



Emne: IELET2106 Industriell instrumentering

Øving: 1, Løsningsforslag

Leveringsfrist:
Se Blackboard

Oppgave 1

a) Føler/sensor/måleelement («sensing element»): Den er i fysisk kontakt med prosessen og måler en fysisk variabel (målevariabel) og omformer denne til en variabel som er målbar, f. eks. resistansendringer, kapasitansendringer osv.

Omsetter («signal conditioning»): Den består av elektroniske kretser som målebroer og/eller forsterkerkretser. Den tar utgangen fra følere og konverterer den til en form som er mer passende for videre behandling, f. eks. elektriske signaler.

Signalbehandling («signal processing element»): Den tar utgangen fra omsettere og konverterer den til en form som er mer passende for datapresentasjon, f. eks. analog til digital omforming.

Datapresentasjonselement («data presentation element»): Den presenterer måleverdien i en form som kan enkelt gjenkjennes av observatøren, f. eks. HMI/SCADA.

b) Statisk nøyaktighet i hvor stor grad målesignalet er et korrekt uttrykk for målevariabelen når alle dynamiske forhold er utdødd. Nøyaktigheten kan bestemmes ved at det tas opp en kalibreringskurve (sammenhengen mellom kjente måleverdier og tilhørende målesignaler registreres) som sammenlignes med referansekarakteristikken. Avviket mellom karakteristikkene er et uttrykk for den statiske nøyaktigheten.

Dynamisk nøyaktighet angir hvor godt målesignalet følger med målevariabelen når denne endres. Den kan bestemmes ved f. eks. å undersøke måleomformerens sprangrespons.

c) Kalibrering av måleomformere er en nødvendig prosedyre for å se den virkelige sammenhengen mellom målevariabel og målesignal (måleverdi). Den kan enten tas ved lab, eller på anlegget der måleomformerer er installert. Kalibreringen tas med faste tidsintervaller, der man kan se om kalibreringskarakteristikken til den aktuelle måleomformerer har endret seg over tid. I tillegg sjekker man om måleusikkerheten ligger innenfor akseptable grenser, der karakteristikken sammenliknes med referansekarakteristikken eller med et instrument med kjent og bedre nøyaktighet, altså et referanseinstrument. Måleomformerens kalibreringskarakteristikk bestemmes ved å påtrykke forskjellige kjente målevariabler innen måleområdet og avlese tilhørende målesignaler. En måleserie over hele måleområdet, opptas med både stigende og fallende målevariabel (kalles en kalibreringssyklus) slik at en eventuell hysteresis kan bestemmes. Kalibrering av en måleomformer bør bestå av flere kalibreringssykluser, slik at virkningen av målefeil blir jevnet ut. Gjennomsnittsverdien av målesignalet for alle syklusene danner grunnlaget for kalibreringskarakteristikken.

d) Forsterknings- og nullpunktinfluens er eksterne forstyrrelser som gjør at driftsbetingelser for måleomformerer avviker fra nominelle driftsbetingelser (f. eks. endring i omgivelsestemperatur, endring i spenningsforsyningen til måleomformerer osv.). Disse forstyrrelsene vil påvirke måleomformerens kalibreringskarakteristikk. Forsterkningsinfluens vil endre forsterkningen (følsomheten) til kalibreringskarakteristikken. Nullpunktinfluens vil derimot endre nullpunktet (offset) til kalibreringskarakteristikken. Metoder for å motvirke/ redusere influens:

