



Facoltà di Ingegneria
Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

Strumenti Indicatori Analogici Elettromeccanici

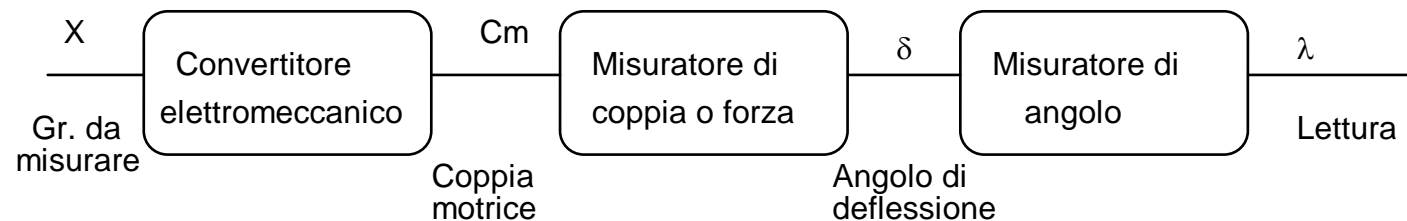
Ing. Andrea Zanobini

Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

STRUMENTI INDICATORI ANALOGICI ELETTROMECCANICI

Generalità, Classificazione

Sono costituiti da un *equipaggio mobile (e.m.)* avente una posizione iniziale di riposo sollecitato a muoversi da una forza (**AZIONE**) funzione della grandezza da misurare, che si contrappone all'azione di una forza resistente (**REAZIONE**), funzione dello spostamento, la quale tende sempre a ricondurre l'e.m. nella posizione iniziale in assenza di misurando.



STRUMENTI INDICATORI ELETTROMECCANICI

- Tale coppia, denominata ***Coppia motrice C_m*** , è contrapposta ad una ***Coppia antagonista*** di tipo ***elastico*** generata da molle, nastri o fili tesi sottoposti a torsione, e prende il nome di ***Coppia resistente C_r*** .

- La **C_m** viene convertita in un angolo di deflessione che viene a sua volta misurato mediante un indice (*materiale o luminoso*) solidale con l'asse dell'equipaggio mobile, che si sposta su di una scala graduata.

- In pratica, indicando con **h** la lunghezza dell'indice (ovviamente materiale) e con **δ** la deviazione angolare rispetto alla condizione di riposo, o semplicemente angolo di deflessione in radianti, l'arco di cerchio di lunghezza:

$$\lambda = h \cdot \delta$$

sarà il valore della grandezza misurata.

Coppie di Forze

COPPIA MOTRICE C_m

COPPIA RESISTENTE (o ANTAGONISTA) C_r

E' in genere proporzionale all'angolo di deviazione dell'e.m.

$$C_r = k \delta$$

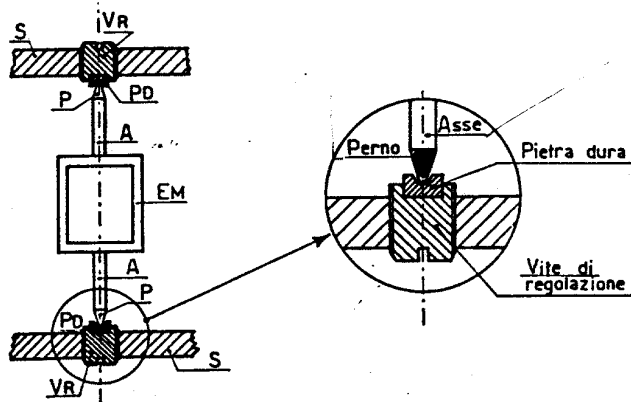
COPPIA SMORZANTE C_s

Permette all'indice di raggiungere la posizione di equilibrio stabile dopo un moto transitorio. In assenza di questo processo si arresterebbe solo dopo un certo numero di oscillazioni smorzate. La coppia smorzante permette una lettura rapida e definita del valore del misurando.

