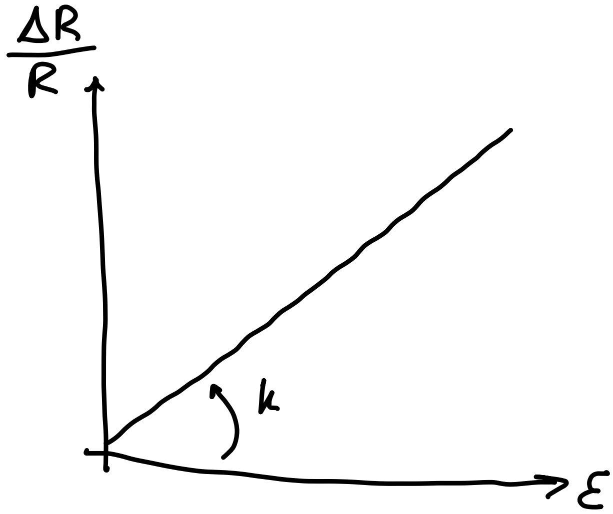
Lezione 7-

Sensibilità

$$k = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$



come già visti

$k = 2$ per estensimetri a conduttore ($\pm$ 0,1 - 0,2%)

$k = 100$ per estensimetri a semiconduttore

hanno più resistenza, sono meno comuni

La sensibilità massimizzata nella direzione di misura, e minimizzata nella direzione ortogonale.

<! Esempio numerico pg.25>

(ΔR) rispetto ad R

Le resistenze che misuriamo sono molto piccole quindi usiamo <u>circuiti a ponte di Wheatstone</u> per condizionale il canale

Applicazione degli estensimetri

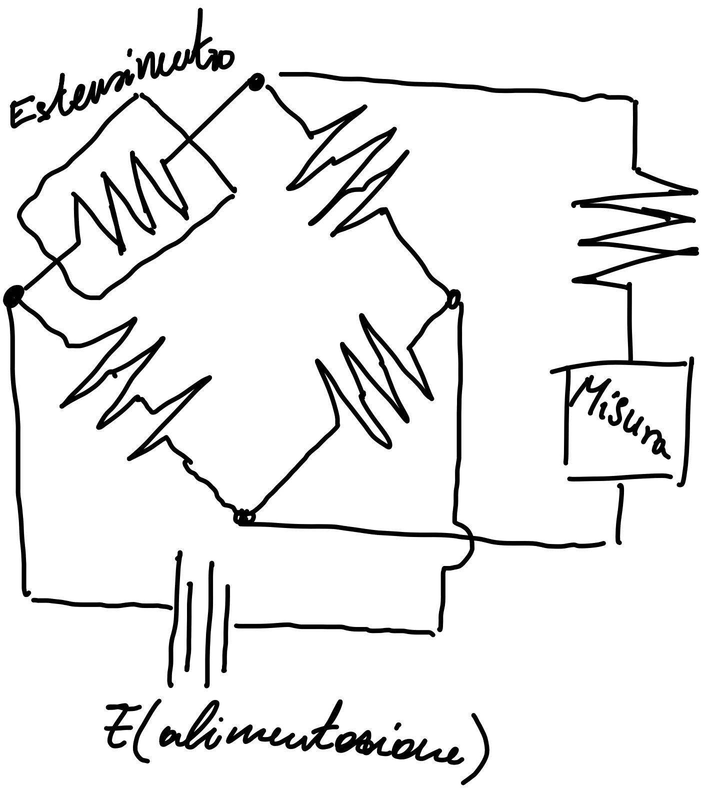
- → Abrasione con carta vetrata
- → Pulizia della zona di applicazione
- → Posizionamento di estensimetro
- → Applicazione di adesivo
- → Saldatura terminali
- → Fissaggio cavi
- → Applicazione di protettivo

Gli estensimetri hanno bisogno di attenzione, bisogna porre attenzione nella applicazione

→ Serve certificato perchè valgano i nostri risultati legalmente

Ci sono vari adesivi per varie applicazioni

Ponte di Wheatstone



Misuriamo tensione o resistenza qui; se tutte le resistenze sono uguali

$I_{misura} = 0$

se no no

Al momento che una R varia, si crea una ΔI_s

pg 35

Condizione sufficiente e neccesaria a linearità

- R e ΔI
- è la condizione di azzeramento del ponte

$R_1 R_4 = R_2 R_3$ $\quad \Delta I_s = \frac{E \Delta R_1 R_4}{G}$ Resistenza su due lati opposti su ◇