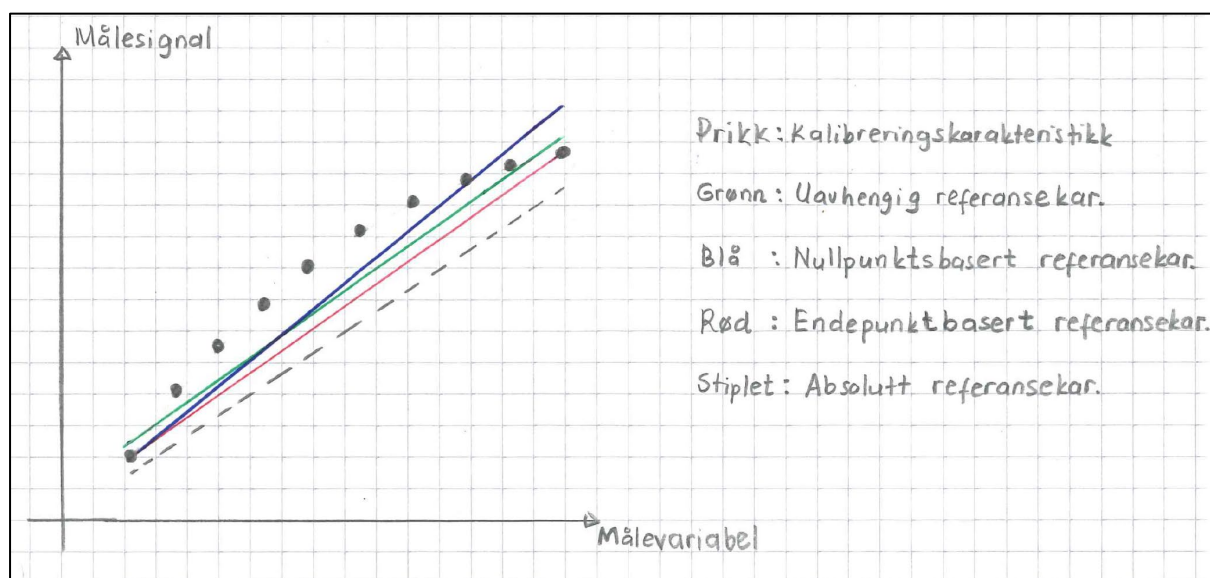
* Forsterkningsinfluens: bruke kompensasjonsmåling (motkobling).

* Nullpunktinfluens: bruke foroverkobling, bruke to aktive måleomformere.

e) **Kalibreringskarakteristikken** angir den virkelige sammenhengen mellom målevariabel og målesignal (måleverdi). Karakteristikken sammenliknes mot et instrument med kjent nøyaktighet, altså et referanseinstrument.

Referansekarakteristikken angir den forventede sammenhengen mellom målevariabel og målesignal (måleverdi). Det finnes ulike typer referansekarakteristikker:

- Uavhengig referansekarakteristikk: Måleverdiene fra kalibreringsdata tilpasses til en kurve vha. f. eks. regresjonsanalyse. Denne metoden gir minst feil over hele måleområdet.
- Absolutt referansekarakteristikk: Referansekarakteristikken defineres direkte fra konstruksjonsdata uten at den tilpasses enkelte omformerens kalibreringskarakteristikk.
- Endepunktbasert referansekarakteristikk: Den oppnås ved å justere referansekarakteristikken slik at den faller sammen med øvre og nedre målegrense. Denne metoden gir null feil ved øvre og nedre målegrenser.
- Nullpunktbasert referansekarakteristikk: Den oppnås ved å justere referansekarakteristikken slik at den faller sammen med nedre målegrense. Denne metoden gir minst null feil ved nedre målegrense.



f) **Lineariteten** er gitt av maks avvik mellom referansekarakteristikken (når denne er linear) og midlere kalibreringskarakteristikk (for flere kalibreringssykluser).

Hysteres er den største forskjellen mellom midlere kalibreringssyklus (for økende og avtagende verdier), referert til målesignalet. Verdien til målevariabelen er den samme for økende og avtagende verdier.

Repeterbarhet er den største forskjellen i målesignalet ved gjentatte målinger av samme målevariabelverdi under like forhold og betingelser. **Reproduserbarhet** er det samme som repeterbarhet med unntak av at målingene er tatt under forskjellige forhold og betingelser.

Oppløsning er endringen (det største spranget) i målesignalet når målevariabelen endres en vilkårlig liten størrelse.

Forsterkning (følsomhet) angir måleomformerens forsterkning, dvs. hvor mye utgangen endrer seg ved en endring på en enhet på inngangen.

Øvre og nedre målegrense: Den høyeste/laveste målevariabelverdi omformereren kan måle.

