

# MERANIE MECHANICKÝCH VELIČÍN - TENZOMETRE

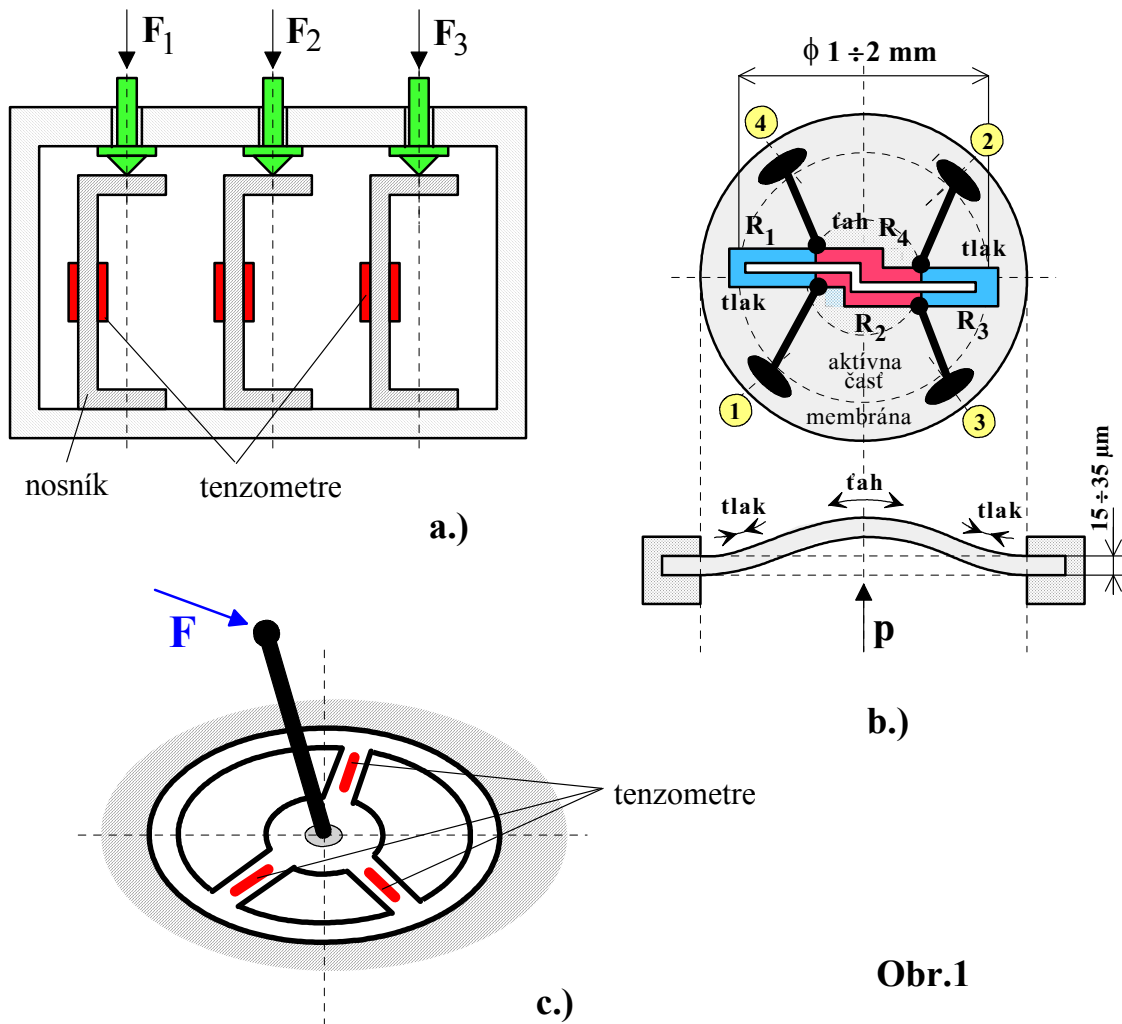
**Tenzometre** - zmena el. odporu, merajú mech. napätie, teda  
**malé predĺženia (deformácie)**

Cez deformačné členy merajú :

- ▶ silu (váhu - hmotnosť)
- ▶ moment sily
- ▶ tlak (vzduchu, plynu, kvapaliny)

Deformačné členy:

- nosník (a)
- membrána (b)
- špeciálne tvary (hlavica robota - viac zložiek) (c)

