



Emne: IELET2106 Industriell instrumentering

Øving: 4

Leveringsfrist:
Se Blackboard

Oppgave 1 (frivillig oppgave, men fortsatt pensum)

a) Forklar kort hvordan de ulike måleprinsippene under fungerer.

Strømningsmåling basert på:

- Elektromagnetisme
- Vorteks
- Ultralyd: doppler og transittid
- Turbin
- Termisk: innstikk og bypass
- Coriolis
- Differensialtrykk: måleblende, flow nozzle, venturi og pitotrør

Temperaturmåling basert på:

- Metallmotstandere
- Termistorer: NTC og PTC
- Quartz-elementer
- Termoelementer
- Pyrometre: totalstråling, enkeltbånd og tobånd

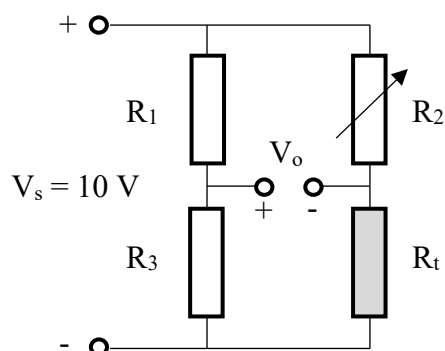
b) Hva menes med laminær og turbulent strømning? Hvordan kan vi finne ut om strømmingen er laminær eller turbulent?

c) Hva menes med varmetransport? På hvilke måter skjer varmetransport fra et system til et annet?

Oppgave 2

En Pt-100 føler (platina temperaturføler) er koblet opp i en målebro vist i figuren under. En første ordens tilnærming av følerens resistans som funksjon av temperaturen er gitt ved:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + A \cdot t) \quad [\Omega]$$



Følgende verdier er oppgitt: $A = 0,00395^\circ\text{C}^{-1}$, $R_0 = 100\Omega$, $R_1 = R_3 = 500\Omega$.

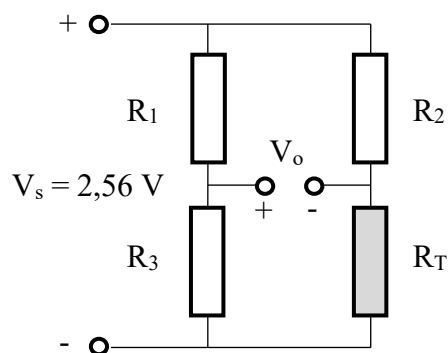
Målebroen kobles til en ideell spenningskilde (V_s). Et voltmeter med høy inngangsresistans måler spenningen V_o .

- Målebroen skal være i balanse når $t = 0^\circ\text{C}$. Hvilken verdi må da R_2 justeres til?
- På voltmeteret leser vi av en utgangsspenning på $-0,5\text{V}$. Hva blir resistansverdien til Pt-100 føleren og hvilken temperatur tilsvarer dette?
- Hvor stor strøm går gjennom Pt-100 føleren og hva blir effektutviklingen i den?
- Effektutviklingen i føleren fra punkt c fører til at målt temperatur (beregnet i punkt b) avviker fra riktig temperatur. Pt-100 føleren er oppgitt å ha en selvoppvarmingskoeffisient på $0,01^\circ\text{C}/\text{mW}$. Hva blir temperaturen dersom vi kompenserer for selvoppvarmingen?

Oppgave 3

En termistor (halvleder temperaturføler) er koblet opp i en målebro vist i figuren under. Følerens resistans som funksjon av temperaturen er gitt ved:

$$R_T = 1,68 \cdot e^{3050 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right)} \quad [\text{k}\Omega]$$



Følgende verdier er oppgitt: $R_1 = 0,29\text{k}\Omega$, $R_2 = 1,22\text{k}\Omega$, $R_3 = 1,00\text{k}\Omega$.

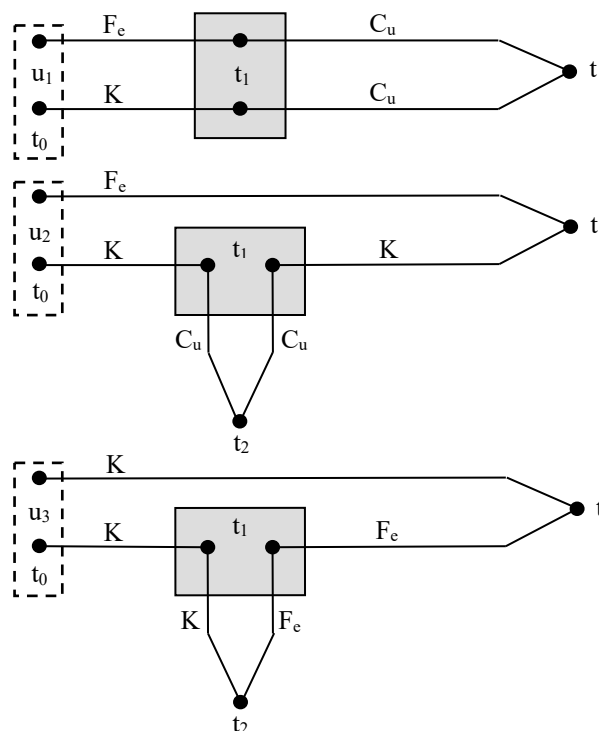
a) Anta at utgangsspenningen (V_o) måles med et instrument med svært høy inngangsresistans. Hva blir målesignalområdet dersom måleområdet er $[0 - 50]^\circ\text{C}$? Hva blir ulineariteten i % av målesignalomfanget ved $t = 12^\circ\text{C}$?

b) Hva blir målesignalområdet dersom instrumentet som måler utgangsspenningen (V_o) har en inngangsresistans på $1,00\text{k}\Omega$? Hint: Bruk Thévenin-ekvivalentskjema for å gjøre beregningene enklere.

