



Emne: IELET2106 Industriell instrumentering

Øving: 5, Løsningsforslag

Leveringsfrist:
Se Blackboard

Oppgave 1

Se forelesningsnotatene.

Oppgave 2

a) ATEX-direktivet (obligatorisk fom. 1. juli 2003) omfatter utstyr og sikkerhetssystemer til bruk i eksplosjonsfarlige atmosfærer. Direktivet er nedfelt i norsk lovgiving gjennom FUSEX-forskriften.

b) Beskyttelsesarter:

Beskyttelsesarter	Beskrivelse
Ex o	Oljefyllt utførelse
Ex p	Overtrykkskapsling
Ex q	Sandfylt utførelse
Ex d	Eksplasjonssikker utførelse
Ex e	Tennsikker utførelse
Ex i	Egensikker utførelse
Ex m	Innstøpt utførelse
Ex n	Utstyr for bruk i sone 2
Ex s	Spesial utførelse

c) Definisjon på ulike Ex-soner:

- Sone 0 er områder hvor eksplosiv blanding med luft og brennbare stoffer i form av gass, damp eller tåke er til stedet kontinuerlig eller i lange perioder.
- Sone 1 er områder hvor eksplosiv blanding med luft og brennbare stoffer i form av gass, damp eller tåke kan forekomme ved normal drift.
- Sone 2 er områder hvor eksplosiv blanding med luft og brennbare stoffer i form av gass, damp eller tåke sannsynligvis ikke forekommer, eller unntaksvis i korte perioder.
- Sone 20, 21, 22 har samme karakteristikk som sone 0, 1 og 2, men med støv i stedet for gass, damp eller tåke.

d) Godkjent beskyttelsesarter i ulike soner:

- Sone 0: Beskyttelsesart Ex ia eller utstyr godkjent for sone 0.
- Sone 1: Utstyr godkjent for sone 0, samt beskyttelsesarter: Ex ib, Ex d, Ex e, Ex p, Ex o, Ex q, Ex m, Ex s.
- Sone 2: Utstyr godkjent for sone 1 samt utstyr spesielt beregnet for sone 2 (Ex n utførelse), utstyr med egenerklæring/samsvarserklæring fra fabrikant, kapslet utstyr som normalt ikke danner gnister (minimum IP44).

e) Utstyr som skal brukes i et eksplosjonsfarlig område (gruppe II gasser) klassifiseres etter den maksimale overflatetemperatur som utstyret har:

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Maks overflatetemperatur (°C)	450	300	200	135	100	85

f) Væskeklasser:

- Klasse A: Væsker med flammepunkt under 23 °C, f. eks. bensin, aceton, lynol.
- Klasse B: Væsker med flammepunkt mellom 23 °C og 55 °C, f. eks. parafin, hvit sprit.
- Klasse C: Væsker med flammepunkt over 55 °C, f. eks. diesel, fyringsolje.

Gassklasser:

- Gassgruppe I: Den er kun metangass (firedamp) og gjelder kun for kullgruver.
- Gassgruppe II: Den deles inn i undergruppene A, B, og C. Gassgruppe II gjelder for alle andre eksplosjonsfarlige områder enn kullgruver.

g) Beskyttelsesart Ex i (egensikker utførelse) er mest aktuell for instrumenteringsutstyr.

Oppgave 3

a) Strømmen som går gjennom potensiometeret:

$$P = R_p \cdot I^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R_p}} = \sqrt{\frac{4}{2500}} = 0,04A$$

Nødvendig spenning fra spenningskilden (V_s):

$$V_s = R_p \cdot I = 2500 \cdot 0,04 = 100V$$

b) Følsomheten (forsterkningen) blir:

$$K = \frac{V_s}{x_{maks}} = \frac{100}{25} = 4V/cm$$

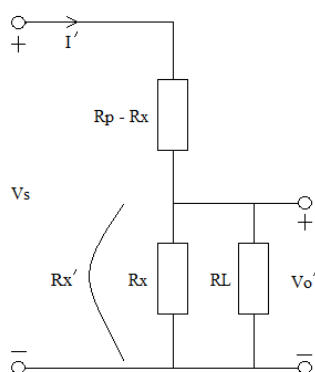
c) Målt utgangsspenning (V_o) med et voltmeter med svært høy inngangsresistans (ideelt tilfellet) blir:

$$V_o = R_x \cdot I = \frac{R_x}{R_p} \cdot V_s = \frac{x}{x_{maks}} \cdot V_s = \frac{15}{25} \cdot 100 = 60V$$

Eventuelt:

$$V_o = K \cdot x = 4 \cdot 15 = 60V$$

d) Krets for potensiometeret med inngangsresistansen (R_L) til voltmeteret:



Inngangsresistansen (R_L) til voltmeteret vil være parallellkoblet til R_x , «ny resistans» (R_x') blir derfor:

$$R_x = \frac{x}{x_{maks}} \cdot R_p = \frac{15}{25} \cdot 2500 = 1500\Omega$$

$$R_x' = \frac{R_x \cdot R_L}{R_x + R_L} = \frac{1500 \cdot 5000}{1500 + 5000} = 1153,85\Omega$$