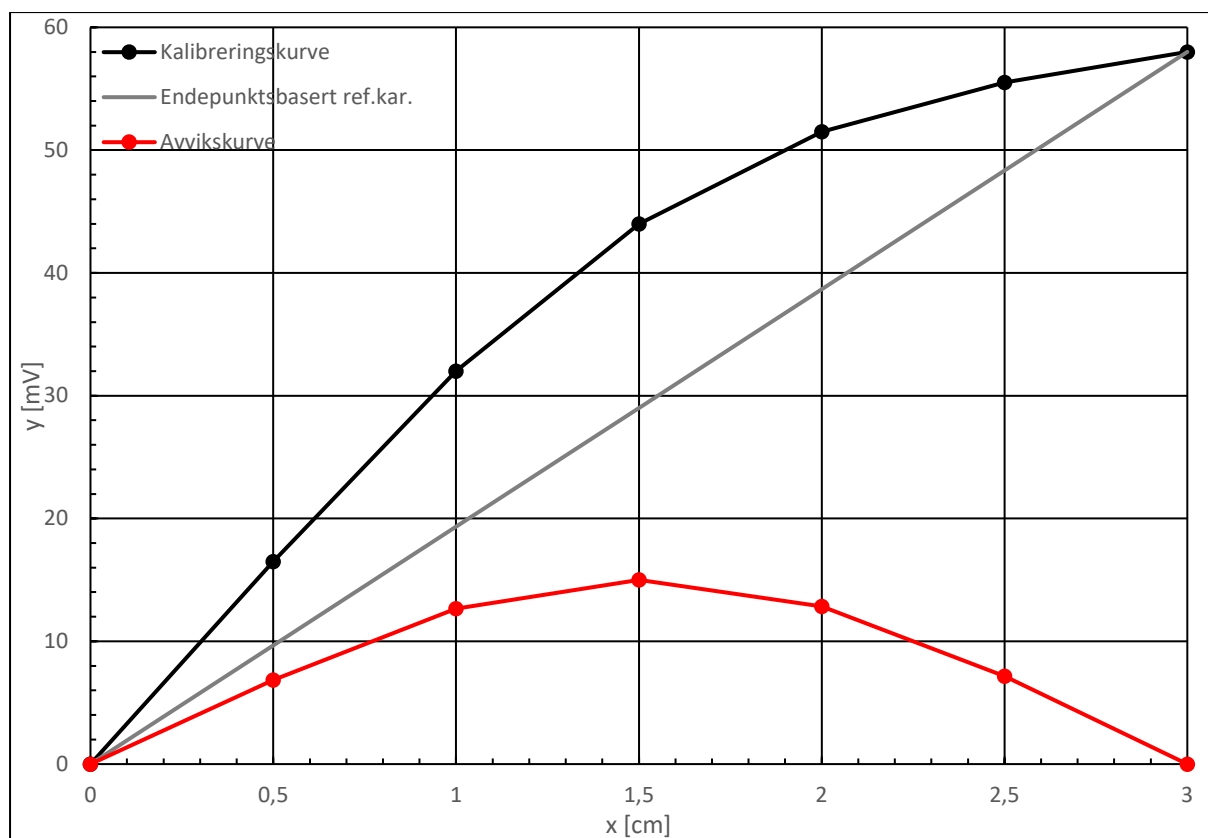
Høyeste og laveste målegrense: Den høyeste/laveste målevariabelverdi omformereren kan justeres til.

Måleområde: Intervallet mellom øvre og nedre målegrense.

Måleomfang: Den algebraiske forskjellen mellom øvre og nedre målegrense.

