

CLASSIFICAZIONE DEGLI STRUMENTI DI MISURA

A seconda delle grandezze che si misurano

STRUMENTO	GRANDEZZA MISURATA
Amperometro	Corrente in c.c. o c.a.
Voltmetro	Tensione in c.c. o c.a.
Ohmetro	Resistenza
Wattmetri	Potenze
Cosfimetri	Cos φ
Frequenzimetri	Frequenza
Contatori	Energia

A seconda del modo con cui la misurano

STRUMENTO	MODO DI MISURA
Indicatore	Fornisce, attraverso lo spostamento di un indice o la visualizzazione numerica su un display, il valore efficace, medio o di cresta della grandezza misurata
Registratore	Registra su un supporto cartaceo il diagramma dell'andamento della grandezza al trascorre del tempo
Integratore	Misura la grandezza elettrica integrandola nel tempo

A seconda del modo di funzionare

STRUMENTO	FUNZIONAMENTO
Elettromagnetici	A ferro mobile
Magnetoelettrici	Bobina mobile
Elettrodinamici	Wattmetri
A induzione	Contatori
Elettronici	
Elettrostatici	Fenomeni elettrostatici (solo per cc)
Termici	Fenomeni termici (bimetalli o resistivi)
Elettrochimici	Fenomeni elettrochimici (solo per cc)

A seconda dell'uso o destinazione

Fissi – Portatili – Palmari – Da banco – Da quadro – Da laboratorio

PARTI E COMPONENTI DEGLI STRUMENTI DI MISURA

Scala

Tipo di lettura: Diretta; Indiretta

Forma: Circolare 90°; Circolare dilatata 270° (quadri); Rettilinea

Graduazione: Lineare (uniforme); Quadratica (allargata); Logaritmica (contratta); Empirica.

Indici di lettura Si cerca di ridurre l'errore di apprezzamento e di parallasse

Sospensioni

Dispositivi antagonisti

Molle a spirale, Molle lineari, Torsione

Dispositivi smorzatori

Fare esercizi di riepilogo

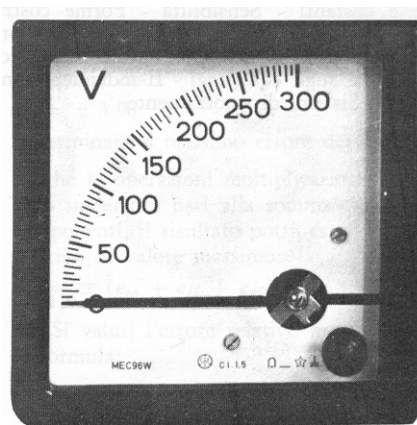


Fig. 6 - Strumento indicatore a lettura diretta.

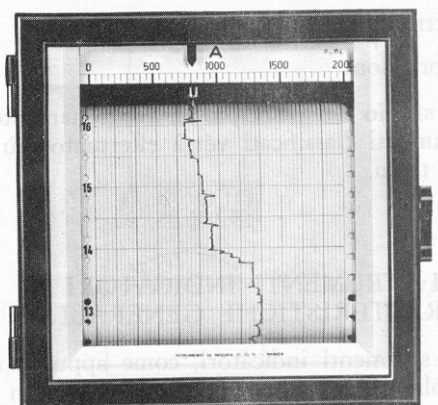


Fig. 4 - Strumento registratore.

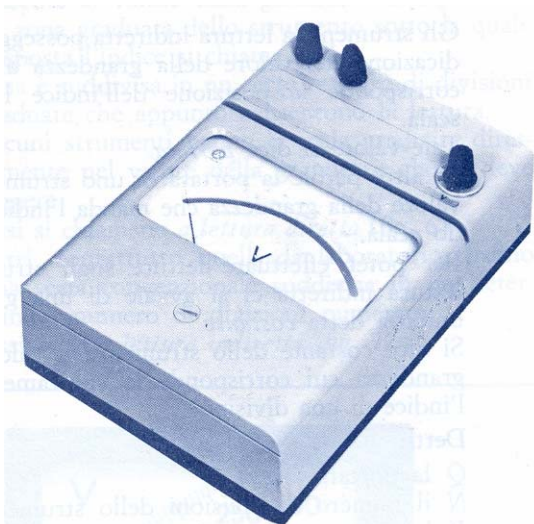


Fig. 9 - Voltmetro da laboratorio.

