED Arnhem

The Netherlands

RoHS2-direktivet 2011/65/EU

**Produktet er fremstillet i overensstemmelse med direktiv nr. 2011/65/EU om
begrænsning af anvendelsen af visse farlige stoffer i elektrisk og elektronisk
udstyr.**



Rønde, 7. marts 2016

Stig Lindemann, CTO

Producentens underskrift

*Gælder ikke 3105

B.KP3.15.02

PR electronics A/S • Lerbakken 10 • DK-8410 Rønde • T +45 86 37 26 77 • F +45 86 37 30 85 • sales@prelectronics.dk • www.prelectronics.com

Figur 1: Eksempel på overensstemmelseserklæring for en aktiv måleværdiometer (PR electronics A/S).

2.3 ØVELSE 1 – MODSTANDSMÅLING

Denne øvelse beskriver anvendelse af modstandsmåling og demonstrerer, hvorledes modstand af en metaltråd afhænger af temperaturen. Nødvendige og supplerende hjælpemidler til øvelsen er beskrevet i det følgende.

Nødvendige hjælpemidler

Følgende materialer skal være til stede, således at studerende kan arbejde i hold på 2 om opgaven. Hvert hold skal bruge følgende:

- Elektronisk multimeter med ohm-målefunktion, der kan måle i området 5 til 200 Ω (dvs. et 200 Ω -området skal være til stede).
- Ruller/flade bundter á 50 m lakisoleret eller plast-overtrukket jernttråd (eller rustfrit stål) i et fladt bundt, således at der er adgang til begge ender af tråden.
- Gryder, fade, opvaskebaljer eller beholdere der er store nok til, at et helt bundt jernttråd kan nedsænkes i vand.
- Elkedel (flere stk.) til kogende vand (eller kogende vand kan opnås med varmeplade, gasbrænder eller lignende).
- Isterninger i så store mængder at vand/is-blanding kan laves til alle hold.
- Specialtang, knibtang eller bidetang til afisolering af ledninger.
- Lommeregner med matematikfunktioner.

Instrumenter og jernttråd kan indkøbes på nettet ved at søge på for eksempel "multimeter spændingsmåler pris" og "rustfri ståltråd 50m" eller "bindetråd grøn 0,8mm 50m". Kik på "Billeder" for at finde et passende instrument og flade bundter af tråd hos bygge-markeder, biltilbehør og lignende. Bemærk, at det er vigtigt at metaltråden er isoleret med plast eller lak, da vindingerne ellers kortslutter mod hinanden.



Figur 2: Hjælpemidler til øvelse 1.

Supplerende hjælpemidler

Det kan være en fordel også at have adgang til følgende (er ikke påkrævet til alle hold samtidig):

- Kvalitetstermometer, elektronisk eller med væskesøjle/sprit
- Kvalitetsmultimeter
- Kvalitets Pt100- eller Pt1000-termometer
- Computer med regnearksprogram

Øvelsen trin for trin

- Fritlæg tråden i hver ende af et trådbundt, således at der er ca. ½-1 meter tråd frigjort, og så isoleringen er fjernet på de sidste 1-3 cm.
- Etablér vand/is-blanding i skålen. Mest is, kun lidt vand. Afvent, at smeltning af isen er godt i gang, og læg så hele trådbundtet ned i baljen, således at de to trådender er uden for vandbadet. Tillad 5-10 minutters stabilisering af temperaturen.
- Indstil multimetret til ohm, og mål modstanden mellem de to trådender.

Modstand ved 0 °C: _____ Ω

- Forbind de to målepinde fra multimetret direkte sammen, og aflæs "nulvisningen", når dette gøres. Er værdien præcis nul?

Modstand, nulvisning: _____ Ω

- Foretag eventuelt samtidig måling med kvalitetstermometer og kvalitetsmultimeter. Notér også disses værdier.
- Erstat det kolde isvand med kogende vand – eller vand der er så tæt på kogende som muligt. Tillad 5-10 minutters stabilisering af temperaturen og hæld derefter mere kogende vand på, så temperaturen er tættest muligt på 100 °C.

ADVARSEL: Kogende vand kan medføre skoldning! Hold god afstand!

- Indstil multimetret til modstandsmåling, og mål modstanden mellem de to trånder.

Modstand ved 0 °C: _____ Ω

- Forbind de to målepinde fra multimetret direkte sammen, og aflæs "nulvisningen", når dette gøres. Er værdien præcis nul?

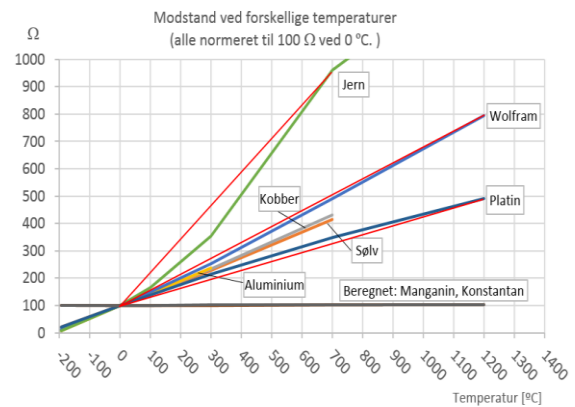
Modstand, nulvisning: _____ Ω

Data og beregninger – hvert hold

- Beregn, hvor mange % modstanden ved 100 °C er højere end ved 0 °C. Brug eventuelt en computer med regneark.

Stigning: _____ %

- Prøv at lægge en ret linje ind svarende til hældningen af modstand/temperaturkurven for jern i Figur 3.
- Hvor mange % kan modstandsændringen mellem 0 og 100 °C aflæses til vha. kurven?
- Stigning: _____ %
- Er de to procentværdier ens?
- Gør det nogen forskel hvis I fratrækker multimetrets "nulvisning" fra hver af de to modstandsværdier? Udregn igen procentværdien af stigningen.



Figur 3: Modstand af metaller ved forskellige temperaturer (REF = 100 Ω ved 0 °C). De røde linjer er tilnærmede rette linjer.

- Diskutér, hvad der kan være årsag til forskellene (hvilke influensfaktorer kan være til stede ved jeres måling?).
- Diskutér om I tror mest på målingen af 0 °C eller målingen af 100 °C, og begrund svaret.

Data og beregninger – samlet

- Saml alle holdenes data for måling af 0 °C.
- Beregn middelværdien for hele holdets målinger af 0 °C:

Ligning 1

$$T_{0,\text{mid}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \dots T_N}{N}$$

$T_{0,\text{mid}} = \text{_____ } ^\circ\text{C}$

- Beregn standardafvigelsen for hele holdets målinger af 0 °C. Standard-afvigelsen σ (sigma) beregnes således:

Ligning 2

$$\sigma_{0,mid} = \frac{\sqrt{(T_1 - T_{0,mid})^2 + (T_2 - T_{0,mid})^2 + \dots + (T_N - T_{0,mid})^2}}{N}$$

Værdien har samme enhed som temperaturen (°C).

$$\sigma_{0,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

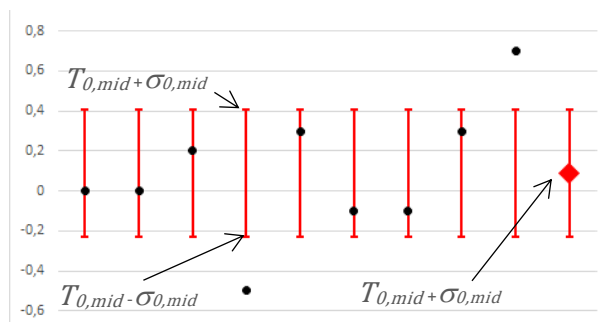
- Tegn alle holdets målte værdier ind på en vandret linje (brug evt. "Line Plot"-funktionen i et regneark).
- Tegn vandrette linjer for følgende værdier:

$$T_{0,mid} + \sigma_{0,mid}$$

$$T_{0,mid}$$

$$T_{0,mid} - \sigma_{0,mid}$$

så afbildningen kommer til at se således ud:



Figur 4: Dataserie med indtegnet middelværdi og markører for en standardafvigelse fra middelværdien.

- Rammer alle jeres værdier inden for en standardafvigelse?
- Udfør samme beregninger og samme afbildning for holdets værdier fra måling ved 100 °C:

$$T_{100,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sigma_{100,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Rammer alle jeres værdier inden for en standardafvigelse?
- Er billedet det samme for målingen af 0 °C og målingen af 100 °C?
- Er der grund til at tro mere på målingen af den ene temperatur end på den anden temperatur?
- Kan man benytte metaltråden til på realistisk vis at måle en temperatur?
- Hvis der er udført en modstandsmåling med kvalitetsmultimeter og kvalitetstermometer – ser disse enkelte måleresultater så ud til at stemme overens med middelværdierne baseret på et stort antal lavpristermometre $T_{0,mid}$ og $T_{100,mid}$?