$\rightarrow I_s = 0$

Prodotto di resistenze di lati opposti $\Rightarrow$ Prodotto di resistenze di altri due

Per avere legame lineare dobbiamo avere resistenze bilanciate

Semplificazione di equazione

1) Misurando V_5, $R_5 \gg$ altre resistenze

Molto comodo (useremo estensione)

$$\Delta I_5 = \frac{1}{R_5}\frac{E}{4}\cdot\frac{\Delta R_1}{R_1} \Rightarrow \boxed{\Delta V_5 = \frac{E}{4}\frac{\Delta R_1}{R_1}}$$

Misura della deflessione

2) Misurando I_5, $R_5 \ll$ altre resistenze

$$\Delta I_5 = \frac{E\Delta R_1}{2R_1^2 + R_2 R_1}$$

Misura per azzeramento

↳ solo per misure che hanno bisogno di alta accuratezza.

Esempio per sbilanciamento pg 38

se $R_1 = R_3$ è 0, perché $R_1 R_4 = R_3 R_2$
$\Rightarrow R_4 = R_3$, la

tensione e corrente che passerà per il cavo di misura sarà 0 perché le tensioni che passano sono uguali e opposte e si cancellano

Quando resistenze sono uguali le tensioni V si cancellano al misuratore.

Se R_1 aumenta, c'è uno sbilancio in un lato rispetto all'altro, ⇒ non si cancella più quindi troviamo che circolata I_5 e c'è V_5

$$V_{AD} - V_{AB} \neq 0 \text{ ma } > 0$$

Misura per deflessione

$$\varepsilon \Rightarrow \Delta R \Rightarrow \Delta V$$

$$\Delta V = \frac{E}{4} \frac{\Delta R}{R}$$

Esempio numerico pg. 43

con $E = 1V$

Troviamo $\Delta V = 0{,}25 \, mV$ che è molto basso, serve un amplificatore per amplificare questi cambi che abbiamo. Un'altro modo è aumentare la tensione di alimentazione.

ponte bilanciato

Iniziando da 0 è utile perché possiamo utilizzare amplificatore senza problemi.

Alimentazione:

- sensibilità ↑ se E ↑ ma I ↑
causa problemi,
⇒ meglio amplificazione

- limite per T elevata (RI^2)↑

- pg 44

1/4 ponte ⇒ ponte che abbiamo visto con un estensimetro
↳ nessuno dice che non si può avere 2 estensimetri
↳ ci permette di misurare lo stesso fenomeno in 2 modi
↳ $\frac{1}{2}$ ponte

Ponte Intero
↳ ponte con tutte e 4 le resistenze essendo estensimetri

Con un ponte intero avremo:
↳ $$\boxed{\Delta V = \frac{E}{4}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_4}{R_4} - \frac{\Delta R_3}{R_3}\right)}$$

↰ Funziona con ogni caso se 3 o 2 lati attivi

se tutti gli estensimetri misurano la stessa cosa $\Rightarrow \Delta V = 0$

si può applicare R_2 e R_3 che riducono V in posti dove si contrae perché $\Delta R = (-)$ che aumenterebbe V.

<u>Caso dove variamo solo R_1 e R_4:</u>

$$\Delta V = \frac{E}{4}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \cancel{\frac{\Delta R_2}{R_2}} + \frac{\Delta R_4}{R_4} - \cancel{\frac{\Delta R_3}{R_3}}\right)$$

se R_1 e R_4 variano per lo stesso ΔR

allora $\Delta V = \frac{E}{4}\left(2\frac{\Delta R}{R}\right) \rightarrow$ Due estensimetri; doppia la sensibilità

se invece abbiamo R_1 e R_3 che variano per lo stesso ΔR allora

$\Delta V = 0$

pg. 51
ΔR di lati contigui hanno effetti si sottraggono

ΔR su lati opposti hanno effetti che si sommano

Lezione 7 slide

Con più estensimetri aumentiamo la sensibilità, e compensare effetti indesiderati come T.
Questo è il vantaggio del ponte si posso usare più estensimetri