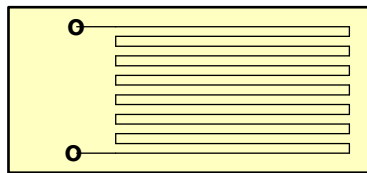


Obr.1

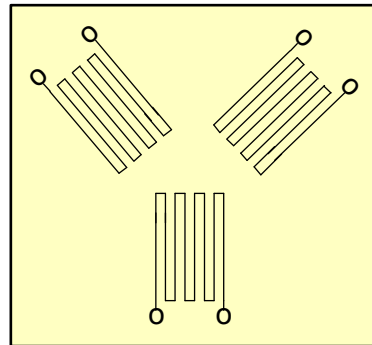
## Tenzometre

Vodič - meander prichytený na podložke. Celok je prilepený na namáhanom prvku.

- ▶ **Kovové** : - drôtové  
- fóliové (rôzne tvary)
- ▶ **Polovodičové**: - v tvare pásika



a.)



b.)

Obr. 2.

## Meria sa vratná - elastická deformácia    **Hookov zákon**

*Poznámka:* Plastická deformácia - nevratné zmeny

Citlivosť tenzometrov (skrátené)

$$\begin{aligned}\sigma &= \varepsilon \cdot E & \sigma &= F / S \text{ napätie mechanické} \\ \varepsilon &= \Delta l / l \text{ predĺženie} \\ E & \text{ modul pružnosti v ťahu}\end{aligned}$$

Pri natiahnutí je zúženie prierezu:

$$\frac{\Delta S}{S} = - 2 \mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu - \text{Poissonovo číslo } (0 ; 0,5>$$

Odpor vodiča :

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{po logaritmovaní} \quad \ln R = \ln \rho + \ln l - \ln S$$

Derivácia :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dR} + \frac{1}{l} \frac{dl}{dR} - \frac{1}{S} \frac{dS}{dR}$$

Chceme relatívnu zmenu R :

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S}$$

Pre malé zmeny diferencie :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

nahradíme :

$$\frac{\Delta R}{R} = \varepsilon + \varepsilon 2 \mu + \varepsilon \tau \quad \tau - \text{piezorezistívny koeficient}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \varepsilon(1 + 2 \mu + \tau) = K \varepsilon \quad \text{teda} \quad \boxed{\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon}$$