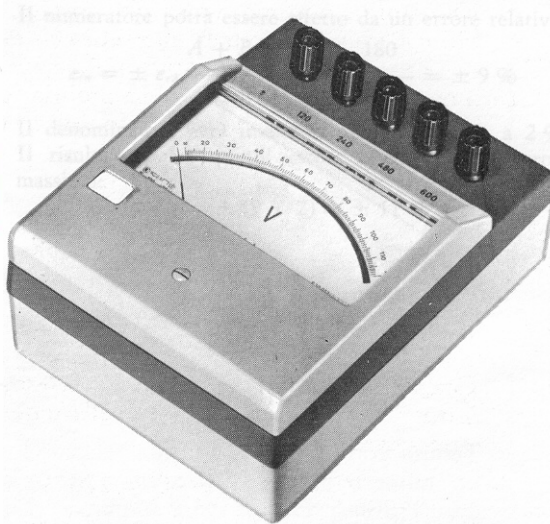
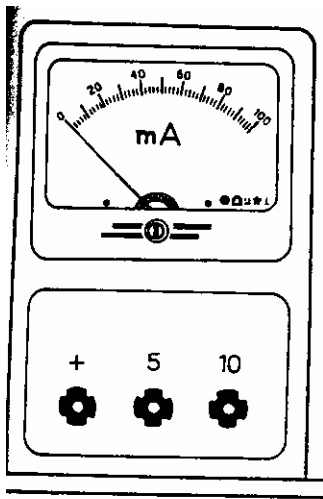


Fig. 7 - Strumento indicatore a lettura indiretta.

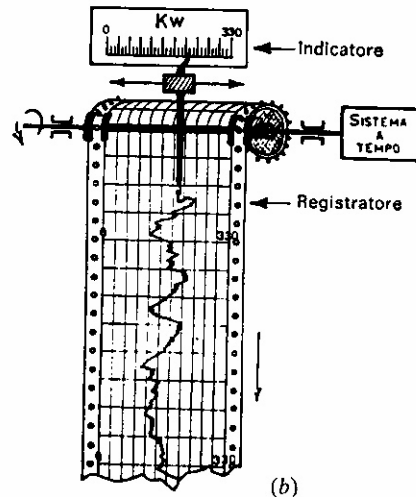


Fig. 5 - Strumento integratore.



(a)

Fig. 3.6 a) - Strumento indicatore.



(b)

Fig. 3.6 b) - Strumento registratore e indicatore.

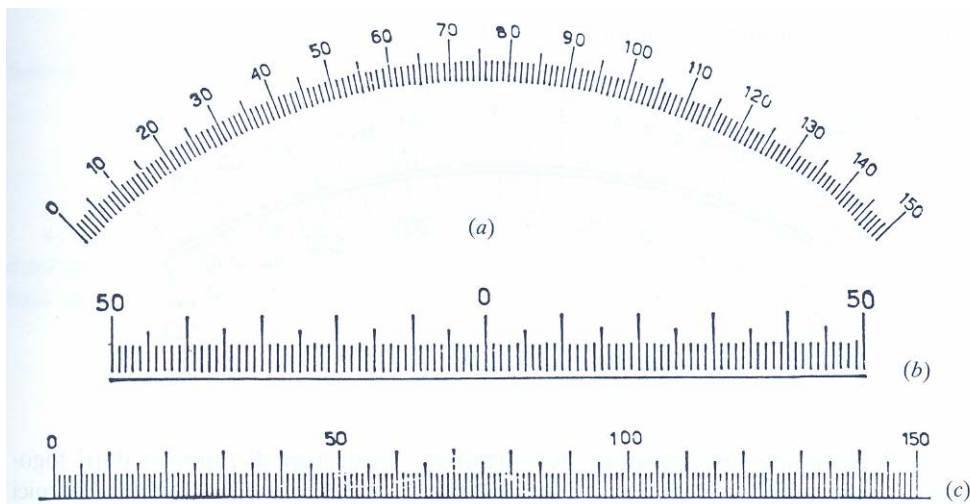


Fig. 3.8 - Vari tipi di scale lineari: a) scala uniforme o lineare ad arco di cerchio; b) scala lineare a zero centrale per galvanometri; c) scala uniforme (o lineare) rettilinea.