COPPIA DI ATTRITO C_a

E' dovuta agli attriti del sistema di sospensione dell'equipaggio mobile soprattutto nel caso dei perni. Ha sempre segno tale da opporsi al moto e dovremo fare in modo che essa sia sempre trascurabile rispetto a C_m e C_r . Questa condizione viene raggiunta soddisfacentemente negli strumenti con sistema di sospensione a fili o nastri.

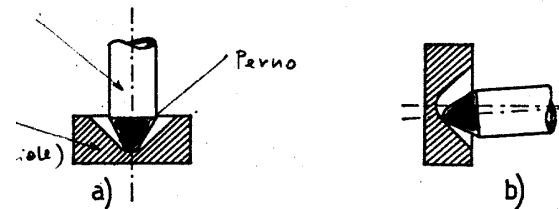
Il sistema di sospensione (perni e nastri)



- Sospensione a perni. Componenti: *S*, supporti dell'equipaggio mobile; *VR*, viti di regolazione; *PD*, pietre dure; *P*, perni; *A*, asse; *EM*, equipaggio mobile. A destra (ingrandito e racchiuso nel cerchio): il particolare del dispositivo di regolazione.



Fig. - Tipi di perni: a) perno conico; b) perno cilindrico.



- a) posizione verticale dell'asse; b) posizione che assume l'asse con strumento orizzontale.

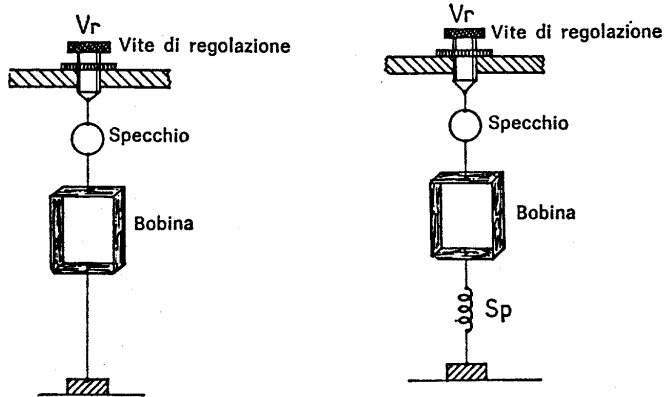
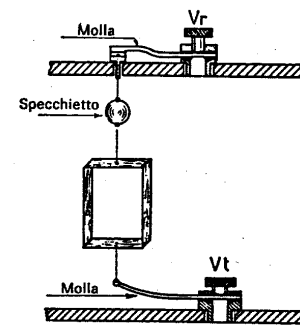


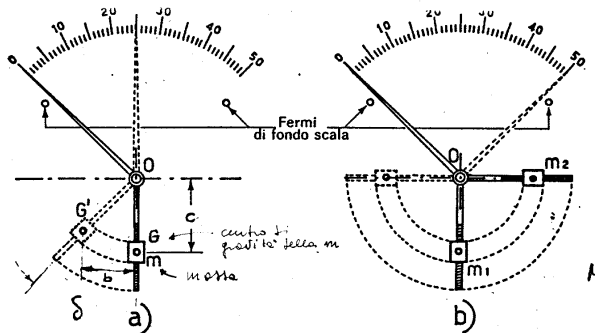
Fig. 8 - Sospensione unifilare con spirale (*Sp*).

- Sospensione unifilare.

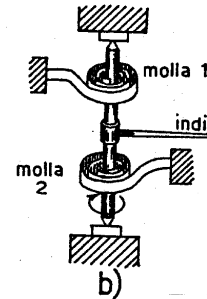
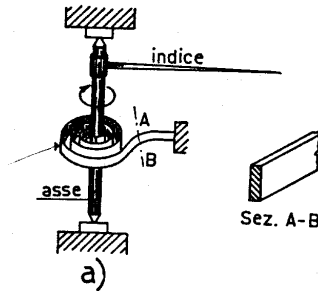


- Sospensione a fili tesi. Tipo semplice.

