

I. MJERNI DETEKTORI ZA MEHANIČKE VELIČINE

(1) MJERNI DETEKTORI POMAKA

i) POTENCIOMETARSKI DETEKTORI (sl. 41.)

- mjerege pravougaonog pomaka i mjerege zakreta
- statička karakteristika (ovisi o vanjskom opterećenju R_t)

$$R_t \gg R_u \Rightarrow \begin{cases} R_u / R_t \rightarrow 0 \\ U_i = U_0 \cdot \frac{x}{x_u} \end{cases}$$

} idealna stat. karakt.

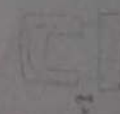
ii) INDUKTIVNI DETEKTORI POMAKA

- za male pomake

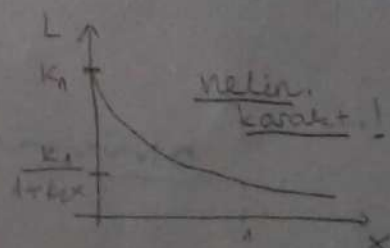
$$L = N \frac{\Phi}{I} \quad \Phi = B_l = \mu_0 H_l l$$

$$N \Phi = \oint \vec{H} d\vec{s} = H l + 2x H_2 \Rightarrow H_2 = \frac{1N}{\mu_0 + 2x}$$

$$\Rightarrow L = \mu_0 \frac{N^2 e}{\frac{1}{\mu_0} (1 + \frac{b}{\mu_0})} = \frac{K_1}{1 + K_2 x}$$



$$L = \frac{1}{2} (N_1^2 \mu_{l1} / \mu_{l2})$$



- transformatorski
→ isto nelin. kar. (sl. 45.)
- Selsinški detektor pomaka (sl. 46.)
→ za mjerenje kutnog pomaka
→ kut faze statički ovisi o kutu nagiba i kutu rotora

iii) KAPACITIVNI DETEKTORI POMAKA (sl. 47.)

$$C = \epsilon \cdot E \cdot A$$

$$C(x) = \epsilon \cdot E \cdot A(x)$$

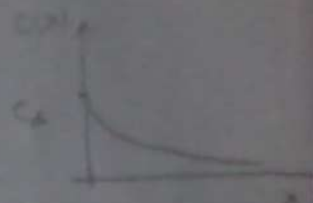
11) KAPACITIVNI DETEKTORI ROMAKA (SI 493)

$$Q = \epsilon_r \epsilon_0 E A$$

$$E = U/d$$

$$C = Q/U = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

$$\frac{dC}{C} = \frac{d}{dx} \rightarrow \text{nelinearna kar.}$$



* izračuna njeno vrsto \rightarrow pomnoži 2 s dubino vodila L

(2) IZMENLJIVI DETEKTORI BRZINE

1) IZMENLJIVI TAHOGENERATORJI (TAHOMETRI)

\rightarrow namreč preložen na vrsto vrtilne brzine) se nahaja

u magnetni vrtilni puščici o vrtilni brzini;

u namreč se inducira napon * izložen signal

\rightarrow linearna od. kar. $U = k \cdot \omega$

2) IZMENLJIVI TAHOGENERATORJI

* magnetni vrtilni puščici o vrtilni brzini; do 12 pora
poveča na 10 pora; napon se inducira u
namreč vrtilni

111) ELEKTROMAGNETSKI REZOLVERI (u. 54)

- detektira se kut zakreta rotora θ ; rotor je spojen na izvor em. napona; u namotima statora induciraju se međusobno zamijenljivi naponi U_{\sin} i U_{\cos} (analogni signali)
- amplit. i faza ovise o položaju rotora
- regulator je podatci o kutu zakreta i brzini vrtnje
- nema elektronike → pogodan za visoke temp, promjene temp, radnja

112) INKREMENTALNI ENKODER (u. 55) → mjeri relativne pomake

- svaki signal → matrični foto optički komponenta → 1 ili nula
- dobiva se niz impulsa → broje se i određuje se pomak
- minimalni mjerni razmak $\Delta\theta = 2\pi/P$ P broj impulsa po okretu (veličina matrike)
- $\omega_{rel} = f_{imp}/P$ [1/s]

113) ABSOLUTNI ENKODERI

- znaju točan položaj (kao i više ringova)
- mogu biti kodirani Grayevim ili binarnim kodom

NAČINI MJERENJA

- P. POSTUPAK (H) → broji impulse u vremenu T_d
→ za velike brzine (kad 1 bit je mali pomak)
- T. POSTUPAK

$$E_{sp} = \frac{100}{\pi} \cdot \frac{60}{P \cdot 60} \cdot 100 (\%)$$

NAČINI MEREŃIA

- P. POSTUPAK (n) → broj impulsa u vremenu T_d
→ za velike brzine (kad 1 hit je mala pogreška)
- T. POSTUPAK
→ mora se uzeti između 2 impulsa iz enkodera,
→ tako da se paralelno u drugom englu daje
impulsi poznate, visoke frekv. f
→ za male brzine
- TT POSTUPAK $n = \frac{60 f_c}{f} \cdot \frac{S_1}{S_2}$