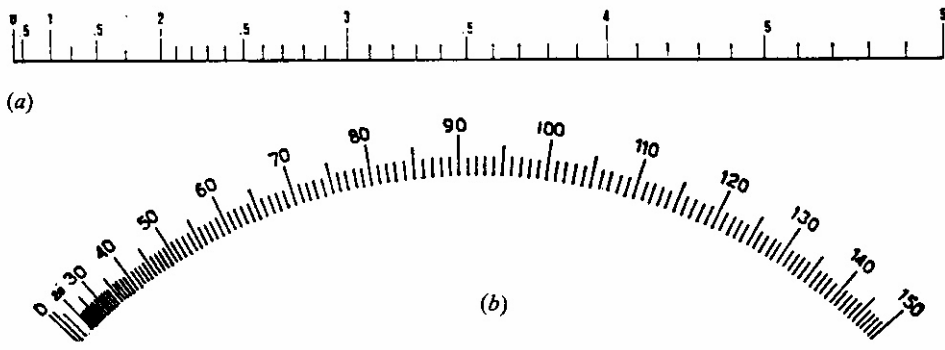


Fig. 3.9 - a) Scala quadratica teorica. b) Scala quadratica corretta.



Fig. 3.10 - Scala logaritmica.

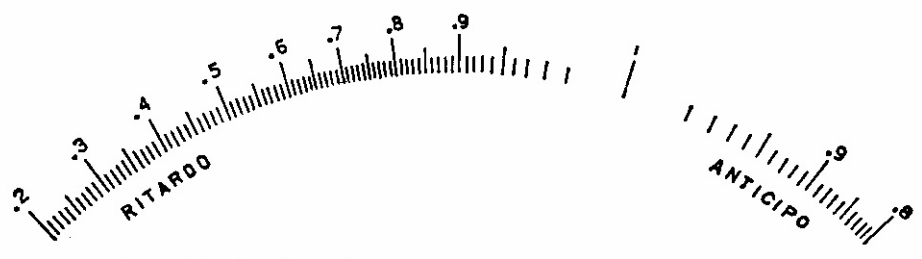


Fig. 3.11 - Scala empirica (cosfometro).

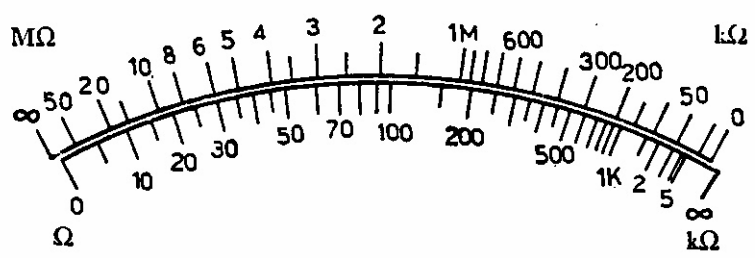


Fig. 3.12 - Doppia scala empirica (megaohmmetro).

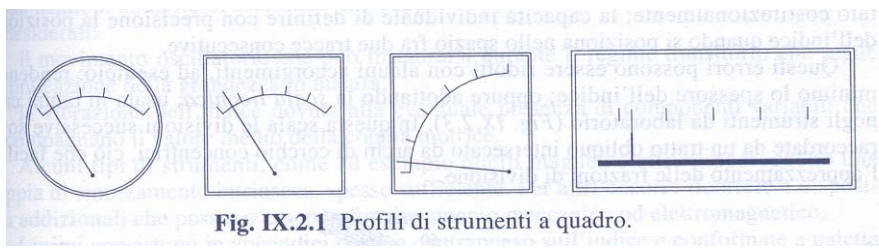


Fig. IX.2.1 Profili di strumenti a quadro.

MOLTO IMPORTANTE**CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEGLI STRUMENTI DI MISURA**

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 - Grandezza misurata: | Tensione ca/cc, Corrente ca/cc, Potenza, ecc. |
| 3 - Classe di precisione: | Determina l'errore massimo strumentale su una misura |
| 2 – Portata: | Valore massimo misurabile (fondo scala) |
| 4 – Sensibilità: | La più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile dell'indice, rispetto all'inizio della scala (valore minimo misurabile) |
| 5 – Risoluzione: | Minima variazione apprezzabile della grandezza misurata (es. ultima cifra significativa negli strumenti digitali, o valore di una divisione negli strumenti ad indice) |