Oppgave 2

a)



b) Endepunktbasert referansekarakteristikk:

$$y(x) = K \cdot x = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot x = \frac{58,0 - 0,00}{3,00 - 0,00} \cdot x = 19,3 \cdot x$$

c) Se figur fra punkt a der endepunktbasert avvikskurve er skissert. Endepunktbasert ulinearitet i prosent av målesignalomfanget (størst avvik er 15,0mV, se avvikskurve):

$$N = \left| \frac{\text{Maksimal ulinearitet } (\hat{N})}{O_{\text{maks}} - O_{\text{min}}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{15,0}{58,0 - 0,00} \right| \cdot 100\% = 25,9\%$$

Oppgave 3

a) Fra måleserie 1 (nominelt forhold) finner vi:

Forsterkningen (K) blir:

$$K = \frac{O_{\text{maks}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{maks}} - I_{\text{min}}} = \frac{20,0 - 4,00}{10,0 - 0,00} = 1,6\text{mA/bar}$$

Offseten (a) blir:

$$a = O(0 \text{ bar}) = 4,0\text{mA}$$

Fra måleserie 3 ser vi at temperaturen gir nullpunktforskyvning (interference) i forhold til måleserie 1 (nominelt forhold). Da vi får en konstant «offset» på 2,0mA innenfor hele måleområdet.

Influensparameteren (K_I) blir:

$$K_I = \frac{\Delta O(I_{\text{min}})}{\Delta I_I} = \frac{6,00 - 4,00}{25,0 - 20,0} = \frac{2,0}{5,0} = 0,4\text{mA}/^\circ\text{C}$$

Fra måleserie 2 ser vi at forsyningsspenningen påvirker forsterkningen (modifying) i forhold til måleserie 1 (nominelt forhold).

Velger $I = I_{\text{maks}} = 10,0\text{bar}$. Influensparameteren (K_M) blir:

$$K_M = \frac{1}{I_{\text{maks}}} \cdot \frac{\Delta O(I_{\text{maks}})}{\Delta I_M} = \frac{1}{10,0} \cdot \frac{26,0 - 20,0}{12,0 - 10,0} = 0,3\text{mA}/\text{barV}$$

Måleomformermodellen blir:

$$O(I) = (K + K_M \cdot I_M) \cdot I + K_I \cdot I_I + a = (1,6 + 0,3 \cdot I_M) \cdot I + 0,4 \cdot I_I + 4,0$$

b) Gitt: $I = 5,0\text{bar}$, $V_S = 12,0\text{V}$, $t_a = 25,0^\circ\text{C}$. Målesignalet (O) blir:

$$I_I = \Delta I_I = 25,0 - 20,0 = 5,0^\circ\text{C}$$

$$I_M = \Delta I_M = 12,0 - 10,0 = 2,0\text{V}$$

$$O(5,0\text{bar}) = (1,6 + 0,3 \cdot 2,0) \cdot 5,0 + 0,4 \cdot 5,0 + 4,0 = 17,0\text{mA}$$

Oppgave 4

a) Fra måleserie 1 (nominelt forhold) finner vi:

Forsterkning (K) blir:

$$K = \frac{O_{\text{maks}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{maks}} - I_{\text{min}}} = \frac{20,0 - 4,00}{8,00 - 0,00} = 2,0 \text{mA/bar}$$

Offseten (a) blir:

$$a = O(0 \text{ bar}) = 4,0 \text{mA}$$

Fra måleserie 2 ser vi at forsyningsspenningen påvirker både forsterkningen (modifying) og nullpunktforskyvning (interference) i forhold til måleserie 1 (nominelt forhold).

Influensparameteren (K_I) blir:

$$K_I = \frac{\Delta O(I_{\text{min}})}{\Delta I_{I,M}} = \frac{6,00 - 4,00}{28,0 - 24,0} = \frac{2,0}{4,0} = 0,5 \text{mA/V}$$

Velger $I = I_{50\%} = 4,0 \text{bar}$. Influensparameteren (K_M) blir:

$$K_M = \frac{1}{I_{50\%}} \cdot \left(\frac{\Delta O(I_{50\%})}{\Delta I_{I,M}} - K_I \right) = \frac{1}{4,00} \cdot \left(\frac{17,2 - 12,0}{28,0 - 24,0} - 0,5 \right) = 0,2$$

Måleomformermodellen blir:

$$O(I) = (K + K_M \cdot I_{I,M}) \cdot I + K_I \cdot I_{I,M} + a = (2,0 + 0,2 \cdot I_{I,M}) \cdot I + 0,5 \cdot I_{I,M} + 4,0$$

