

FRANCESCO OMODEO ZORINI

SCHEMI E GUIDA

PER LO SVOLGIMENTO DELLE ESERCITAZIONI DI

LABORATORIO DI MISURE ELETTRICHE

II EDIZIONE

VERBANIA
EDIZIONI LIBRERIA ALBERTI
1970

FRANCESCO OMODEO

SCHEMI E GUIDA
per lo svolgimento
delle Esercitazioni
di
LABORATORIO DI MISURE ELETTRICHE
II EDIZIONE

VERBANIA
EDIZIONI LIBRERIA ALBERTI
1970

I N D I C E

<i>PRESENTAZIONE</i>	<i>pag.</i>	7
<i>Modalità da seguire per lo svolgimento delle relazioni</i>	"	9
<i>Esercitazioni preliminari: collegamento di reostati e di generatori in serie ed in parallelo; inserzione di voltmetri ed amperometri</i>	"	12
<i>Regolazione della tensione con dispositivo potenziometrico</i>	"	14
<i>Dispositivo potenziometrico con doppia regolazione</i>	"	16
<i>Verifica di un voltmetro con voltmetro campione</i>	"	18
<i>Verifica di un amperometro con amperometro campione</i>	"	20
<i>Misura della resistenza di avvolgimenti di macchine elettriche, con il metodo volt-amperometrico</i>	"	22
<i>Determinazione della caratteristica tensione - corrente e della curva di variazione della resistenza di un raddrizzatore ad ossido</i>	"	24
<i>Determinazione della resistenza e della potenza di un gruppo di lampade alimentate a tensione variabile</i>	"	26
<i>Misure di resistenze medie con ponte di Wheatstone</i>	"	28
<i>Misura della resistenza interna di un galvanometro con il metodo di Kelvin</i>	"	30
<i>Misura di resistenze con ponte a filo</i>	"	32
<i>Ricerca di un guasto a terra, di una linea bifilare, con il metodo Varley</i>	"	34
<i>Ricerca di un guasto a terra con il metodo Murray</i>	"	36
<i>Ricerca di un punto di contatto tra due conduttori</i>	"	38
<i>Misura di piccole resistenze mediante confronto con resistore campione</i>	"	40
<i>Misura di piccole resistenze con doppio ponte di Thomson</i>	"	42
<i>Determinazione della resistività di fili metallici e della conducibilità del rame relativa al campione internazionale</i>	"	44

Misura di grandi resistenze con il metodo di sostituzione	pag.	46
Determinazione della resistività di massa di materiali isolanti	"	48
Misura della resistenza interna e determinazione delle costanti di un galvanometro.	"	50
Determinazione della costante e del periodo di oscillazione di un galvanometro balistico - Misure di capacità	"	52
Misure di mutue induttanze con galvanometro balistico e mutua induzione campione	"	54
Misura di mutua induttanza con metodo a ponte e con galvanometro balistico	"	56
Rilievo della caratteristica normale di magnetizzazione e della prima parte del ciclo di isteresi magnetica	"	58
Misura di induttanza di una bobina con nucleo di ferro estraibile con il metodo di Joubert	"	60
Misura di induttanza con il ponte di Maxwell.	"	62
Misura di induttanza con il metodo di Maxwell-Wien.	"	64
Misure di induttanze con il ponte di Anderson	"	66
Misura di capacità con il ponte di Sauty - Wien	"	68
Misura di capacità e determinazione dell'angolo di perdita con il ponte di Schering	"	70
Misura della resistenza di terra e determinazione della conducibilità di soluzioni con il ponte di Kohlrausch	"	72
Misura della resistenza di terra con il metodo della caduta di tensione determinata con misuratore ad azzeramento.	"	74
Misura della resistenza di isolamento con mega-ohmmetro di macchine elettriche e di impianti elettrici a bassa tensione.	"	76
Misura della f. e. m. di generatori con il metodo di opposizione	"	78
Verifica di voltmetro con potenziometro	"	80
Verifica di amperometro con potenziometro	"	82
Verifica di wattmetro con potenziometro	"	84
Determinazione dei parametri di una impedenza ohmica-induttiva e ohmica-capacitativa.	"	86
Verifica di wattmetro con wattmetro campione	"	88
Misura della portata reale in un circuito trifase con inserzione Aron.	"	90
Misura della potenza reale in un circuito equilibrato e simmetrico con un wattmetro e con un centro stella artificiale.	"	92