Effetti di T

- L'estensimetro si danneggia

- Cambia la sensibilità $k = f(T)$

- Varia la lunghezza della griglia

$$\Delta L_{EST} = \alpha_{EST} \Delta T$$

- La base del pezzo varia per T

$$\Delta L_{pezzo} = \alpha_{pezzo} \Delta T$$

- Cambia R perchè cambia la resistività

Variazione di Sensibilità

a $T \neq T_{TARATURA}$

$$\beta_k = \frac{k_T - k}{k} \frac{1}{\Delta T}$$

Gauge Factor, sensibilità

↳ Coefficiente di temperatura

↳ Dato dal produttore

↳ Risolviamo isolando K_T

→ Valore tipico β_K: 80-100 ppm/K

La diversa dilatazione tra pezzo e estensimetro da una dilatazione differenziale:

$$\varepsilon_{di} = (\alpha - \alpha_e)\Delta T$$

Gli estensimetri sono fatti con α più vicino possibile a acciaio o alluminio, in moltissimi casi non importa.

<u>Variazione di Resistività</u>

ρ cambia con T e perciò anche R:

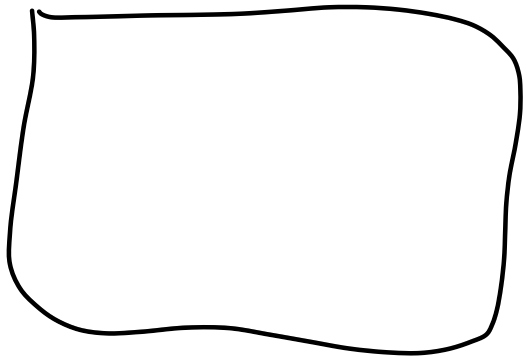
$$\rho = \rho_0 (1 + \beta \Delta T) \qquad R = R_0 (1 + \beta \Delta T)$$

Mettendo tutto insieme, teniamo a conto tutti i contributi con:

$$\varepsilon_a = \left(\frac{\beta}{k} + (\alpha - \alpha_c)\right)\Delta T$$

<u>Possiamo compensare per ΔT con estensimetro:</u>

Compensatore: applicato a pezzo non sollecitato



ΔR_1 = deformazione ed effetti termici

ΔR_3 = nessuna deformazione, solo effetti termici

Dummy Gauge

$\Downarrow$

Sono lati contigui $\Rightarrow$ gli effetti termici si sottraggono

$\Downarrow$

Misuriamo solo la deformazione

Collegamenti tra estensimetri e centralina

In molti casi la centralina non vicino all'estensimetro

pg. 11 4 è l'estrumentro

Dato questo ci sarà una non trascurabile resistenza dei cavi e i cavi possono subire cambi di temperatura.

$$\frac{\Delta R_L + \Delta R_{EST}}{R_{EST} + R_L}$$

In 3 fili tutti cavi hanno la stessa resistenza, ma questa resistenza è autocompensata, e la resistenza rimasta sul cavo di misura è molto minore quella del generatore quindi R_L è trascurabile

Collegamento a 4 fili ⇒ non sappiamo R cavi

Collegamento a 6 fili

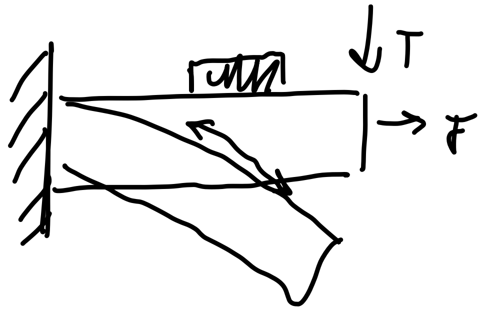
↳ I due fili usati per misurare la verà tensione di alimentazione, questo ci compensa l'effetto di caduta sui cavi; ora sappiamo la differenza e i nostri calcoli non sono più errati.