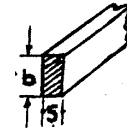
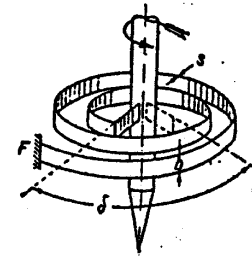
I dispositivi antagonisti (gravità e molle)



- Dispositivi antagonisti a gravità: a) ad una massa; b) a due masse.



- Dispositivi antagonisti a molle: a) ad una molla; b) a due molle



$$C_r = \frac{b s^3}{12 L} E \delta \quad (\text{J/rad})$$

b: altezza della molla

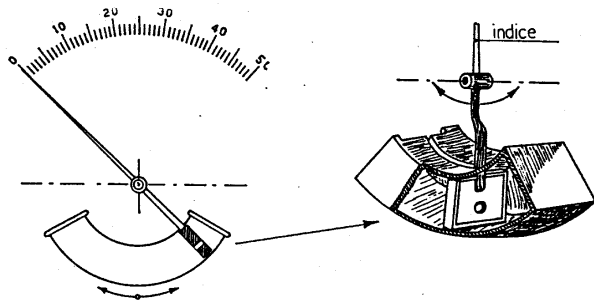
s: spessore della molla

L: lunghezza sviluppata in piano

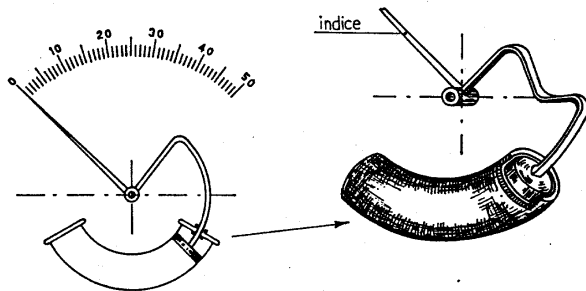
E: modulo di elasticità normale o di Young

δ : angolo di deflessione rispetto all'equilibrio

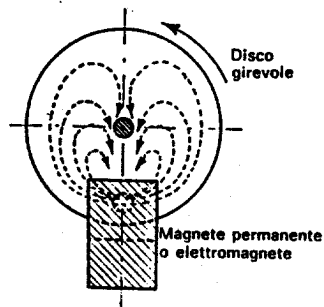
Il sistema di smorzamento (viscoso o elettromagnetico)



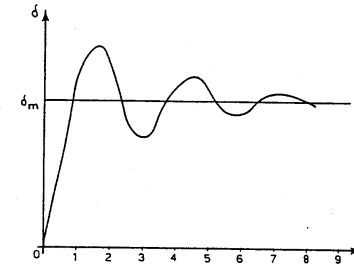
- Dispositivo smorzatore ad aria con palette.



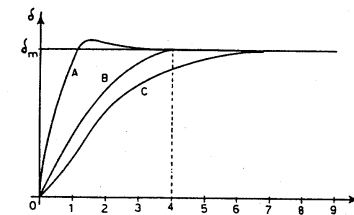
- Dispositivo smorzatore con stantuffo.



- Sistema di smorzamento elettromagnetico.



- Oscillazioni smorzate dell'indice di uno strumento.

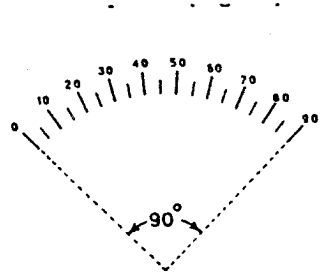


- Diagrammi di smorzamento: A) consigliabile; B) critico; C) eccessivo.

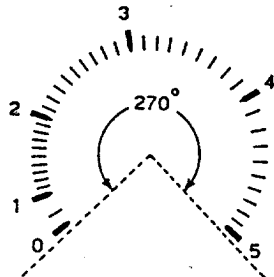
Smorzamento elettromagnetico

Sfrutta l'azione frenante delle correnti parassite (di *Focault*) che vengono a crearsi in un conduttore (un disco di Al o Cu) che ruotando tra le espansioni polari di un magnete o elettromagnete, taglia le linee di flusso.

