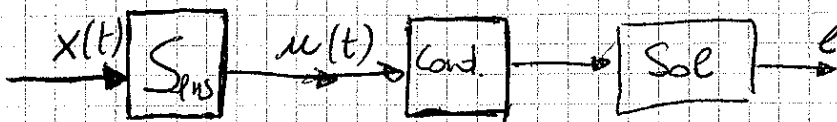


STRUMENTI ELETTROMECCANICI



Ad giorno d'oggi $u(t)$ è quasi sempre di tipo elettrico. I sensori sono moltissimi. Ci sono 1000 di grandezze fisiche e ognuna di loro può essere misurata con più di un sensore, le grandezze chimiche sono molto di più.

Gli strumenti elettromeccanici sono strumenti che ricevono in ingresso una grandezza elettrica ed in uscita una meccanica. Ultimamente sono stati soppiantati da strumenti di tipo digitale. A parte di incertezze gli strumenti di tipo digitale costano meno. Si trovano ancora in commercio degli strumenti elettromeccanici con incertezze del permille in su.

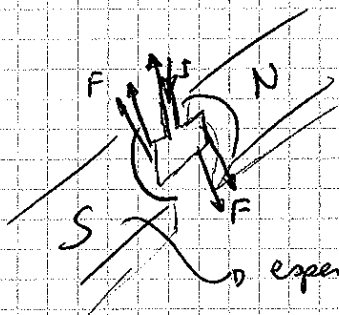
Gli strumenti elettromeccanici vogliono un misuratore esperto (leggerci aggiunge un'incertezza, detta incertezza dell'utente).

In generale gli strumenti elettromeccanici sono indicatori.

Gli strumenti elettromeccanici hanno un regolatore di zero (bisogna impostare lo zero ^{ogni volta che si} ~~ogni volta che si~~ ^{usa lo strumento} per qualunque strumento. Questa operazione è la messa in punto (o punto) - la messa in punto non è la taratura!!!

Voltmetri - Ampereometri elettromeccanici a bobina mobile

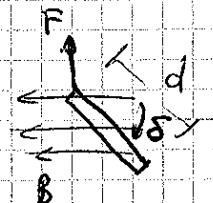
Si basano su 2 coppie una che eccitere l'indice, l'altra che lo frena.



La spira tende a ruotare

$$C = F \cdot D \cdot \cos(\alpha)$$

o espansioni polari.



Facciamo le espansioni polari in modo che il corpo sia sempre ortogonale alle spire (facciamo le espansioni a semicerchio e avvolgiamo le spire in ferro dolce).

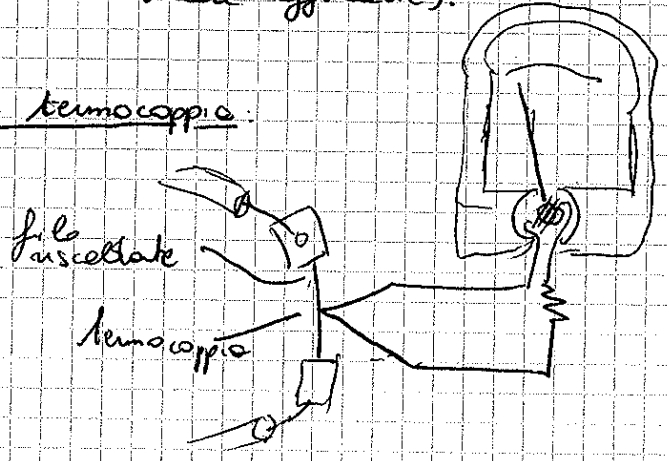
1° strumento inventato: Galvanometro.

^{d'inverso}
 Il galvanometro genera induzione attraverso un magnete permanente e filo di cavallo. La parte mobile è fatta da un cilindro di filo dolce a cui intorno sono avvolte n spire. Sul cilindro è soldato un indice mobile. Ci sono 2 molle e spirale che permettono il passaggio di corrente. Dalla parte fissa si partono i fili ai morsetti. La molla a spirale è la causa della coppia resistente.

Equipaggi a magnete mobile (o magnete elettrico) sono simili e il principio di funzionamento è simile a quella a bobina mobile. Le molle hanno solo più una funzione meccanica. Sono meno accurate, ma più resistenti.

Equipaggi elettrodinamici: ce ne sono due bobine, una fissa ed una mobile. Il campo magnetico è dato dalle bobine fisse. La coppia motrice è data dal prodotto di 2 correnti. È alla base dei wattmetri elettromeccanici. Sono usati anche per correnti alternate (collegate le due bobine in serie). (il quadrato è utile per calcolare il valore efficace).