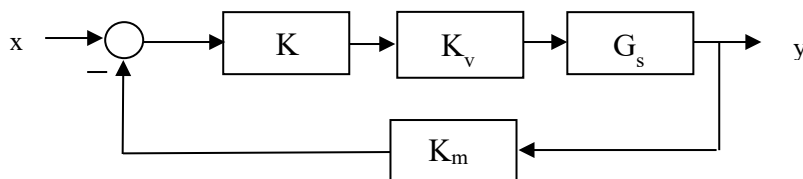
b) Gitt: $I = 5,0 \text{bar}$, $V_S = 26,0 \text{V}$. Målesignalet (O) blir:

$$I_{I,M} = \Delta I_M = 26,0 - 24,0 = 2,0 \text{V}$$

$$O(5,0 \text{ bar}) = (2,0 + 0,2 \cdot 2,0) \cdot 5,0 + 0,5 \cdot 2,0 + 4,0 = 17,0 \text{mA}$$

Oppgave 5

a) Her bruker vi negativ tilbak kobling (kompensasjonsmåling):



b) I det opprinnelige voltmeteret vil en 10 % endring av ettergivenheten gi en 10 % endring av viserutslaget.

Med tilbak kobling er nominell verdi på forsterkningen:

$$h = \frac{y}{x} = \frac{K \cdot K_v \cdot G_s}{1 + K \cdot K_v \cdot G_s \cdot K_m} = \frac{1000 \cdot 0,2 \cdot 0,05}{1 + 1000 \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 100} = 0,009990 \text{ rad/V}$$

En økning på 10 % i G_s gir:

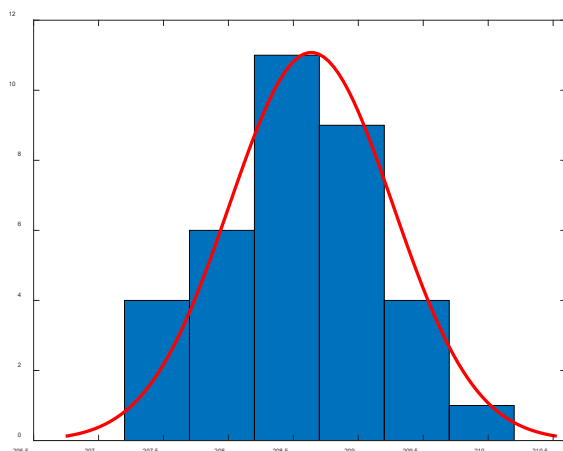
$$h = \frac{y}{x} = \frac{K \cdot K_v \cdot G_s \cdot 1,1}{1 + K \cdot K_v \cdot G_s \cdot 1,1 \cdot K_m} = \frac{1000 \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 1,1}{1 + 1000 \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 1,1 \cdot 100} = 0,009991 \text{ rad/V}$$

$$\text{Endring i \%} = \frac{0,009991 - 0,009990}{0,009990} \cdot 100\% = 0,01\%$$

Tilbak koblingen reduserer altså virkningen av en endring i ettergivenheten på 10 % til en endring på ca. 0,01% på utgangen.

Oppgave 6

Kommandoen *histfit(x,6)* plotter ut histogram med 6 intervaller og normalfordelingsfunksjonen. Histogram og normalfordelingsfunksjonen blir:



Kommandoen *normfit(x)* bruker følgende formler for å beregne middelerdien og standardavviket:

$$\text{Middelerdi: } \bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\text{Standardavvik: } S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

MATLAB gir:

$$\bar{X} \pm S \approx (208,6 \pm 0,6)\text{Hz}$$

MATLAB-script:

```
x=[208.6 208.3 208.7 208.5 208.8 207.6 208.9 209.1 208.2 208.4
208.1 209.2 209.6 208.6 208.5 207.4 210.2 209.2 208.7 208.4
207.7 208.9 208.7 208.0 209.0 208.1 209.3 208.2 208.6 209.4
207.6 208.1 208.8 209.2 209.7]; %Målt verdier
histfit(x,6); %Plotter histogram og
normalfordelingsfunksjonen
[my,sigma]=normfit(x) %Beregner estimatene til
forventningsverdien og standardavviket
```