<i>Misura della potenza reale in un circuito trifase equilibra- brato e simmetrico con un wattmetro e due letture - - Pseudo Aron -</i>	<i>pag.</i>	<i>94</i>
<i>Misura della potenza reattiva e determinazione del $\cos \phi$ in un circuito trifase, con il metodo Righi</i>	<i>"</i>	<i>96</i>
<i>Misura della potenza attiva, reattiva e determinazione del $\cos \phi$ con il metodo dei due wattmetri e delle quattro let- ture (Barbagelata).</i>	<i>"</i>	<i>98</i>
<i>Misura della potenza attiva e reattiva con inserzione dei wattmetri attraverso trasformatori riduttori di corrente</i>	<i>"</i>	<i>100</i>
<i>Verifica di un contatore a C. C. con carico fittizio, con volt- metro, amperometro e contasecondi.</i>	<i>"</i>	<i>102</i>
<i>Verifica di un contatore a C. A. monofase con carico reale e contatore campione.</i>	<i>"</i>	<i>104</i>
<i>Verifica di un contatore a c. a. monofase a $\cos \phi = 1$ e a $\cos$ $\phi = 0,5$ ind. con carico fittizio, wattmetro e contasecondi</i>	<i>"</i>	<i>106</i>
<i>Norme C. E. I. per le prove sui contatori ad induzione</i>	<i>"</i>	<i>109</i>

PRESENTAZIONE

Lo svolgimento delle esercitazioni pratiche di Misure Elettriche presuppone sia la conoscenza delle leggi che regolano i fenomeni da osservare, sia la capacità di scegliere il metodo adatto per la valutazione quantitativa delle grandezze in gioco. Questi elementi basilari vengono insegnati nel corso teorico di Misure Elettriche.

Occorre inoltre, immediatamente prima della realizzazione delle prove pratiche: illustrare l'oggetto dell'esercitazione, ricapitolare i presupposti teorici e soprattutto spiegare le modalità necessarie per svolgere l'esercitazione in modo ordinato e preciso.

L'insegnante deve dare tutti questi suggerimenti e si trova, sovente, nell'impossibilità di assolvere il suo compito, in maniera completa e a favore di tutti.

L'idea di preparare una raccolta di schemi e le annotazioni per gli operatori, è sorta appunto considerando le difficoltà oggettive che gli insegnanti trovano nel seguire tutti gli alunni che, riuniti in gruppi, sono generalmente impegnati nell'esecuzione di prove di tipo diverso.

Gli schemi, le tabelle e le formule già pronte, evitano la perdita di tempo che richiede la loro trascrizione sulla lavagna; le annotazioni integrano i suggerimenti verbali.

Tutto questo facilita e rende più sicuro il lavoro che gli alunni eseguono in laboratorio.

Le esercitazioni sono state scelte tenendo presenti i programmi ministeriali degli Istituti Tecnici Industriali e seguendo le indicazioni precise suggerite da un gruppo di insegnanti specializzati riuniti in occasione di un Corso di Perfezionamento.

Si è voluto premettere alla raccolta alcuni consigli per la stesura delle relazioni. Gli alunni incontrano serie difficoltà nello svolgimento di questa importante parte di lavoro che deve seguire ogni esercitazione.

MODALITA' DA SEGUIRE PER LO SVOLGIMENTO DELLE RELAZIONI

In un laboratorio di Misure non basta osservare i fenomeni nel loro aspetto qualitativo ma, generalmente, occorre effettuare la misura delle grandezze in gioco ed annotare, con ordine, i valori che esse assumono.

I risultati raccolti dovranno poi essere elaborati ed interpretati onde giungere alla formulazione di un giudizio conclusivo sul fenomeno esaminato.