«Ny total resistans» (R_p') for potensiometeret blir:

$$R_p' = R_x' + (R_p - R_x) = 1153,85 + (2500 - 1500) = 2153,85\Omega$$

Målt utgangsspenning (V_o') med et voltmeter med inngangsresistans på $5k\Omega$ blir:

$$V_o' = R_x' \cdot I' = \frac{R_x'}{R_p'} \cdot V_s = \frac{1153,85}{2153,85} \cdot 100 = 53,57V$$

Målefeilen i volt blir derfor:

$$\text{Målefeil} = |V_o - V_o'| = |60 - 53,57| = 6,43V$$

Oppgave 5

a) Kraftbalanse:

$$D \cdot \dot{x}_0 + k \cdot x_0 = m \cdot \ddot{x}_m$$

Setter inn $x_m = x_i - x_0$ og får:

$$D \cdot \dot{x}_0 + k \cdot x_0 = m \cdot (\ddot{x}_i - \ddot{x}_0)$$

Differensiallikningen for systemet blir:

$$m \cdot \ddot{x}_0 + D \cdot \dot{x}_0 + k \cdot x_0 = m \cdot \ddot{x}_i$$

b) Udempet svingefrekvens for systemet:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 2 \cdot \pi \cdot 10 = 62,8 \text{ rad/s}$$

Fjærstivheten (k) blir:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m \cdot \omega_0^2 = 0,005 \cdot 62,8^2 = 19,7 \text{ N/m}$$

Dempekonstanten (D) blir:

$$\zeta = \frac{D}{2 \cdot \sqrt{k \cdot m}} \Rightarrow D = 2 \cdot \zeta \cdot \sqrt{k \cdot m} = 2 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{19,7 \cdot 0,005} = 0,44 \text{ Ns/m}$$

c) Bevegelsesområdet for potensiometret (L) beregnes ved å finne den maksimale verdien x_0 har ved maksimum akselerasjon og det kan gjøres på to måter.

Metode 1: Ta utgangspunkt i differensiallikningen fra punkt a:

$$m \cdot \ddot{x}_0 + D \cdot \dot{x}_0 + k \cdot x_0 = m \cdot \ddot{x}_i$$

Ved stasjonær tilstand er $\dot{x}_0 = \ddot{x}_0 = 0$, dette gir:

$$k \cdot x_0 = m \cdot \ddot{x}_i \Rightarrow k \cdot x_0 = m \cdot a_0 \Rightarrow x_0 = \frac{m \cdot a_0}{k} = \frac{0,005 \cdot 5 \cdot 9,81}{19,7} = 0,0124 \text{ m}$$

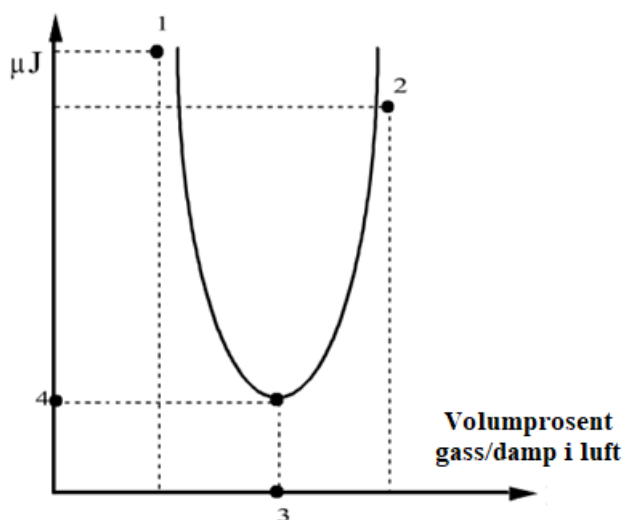
Metode 2: Ta utgangspunkt i frekvensresponsanalysen:

$$a_0 = \omega_0^2 \cdot x_0 \Rightarrow x_0 = \frac{a_0}{\omega_0^2} = \frac{5 \cdot 9,81}{62,8^2} = 0,0124 \text{ m}$$

Svaret blir derfor: $x_0 = L = 0,0124 \text{ m} = 1,24 \text{ cm}$

Oppgave 6

a)



Nedre eksplosjonsgrense (LEL): Dersom blandingen inneholder for lite gass, sier vi at den er for «mager». Grenseskillet mellom «mager» og eksplosiv blanding kalles nedre eksplosjonsgrense. Punkt 1 på figuren over.

Øvre eksplosjonsgrense (UEL): Dersom blandingen inneholder for mye gass, sier vi at den er for «fet» (eller for mett). Grenseskillet mellom «fet» og eksplosiv blanding kalles øvre eksplosjonsgrense. Punkt 2 på figuren over.

Optimal blanding: Den blandingen som inneholder optimal mengde (blandingsforhold) av gass og luft. Punkt 3 på figuren over.

Minimum tennenergi (MIE): Den minste energien som trengs for å antenne den aktuelle blandingen. Minimum tennenergi inntreffer ved optimal blanding. Punkt 4 på figuren over.

b) Gitt: $V_Z = 5\text{V}$, $R_Z = 10\Omega$, $C = 0,1\mu\text{F}$, $L = 0,2\text{mH}$.

Total lagret energi:

$$\begin{aligned} E_{\text{total}} &= \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 + \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_Z^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{V_Z}{R_Z}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_Z^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{5}{10}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2 \approx 26,3\mu\text{J} \end{aligned}$$

Total lagret energi ligger godt under tennenergien (MIE) på $300\mu\text{J}$. Dvs. at systemet kan brukes i en propan-luft atmosfære.

Oppgave 7