2.4 ØVELSE 2 – BRUG AF TERMOMETER

Denne øvelse beskriver anvendelse af et lavpristermometer. Nødvendige og supplerende hjælpemidler til øvelsen er beskrevet i det følgende.

Nødvendige hjælpemidler

Følgende materialer skal være til stede, således at studerende kan arbejde i hold på 2 om opgaven. Hvert hold skal bruge følgende:

- Elektronisk multimeter med ohm-målefunktion, der kan måle i området 5 til 200 Ω (dvs. et 200 Ω -området skal være til stede).
- Elektronisk termometer med visning af tiendedele (0,1) grader. Det skal have en ekstern føler, dvs. en ledning på minimum 1 meter. Termometret skal som minimum være i stand til at måle i området -5 til +70 $^{\circ}\text{C}$.
- Drikkekoppper til hvert hold samt en lidt større gryde, opvaskebalje eller beholder, der er store nok til at et hele holdets temperatursensorer kan nedsænkes beholderen samtidig.
- Elkedel (flere stk.) til kogende vand (eller kogende vand kan opnås med varmeplade, gasbrænder eller lignende).
- Isterninger i så store mængder at vand/isblanding kan laves til alle hold.
- Lommeregner med matematikfunktioner.

Instrumenter kan indkøbes på nettet ved at søge på for eksempel "multimeter spændingsmåler pris" og "inde ude termometer med ledning". Kik på "Billeder" for at finde et passende instrument hos byggemarkeder, biltilbehør og lignende.



Figur 5: Hjælpemidler til øvelse 2.

Supplerende hjælpemidler

Det kan være en fordel også at have adgang til følgende (er ikke påkrævet til alle hold samtidig):

- Kvalitetstermometer, elektronisk eller med væskestøbe/sprit
- Kvalitetsmultimeter
- Kvalitets Pt100- eller Pt1000-termometer
- Computer med regnearksprogram

Øvelsen trin for trin

Lokaletemperatur:

- Hvert hold måler temperaturen i lokalet. Tilslut termometret, og placér ledningsføleren et repræsentativt sted i lokalet. Tillad 5-10 minutters stabilisering af temperaturen.
- Aflæs temperaturen.

Temperatur i luften: _____ $^{\circ}\text{C}$

- Foretag eventuelt samtidig målinger med kvalitetstermometer. Notér også disse værdier.

Temperatur i luften: _____ $^{\circ}\text{C}$

- Foretag eventuelt samtidig målinger med platintermometer (aflæs modstandsværdien på termometrets tilslutningsklemmer). Notér også disse værdier.

Modstand: _____ Ω

Find temperaturen ved hjælp af tabellen i afsnit 4.3.

Svarer til temperatur: _____ $^{\circ}\text{C}$

Måling i is/vand:

- Etablér vand/is-blanding i en kop. Mest is, kun lidt vand. Afvent, at smeltning af isen er godt i gang, og læg så temperatursensoren ned i koppen. Tillad 5-10 minutters stabilisering af temperaturen.
- Aflæs temperaturen.

Temperatur i koppen: _____ °C

- Foretag eventuelt samtidig målinger med kvalitetstermometer. Notér også disse værdier.

Temperatur i koppen: _____ °C

- Erstat det kolde isvand med kogende vand – eller vand der er så tæt på kogende som muligt. Tillad 5-10 minutters stabilisering af temperaturen og hæld derefter mere kogende vand på, så temperaturen er tættest muligt på 100 °C.
- Indstil multimetret til ohm, og mål modstanden mellem de to trådender.

Modstand ved 0 °C: _____ Ω

Forbind de to målepinde fra multimetret direkte sammen, og aflæs "nulvisningen" når dette gøres. Er værdien præcis nul?

Modstand, nulvisning: _____ Ω

Data og beregninger – hvert hold

- Beregn hvor mange % modstanden ved 100 °C er højere end ved 0 °C. Brug eventuelt en computer med regneark.

Stigning: _____ %

- Prøv at lægge en ret linje ind svarende til hældningen af modstands-/temperaturkurven for jern i Figur 3. Hvor mange % kan modstandsændringen mellem 0 og 100 °C aflæses til vha. kurven?

Stigning: _____ %

- Er de to procentværdier ens?
- Gør det nogen forskel, hvis I fratrækker multimetrets "nulvisning" fra hver af de to modstandsværdier? Udregn igen procentværdien af målingen.
- Diskutér, hvad der kan være årsag til forskellene (hvilke influensfaktorer kan være til stede ved jeres måling?).
- Diskutér, om I tror mest på målingen af 0 °C eller målingen af 100 °C, og begrund svaret.

Data og beregninger – samlet

- Saml alle holdenes data for måling af 0 °C.
- Beregn middelværdien for hele holdets målinger af 0 °C ved brug af Ligning 1.

$T_{0,mid} =$ _____ °C

- Beregn standardafvigelsen for hele holdets målinger af 0 °C ved brug af Ligning 2.

$\sigma_{0,mid} =$ _____ °C

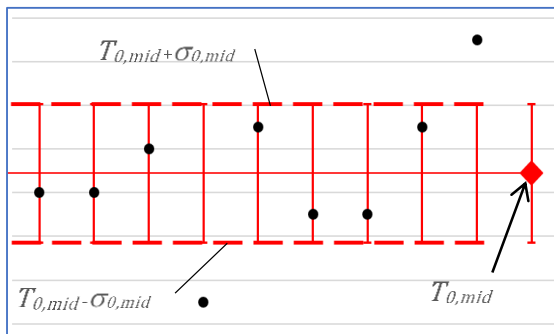
- Tegn alle holdets målte værdier ind på en vandret linje (brug evt. "Line Plot"-funktionen i et regneark).
- Tegn vandrette linjer for følgende værdier:

$T_{0,mid} + \sigma_{0,mid}$

$T_{0,mid}$

$T_{0,mid} - \sigma_{0,mid}$

så afbildningen kommer til at se således ud:



Figur 6: Dataserie med indtegnet middelværdi og markerer for en standardafvigelse fra middelværdien.

- Rammer alle jeres værdier inden for en standardafvigelse?
- Udfør samme beregninger og samme afbildning for holdets værdier af måling på 100 °C:

$$T_{100,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sigma_{100,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Rammer alle jeres værdier inden for en standardafvigelse?
- Er billedet det samme for målingen af 0 °C og målingen af 100 °C?
- Er der grund til at tro mere på målingen af den ene temperatur end på den anden temperatur?
- Hvis der er udført en modstandsmåling med kvalitetsmultimeter og kvalitetstermometer – ser disse data så ud til at stemme overens med middelværdierne $T_{0,mid}$ og $T_{100,mid}$?
- Hvis muligt, så kig i specifikationen eller manualen for termometret og find oplysning om måleusikkerheden. Muligvis har fabrikanten oplyst en "opløsning" på 0,1 °C, hvilket betyder, at 0,1 °C er den mindste temperaturværdi, som termometret kan skelne imellem. Muligvis har fabrikanten oplyst en nøjagtighed, der i så fald kan være givet som "1 °C" eller lignende. Dette skal forstås som et interval (en rektangulær fordeling), og kan som angivet i afsnit 3 omregnes til et usikkerhedsbidrag på:

Ligning 3

$$U_1 = SPEC \cdot \frac{1}{\sqrt{3}},$$

hvor U_1 (i °C) er usikkerhedsbidraget ved en standardafvigelse, og $SPEC$ (i °C) er den opgivne målenøjagtighed. Prøv at estimere termometrets reelle nøjagtighed ved at indsætte forskellige værdier for $SPEC$ og se, om I kan ramme den standardafvigelse, som I opnåede på jeres målinger af:

$$T_{0,mid}, \sigma_{0,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{100,mid}, \sigma_{100,mid} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Eksempler på beregning:

$$SPEC = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 0,058 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 0,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 0,87 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 2,0 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 3,0 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$SPEC = 4,0 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \sigma_{mid} = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3 Måleusikkerhed

Måleusikkerheden i forbindelse med temperaturmålinger udført med modstandstermometer består ligesom for andre målinger af bidrag fra hele den målekæde, der benyttes. Det vil sige, at både sensor og indikeringsinstrument bidrager til usikkerhed. Men influensfaktorerne betyder, at usikkerhedsbidrag også kommer fra målekædens kontakt til det emne, der skal måles på. Og den sidstnævnte usikkerhed kan være svær at sætte et tal på. Den må muligvis bare minimeres ud fra kendskabet til influensfaktorerens natur. I det følgende gennemgås den grundlæggende beregning af usikkerhedsbidrag fra målekæden. Til præcisionsformål kan der inddrages flere bidrag, end der bliver behandlet i dette kompendium, men fremgangsmåden er stadig den samme.