Oppgave 4

a) Hva er kaldpunktkompensasjon i forbindelse med termoelementer? Nevn en metode som brukes for å kompensere for kaldpunktet. Anta at temperaturen i kaldpunktet ikke er kjent fra før.

b) Figurene under viser tre termoelement koblinger med forskjellige metaller: jern (Fe^+), konstantan (K -) og kopper (Cu). Klemmetemperaturen er $t_0 = 0^\circ C$.



Hva blir utgangsspenningene u_1 , u_2 og u_3 dersom det er oppgitt følgende temperaturer:
 $t = 100,0^\circ C$, $t_1 = 25,0^\circ C$ og $t_2 = 50,0^\circ C$?

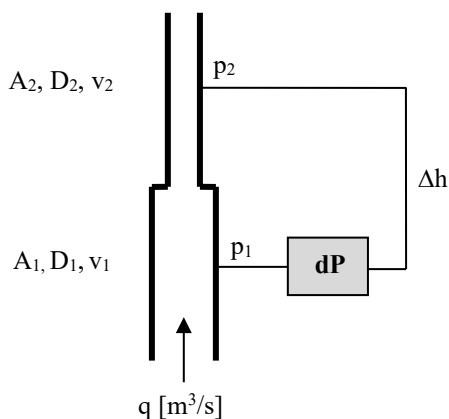
Tabellen nedenfor er et utsnitt av databladet for et J-type termoelement (jern-konstantan) med $0^\circ C$ som referansepunkt (kaldpunkt). Spenningen er oppgitt i mV.

Tabell: Type J termoelement (jern-konstantan) [mV]

$^\circ C$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	0,050	0,101	0,151	0,202	0,253	0,303	0,354	0,405	0,456	0,507
10	0,507	0,558	0,609	0,660	0,711	0,762	0,813	0,865	0,916	0,967	1,019
20	1,019	1,070	1,122	1,174	1,225	1,277	1,329	1,381	1,432	1,484	1,536
30	1,536	1,588	1,640	1,693	1,745	1,797	1,849	1,901	1,954	2,006	2,058
40	2,058	2,111	2,163	2,216	2,268	2,321	2,374	2,426	2,479	2,532	2,585
50	2,585	2,638	2,691	2,743	2,796	2,849	2,902	2,956	3,009	3,062	3,115
60	3,115	3,168	3,221	3,275	3,328	3,381	3,435	3,488	3,542	3,595	3,649
70	3,649	3,702	3,756	3,809	3,863	3,917	3,971	4,024	4,078	4,132	4,186
80	4,186	4,239	4,293	4,347	4,401	4,455	4,509	4,563	4,617	4,671	4,725
90	4,725	4,780	4,834	4,888	4,942	4,996	5,050	5,105	5,159	5,213	5,268
100	5,268	5,322	5,376	5,431	5,485	5,540	5,594	5,649	5,703	5,758	5,812

Oppgave 5

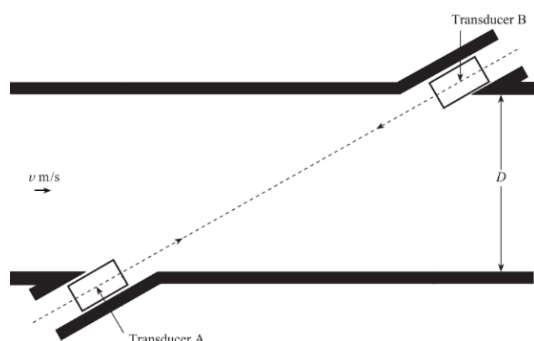
Figuren under viser en væske med konstant massetetthet (ρ), som strømmer gjennom et vertikalt montert rør. Over en innsnevring av rørdiameteren monteres det en differensialtrykkmåler (dP-celle). Differensialtrykkmåleren monteres i samme høyde som trykkuttaket p_1 . Avstanden mellom trykkuttakene for p_1 og p_2 er Δh .



- Utled et uttrykk for differensialtrykket (Δp) inn på dP-cella. Utled også et uttrykk for volumstrømmen (q) i røret som funksjon av differensialtrykket (Δp).
- Hvorfor krever de fleste strømningsmålere en viss lengde rett rørstrekk før (oppstrøms) og etter (nedstrøms) måleren? Hva kan man gjøre hvis det ikke er plass til nok rettstrekning slik måleren krever?

Oppgave 6

Figuren under viser en ultralyd-strømningsmåler basert på måling av gangtidsdifferansen (transittid). Måleren monteres på et rør med diameter 10 cm. Orienteringen på sensorene er 30° i forhold til strømningsretningen. Gangtidsdifferansen måles til $0,31\mu\text{s}$. Lydhastigheten i vann er 1498m/s . Massetettheten og den dynamiske viskositeten til mediet er henholdsvis $992,2\text{kg/m}^3$ og $0,656 \cdot 10^{-3}\text{Ns/m}^2$.



- Hva blir Reynoldstallet? Er strømmingen laminær eller turbulent?
- Hva blir volumstrømmen (q) i røret?

Fasit:

2a	100Ω		
2b	122,2Ω	56,3°C	
2c	45mA	248mW	
2d	53,8°C		
3a	0,00-1,00V	1,4%	
3b	0,00-0,60V		
4b	±1,277mV	±5,268mV	±2,683mV
5a	$q = A_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot (1 - n^2)}}$ der $n = \frac{A_2}{A_1}$		
6a	$3,0 \cdot 10^5$		
6b	$16 \cdot 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$		