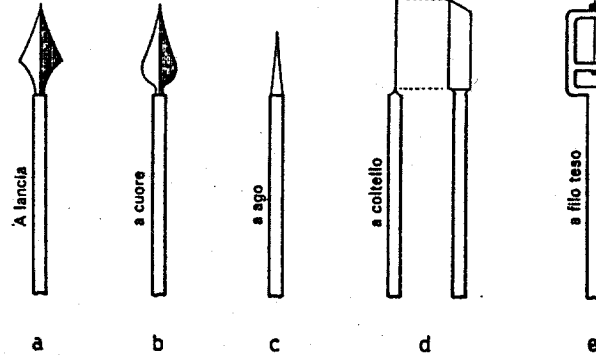
Indici e Scale



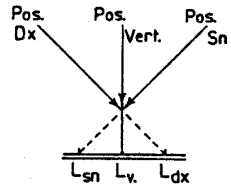
- Scala con sviluppo su un arco di 90°.



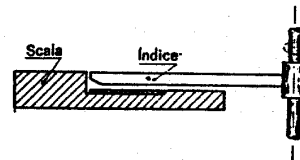
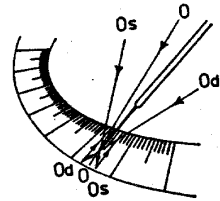
- Scala con sviluppo su un arco di 270°.



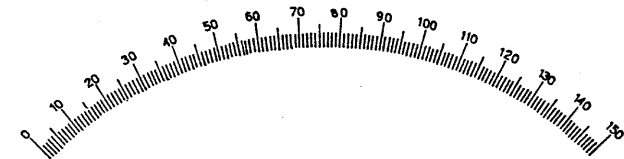
- Vari tipi di indici.



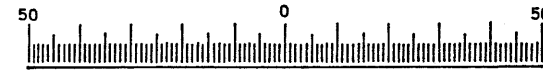
- Errore di parallasse.



- Accorgimento per ridurre l'errore di parallasse negli strumenti da quadro.



- Scala uniforme o lineare ad arco di cerchio.



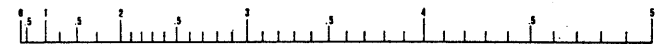
- Scala lineare a zero centrale per galvanometri.



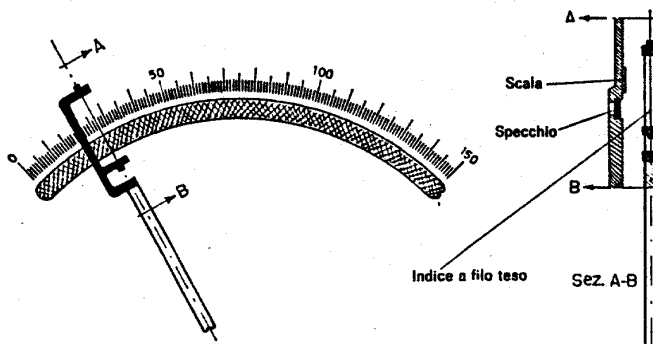
- Scala uniforme (o lineare) rettilinea.



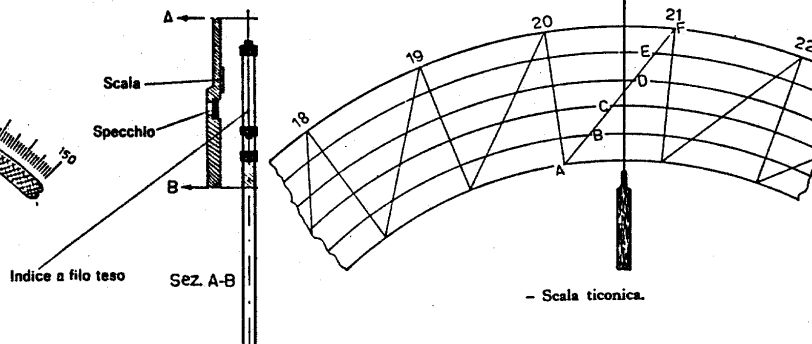
- Scala logaritmica.



- Scala quadratica teorica.