3.1.1 Bidrag fra sensor

Selve platinsensoren eller termometret bidrager med et usikkerhedsbidrag, der afhænger af hvor rent platinet i konstruktionen er, om det er blevet behandlet godt i fremstillingsprocessen og i hvor høj grad platinet følger de teoretisk og praktisk udledte matematiske approksimationer, der normalt bruges. Sensoren eller termometret kan tilskrives en toleranceklasse:

Class A: $\pm (0,15 + 0,002 |t|)$;

Class B: $\pm (0,3 + 0,005 |t|)$,

Hvor $|t|$ er den aktuelle værdi af temperaturen målt i °C (uden fortegn).

Et eksempel på et klasse A-termometer kan findes i afsnit 4.4. Bemærk, at nøjagtigheden oplyses til at være 0,15 °C ved 0 °C, præcis som EN/IEC 61751 angiver.

Hvis man ikke udfører en yderligere kalibrering for at klarlægge tolerancerne for den sensor, man har valgt (det termometer man har valgt), så kan usikkerhedsbidraget beregnes i henhold til klassen som ovenfor. En klasse B sensor, der skal bruges i temperaturområdet 0-50 °C, kan beregnes til at give et worst-case usikkerhedsbidrag på:

$$U_{\text{sensor}} = 0,3 + 0,05 \cdot 50 = 0,55 \text{ °C}$$

Dette tal er beregnet som et interval, og der regnes med rektangulær fordeling, da man ikke på forhånd kan gætte, om termometret måler for meget eller for lidt – eller måske helt korrekt. Med rektangulær fordeling kan usikkerhedsbidraget ved 1σ beregnes:

Ligning 4

$$U_{\text{sensor}}^{0-50} = 0,55 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,32 \text{ °C}$$

Det er nødvendigt at udregne usikkerhedsbidraget ved 1σ for alle usikkerhedsbidragene, da tallene ellers anvendes til at beregne en samlet usikkerhed.

3.1.2 Bidrag fra kalibrering af sensor

Usikkerhedsbidraget beregnet i afsnit 3.1.1 kan anvendes til den videre beregning af måleusikkerhed, hvis ikke man har fået foretaget en kalibrering af sit termometer hos et akkrediteret kalibreringslaboratorium. Hvis man får udført akkrediteret kalibrering, så leverer kalibreringslaboratoriet tre ekstra informationer, der kan bruges til at reducere usikkerheden på temperaturmåling med termometret:

- Laboratoriet leverer en liste over, hvilken værdi temperatursensoren (eller termometret) viser, når det udsættes for en bestemt, defineret temperatur. Hvis man kan få udført sin kalibrering ved lige de temperaturer man har brug for at måle ved, så kender man fejlvisningen af sit termometer, og kan korrigere for termometrets fejlvisning. Dette vil kunne fjerne en stor del af den mulige afvigelse på termometret. Det kræver dog at man udfører en korrektion af alle måledata, man optager med termometret.
- Kalibreringslaboratoriet oplyser den usikkerhed, de selv har på den opmålte værdi af termometrets data. Dette tal er normalt opgivet ved en dækningsfaktor $k = 2$ (eller 2σ), og man kan omregne værdien til 1σ ved at dividere med 2. På denne måde kan man normalt få et meget mindre usikkerhedsbidrag end beregnet i afsnit 3.1.1.
- Den tredje ting man opnår med en akkrediteret kalibrering er en dokumenteret sam-

menhæng mellem ens sensor og en internationalt kendt sensor. Man ved ligeledes, hvordan ens sensor opfører sig i forhold til kalibreringslaboratoriets referencesensor (og man har dermed dokumenteret sporbarhed med sekundærkalibreringen til dette referencetermometer, der igen har sporbarhed til det termometer, som kalibreringslaboratoriet har sporbarhed til via en primær kalibrering). På den måde er man sikker på at kende sin afvigelse på temperaturmåling i forhold til termometre i andre dele af verden.

Som nævnt er usikkerheden angivet med dækningsfaktor $k = 2$ (eller 2σ). Dette kan omregnes til dækningsfaktor $k = 1$ (eller 1σ) ved at dividere usikkerhedstallet med 2.

I *T1 Temperaturmåling ved hjælp af elektrisk modstand – teori*, afsnit 5.4, Figur 22, er vist et kalibreringscertifikat for to platinmodstandstermometre A og B. Fra dette er usikkerheden ved $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ oplyst til $\pm 0,003\text{ }^{\circ}\text{C}$ og usikkerheden ved $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ er oplyst til $\pm 0,010\text{ }^{\circ}\text{C}$. For at opnå 1σ værdien tager man worst-case værdien $\pm 0,010\text{ }^{\circ}\text{C}$ og deler med 2. Dermed opnår man $U_{\text{kalib}}^{0-50} = 0,0050\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Denne usikkerhed er meget mindre end usikkerheden for det ukalibrerede termometer. Kalibreringen er med andre ord en mulighed for at komme meget tættere på den "rigtige" temperaturværdi. Man kommer dog kun så tæt på, som kalibreringslaboratoriets usikkerhed tillader, og man skal derefter tillægge usikkerheden på sin egen instrumentering til at aflæse termometrets modstand (og dermed den målte temperatur).

Hvis man kan opnå så lille en usikkerhed som $0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$ på sin temperaturmåling, så bliver man også nødt til at udføre korrektion af temperatursensorens fejlvisning.

Se på tallene for $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i *T1 Temperaturmåling ved hjælp af elektrisk modstand – teori*, afsnit 5.4, Figur 22. Den reelle temperatur fra referencetermometeret er $-25,003\text{ }^{\circ}\text{C}$. Termometrene A og B viser begge $-25,025\text{ }^{\circ}\text{C}$, altså $0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved siden af. Hvis man undlader at korrigere sin måling for disse $0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$, så ved

man med sikkerhed at man rammer et stykke ved siden af det rigtige måleresultat, og den lave usikkerhed på $0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$ er ikke realistisk. Man er nødt til at korrigere for fejlvisningen på $0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$, før man kan anvende den lave måleusikkerhed på $0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$. Skal man opretholde den meget lave usikkerhed på sine målinger, så kræver det tilpasning af korrektionsfaktorer, hver gang en sensor kommer tilbage fra kalibreringslaboratoriet. Måske har sensoren ændret sin fejlvisning siden sidste kalibrering. Hvis man blot anvender en sensor ukalibreret, så kan den lille fejlvisning på $0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$ rigeligt rummes inden for usikkerhedsbidraget på $0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$, som er udregnet i afsnit 3.1.1.

Boks 7: Sporbar eller ej?

Hvis man modtager et kalibreringscertifikat, kan man normalt være sikker på, at kalibreringsarbejdet er udført akkrediteret, hvis et nationalt akkrediteringsorgan er anført på forsiden. I Danmark er dette organ Dansk Akkreditering (DANAK). Organisationen ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) vil ofte også være nævnt. Hvis ingen af sådanne organisationer er nævnt, så er der ingen garanti for, at kalibreringsdata er sporbare internationalt, eller at usikkerhedsoplysningerne er valide.

3.1.3 Bidrag måleværdiomformer

Hvis man kender sit termometer rigtig godt via data fra en akkrediteret kalibrering, så kan man bruge termometret sammen med sit eget måleudstyr, som for eksempel kan være en måleværdiomformer. Det er måleværdiomformerens opgave at udføre målingen af termometrets resistans og at omsætte resistansen til et signal eller direkte til en temperatur.

Eksempler på måleværdiomformere findes i afsnittene 4.5 og 4.6. Omformeren type 5333A måler modstanden af platintråden i sensoren ved hjælp af en 3-tråds modstandsmåling. Målestrømmen er 0,2 til 0,4 mA. Omformeren laver modstandsmålingen om til et strømsignal i intervallet 4-20 mA, hvor de 4-20 mA kan programmeres til at være for eksempel temperaturområderne 0 °C til +10 °C eller -200 °C til +850 °C. Denne programmering gælder samtidig for måleindgangen, således at resistansmålingen optimeres til netop det temperaturområde, man ønsker at måle i. Måleområdet har ofte en mindste bredde, som kan svare til et temperaturinterval på 10 eller 50 °C afhængigt af omformeren. Det vil for eksempel sige, at 4 mA kan svare til 0 °C, og 20 mA kan svare til +10 °C. At omformeren i princippet kan indeholde 2 delfunktioner betyder også, at den kan bidrage med mindst 2 usikkerhedsbidrag.