Tab. IX.2.1 Simbologia dei principali strumenti di misura

Simbolo	Significato	Simbolo	Significato
	magnetoelettrico a bobina mobile		per corrente alternata trifase
	magnetoelettrico a raddrizzatore		per funzionamento in posizione verticale
	magnetoelettrico a termocoppia		per funzionamento in posizione orizzontale
	magnetoelettrico a magnete mobile		tensione di isolamento 2000 V (l'indicazione interna corrisponde alla tensione di isolamento in kV; senza indicazione significa una tensione di isolamento di 500 V)
	elettromagnetico a ferro mobile		
	termico a filo caldo	cl ...	classe di precisione
	termico a termocoppia		strumenti indicatori
	elettrostatico		strumenti registratori
	elettrodinamico		strumenti integratori
	ferrodinamico		voltmetro
	a induzione		amperometro
	a vibrazione		wattmetro
	logometrico a magnete permanente		ohmmetro
	logometrico elettrodinamico		fasometro
	per corrente continua		frequenzimetro
	per corrente alternata monofase		varmetro
	per corrente continua e alternata		contatore

STRUMENTI A FERRO MOBILE - ELETTRIMAGNETICI

Una bobina che al passaggio della corrente da misurare genera un campo magnetico il quale agisce su un nucleo di ferro dolce magnetizzandolo e risucchiandolo. Lo spostamento del ferro determina anche lo spostamento dell'indice.

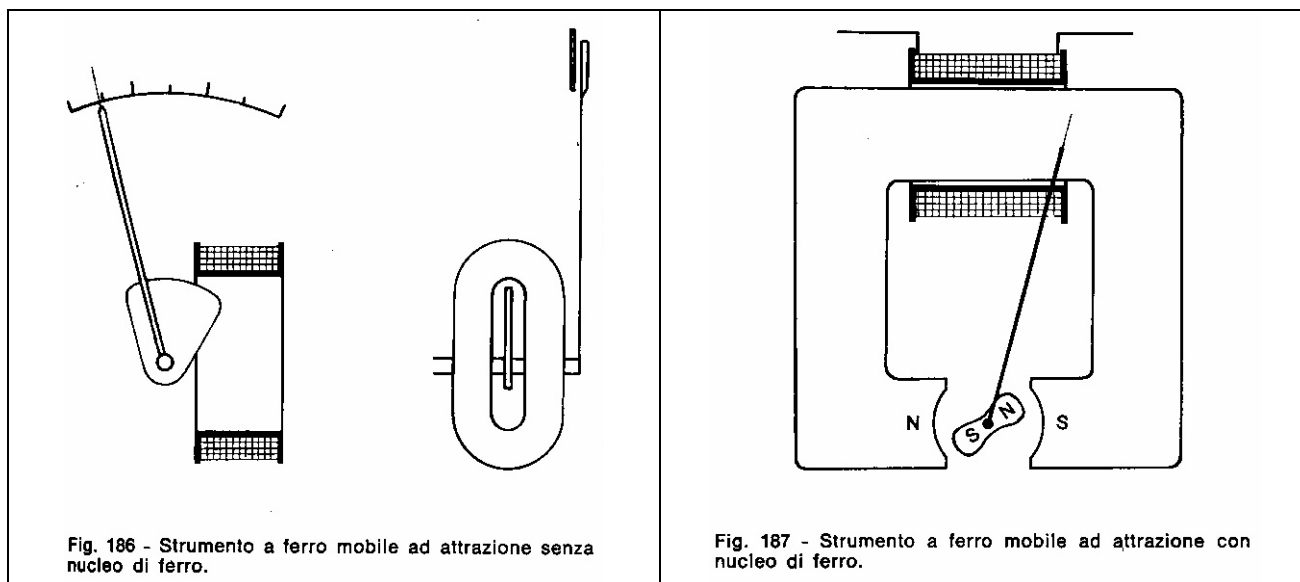


Fig. 186 - Strumento a ferro mobile ad attrazione senza nucleo di ferro.

Fig. 187 - Strumento a ferro mobile ad attrazione con nucleo di ferro.

In **corrente continua** $C = kI^2$ pertanto, se non corretta, la scala è di tipo quadratica. Può funzionare senza ulteriori accorgimenti sia in C.C. che in C.A. E' indifferente alla polarità d'inserzione.

In **corrente alternata** $C = k * I^2 - k * I^2 * \sin 2\omega t$ quindi segna il valore efficace più un'oscillazione a frequenza doppia attorno a tale valore. Pertanto lo strumento deve essere adeguatamente smorzato.