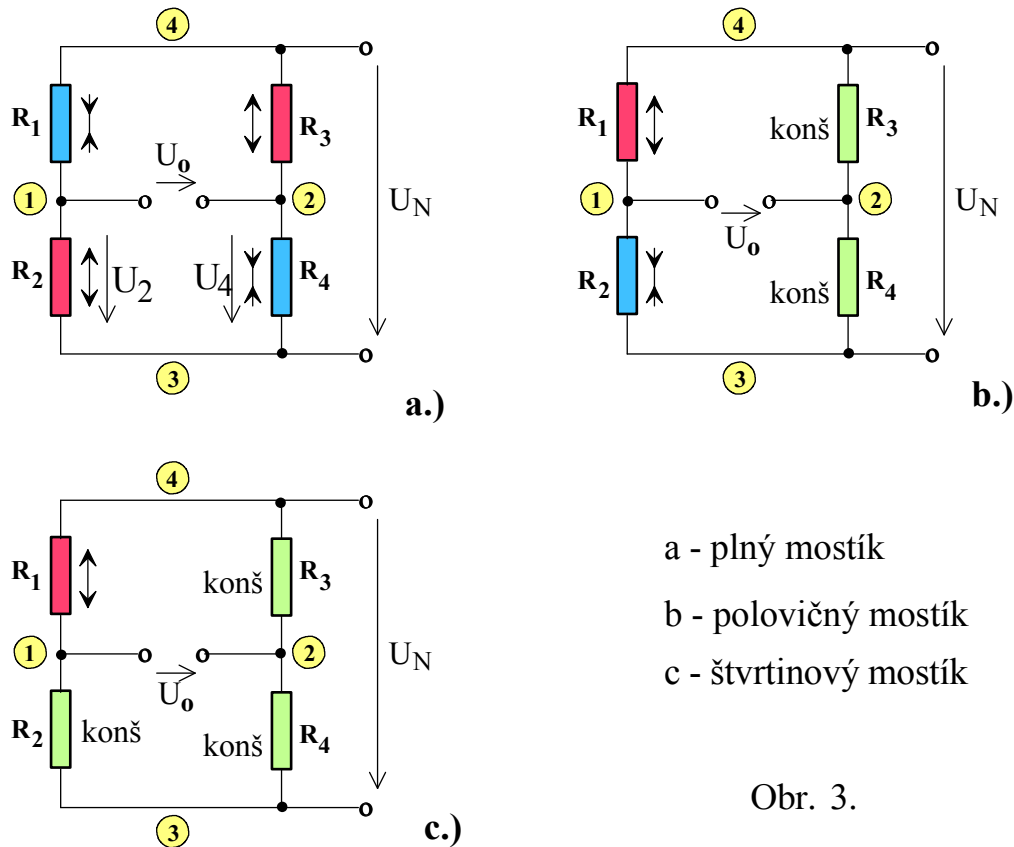
K - koeficient deformačnej citlivosti

### **Upevnenie tenzometrov na nosník.**

- ♦ špeciálne lepidlo (stále, pružné, "netečie" .....)
- ♦ precízna práca
- ♦ výber zóny s max. zmenami a žiadaným smerom namáhania

### **Vyhodnotenie zmien R**

- zmeny R sú malé, vplyv má teplota  $\Rightarrow$  vyhodnotenie v mostíku
  - plný mostík (kompenzácia  $\vartheta$ )
  - polovičný mostík (kompenzácia  $\vartheta$ )
  - štvrtinový mostík ( $\vartheta$  nekompenz. )



Obr. 3.

Základné vzťahy:

$$U_o = U_2 - U_4 \rightarrow U_o = \frac{U_N R_2}{R_1 + R_2} - \frac{U_N R_4}{R_3 + R_4} = U_N \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

Zmeny R :

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{zmeny od teploty } \vartheta \quad R = R_o (1 + \alpha \vartheta)$$

teda od dĺžky L :  $\Delta R_L$  relatívne  $\Delta R_L / R = r_L$  so znamienkom  $\pm$   
od teploty :  $\Delta R_T$   $\Delta R_T / R = r_T$  so znamienkom  $\pm$

Obecne:  $R' = R \pm \Delta R_L \pm \Delta R_T = R (1 + r_L + r_T)$  pri uvažovaní znamienok

**Úlohy** : Zistite Závislosť  $U_o$  od zmien predĺženia a teploty

- 1.) Všetky R sú tenzometre:  $R_1, R_2$  ťah ( $+r_L$ ),  $R_3, R_4$  tlak ( $-r_L$ )
- 2.) Všetky R sú tenzometre:  $R_1, R_4$  ťah ( $+r_L$ ),  $R_2, R_3$  tlak ( $-r_L$ )
- 3.) Polovičný mostík :  $R_1$  ťah ( $+r_L$ ),  $R_2$  tlak ( $-r_L$ )
- 4.) Štvrtinový mostík :  $R_1$  ťah ( $+r_L$ ), ostatné sú R ( $R_2, R_3, R_4$ )

## Pracovisko 1 - ohýbaný nosník



Obr.4.

- duralový ohýbaný nosník v silovej konštrukcii
- tenzometre nalepené na : hornej časti - ťah  
dolnej časti - tlak
- fóliový teplomer na meranie teploty nosníka "Pt100"
- pohon skrutkou, jednosmerný motor, prevodovka
- snímanie polohy (otočenie skrutky) - optický IRC snímač (512 imp/ot)
- výstupy z mostíkov (cca 1-20 mV) → AD 693 (4-20 mA)
- výstup z Pt100 → AD 524 (rozsah -50 až + 150°C)
- Peltierove články na chladenie (ohrev)

### Regulačné slučky

- ♦ regulácia polohy (IRC → žiad. hodnota → signál do JS motora → natočenie skrutky)
- ♦ regulácia teploty (Pt100 → AD 524 → prúd do "Peltiera" (ohrev, chladenie)

Typy zapojení: (údaje sú v %)

- A - 4 pre plný mostík
- B - 2 pre polovičný mostík
- C - 1 pre štvrtinový mostík
- D - 2 pre štvrtinový mostík, jeden je dĺžkovo neaktívny, len pre teplotnú kompenzáciu

**Úloha:** Zistíte teplotnú závislosť zapojení

## Pracovisko 2 - digitálna váha

**Úloha:** Zistíte konštantu pružiny:

$$K = \frac{F}{\Delta l} \quad \left[ \frac{N}{m} \right] \quad F \text{ sila pri stlačení o } \Delta l$$

**Poznámka:** Silu zmeriame ako váhu - hmotnosť ( $kg = kp = 10 N$ )