I programmi ministeriali relativi al laboratorio di Misure Elettriche prescrivono che ciascuna esercitazione sia seguita da una relazione: breve, chiara ed ordinata.

Le note che seguono intendono elencare le parti costitutive di una relazione ed hanno lo scopo di spiegare quali devono essere le modalità di esecuzione ed i contenuti.

SCHEMI - Lo schema elettrico di principio deve essere tracciato seguendo le norme C.E.I. relative ai segni grafici per gli schemi.

Lo schema di montaggio deve riprodurre, nel modo più fedele possibile, il circuito realizzato e gli apparecchi impiegati, in una vista dall'alto.

Ogni strumento riportato nello schema di montaggio è contraddistinto con un numero.

ELENCO DEGLI APPARECCHI USATI - Seguendo l'ordine della numerazione effettuata, si devono elencare tutti gli strumenti adoperati nella prova, specificando: il tipo, la ditta costruttrice, il numero di fabbricazione, la portata utilizzata, il numero delle divisioni e la classe di precisione.

TABELLE - Servono per raccogliere i valori rilevati sperimentalmente (letture, costanti e valori delle grandezze) e quelli ottenuti mediante i calcoli.

Accanto alle tabelle devono figurare tutte le formule impiegate nei calcoli.

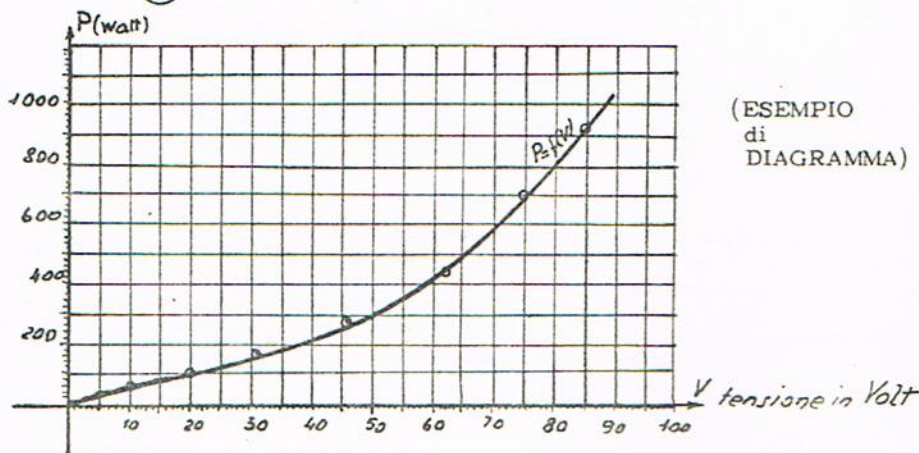
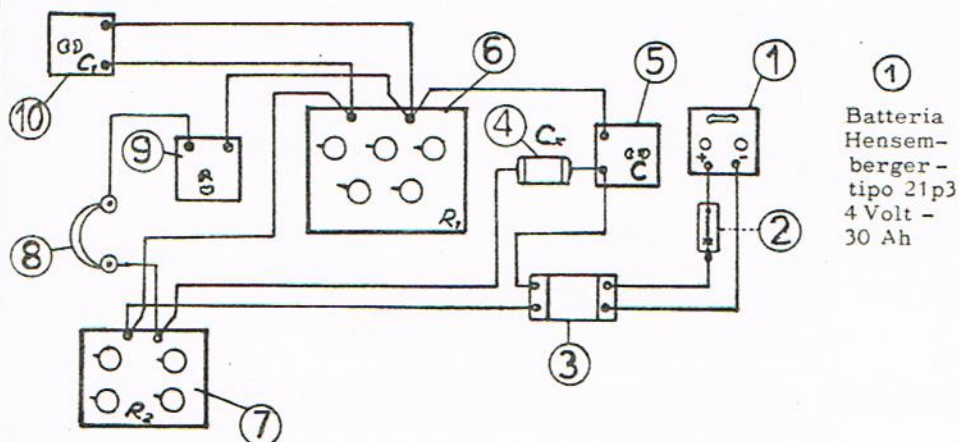
Nella trascrizione dei risultati si devono omettere le cifre non significative: se, per esempio, la precisione dello strumento o del metodo è dell'1%, non ha senso scrivere 120,72W o 12,298 Ohm; in questo caso basta annotare 120,7 W e 12,3 Ohm.