Bidrag fra indgangen

Databladene angiver et usikkerhedsbidrag som:

”Nøjagtighed: den største af: Bedre end 0,05% af span eller 0,1°C”.

For et span på 50 °C kan afvigelsen beregnes som

$$AFV_{\text{indgang}} = 0,05/100 \cdot 50 \text{ °C} = 0,025 \text{ °C}.$$

Og da dette er mindre end 0,1 °C, så er usikkerhedsbidraget ved dette span

$$AFV^{0-50} = 0,1 \text{ °C}.$$

Dette ganges med $\frac{1}{\sqrt{3}}$ for at beregne usikkerhedsbidraget ved 1σ :

$$U_{\text{indgang}}^{0-50} = 0,058 \text{ °C}$$

Hvis span vælges som 200 °C, så er usikkerhedsbidraget stadig 0,1 °C, mens det vil begynde at vokse, hvis span vælges større end 200 °C.

Det kan derudover ses af databladet, at der kommer yderligere bidrag til usikkerheden, hvis omformerens temperatur ændrer sig. Bidraget er beskedent. Det er angivet på samme måde som før:

”Temperaturkoefficient: den største af 0,02°C/°C eller $\leq \pm 0,01\%/^{\circ}\text{C}$ ”

Det skal forstås således, at hvis omformerens omgivelsestemperatur bevæger sig væk fra kalibreringstemperaturområdet (+20 °C til +28 °C, eller tæt på +24 °C), så påvirkes temperaturmålenøjagtigheden inden for et vist område:

”Specifikationsområde..... -25 °C til +70 °C

Kalibreringstemperatur..... 20...28 °C”

Hvis omformeren installeres således, at den udsættes for 70 °C, så kommer der en ekstra afvigelse fra omgivelsestemperatur på:

$$AFV_{\text{omg-temp}}^{70} = 0,02 \cdot (70 \text{ °C} - 24 \text{ °C}) = 0,92 \text{ °C},$$

eller der lægges 0,01%/°C oven i grundtolerancen på 0,05% af span.

Med samme omgivelsestemperatur 70 °C som før, så kommer der en ekstra afvigelse fra omgivelsestemperatur på

$$AFV_{\text{omg-temp}} = 0,01\%/^{\circ}\text{C} \cdot (70 \text{ °C} - 24 \text{ °C}) = 0,46 \text{ \%}.$$

Ved et span på 50 °C bliver den resulterende afvigelse

$$AFV_{\text{omg-temp}}^{70} = 0,46/100 \cdot 50 \text{ °C} = 0,23 \text{ °C}$$

Den største af disse værdier anvendes, og da den er beregnet som et interval, skal den ganges med $\frac{1}{\sqrt{3}}$ for at beregne usikkerhedsbidraget ved 1σ :

$$U_{\text{omg-temp}}^{70} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,92 \text{ °C} = 0,53 \text{ °C}$$

Med andre ord er nøjagtigheden ikke længere så god, som hvis omformeren kun oplever et temperaturbrugsområde på 20-28 °C.

Bidrag fra elektriske forstyrrelser

Databladet indeholder endnu en oplysning om influensparametre. Databladet anfører, at hvis der optræder elektriske forstyrrelser i form af HF-støj, enten via feltindstråling eller via ledningsåret støj, så påvirkes målefunktionen i en eller anden grad:

"EMC-immunitetspåvirkning.... < ±0,5% af span

Udvidet EMC-immunitet: NAMUR NE 21,
A-kriterium, gniststøj..... < ±1% af span"

Ved kraftig støj kan påvirkningen blive op til 1 % af span. For et span på 50 °C kan afvigelsen beregnes som

$$AFV_{\text{EMC,span50}} = 1/100 \cdot 50 \text{ °C} = 0,5 \text{ °C}$$

Ved 1σ udregnes usikkerhedsbidraget til

$$U_{\text{EMC}}^{0-50} = 0,5 \text{ °C} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,29 \text{ °C}$$

For et span på 850 °C kan afvigelsen beregnes som

$$AFV_{\text{EMC,span850}} = 1/100 \cdot 850 \text{ °C} = 8,5 \text{ °C}$$

Det er ligesom med de andre usikkerhedsbidrag ikke muligt at forudse i hvilken retning, måleresultatet vil påvirkes. Så hvis man har grund til at tro, at der kan optræde kraftig elektrisk forstyrrelse på anvendelsesstedet, må man eventuelt forsøge at beskytte temperaturmåleudstyret med ekstra støjfiltre eller afskærmning, så forstyrrelsen reduceres.

Boks 8: NAMUR

NAMUR stammer fra tysk procesindustri (Normen-Arbeitsgemeinschaft für Mess- Und Regeltechnik (in der Chemischen Industrie)). NAMUR er en speciel signaleringsform, hvor en sensor indikerer sin tilstand ved at skifte mellem 2 impedansniveauer. Signaleringsformen er knyttet sammen med EMC-testkrav, der er relativt strikse for det produkt, der testes.

Bidrag fra strømudgangen

Hvis omformeren er forsynet med en digital kommunikationsudgang, for eksempel af typen Fieldbus eller HART, så giver denne kommunikation ikke anledning til nogen yderligere usikkerhedsbidrag. Det digitale signal forventes enten at komme uskadt frem til processtyringsudstyret eller helt at udeblive.

Hvis omformeren er forsynet med en analog strøm- eller spændingsudgang, så kommer der et bidrag til usikkerheden fra genereringen af dette analoge signal.

I databladet er bidraget ikke direkte opgivet, men der er opgivet et dynamisk område på 16 bit, hvilket kan omregnes til et skift mellem 2 naboniveauer på udgangen kan betyde

$$\text{Bitopløsning} = 1 / 2^{16} = 1/65536 = 15 \text{ ppm}$$

eller 0,0015% af span. For et span på 50 °C kan opløsningen beregnes som:

$$\text{Opløsning} = 0,0015/100 \cdot 50 = 0,00075 \text{ °C}$$

Dette bidrag er meget småt i sammenhæng med de andre beregnede bidrag.

I realiteten bør dette behandles som en rektangulær fordeling med størrelsen $\pm \frac{1}{2} \cdot 15 \text{ ppm}$, da den "korrekte" værdi ikke kan være mere end $\frac{1}{2}$ bitopløsning væk fra den teoretisk rigtige værdi. Usikkerhedsbidraget ved 1σ beregnes ved at gange med $\frac{1}{\sqrt{3}}$

$$U_{\text{udg-bits}}^{0-50} = \text{Opløsning} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,00075 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \\ = 0,0013 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Det er også opgivet, at hvis man belaster strømudgangen med $100 \text{ } \Omega$ (processtyringssystemets indgangs-impedans er cirka $100 \text{ } \Omega$), så bidrager denne ukendte indgangsimpedans til et usikkerhedsinterval på 0,01% af span.

$$\text{Belastning} = 0,01/100 \cdot 50 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0,0050 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Usikkerhedsbidraget ved 1σ beregnes ved at gange *Belastning* med $\frac{1}{\sqrt{3}}$:

$$U_{\text{udg-belast}}^{0-50} = 0,0050 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,0086 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.1.4 Øvrige bidrag

I afsnittene 3.1.1 til 3.1.3 er en række usikkerhedsbidrag fra målekæden udledt og beregnet. Ingen af disse bidrag har varetaget usikkerhedskilder som termisk kontakt til det ønskede målested, fejlmåling på grund af varmeafledning fra målestedet eller termisk tidskonstant, der betyder, at temperaturen kun langsomt indstiller sig på den korrekte, målte temperatur.

De nævnte influensparametre er meget afhængige af, i hvilken målesituation termometret anvendes.

Dette kompendium indeholder beskrivelse af varmeledningsevne, og det vil være muligt at opstille en beregning af den teoretiske varmeafledning fra et målepunkt og gennem et termometers stålindkapsling. Dette falder dog uden for rammen af dette kompendium.

Tidskonstanter for termometre er normalt opgivet af fabrikanterne. Hvis der måles i "stillestående luft", vil tidskonstanter kunne være flere minutter. Dette skal der tages højde for, hvis temperaturmålingen indgår i et tilbagekoblet styringssystem (servosystem).

Det processtyringssystem, der anvender temperaturmålekæden, kan også bidrage til den samlede usikkerhed. Dette er tilfældet, hvis der benyttes en måleværtdiomformer med analog strømudgang, som tilsluttes

en analog indgang i processtyringssystemet. I så fald skal processtyringssystemet digitalisere målestrømmen, og denne digitalisering bidrager også med et usikkerhedsbidrag som er karakteristisk for strømudgangen.

