



Emne: IELET2106 Industriell instrumentering

Øving: 3

Leveringsfrist:
Se Blackboard

Oppgave 1 (frivillig oppgave, men fortsatt pensum)

a) Forklar kort hvordan de ulike måleprinsippene under fungerer.

Trykkmåling basert på:

- Kapasitans
- Induktans
- Piezoelektrisitet
- Piezoresistans

Nivåmåling basert på:

- Boblerør
- Kapasitans
- Resistans
- Induktans
- Flottør
- Radioaktiv
- Veiecelle
- Laser
- Ultralyd
- Radar/ledet radar
- Differensialtrykk

b) Forklar kort hva begrepene under betyr.

- Absolutt trykk
- Relativt trykk
- Differensialtrykk

c) Forklar kort forskjellen mellom hydrostatisk trykk og dynamisk trykk.

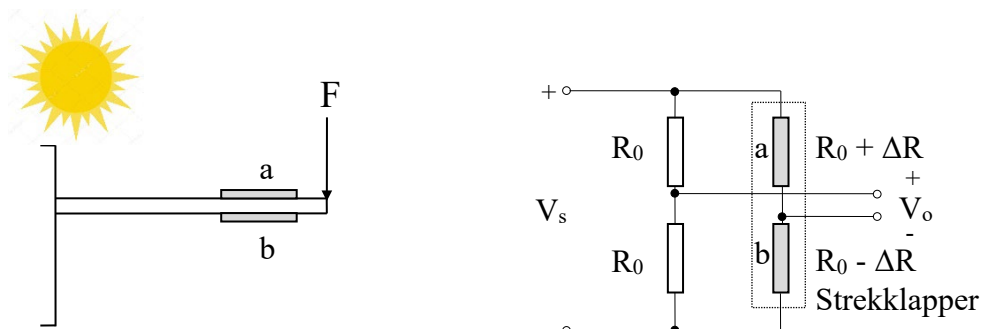
Oppgave 2

a) I en vertikal stålstang henger det en last på 60kg. Stålstangas lengde er 0,3m og diameteren er 5mm. Beregn lengdeendringen i stålstanga som lasten medfører. E-modul (elastisitetsmodul) til stålstanga er $2 \cdot 10^{11}$ Pa. Foreta samme beregning med en tilsvarende aluminiumstang med E-modul på $7 \cdot 10^{10}$ Pa.

b) En strekkklapp med en nominell resistans på 120Ω og en G-faktor (gauge-faktor) på 2,1 limes på en stålbjelke som blir utsatt for en strekkbelastning (materialspenning) på 10^8 Pa. E-modulen til stålbjelken er $2 \cdot 10^{11}$ Pa. Beregn strekkklappens resistans under denne belastningen. Bruk $g = 9,81\text{N/kg}$.

Oppgave 3

Figuren under viser to aktive strekkklapper montert på en bjelke. Strekkklappene er koblet i en målebro. Anta at $V_s = 10V$ og $R_0 = 350\Omega$.



a) Bestem et uttrykk for utgangsspenningen (V_o) som funksjon av resistansendringen i strekkklappene. Hva blir utgangsspenningen når den påtrykte kraften forårsaker en resistansendring på $0,022\Omega$ i strekkklappene?

b) Anta at det oppstår en temperaturforskjell mellom bjelkens over og underside slik at $\Delta T = T_a - T_b = 1^\circ C$ pga. varmestraling. Bestem et uttrykk for utgangsspenningen (V_o) som funksjon av resistansendringen (inkludert resistansendringen som skyldes temperaturforskjellen). Hva blir nå utgangsspenningen? Kraften er fortsatt den samme som i punkt a. Kommenter svaret.

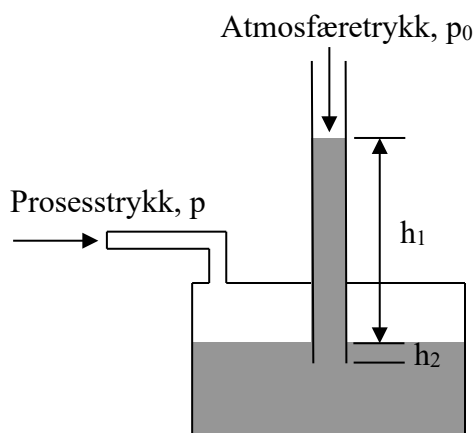
Sammenhengen mellom resistansendringen i strekkklappen og temperaturendringen er gitt ved:

$$\frac{\Delta R_t}{\Delta T} = \alpha \cdot R_0 \quad \text{der } \alpha = 0,003925^\circ C^{-1} \text{ (temperaturkoeffisient).}$$

c) Hvordan ville du redusere temperaturens innvirkning på utgangsspenningen fra målebroen?

Oppgave 4

a) Et åpent væskefylt manometer vist i figuren under blir brukt til å måle trykket i en prosess.