Strumenti a termocoppia:



Per la legge di Joule temperatura $\propto I^2$ - gli strumenti sono a termocoppie perché termocoppia è precisa ed economica.

Sulle parti
 Sulle carcasse degli strumenti elettromeccanici ci sono sospensioni fatte con modellini. Questi modellini erano fatti con rubini che hanno poco attrito con il metallo (da cui il n. di rubini questo si compra uno strumento elettromeccanico). Negli strumenti elettromeccanici non si usano i rubini. Negli strumenti elettromeccanici la coppia di attrito è la maggiore causa d'incertezza.

Comportamento dinamico

$$J \frac{d^2 \delta}{dt^2} + K_V \frac{d\delta}{dt} + K_M \delta = C_m$$

J : coppia d'inerzia

K_V : coefficiente di smorzamento

K_M = costante elastica delle molle

C_m = coppia motrice.

Equazione lineare dei parametri concentrati del 2° ordine.

$$T(s) = \frac{\delta(s)}{C_m(s)} = \frac{1}{Js^2 + K_V s + K_M}$$

$$G = \frac{1}{K_M}$$

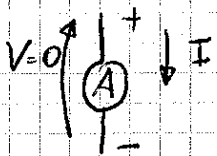
$$\xi = \frac{K_V}{2\sqrt{K_M J}}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_M}{J}}$$

$$T(s) = \frac{G}{1 + 2\xi \frac{s}{\omega_n} + \left(\frac{s}{\omega_n}\right)^2}$$

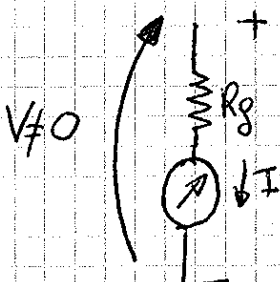
A noi interessa che gli strumenti siano senza menzura, quindi viene imposto un $\xi = 0,5$ per eliminare la menzura nel segnale della coppia d'effetto.

AMPEROMETRI



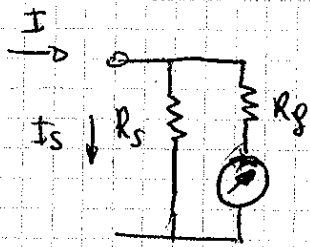
Ideale in caduta di tensione nulla.

milli-ampetro reale a cc.



Valori tipici	
Portata	R_g
20 μA	1000-5000 Ω
500 μA	100-1000 Ω
1 mA	30-120 Ω
10 mA	1-6 Ω

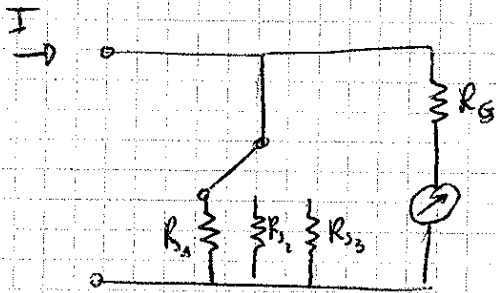
Ampereometro in c.c.



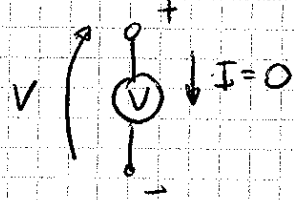
$$I_g = \frac{R_s}{R_s + R_g} I \quad R_s \ll R_g$$

R_s è chiamato shunt

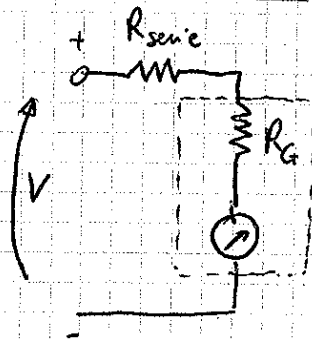
Ampereometro a più partate



Voltmetro



Voltmetro in c.c.



$$R_{serie} = \frac{V_{FS}}{I_{FS}} - R_g$$

$$V = (R_{serie} + R_g) I_g$$

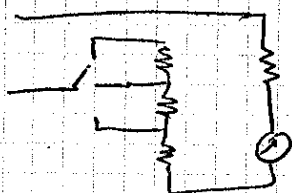
Nei voltmetri è indicato quanto vale R_{serie} .

$$K_{R/V} = \frac{1}{I_{FS}} = \frac{(R_s + R_g)}{V_{FS}} \quad R_{ingano} = K_{R/V} V_{FS}$$