3.1.5 Beregning og konfidensinterval

Den samlede usikkerhed fra afsnittene 3.1.1 til 3.1.3 beregnes i det følgende. Da alle bidragene er beregnet ved dækningsfaktor $k = 1$ (eller 1σ) kan de indgå direkte i beregningen.

Da bidragene forventes at være ukorrelerede (det anses for usandsynligt, at de alle "trækker i samme retning mod enten højere eller lavere temperatur) lægges de sammen som "kvadratrods af kvadratsum". Det samlede bidrag $U_{\text{termo}}^{1\sigma}$ beregnes ved 1σ som

Ligning 5

$$U_{\text{termo}}^{1\sigma} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 \dots}$$

Indsættes de værdier, der er beregnet fra afsnit 3.1.1 til 3.1.3, fås den samlede usikkerhed ved 1σ . Denne kan beregnes for flere forskellige situationer.

U-kalibreret sensor i analogt system

Der regnes med, at følgende værdier fra afsnit 3.1.1 til 3.1.3 tages i betragtning:

Tabel 2. Beregning ukalibreret sensor og analog omformer.

Bidrag med ukalibreret sensor, span valgt til 0-50 °C, måleværdiomformer ved +24 °C og analog 4-20 mA udgang	
Bidragkilde	Bidrag (°C)
U_{sensor}^{0-50}	0,78 ved 1σ
$U_{\text{indgang}}^{0-50}$	0,14 ved 1σ
$U_{\text{udg-bits}}^{0-50}$	0,0011 ved 1σ
$U_{\text{udg-belast}}^{0-50}$	0,0071 ved 1σ
Heraf beregnes ved brug af Ligning 5 :	
$U_{\text{termo}}^{1\sigma}$	0,79 ved 1σ
Usikkerheden ved 2σ beregnes ved at gange med 2, dvs.:	
$U_{\text{termo}}^{2\sigma}$	1,58 ved 2σ

Det ses af beregningen at det dominerende usikkerhedsbidrag stammer fra den ukalibrerede temperatursensor. De andre bidrag er ubetydelige i sammenligning med.

Kalibreret sensor i digitalt system

Der regnes med at følgende bidrag tages i betragtning:

Tabel 3. Beregning kalibreret sensor og digital omformer.

Bidrag med kalibreret sensor, span valgt til 0-50 °C, måleværdiomformer ved +24 °C og digital HART udgang	
Bidragkilde	Bidrag (°C)
U_{kalib}^{0-50}	0,005 ved 1σ
$U_{\text{indgang}}^{0-50}$	0,14 ved 1σ
Heraf beregnes ved brug af Ligning 5 :	
$U_{\text{termo}}^{1\sigma}$	0,14 ved 1σ
Usikkerheden ved 2σ beregnes ved at gange med 2, dvs.:	
$U_{\text{termo}}^{2\sigma}$	0,28 ved 2σ

Usikkerheden er meget reduceret i forhold til før. Hvis usikkerheden skal reduceres yderligere, kan dette muligvis gøres ved at lade hele målekæden (det vil sige både termometret selv og måleværdiomformen) indgå i en kalibrering, således at samme termometer og samme omformer sendes til kalibrering og derefter bruges under betingelser, der svarer til kalibreringssituationen (temperaturstyret rum).

Hvis samme målesystem udsættes for miljøpåvirkninger i form af meget varme omgivelsestemperaturer og samtidig for elektriske forstyrrelser på grund af dårlige EMC-forhold, så kan beregningen gentages.

Kalibreret sensor, digital m. omgivelser

Der regnes med at følgende bidrag tages i betragtning:

Tabel 4. Beregning kalibreret sensor digital omformer og miljøforhold.

Bidrag med kalibreret sensor, span valgt til 0-50 °C, måleværdiomformer ved +24 °C og digital HART udgang. Påvirkninger fra temperatur og elektrisk støj i omgivelserne	
Bidragsskilde	Bidrag (°C)
U_{kalib}^{0-50}	0,0050 ved 1σ
$U_{indgang}^{0-50}$	0,14 ved 1σ
$U_{omg-temp}^{70}$	1,3 ved 1σ
U_{EMC}^{0-50}	0,71 ved 1σ
Heraf beregnes ved brug af Ligning 5:	
$U_{termo}^{1\sigma}$	1,49 ved 1σ
Usikkerheden ved 2σ beregnes ved at gange med 2, dvs.:	
$U_{termo}^{2\sigma}$	2,98 ved 2σ

Det er kutyme, at usikkerhedsberegninger altid angives ved en dækningsfaktor på $k = 2$ (eller 2σ), hvilket er det samme som et konfidensinterval på 95 %. De 95 % udtrykker, at der er 95 % sandsynlighed for, at den rigtige, ukendte måleværdi ligger indenfor et interval på $\pm 2\sigma$ omkring den angivne værdi. Hvis konfidensintervallet skal være endnu større, kan man anvende $k = 3$ (eller 3σ). Det svarer til et konfidensinterval på 99,7 %, hvor intervallet, som måleværdien antages at ligge indenfor, er på $\pm 3\sigma$. Alle antagelser i dette kompendium er baseret på, at fordelingsfunktionen for processerne kan antages at være eller kan omregnes til normalfordelinger.

4 Supplerende info

I dette afsnit findes data, der supplerer kompendiets tekst. Yderligere data kan findes på:

4.1 Litteratur

- [1] Kaye & Laby, "Tables of physical and chemical constants" 14th Edition, Longman Group, 1973, pp. 102-106.
- [2] BIPM, JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections), Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement

4.2 Websites

<http://www.its-90.com/index.html>

<http://www.isotech.co.uk/prt-calculator>

<http://www.prelectronics.dk/products/temperature>

[https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/All-Web/A707D00EE0F558D6C12574E1002C2D1C/\\$file/tniec751_ce.pdf](https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/All-Web/A707D00EE0F558D6C12574E1002C2D1C/$file/tniec751_ce.pdf)

4.3 Tabel over platinmodstand

Eksempel: For det gult markerede rektangel gælder, at modstandsværdien er 121,71 Ω ved temperaturen 56 °C.

Relation Temperature vs. Resistance According to IEC751 / ITS-90

°C ITS-90	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-200	18.52										
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95	18.52
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25	22.83
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52	27.10
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76	31.34
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96	35.54
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14	39.72
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29	43.88
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42	48.00
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52	52.11
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60	56.19
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66	60.26
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70	64.30
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	68.33
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	72.33
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	76.33
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	80.31
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	84.27
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	88.22
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.16
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	123.24
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	127.08
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	130.90
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	134.71
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	138.51
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	142.29
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	146.07
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	149.83
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	153.58
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	157.33
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	161.05
160	161.05	161.43	161.80	162.17	162.54	162.91	163.29	163.66	164.03	164.40	164.77
170	164.77	165.14	165.51	165.89	166.26	166.63	167.00	167.37	167.74	168.11	168.48
180	168.48	168.85	169.22	169.59	169.96	170.33	170.70	171.07	171.44	171.80	172.17
190	172.17	172.54	172.91	173.28	173.65	174.02	174.38	174.75	175.12	175.49	175.86