(3) PIJERNI DETEKTORI ZA SILU, NAPREŽANJE I UBRZANJE

- deformacije sila → deformacija prekrasnog para
- sustav poluga → promjena el. veličine (otpora)

2) PIEZOELEKTRIČNI DETEKTORI

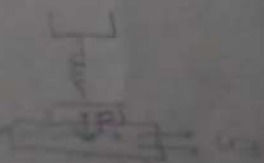
- deformacije, napetost utječe na razdijeljivanje dipola u kristalima → razlika pot. → vanjski uređaj za mjerenje napona

• PIEZOELEKTRIČNI ACCELEROMETAR →

$$a = F/m \quad u_2 = F \sim a$$

3) INDUKTIVNI ACCELEROMETAR

- umjesto piezoelektr. det.
- stacionarna kuga se giba u el. mag. polju
- indukcija se mjeri



II. MUERNI DETEKTORI ZA KALORIČKE VELIČINE

ESA #2.

(I) ZA TEMPERATURU (11.75)

$$\vec{Q} = -A \cdot \frac{d\theta}{dx}$$

$\theta \rightarrow$ temp.
 $A \rightarrow$ koef. prijenosa

$q \rightarrow$ gustoća topl. toka
 $Q \rightarrow$ topl. tok

$$Q = \int \vec{Q} \cdot d\vec{A}$$

(II) CONTACTNI TERMOMETRI

\rightarrow prijenos topl. konvekcijom (između fluida i krute stijene)

\rightarrow Newtonov zakon za prijenos topl.:

$$Q_0 = \alpha (\theta_1 - \theta_2)$$

$\theta_1 \rightarrow$ konst. temp. stijene

$\theta_2 \rightarrow$ fluida

$\alpha \rightarrow$ empirijski koef. prijenosa

$$\theta(t) = (\theta_2 - \theta_0)(1 - e^{-t/T}) + \theta_0, \quad T = \frac{\rho c V}{\alpha A} \rightarrow \text{vrem. konst. detektora}$$

1) OTPORNIČKI (Pt, Ni, Cu, W) \rightarrow line. kar.

• otpor se mijenja s temperaturom

$$R(\theta) = R_0 (1 + A(\theta - \theta_0) + B(\theta - \theta_0)^2 + \dots)$$

\rightarrow manja područja (manja preciznost):

$$R(\theta) = R_0 (1 + \beta(\theta - \theta_0))$$

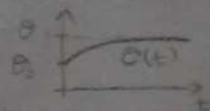
2) POLUVODIČKI (11.85)

(TERMISTORI)

• veća osjetljivost, manja v. konst. (brži odziv), nelinearna kar.

$$R_\theta = R_0 \cdot e^{b(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{\theta_0})} \quad b \rightarrow \text{koef. termistora}$$

• primjena \rightarrow uglavnom električni otpor i temperatura



$$R(T) = R_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

ii) POLUVODIČKI (2.85.) (TERMISTORI)

- veća osjetljivost, manja vr. konst. (brži odziv), nelinarna kar.
- $R_T = R_0 \cdot e^{b(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$ $b \rightarrow$ koef. termistora
- primjena \rightarrow uglavnom elektronički sklopovi i procesna ind.

iii) BIMETALI

iv) TERMOELEMENTI \rightarrow aktivni

- temelje se na Seebeckovom efektu \rightarrow ako su dva spoja 2 različitih vodiča na različitim temperaturama, između njih se javlja razlika el. potencijala
- $U_{AB} = (k_A - k_B)(T_1 - T_2)$
 \rightarrow linearna karakt.

(2) BESKONTAKTNI TERMOMETRI

PIROMETRI (2.94.)

- mjere radijaciju topline

$$I = \sigma \epsilon T^4$$

$\epsilon \rightarrow$ monokromatski faktor emisije

i) OPTIČKI PIROMETRI

- \rightarrow uspoređuju vidljivo svjetlo koje zrači vrude tijelo sa svjetlom standardiziranog izvora poznate temperature

ii) RADIJACIJSKI PIROMETRI

→ mjeri energiju zračenja tijela

→ zračenje se usmjerava na termoelemente → EMG → mjeri signal

• primjene: visoke temperature ($> 1400^{\circ}\text{C}$); pokretni ili nepristupačni objekti

(2) MJERENJE KOLIČINE TOPLINE (sl. 98.)