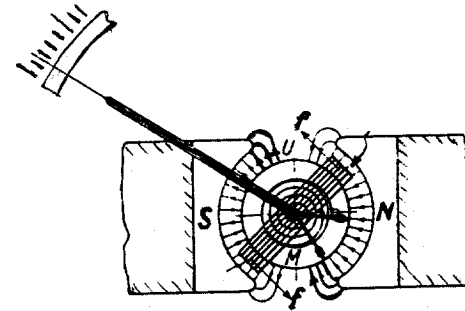
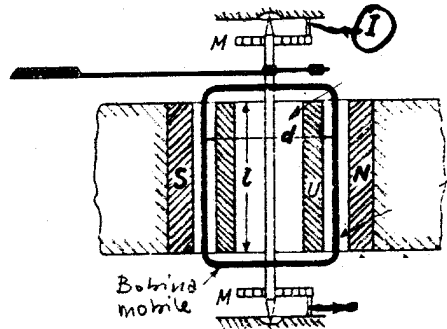


- Strumento con dispositivo a filo teso e specchio antiparallasse.

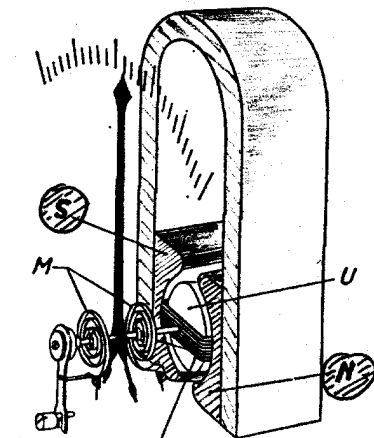


- Scala ticonica.

Strumenti Magnetoelettrici



- Strumento elettromagnetico a bobina mobile.



Bobina mobile
- Strumento elettromagnetico a bobina mobile.

Strumenti nei quali il campo magnetico costante è generato da un magnete permanente fisso che crea un'azione motrice su di una o più bobine mobili (b.m.) libere di muoversi e percorse da corrente continua, per questo motivo si chiamano anche strumenti a *magnete permanente e b.m.*

$$F = m B \ell I \quad C_m = m B \ell I d = K_m I \quad K_m = m B \ell d$$

$$C_r = K_r \delta$$

All'equilibrio avremo:

$$C_m = K_m I = K_r \delta \Rightarrow \delta \propto I$$

Strumenti Magnetoelettrici

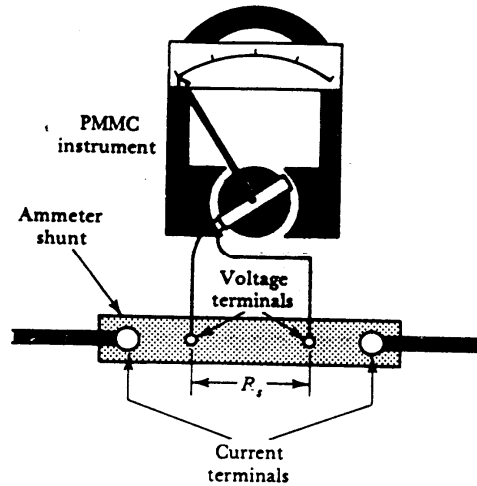


Prestazioni Caratteristiche

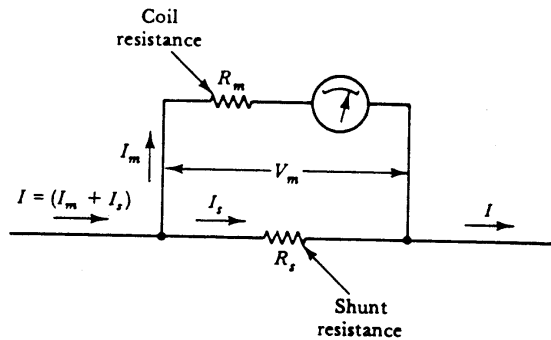
• *Lo strumento è un amperometro di piccola portata poichè la corrente massima che interessa la b.m. è quella che percorre le sottili molle che, come abbiamo detto, non si devono riscaldare in modo apprezzabile.*