$Pt1000 = Pt100 \times 10$

ITS-90 °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	175.86	176.22	176.59	176.96	177.33	177.69	178.06	178.43	178.79	179.16	179.53
210	179.53	179.89	180.26	180.63	180.99	181.36	181.72	182.09	182.46	182.82	183.19
220	183.19	183.55	183.92	184.28	184.65	185.01	185.38	185.74	186.11	186.47	186.84
230	186.84	187.20	187.56	187.93	188.29	188.66	189.02	189.38	189.75	190.11	190.47
240	190.47	190.84	191.20	191.56	191.92	192.29	192.65	193.01	193.37	193.74	194.10
250	194.10	194.46	194.82	195.18	195.55	195.91	196.27	196.63	196.99	197.35	197.71
260	197.71	198.07	198.43	198.79	199.15	199.51	199.87	200.23	200.59	200.95	201.31
270	201.31	201.67	202.03	202.39	202.75	203.11	203.47	203.83	204.19	204.55	204.90
280	204.90	205.26	205.62	205.98	206.34	206.70	207.05	207.41	207.77	208.13	208.48
290	208.48	208.84	209.20	209.56	209.91	210.27	210.63	210.98	211.34	211.70	212.05
300	212.05	212.41	212.76	213.12	213.48	213.83	214.19	214.54	214.90	215.25	215.61
310	215.61	215.96	216.32	216.67	217.03	217.38	217.74	218.09	218.44	218.80	219.15
320	219.15	219.51	219.86	220.21	220.57	220.92	221.27	221.63	221.98	222.33	222.68
330	222.68	223.04	223.39	223.74	224.09	224.45	224.80	225.15	225.50	225.85	226.21
340	226.21	226.56	226.91	227.26	227.61	227.96	228.31	228.66	229.02	229.37	229.72
350	229.72	230.07	230.42	230.77	231.12	231.47	231.82	232.17	232.52	232.87	233.21
360	233.21	233.56	233.91	234.26	234.61	234.96	235.31	235.66	236.00	236.35	236.70
370	236.70	237.05	237.40	237.74	238.09	238.44	238.79	239.13	239.48	239.83	240.18
380	240.18	240.52	240.87	241.22	241.56	241.91	242.26	242.60	242.95	243.29	243.64
390	243.64	243.99	244.33	244.68	245.02	245.37	245.71	246.06	246.40	246.75	247.09
400	247.09	247.44	247.78	248.13	248.47	248.81	249.16	249.50	249.85	250.19	250.53
410	250.53	250.88	251.22	251.56	251.91	252.25	252.59	252.93	253.28	253.62	253.96
420	253.96	254.30	254.65	254.99	255.33	255.67	256.01	256.35	256.70	257.04	257.38
430	257.38	257.72	258.06	258.40	258.74	259.08	259.42	259.76	260.10	260.44	260.78
440	260.78	261.12	261.46	261.80	262.14	262.48	262.82	263.16	263.50	263.84	264.18
450	264.18	264.52	264.86	265.20	265.53	265.87	266.21	266.55	266.89	267.22	267.56
460	267.56	267.90	268.24	268.57	268.91	269.25	269.59	269.92	270.26	270.60	270.93
470	270.93	271.27	271.61	271.94	272.28	272.61	272.95	273.29	273.62	273.96	274.29
480	274.29	274.63	274.96	275.30	275.63	275.97	276.30	276.64	276.97	277.31	277.64
490	277.64	277.98	278.31	278.64	278.98	279.31	279.64	279.98	280.31	280.64	280.98
500	280.98	281.31	281.64	281.98	282.31	282.64	282.97	283.31	283.64	283.97	284.30
510	284.30	284.63	284.97	285.30	285.63	285.96	286.29	286.62	286.95	287.29	287.62
520	287.62	287.95	288.28	288.61	288.94	289.27	289.60	289.93	290.26	290.59	290.92
530	290.92	291.25	291.58	291.91	292.24	292.56	292.89	293.22	293.55	293.88	294.21
540	294.21	294.54	294.86	295.19	295.52	295.85	296.18	296.50	296.83	297.16	297.49
550	297.49	297.81	298.14	298.47	298.80	299.12	299.45	299.78	300.10	300.43	300.75
560	300.75	301.08	301.41	301.73	302.06	302.38	302.71	303.03	303.36	303.69	304.01
570	304.01	304.34	304.66	304.98	305.31	305.63	305.96	306.28	306.61	306.93	307.25
580	307.25	307.58	307.90	308.23	308.55	308.87	309.20	309.52	309.84	310.16	310.49
590	310.49	310.81	311.13	311.45	311.78	312.10	312.42	312.74	313.06	313.39	313.71
600	313.71	314.03	314.35	314.67	314.99	315.31	315.64	315.96	316.28	316.60	316.92
610	316.92	317.24	317.56	317.88	318.20	318.52	318.84	319.16	319.48	319.80	320.12
620	320.12	320.43	320.75	321.07	321.39	321.71	322.03	322.35	322.67	322.98	323.30
630	323.30	323.62	323.94	324.26	324.57	324.89	325.21	325.53	325.84	326.16	326.48
640	326.48	326.79	327.11	327.43	327.74	328.06	328.38	328.69	329.01	329.32	329.64
650	329.64	329.96	330.27	330.59	330.90	331.22	331.53	331.85	332.16	332.48	332.79
660	332.79	333.11	333.42	333.74	334.05	334.36	334.68	334.99	335.31	335.62	335.93
670	335.93	336.25	336.56	336.87	337.18	337.50	337.81	338.12	338.44	338.75	339.06
680	339.06	339.37	339.69	340.00	340.31	340.62	340.93	341.24	341.56	341.87	342.18
690	342.18	342.49	342.80	343.11	343.42	343.73	344.04	344.35	344.66	344.97	345.28
700	345.28	345.59	345.90	346.21	346.52	346.83	347.14	347.45	347.76	348.07	348.38
710	348.38	348.69	348.99	349.30	349.61	349.92	350.23	350.54	350.84	351.15	351.46
720	351.46	351.77	352.08	352.38	352.69	353.00	353.30	353.61	353.92	354.22	354.53
730	354.53	354.84	355.14	355.45	355.76	356.06	356.37	356.67	356.98	357.28	357.59
740	357.59	357.90	358.20	358.51	358.81	359.12	359.42	359.72	360.03	360.33	360.64
750	360.64	360.94	361.25	361.55	361.85	362.16	362.46	362.76	363.07	363.37	363.67
760	363.67	363.98	364.28	364.58	364.89	365.19	365.49	365.79	366.10	366.40	366.70
770	366.70	367.00	367.30	367.60	367.91	368.21	368.51	368.81	369.11	369.41	369.71
780	369.71	370.01	370.31	370.61	370.91	371.21	371.51	371.81	372.11	372.41	372.71
790	372.71	373.01	373.31	373.61	373.91	374.21	374.51	374.81	375.11	375.41	375.70
800	375.70	376.00	376.30	376.60	376.90	377.19	377.49	377.79	378.09	378.39	378.68
810	378.68	378.98	379.28	379.57	379.87	380.17	380.46	380.76	381.06	381.35	381.65
820	381.65	381.95	382.24	382.54	382.83	383.13	383.42	383.72	384.01	384.31	384.60
830	384.60	384.90	385.19	385.49	385.78	386.08	386.37	386.67	386.96	387.25	387.55
840	387.55	387.84	388.14	388.43	388.72	389.02	389.31	389.60	389.90	390.19	390.48
850	390.48										

Pt1000 = Pt100 x 10

4.4 Eksempel på instrumentering Platintermometer PR 7400

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)



PERFORMANCE
MADE
SMARTER



Pt100 temperature sensor

7400

- Accuracy, IEC 60751 class A
- Terminal head DIN 43729 form B
- 1/2" RG connection
- Stainless, acid-proof steel
- Protection tube $\varnothing 9 \times 1$
- Temperature range -50°C to $+400^{\circ}\text{C}$

Application

- Temperature measurement in industrial systems, eg. in the food, chemical and pharmaceutical industries, cold storage plants, district heating, power plants, refineries and ships.
- Temperature measurement in gas and floating media.

Technical characteristics

- The 7400 comes with a fixed measurement insert.
- The sensor element is a thin film platinum resistor - Pt100 - trimmed at a laboratory to comply with the resistance values of the standard IEC 60751, class A. The advantage of a thin film element is an ultra short reaction time. The Pt100 element is electrically isolated from the protecting tube and terminal head.
- The protecting tube is $\varnothing 9 \times 1$ mm stainless, acid-proof steel W no. 1.4571 / AISI 316Ti, filled with aluminum oxide powder. A 1/2" RG thread nipple is welded on the protecting tube with a packing sheet of $\varnothing 30$ and span 30.
- The terminal head is a standard DIN 43729 form B housing produced in light-alloy metal, protected against corrosion through strong industrial lacquering.
- The sensor is available with or without cooling extension to keep the terminal head clear of isolated surfaces.

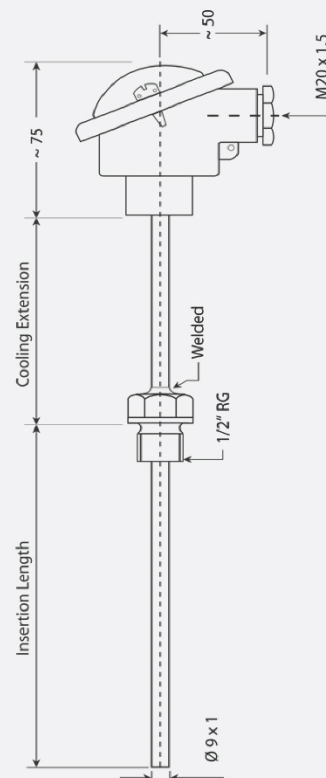
Electrical connection

- Each sensor is delivered with a three-wire connection which allows cable compensation to the sensor element.

Option

- Pt100 sensor type 7400 is available with a built-in ceramic socket (item no. 7423) or with a built-in 2-wire programmable transmitter for both standard and I.S. installations.

Connections



This page is automatically generated on the basis of information provided on www.prelectronics.com and affiliated websites. It is provided to you as a service and for information purpose only. While we have attempted to maintain the information as accurately as possible, the page may contain errors or omissions for which we disclaim any and all liability.