Si costruiscono **Amperometri** con la bobina direttamente attraversata dalla corrente da misurare o **Voltometri** con bobina in serie ad una resistenza addizionale.

Solitamente lo stesso strumento può funzionare in C.C. e in C.A.

Semplice ed **economica** costruzione, ma genere **meno preciso** degli strumenti a bobina mobile. Solitamente vengono realizzati strumenti da **quadro**

Strumenti a ferro mobile a repulsione

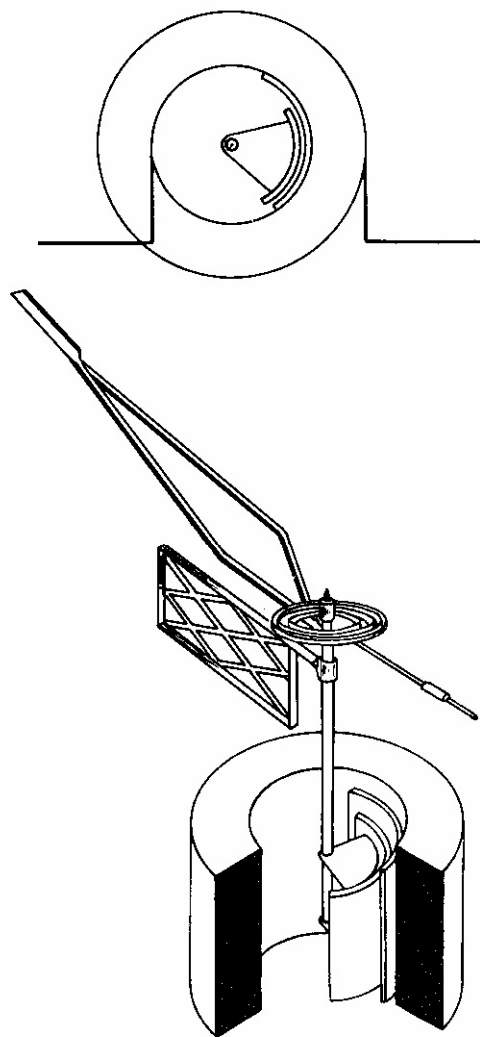


Fig. 188 - Disposizione costruttiva di uno strumento a ferro mobile a repulsione a settori.