- Un loro riscaldamento provocherebbe un'alterazione di E con conseguente variazione di C_r che non risulterebbe più strettamente proporzionale a δ .
- D'altra parte, potendo superare in qualche maniera il problema dell'adduzione di I alle molle, è impensabile agire sulla sezione del filo costituente la b.m. in quanto un aumento di peso dell'e.m. si tradurrebbe in un aumento della sui cuscinetti che porterebbe ad un rapido deterioramento del sistema di sospensione.
- Oltretutto se da un lato si estende il limite superiore di I , dall'altro si perde in sensibilità: una piccola corrente non sarebbe sufficiente a far ruotare l'e.m.
 - **Per tale motivo gli strumenti a b.m. hanno portate proprie limitate a pochi mA (massimo 30:50 mA) (dovuto a molle e bobina) anche se è possibile effettuare misure di I più elevate (30A) inserendo opportuni derivatori paralleli o shunt.**
 - **Il limite inferiore del campo di misura, imposto dalla coppia di attrito 10:20 μ A (attrito).**
 - Questo limite può essere ulteriormente abbassato usando sospensioni di nastri o fili tesi realizzando così microamperometri con f.s. di 1 μ A (galvanometri).

Voltmetri e Amperometri di Portata qualsiasi

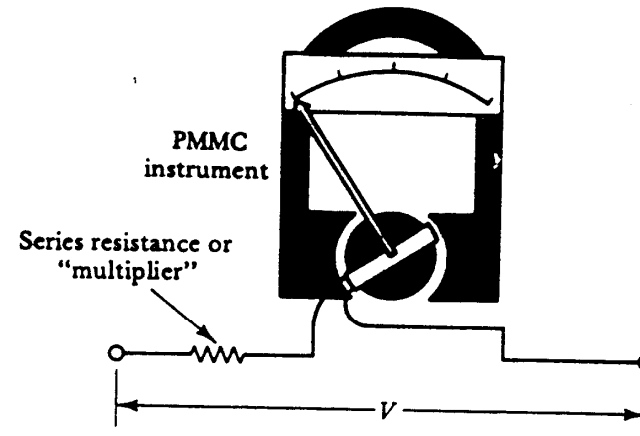


(a) Construction of dc ammeter

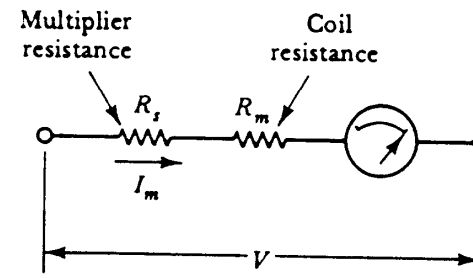


(b) Ammeter circuit

dc ammeter construction and circuit diagram.



(a) Construction of dc voltmeter



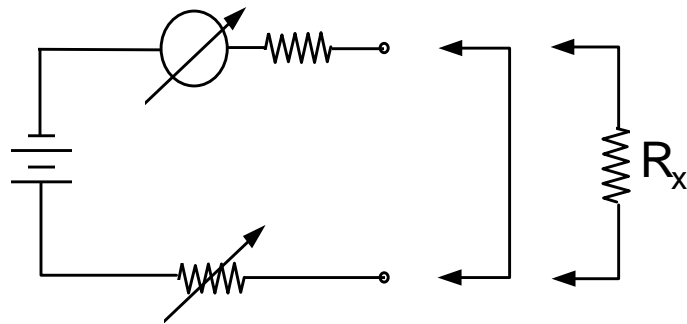
(b) Voltmeter circuit

dc voltmeter construction and circuit diagram.

OHM-metro di Portata qualsiasi

La misura avviene in due fasi:

OHM - METRO



1. Si cortocircuitano i morsetti e si regola il potenziometro fino ad ottenere un fondo scala pari a 0 ohm
2. Si collega R_x , la corrente diminuisce e la scala, retrograda, aumenta fino a mostrare il valore di R_x .