PLATINTERMOMETER PR 7400 – fortsat

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)

Order:

Type	Pt100 Sensors	Accuracy	Cooling extension	Insertion length
7400	1 x Pt100 : A	Class A : 1	None : A 100 mm : B	50 mm : 1 100 mm : 2 150 mm : 3 200 mm : 4 300 mm : 5 400 mm : 6

Environmental Conditions

Protection degree..... IP54

Mechanical specifications

Max. tightening torque..... 50 Nm
Packing surface..... Ø 30 x Ø 21.5
Max. pressure for insertion
length ≤ 250 mm..... 36.5 bar
Max. pressure for insertion
length > 250 mm..... 22.5 bar
Cable connection (screwed)..... M20 x 1.5
Width of flats..... 30

Common specifications

Recommended sensor current..... ≤ 2 mA
Max. temperature diffusion
at 0°C: IEC 60751 class A..... ≤ ±0.15°C
Long-term stability: (≥1000
hours at max. temperature)..... ≤ ±0.05°C
Typical reaction time: water
with flow 0.2 m/s..... t0.5 after 20 s / t0.9 after 28 s
Typical reaction time: air
with flow 1 m/s..... t0.5 after 60 s / t0.9 after 180 s

7400-080916

4.5 Eksempel på instrumentering Omformer - PR 5333A

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)



PERFORMANCE
MADE
SMARTER



2-tråds programmerbar transmitter

5333A

- Indgang for RTD eller Ohm
- Høj målenøjagtighed
- 3-leder tilslutning
- Programmerbar følerfejlsværdi
- Kan monteres i DIN form B følerhoved



Anvendelse

- Temperaturlineariseret måling med Pt100...Pt1000 eller Ni100...Ni1000 føler.
- Omsætning af lineær modstandsændring til standard analogt strømsignal, f.eks. fra ventiler eller ohmske niveaustave.

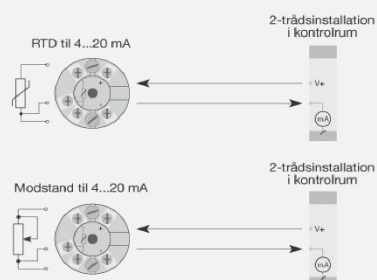
Teknisk karakteristik

- PR5333A kan af brugeren i løbet af få sekunder programmeres til at måle inden for alle normerede RTD-temperaturområder.
- RTD- og modstandsindgangen har kabelkompensering for 3-leder tilslutning.

Montage / installation

- Kan monteres i DIN form B følerhoved eller på DIN-skinne med PR-beslag type 8421.

Tilslutninger



Denne side er automatisk genereret på baggrund af de angivne oplysninger på www.prelectronics.com og tilknyttede websteder. Vi yder den som en service til dig, og den er udelukkende beregnet til informationsbrug. Selvom vi tilstræber at vise oplysningerne så nøjagtigt som muligt, kan siden indeholde fejl eller mangler, som vi fraskriver os ethvert ansvar for.

OMFORMER - PR 5333A – fortsat

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)

Bestillingsskema:

Type
5333A

Omgivelsesbetingelser

Spektationsområde.....	-40°C til +85°C
Kalibreringsstemperatur.....	20...28°C
Relativ fugtighed.....	< 95% RF (ikke-kond.)
Kapslingsklasse (kabinet / klemmer).....	IP68 / IP00

Mekaniske specifikationer

Dimensioner.....	Ø 44 x 20,2 mm
Vægt, ca.....	50 g
Ledningskvadrat.....	1 x 1,5 mm ² flerkeret ledning
Klemskruttilspændingsmoment.....	0,4 Nm
Vibration.....	IEC 60068-2-6 : 2007
Vibration: 2...25 Hz.....	±1,6 mm
Vibration: 25...100 Hz.....	±4 g

Fælles specifikationer

Forsyning	
Forsyningsspænding.....	8,0...35 VDC
Reaktionstid	
Reaktionstid (programmerbar).....	0,33...60 s
Egetforbrug.....	25 mW...0,8 W
Spændingsdrop.....	8,0 VDC
Opvarmningstid.....	5 min.
Programmering.....	Loop Link
Signal- / støjforhold.....	Min. 60 dB
Nøjagtighed.....	Bedre end 0,1% af det valgte område
Signaldynamik, indgang.....	19 bit
Signaldynamik, udgang.....	16 bit
Virkning af forsyningsspændingsændring.....	< 0,005% af span / VDC
EMC-immunitetspåvirkning.....	< ±0,5% af span

Indgangsspecifikationer

Fælles indgangsspecifikationer

Max. nulpunktsforskydning (offset).....	50% af valgt max. værdi
---	-------------------------

RTD-indgang

RTD-type.....	PT100, Ni100, lin. R
Kabelmodstand pr. leder (max.).....	10 Ω
Følerstrøm.....	> 0,2 mA, < 0,4 mA
Virkning af følerkabelmodstand (3-leder).....	< 0,002 Ω / Ω
Følerfejlsdetektering.....	Ja

Lineær modstandsindgang

Lineær modstand min...max.....	0 Ω...10000 Ω
--------------------------------	---------------

Udgangsspecifikationer

Strømodgang

Signalområde.....	4...20 mA
Min. signalområde.....	16 mA
Belastning (v. strømodgang).....	≤ (Vforsyning - 8) / 0,023 [Ω]
Belastningsstabilitet.....	≤ 0,01% af span / 100 Ω
Følerfejlsindikation.....	Programmerbar 3,5...23 mA
NAMUR NE 43 Upscale/Downscale.....	23 mA / 3,5 mA

Fælles udgangsspecifikationer

Opdateringstid.....	135 ms
*af span.....	= af det aktuelt valgte område

Overholdte myndighedskrav

EMC.....	2014/30/EU
----------	------------

Godkendelser

ATEX 2014/34/EU.....	KEMA 10ATEX0003 X
IECEX.....	DEK 13.0036X
INMETRO.....	DEKRA 13.0002 X
CCOE.....	P337392/3
EAC.....	TR-CU 020/2011
DNV Marine.....	Stand. f. Certific. No. 2.4

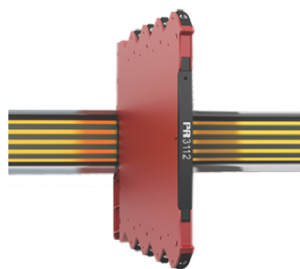
5333A-080316

4.6 Eksempel på instrumentering Omformer – PR 3112

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)



PERFORMANCE
MADE
SMARTER



Pt100-konverter - isoleret

3112

- Høj nøjagtighed, bedre end 0,05% af span
- Slimline 6 mm hus
- Høj EMC-performance og 50/60 Hz støjundertrykkelse
- Valgbar < 30 ms / 300 ms reaktionstid
- For-kalibrerede temperaturområder kan vælges via DIP-switch



Anvendelse

- 3112 konverteren måler en standard 2-, 3- eller 4-tråds Pt100 temperaturføler, og leverer et isoleret analogt strøm- eller spændingssignal på udgangen.
- Høj 3-port isolation sikrer undertrykkelse af overspænding og beskytter kontrolsystemet mod transienter og støj.
- 3112 kan monteres i sikkert område eller i Zone 2 / Division 2 områder.
- Godkendt til marine-applikationer.

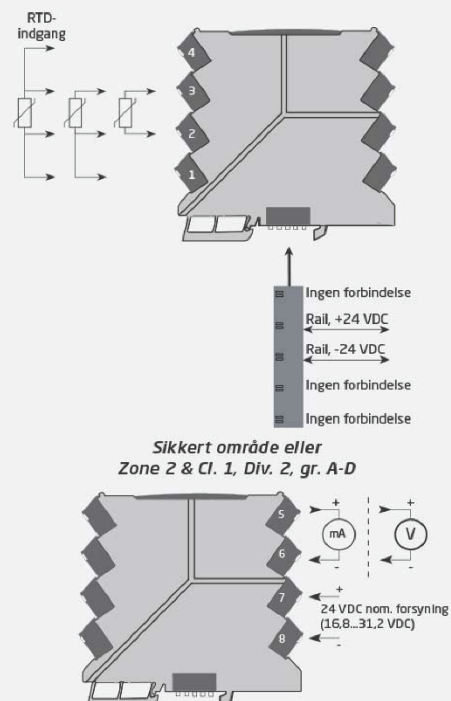
Teknisk karakteristik

- Fleksibel forsyning med 24 VDC ($\pm 30\%$) via power rail eller klemmer.
- Hurtig reaktionstid på < 30 ms med samtidig følerfejlsdetektering (vælges via DIP-switch).
- Reaktionstiden kan nedsættes til 300 ms (vælges via DIP-switch).
- Høj konverteringsnøjagtighed, bedre end 0,05% af span, i alle tilgængelige områder.
- 3112 overholder retningslinjerne i NAMUR NE21 og er således yderst velegnet i barske EMC-miljøer.
- Transmitteren overholder ligeledes retningslinjerne i NAMUR NE43 ift. værdier for 'uden for område' og følerfejl.
- Grøn LED i front indikerer driftsstatus for enheden og den tilsluttede føler.
- Alle terminaler er beskyttet mod overspænding og polaritetsfejl.
- Høj galvanisk isolation på 2,5 kVAC.
- Særlig godt signal-/støjforhold på > 60 dB.