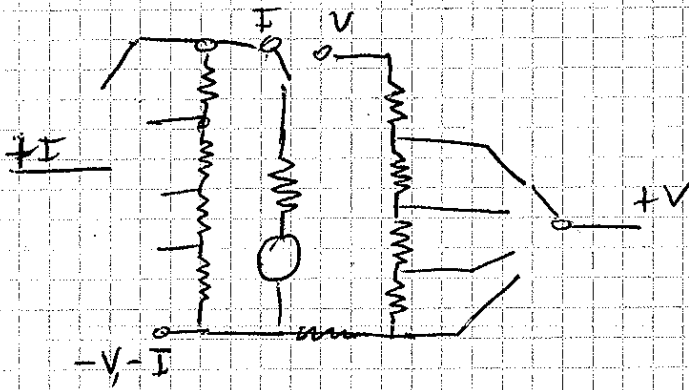
V_{FS} : tensione di fondo scala

I_{FS} : corrente di fondo scala.

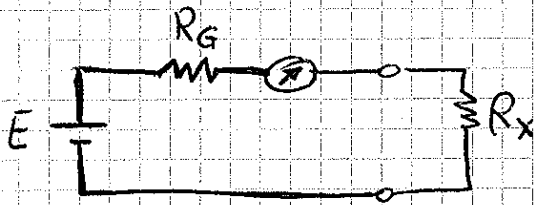
Voltmetro a più partate in c.c.



Multimetro



Ohmetro



$$E = (R_G + R_x) I$$

$$R_x + R_G = \frac{E}{I} \Rightarrow R_x = \frac{E}{I} - R_G$$

Con un alimentatore E posso costruire un ohmetro.

Ha il difetto che se $R_x = 0$ $I_0 = \frac{E}{R_G}$ ed è la corrente

massima. Devo dimensionare E in modo da non danneggiare lo strumento.

Inoltre poiché $R_x \propto \frac{1}{I}$ la scala è alla rovescia.

Le misure in punto vengono fatte con il sensore con i morsetti in corto circuito.

Se la pila è scarica non riesco a raggiungere il fondo scala.

Incertezze su strumenti elettronici:

- 1) Lettuto (dichiarato con indice di classe)
- 2) Letture
- 3) effetti del carico strumentale (contiene solo in alcuni circuiti: esempio nella volt-impedenza per misure resistenza)

$$1) \quad ce = \frac{\Delta}{FS} \cdot 100 \quad FS: \text{fondo scala} \quad \text{fondo portata} \quad (\text{portata}).$$

L: lettura

$$\% = ce \frac{FS}{L}$$

classi: $0,05 \pm 0,1$ stum. campione
 $0,2 \pm 0,5$ stum. laboratorio
 $1, 2,5, 5$ stum. industrial. e da quadro.

2) Incertezza di lettura: normalmente si dichiara $\frac{1}{2}$ tacca o $\frac{1}{4}$ di tacca. Bisogna evitare l'errore di parallasse. In alcuni strumenti c'è il trucco nello specchietto.

3) Conco strumentali: non è errore, ma un fenomeno che altera il sistema misurato o influenza le letture di altri strumenti.

Gli oscilloscopi analogici

L'oscilloscopio nasce come strumento di visualizzazione. La dicitura ha un'incertezza 1-2%.

Gli oscilloscopi digitali hanno soppiantato gli analogici nelle fasce alte - rimane l'oscilloscopio analogico nelle apparecchiature a fasce basse. (perché i digitali costano troppo: dai 1000€ in su). Funzionano in 2 modalità:

1) Modalità x,y: date 2 giunzioni tensioni e' possibile rappresentare sullo schermo l'andamento delle curve $V_y = f(V_x)$ su due assi tra loro ortogonali.

2) Utilizzano più comune: se V_x è proporzionale al tempo si ottiene l'andamento temporale $V_y = f(t)$. Funzionano in BASE DEI TEMPI

Ogni intervallo visto sull'oscilloscopio è detto scandata. Si parla anche di area 2: c'è la possibilità di modulare un segnale di aguzzo sull'intensità del fascio elettronico.

L'oscilloscopio è formato da 3 blocchi:

- 1) tubo a raggi catodici: lungo me 40 cm di cm. Dimensione dello schermo 10 x 8 cm. Ci sono due coppie di placchette di deflessione tra loro ortogonali.
- 2) circuiti elettronici per deflessione verticale (asse y)
- 3) circuiti elettronici per deflessione orizzontale (asse x)