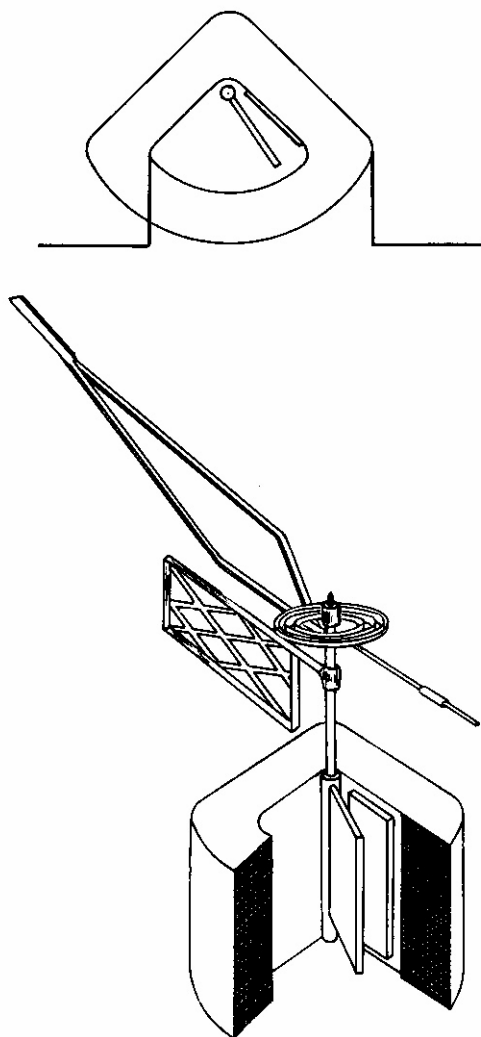
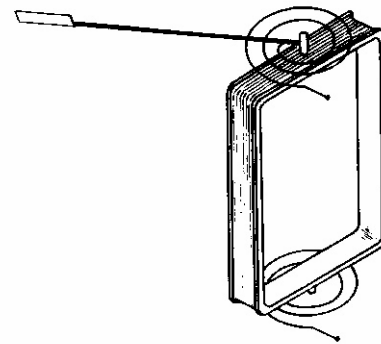
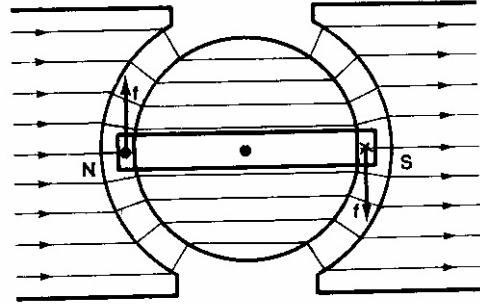
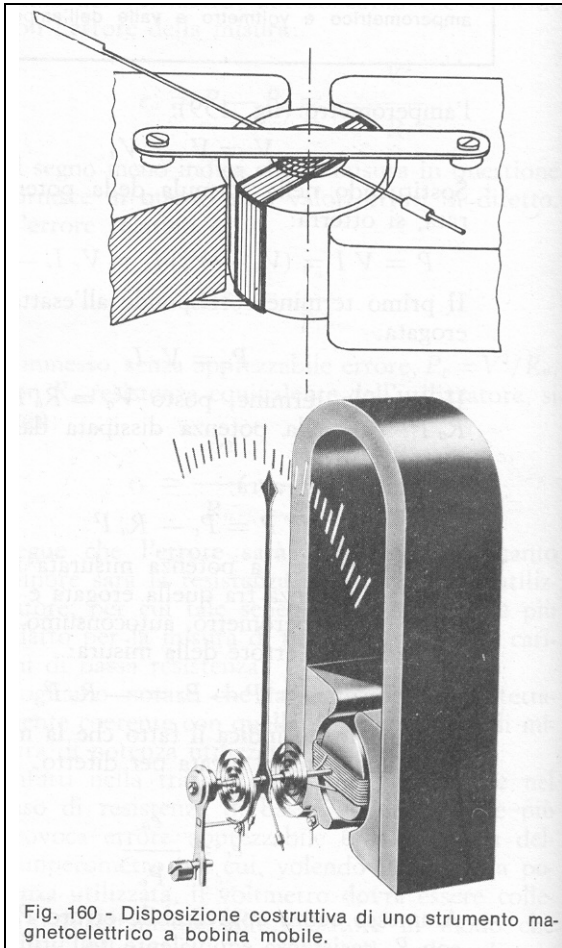


Fig. 189 - Disposizione costruttiva di uno strumento a ferro mobile a repulsione a lamine radiali.

STRUMENTI A BOBINA MOBILE - MAGNETOELETRICI

Campo magnetico fisso generato da un magnete permanente.

Bobina mobile sospesa e libera di ruotare tra le espansioni polari del magnete fisso, percorsa dalla corrente da misurare.



$$F = B \cdot l \cdot N \cdot I$$

$$C = B \cdot l \cdot N \cdot I \cdot a$$

$$C = k \cdot I$$

⇒ scala di tipo lineare

B = Induzione campo magnetico permanente

l = lunghezza lato bobina

N = Numero di spire della bobina

I = Corrente che attraversa la bobina

A = Braccio

STRUMENTI ELETTRODINAMICI

2 bobine: Una fissa ed una mobile, collegate in parallelo nel caso dei voltmetri ed in serie nel caso degli amperometri. Gli strumenti elettrodinamici hanno una maggiore sensibilità.

Nel caso dei wattmetri elettrodinamici, la bobina mobile è collegata alle volumetriche, mentre la bobina fissa è collegata alle amperometriche.