Montering / installation / programmering

- Valgbare DIP-switch-indstillinger giver nem konfiguration af mere end 1000 fabrikskalibrerede måleområder.
- Det smalle 6 mm hus giver mulighed for montering af op til 165 enheder per meter DIN-skinne uden luft mellem enhederne.
- Bredt omgivelsestemperaturområde på $-25 \dots +70^\circ\text{C}$.

Tilslutninger



Denne side er automatisk genereret på baggrund af de angivne oplysninger på www.prelectronics.com og tilknyttede websteder. Vi yder den som en service til dig, og den er udelukkende beregnet til informationsbrug. Selvom vi tilstræber at vise oplysningerne så nøjagtigt som muligt, kan siden indeholde fejl eller mangler, som vi fraskriver os ethvert ansvar for.

OMFORMER – PR 3112 - fortsat

(Datamateriale stillet til rådighed fra PR electronics)

Bestillingsskema:

Type
3112

Omgivelsesbetingelser

Specifikationsområde.....	-25°C til +70°C
Lagringstemperatur.....	-40°C til +85°C
Kalibreringstemperatur.....	20...28°C
Relativ fugtighed.....	< 85% RF (ikke-kond.)
Kapslingsklasse.....	IP20
Installation.....	Forureningsgrad 2 & måle- / overspændingskat. II

Mekaniske specifikationer

Dimensioner (HxBxD).....	113 x 6,1 x 115 mm
Vægt, ca.....	70 g
DIN-skinnetype.....	DIN EN 60715/35 mm
Ledningskvadrat.....	0,13 x 2,5 mm ² / AWG 26...12 flerkoret ledning
Klemskruttilspændingsmoment.....	0,5 Nm
Vibration.....	IEC 60068-2-6 : 2007
Vibration: 2...25 Hz.....	±1,6 mm
Vibration: 25...100 Hz.....	±4 g

Fælles specifikationer

Forsyning	
Forsyningsspænding.....	16,8...31,2 VDC
Isolationsspænding	
Isolationsspænding, test / drift.....	2,5 kVAC / 300 VAC (forstærket)
Zone 2 / Div. 2.....	250 VAC
Reaktionstid	
Reaktionstid (0...90%, 100...10%).....	< 30 ms / 300 ms (vælgbar)
Max. forbrug.....	0,7 W
Nøjagtighed.....	Bedre end 0,05% af det valgte område
Signal- / støjforhold.....	> 60 dB
Programmering.....	DIP-switch
Signaldynamik, indgang.....	23 bit
Signaldynamik, udgang.....	18 bit
EMC-immunitetspåvirkning.....	< ±0,5% af span
Udvidet EMC-immunitet: NAMUR NE 21, A-kriterium, glistøj.....	< ±1% af span
Identifikation af forkert DIP-switchindstilling.....	Udgang 0 V / 0 mA; LED 0,5 s / 1 Hz

Indgangsspecifikationer

RTD-indgang	
Temperaturområde, Pt100.....	-200...+850°C
Min. måleområde (span).....	10°C
Nøjagtighed: den største af.....	Bedre end 0,05% af span eller 0,1°C
Temperaturkoefficient: den største af.....	0,02°C/°C eller ≤ ±0,01%/°C
Følerstrøm.....	< 150 µA
Følerkabelmodstand.....	< 50 Ω per leder
Virkning af følerkabelmodstand (3- / 4-leder).....	< 0,002 Ω / Ω
Følerfejlsdetektering.....	Ja - vælges vha. DIP-switch
Følerbrudsdetektering.....	> 800 Ω
Detektering af kortsluttet føler.....	< 18 Ω

Udgangsspecifikationer

Fælles udgangsspecifikationer	
Opdateringstid.....	10 ms
Strømdugang	
Signalområde.....	0...23 mA
Programmerbare signalområder.....	0 / 4...20 mA
Følerfejlsindikation (0...20 mA).....	0 mA eller 23 mA / OFF
Følerfejlsindikation (4...20 mA).....	3,5 mA eller 23 mA / iht. NAMUR NE43 eller OFF
Belastning (v. strømdugang).....	≤ 600 Ω
Belastningsstabilitet.....	≤ 0,01% af span / 100 Ω
Strømbegrænsning ved lav udgangsbelastning.....	< 60 mA peak / < 4 mA gennemsnit
Spændingsudgang	
Programmerbare signalområder.....	0/1...5 og 0/2...10 V
Følerfejlsindikation.....	0 V / 10% over max. / ingen
Åben udgang.....	< 18 V

Overholdte myndighedskrav

EMC.....	2014/30/EU
LVD.....	2014/35/EU
RoHS.....	2011/65/EU

Godkendelser

ATEX 2014/34/EU.....	KEMA 10ATEX0147 X, II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
IECEX.....	KEM 10.0068X
FM.....	3041043-C
DNV Marine.....	Stand. f. Certific. No. 2.4
GL.....	V1-7-2
EAC.....	TR-CU 020/2011
UL.....	UL 61010-1

3112-102516

5 Opsummering

I de to kompendier 1) *T1 Temperaturmåling ved hjælp af elektrisk modstand – teori* og 2) dette kompendium introduceres den studerende til en af de metoder, der kan benyttes til en elektrisk baseret måling af temperatur, nemlig modstandstermometret i form af platintrådstermometret.

5.1 Læringsudbytte

Det beskrives, hvordan der kan udføres temperaturmålinger ved hjælp af en platintemperaturføler, hvor et stykke platintråd udgør føleret. Ved hjælp af tråd af andre metaller beskrives hvordan modstandsmålingen udføres i praksis. De mest almindelige fejlkilder ved målingen gennemgås, og beregningen af temperaturen forklares. En industriel temperaturføler beskrives. Der udføres praktiske eksperimenter med et sæt af temperaturfølere fra hverdagen. Endelig beskrives, hvordan måledata kan vurderes og bearbejdes, samt hvordan usikkerhed på måleværdien kan håndteres.

Den studerende

- får viden om sammenhængen mellem elektrisk modstand og temperatur for metaller som for eksempel platin;
- får kendskab til Pt25-, Pt100-, Pt500- og Pt1000-platintermometre og disses egenskaber;
- får kendskab til fejlkilder ved modstandsmåling, herunder 4-terminal-modstandsmåling;
- får kendskab til basale kalibreringsprincipper for et modstandstermometer samt information om Den Internationale Temperaturskala.
- kan vurdere fordele, ulemper og anvendelsesområde for platintrådstermometre.
- får kendskab til usikkerhedsbidrag og usikkerhedsbudget for temperaturmåling.
- får kendskab til andre mulige transducere for temperaturmåling (termoelement, mekaniske, væskesøjle, pyrometer - IR).

Underviseren får teknisk baggrundsmateriale og inspiration til praktiske opgaver i måling af temperatur ved hjælp af modstandsmåling i metaltråd.

5.2 Læringsspørgsmål

Gennem brug af dette kompendium vil de studerende kunne besvare følgende spørgsmål:

- Hvad er de konstaterede fundamentale egenskaber vedrørende elektrisk modstand af metaller?
- Hvordan påvirkes målefunktionen af den målestrøm, der benyttes?
- Hvordan påvirkes målefunktionen af størrelsen af det, der måles på?
- Hvordan påvirkes målefunktionen af massen af det, der måles på?
- Hvordan påvirkes målefunktionen af varmekapaciteten af det, der måles på?
- Hvordan kalibreres et modstandstermometer?
- Hvilke egenskaber er ulemper for brug af platintermometre?
- Hvorledes kan disse ulemper afhjælpes?
- Hvordan opstilles et usikkerhedsbudget for en temperaturmåleopstilling?

5.3 Niveau og omfang

Materialet i dette kompendium kræver kendskab til simple ligninger og til afbildning med grafer, men ikke avanceret matematik.

Basal elektricitetslære som forståelse af Ohms lov og beregning af elektrisk effekt er en forudsætning. Basal fysik som forståelse af begrebet varmekapacitet er en forudsætning.

Øvelserne i kompendiet kan udføres med simple og billige tekniske hjælpemidler.