→ primjene: toplina konvekcijom

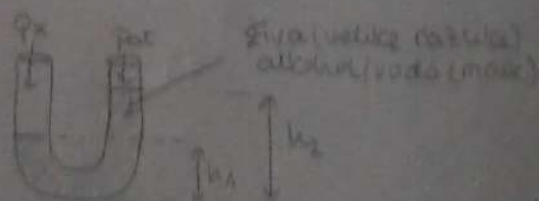
→ protok & izmjenična temperatura $T_b - T_a$ se mjeri tako da se pad tlaka pretvori u električni signal

III. MJERNI DETEKTORI TLAKA (sl. 101)

(1) TEHNIČKI DETEKTORI TLAKA

i) MANOMETAR S U-SIJEVI

$$p_x - p_{at} = \rho g (h_2 - h_1)$$



ii) ZAKUASTI MANOMETAR

• Za $p = p_0$ → $h_1 = h_2$

• Ako je $p > p_0$ → razlika h_1 i h_2 raste



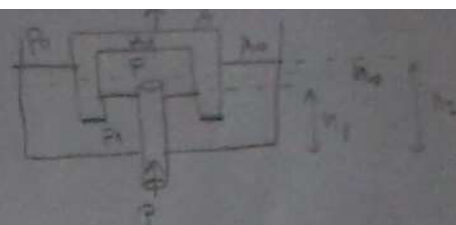
• Za $p = p_0 \Rightarrow h_1 = h_2$

• Gledaje $F \Rightarrow$ gura zvuha gore $F = pA_1$
 $\Rightarrow h_1$ pada $\Rightarrow h_2$ raste

$$F = pA_1 + p(A - A_1) - p_0A$$

$$\dots h_2 = \frac{F - p_0}{\rho g \left(1 + \frac{A_0}{A_1}\right)}$$

• Za male tlakove ; linearna kar. ; velika tromost



(2) ELASTIČNI ELEMENTI ZA Mj. TLAKA

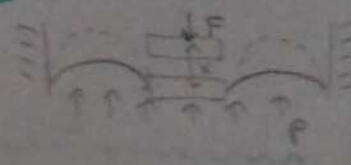
i) MANOMETRI S MEMBRANAMA

(u. l. s.)

$$F = \Delta p A - Lx$$

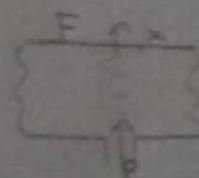
$$x = \frac{A}{k} \Delta p$$

\rightarrow mali tlakovi



ii) MANOMETRI S MIJEHOM

\rightarrow za veće tlakove



iii) BOURDONOVA CIGEV

\rightarrow široko područje mjerenja



(3) PNEUMATSKI DETEKTOR RAZINE TLAKOVA

ESA #3.

• počinjej zapreka : $z = (p_2 - p_1) \cdot h = p_3 \cdot h_2$

$$p_3 = k \cdot z$$

$$p_3 = \frac{k}{h_2} (p_2 - p_1) \rightarrow \text{linearna kar.}$$

IV. DETEKTORI ZA MJERENJE RAZINE (sl. 116.)

(1) S PLOVKOM

• pomak fluida \rightarrow pomak mjeraca puta



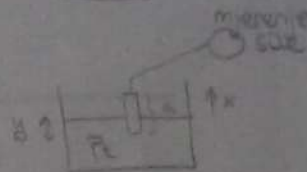
(2) S RONILOM (UZGONSKI)

• sila uzgona

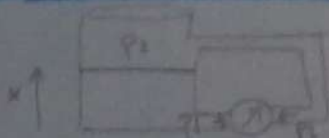
$$F_u = \rho_f g A y$$

$$F_g = \rho_s g A a$$

\rightarrow linearna kar.



(3) HIDROSTATSKI DETEKTORI



$$p_p = p_1 - p_2 = k \cdot x$$

$$p_2 \rightarrow p_{atm}$$

$$p_p = p_1 - p_2 = p_{atm} + \rho_f g x - p_{atm}$$

(4) KAPACITIVNI (sl. 117.)

\rightarrow cilindrični kond. s rotirajućom vanjskom elektrodnom
unutar u dielektriku koja se razina mjeri

$$C = C_0 \left(1 + \frac{\epsilon_r}{L} \left(\frac{L}{\epsilon_r} - 1 \right) \right)$$

(4) KAPACITIVNI (sl. 111.)

→ cilindrični kond. s rešetkastom vanjskom elektrodom uronjen u dielektrik čija se razina mjeri

$$C = C_0 \left(1 + \frac{h}{L} \left(\frac{\epsilon_r}{\epsilon_1} - 1 \right) \right)$$

→ za ekstremne uvjete → visoke tlakove i temp.

(5) ULTRAZVUČNI

(6) RADARSKI

→ suštino ultrazvučnima, ali na znatno većoj frekv. (8-10 GHz)

V. MJERENJE PROTOKA FLUIDA

(1) PRIGIBNICA → mjerenje razlike tlakova u suženju

(2) U-CIJEV → razlika visina stupca u U-cijevi, h je prop. Δp tj. protoku kroz cijev

$$Q \sim \sqrt{\Delta p}$$

(6) POMOĆU MJERNOG ZASLONA

(3) ELEKTROMAGNETSKI (sl. 137.)

(4) ULTRAZVUČNI

(5) ROTACIJSKI

VI. MJERENJE KEMIJSKIH VELJEINA

(1) PH VRJEDNOSTI (2142.)

→ sastoji se od:

- 1) pH metar → mjeri napon između pH elektrode i ref. elektrode → izlazi signal
- 2) pH elektroda → inducira napon proporcionalan udjelu H_3O^+
- 3) referentna el. → inducira konst. napon

(2) DETEKTORI VLAŽNOSTI

(3) DETEKTORI S , CO , CO_2