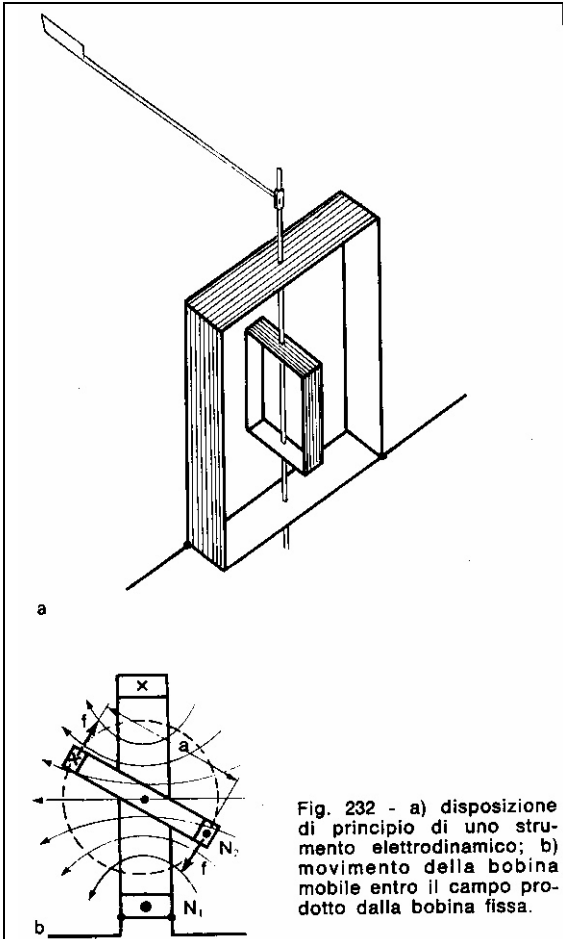


Fig. 232 - a) disposizione di principio di uno strumento elettrodinamico; b) movimento della bobina mobile entro il campo prodotto dalla bobina fissa.

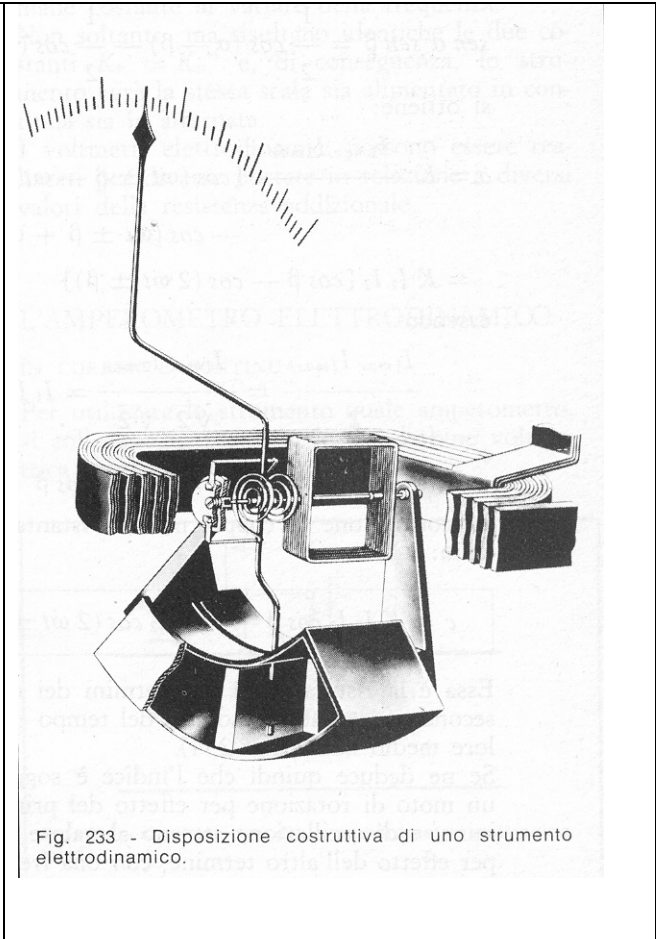


Fig. 233 - Disposizione costruttiva di uno strumento elettrodinamico.

$$C = k * I_m * I_f$$

⇒

scala di tipo quadratica (salvo correzioni)

Si costruiscono **Voltmetri** con le due bobine collegate in serie ed **Amperometri** con le 2 bobine collegate in parallelo, **Wattmetri** con una bobina amperometrica ed una voltmetrica.

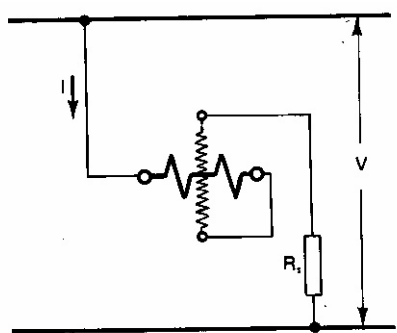


Fig. 235 - Connessione di un voltmetro elettrodinamico.

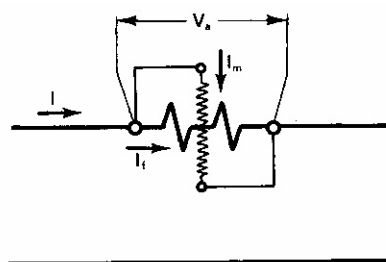


Fig. 236 - Connessione di un amperometro elettrodinamico.