Studio di applicazione

Trazione 1

$$\Delta V = \frac{V_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{V_0}{4} k \varepsilon_1$$

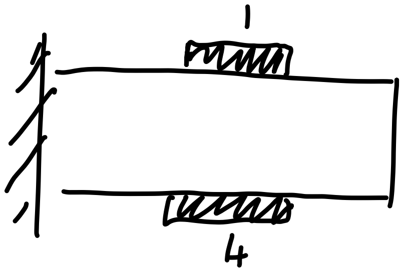
- $\sigma = \frac{F}{A} = E\varepsilon \Rightarrow$ Possiamo trovare F/A
- Non compensiamo per la temperatura o flessione
- Sensibilità del ponte 1



$$k_B = \frac{\text{output del ponte}}{\text{output del ponte con est. attivo}}$$

Se c'è T non possiamo compensare per tale deformazione

Trazione 2



$\varepsilon_1 = \varepsilon_4$

$\Delta R_1 = \Delta R_4$

$$\Delta V = \frac{V_0}{4}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_4}{R_4}\right) = \frac{V_0}{4} k (\varepsilon_1 + \varepsilon_4)$$

- Questa configurazione compensa una eventuale flessione, non effetti termici

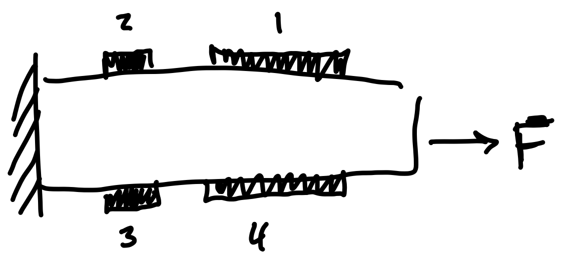
↳ Perchè la trazione e compressione hanno modulo uguale, da che 1 e 4 sono opposti le deformazioni opposte si sommano cancellando l'un l'altro.

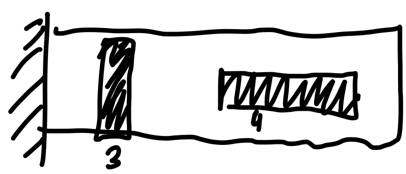
- $k_b = 2$ perchè due estensimetri che si sommano

Trazione 3

Poisson

$$\Delta V = \frac{V_0}{4} k \left(\varepsilon_1 + \varepsilon_4 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 \right) = \frac{V_0}{4} k \varepsilon_1 2 (1 + \nu)$$





$$\varepsilon_1 = \varepsilon_4 = \frac{\sigma}{E} \qquad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu \varepsilon_1$$

- compensa sia flessione che effetti termici
↳ dato che ε_{di} è omni direzionale, quindi si cancella l'effetto

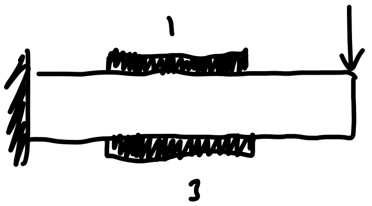
- $k_b = 2(1+\nu)$

Flessione 1

$$M_f = F x \qquad \varepsilon_1 = -\varepsilon_3 = M_f / EW \qquad W = \frac{1}{6} b h^2 = J / \frac{h}{2}$$

Momento Inerzia

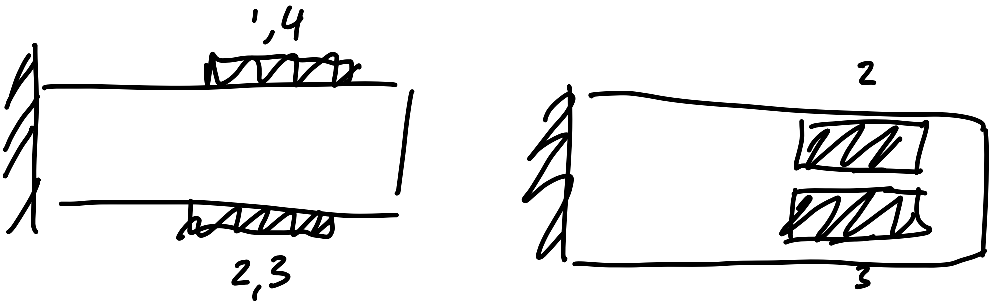
F



$$\Delta V = \frac{V_0}{4} k \, 2 \varepsilon_1$$

- Compensa effetti termici e trazione
- Incertezza nella misura di x
- $k_b = 2$

Flessione 2



$$\Delta V = \frac{V_0}{4} 4 k \varepsilon_1$$

- $k_b = 4$
- Termici e Trazione Compensati