Væsken som benyttes er kvikksølv med tetthet $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g/cm}^3$. Beregn prosessstrykket (relativt trykk) i pascal (Pa) og bar når $h_1 = 20 \text{ cm}$ (høyden h_2 er neglisjerbar).
Bruk $g = 9,81 \text{ N/kg}$.

b) Nøyaktigheten for en trykkmåler er oppgitt til 2% av målesignalomfanget. Omformerer er kalibrert for et måleområde på $[0,2 - 1,0] \text{ bar}$, og et målesignalområde på $[4 - 20] \text{ mA}$. Hva blir den største målefeilen i målesignalet?

c) En trykkmåler bruker måleprinsippet basert på kapasitansendringer. Sensoren (føleren) består av to skiver med en diameter på 25 mm . Dielektrikumet er luft og har permittiviteten $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$. Bestem kapasitansen når avstanden mellom skivene er:

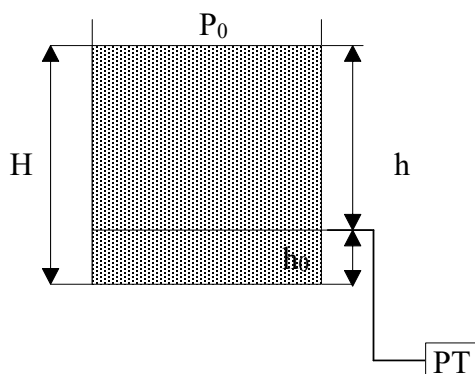
- ☐ $0,025 \text{ mm}$
- ☐ $0,05 \text{ mm}$
- ☐ $0,1 \text{ mm}$

Hva skjer med kapasitansen når avstanden mellom skivene øker?

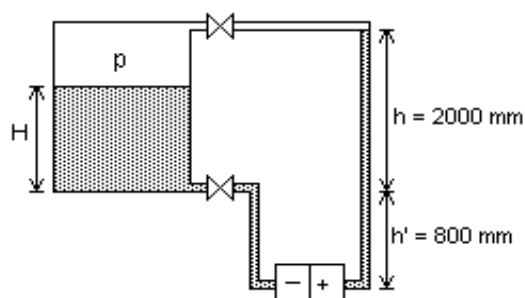
d) Hvorfor brukes det ofte sperrevæske i tilføringsrørene (f. eks. i kapillarrør) til en trykkmåler?

Oppgave 5

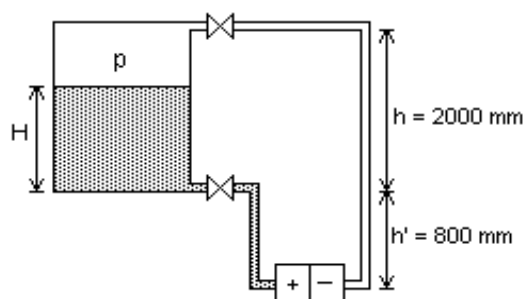
a) Ved nivåmåling i åpen tank med trykkmåler direkte tilknyttet væsken, er trykkmåleren plassert 8,5m lavere enn tankens nullnivå. Nullnivået er 70cm over bunnen i tanken, se figuren under. Hvor mye væske (volum) er det i tanken når trykkmåleren viser 125kPa? Væskens massetetthet er $0,89\text{g/cm}^3$ og tankens tverrsnitt er 1m^2 . Bruk $g = 9,81\text{N/kg}$.



b) Ved nivåmåling i en lukket tank måles en trykkdifferanse på 1400mmVs (millimeter vannsøyle) ved hjelp av en dP-celle. Avstanden mellom de to trykkuttakene er 2000mm, ytre rør er væskefylt og måleren plassert 800mm under nedre trykkuttak, se figuren under. Beregn nivået (høyde over nedre trykkuttak) når massetettheten for væska i tanken og i ytre rør er $0,79\text{g/cm}^3$.



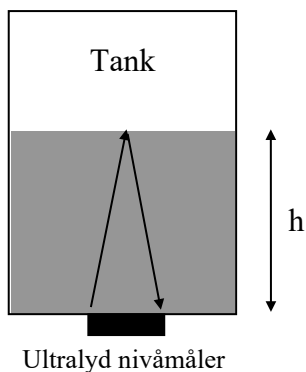
c) Anta samme tank som i punkt b og måleren plassert på samme måte, men nå er ytre rør gassfylt, se figuren under. Hva er nå nivået (høyde over nedre trykkuttak) hvis vi måler samme trykkdifferanse på 1400mmVs?



d) Hvilke feilkilder kan forekomme i målingene i punkt a, b og c?

Oppgave 6

En ultralyd nivåmåler er montert i bunnen av en vanntank, se figuren under. Anta at ultralyd måleren opererer på 30kHz og at lydhastigheten i vann er 1490m/s.



- Utled et uttrykk som viser nivået h [m] som funksjon av tiden t [s], hvor t er tiden fra utsendt puls til mottatt reflektert puls.
- Oppløsningen blir sjelden bedre enn 1 bølgelengde. Hva tilsvarer det i mm? Hvor stor forbedring får vi dersom vi bytter ut måleren med en som opererer på 2MHz?
- Anta at måleren ikke kan begynne å ta imot ekko før 0,2ms etter at den utsendte pulsen er påbegynt. Hva blir da minste nivå som kan måles?
- Vi ønsker at måleren kan foreta 200 målinger per sekund. Hva blir største nivå vi kan måle?
- Hvilke feilkilder kan forekomme i ultralyd nivåmålinger?

Fasit:

2a	$4,5 \cdot 10^{-5} \text{m}$	$1,3 \cdot 10^{-4} \text{m}$	
2b	120,13Ω		
3a	0,31mV		
3b	10,11mV		
4a	26683Pa	0,27bar	
4b	0,32mA		
4c	$1,738 \cdot 10^{-4} \mu\text{F}$	$0,869 \cdot 10^{-4} \mu\text{F}$	$0,435 \cdot 10^{-4} \mu\text{F}$
5a	$6,51 \text{m}^3$		
5b	0,23m		
5c	0,97m		
6a	$745 \cdot t$		
6b	50mm	67 ganger	
6c	0,15m		
6d	3,72m		