CARATTERISTICHE DI UTILIZZO DEGLI STRUMENTI ANALOGICI

1 - MODALITA' D'INSERZIONE

Vedi: [Scuola\Misure\Misure 3\11 INSERZIONE STRUMENTI](#)

Voltmetro in parallelo – Amperometro in serie

2 – RESISTENZE INTERNE E CONSEGUENTI ERRORI SISTEMATICI

3 – LETTURA

λ = Divisioni lette (o numero di divisioni indicate dall'indice)

Div.Tot. = Numero di divisioni totali (o divisioni di fondo scala)

Q = Portata (o valore massimo misurabile). Dipende da come è stato posizionato il selettore delle portate

K = Costante di lettura (o valore di una divisione) = $Q / \text{Div.Tot.}$

G = Valore della grandezza misurata = $\lambda * K$

Esempio di misura di tensione con voltmetro analogico.

Voltmetro: **Q_v = 60 V** **Div. Tot. = 150 div.** **$\lambda = 120 \text{ div.}$** (indicazione dell'indice)

Determinare il valore della grandezza letta

$$K = Q_v / \text{Div.Tot.} = 60 / 150 = 0,4 \text{ V/div}$$

$$V = \lambda * K = 120 * 0,4 = \mathbf{48 \text{ V}}$$

3 – CLASSE DI PRECISIONE E CONSEGUENTI ERRORI STRUMENTALI

Cl = classe di precisione. Indica l'errore massimo che si può commettere con quel dato strumento
Tale errore è pari al Cl % della portata dello strumento

$$E = \pm (Cl * Q) / 100$$

Classi previste dalle Norme CEI: Cl = 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 1,5 – 2,5 – 5

Esempio di calcolo dell'errore strumentale in una lettura di tensione

Voltmetro: $Q_v = 60 \text{ V}$ Cl. = 0,5 Valore misurato $V = 48 \text{ V}$

Con quale incertezza (errore)? $E = \pm (Cl * Q) / 100 = \pm (0,5 * 60) / 100 = \pm 0,3 \text{ V}$

$$V = V_m \pm E = 48 \pm 0,3 \text{ V}$$

Cioè, quel voltmetro di portata $Q_v = 50 \text{ V}$ e Classe di precisione $Cl = 0,5$, qualunque valore di tensione indichi, commette sempre un errore di $\pm 0,3 \text{ V}$.

Attenzione!!!! Un errore di 0,3 V su 48 V è un errore piuttosto modesto. Ma se avessi misurato una tensione di 1 V l'errore sarebbe stato sempre di 0,3 V che in questo caso rappresenta un errore del 30 %, cioè un errore non accettabile.

Per tale motivo è sempre preferibile indicare l'errore in termini relativi percentuale.

Nel caso in oggetto:

$$e\% = \pm E / G * 100 = \pm 0,3 / 45 * 100 = 0,67\%$$

$$V = V_m \pm e\% = 48 \pm 0,67\%$$

Nel secondo caso $V = 1 \text{ V} \pm 33\%$

Esercizi

Voltmetro							
Q	Div.	Cl.	λ	K	V	E	e
V	Tot.		div	V/div	V	V	%
60	150	0,5	140	0,4	56	$\pm 0,3$	$\pm 0,54$
60	150	0,5	80	0,4	32	$\pm 0,3$	$\pm 0,94$
60	150	0,5	10	0,4	4	$\pm 0,3$	$\pm 7,5$

Voltmetro							
Q	Div.	Cl.	λ	K	V	E	e
V	Tot.		div	V/div	V	V	%
3	150	0,5	140	0,02	2,8	$\pm 0,015$	$\pm 0,54$
15	150	0,2	80	0,1	8	$\pm 0,03$	$\pm 0,38$
12	150	1,5	120	0,08	9,6	$\pm 0,18$	$\pm 1,88$

Amperometro							
Q	Div.	Cl.	λ	K	I	E	e
A	Tot.		div	A/div	A	A	%
3	150	0,5	140	0,02	2,8	$\pm 0,015$	$\pm 0,54$
1,5	150	0,2	80	0,01	0,8	$\pm 0,003$	$\pm 0,38$
6	150	1,5	120	0,04	4,8	$\pm 0,09$	$\pm 1,88$