DIAGRAMMI - Mostrano come variano, in modo continuativo, le grandezze che caratterizzano il fenomeno osservato e permettono una visione immediata e globale dei risultati ottenuti dalla prova. Per ben eseguire i diagrammi: occorre scegliere adeguatamente le scale, si devono portare tutti i punti (anche quelli che "cadono" fuori dalle curve), si devono graduare e numerare gli assi onde poter ottenere direttamente il valore delle grandezze.

RELAZIONE - Risulta la parte più personale di tutto il lavoro. Non ci sono delle regole precise per il suo svolgimento. La relazione deve, in ogni caso, comprendere le seguenti parti:

- Alcuni cenni teorici riguardanti la scelta del metodo e delle apparecchiature usate.
- Un completo esempio di calcolo con le relative (brevisime) spiegazioni.
- Una sintetica descrizione delle manovre eseguite, con precisi richiami a quegli accorgimenti pratici messi in atto per superare le particolari difficoltà incontrate nella realizzazione della prova.
- Le osservazioni sui risultati ottenuti ed un giudizio conclusivo sull'apparecchio, sulla macchina o sui materiali sottoposti all'esame sperimentale.

(ESEMPIO DI SCHEMA TOPOGRAFICO)



(ESEMPIO di DIAGRAMMA)

Apparecchi usati

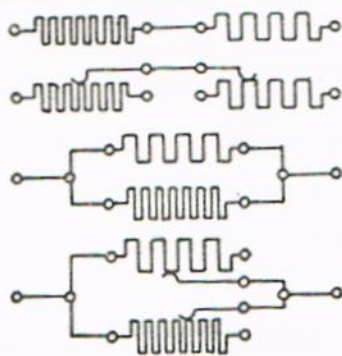
[illegible]

Relazione

Relazione

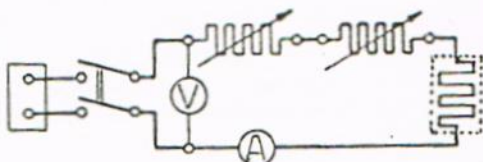
COLLEGAMENTO DI REOSTATI E DI GENERATORI IN SERIE ED IN PARALLELO - INSERZIONE DI AMPEROMETRO E DI VOLTMETRO

1



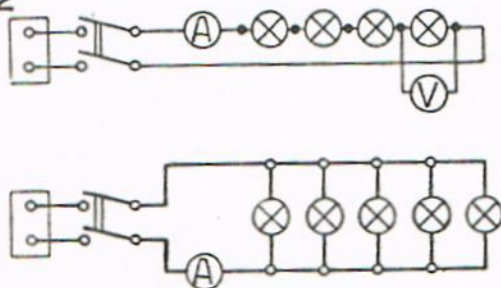
Collegamento di reostati

4



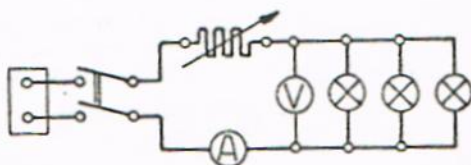
Doppia regolazione di corrente

2



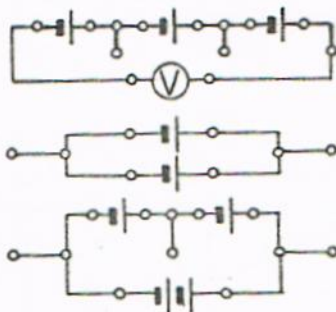
Collegamento di lampade

5



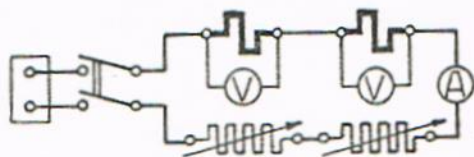
Variazione di tensione con reostato in serie

3



Collegamento di accumulatori

6



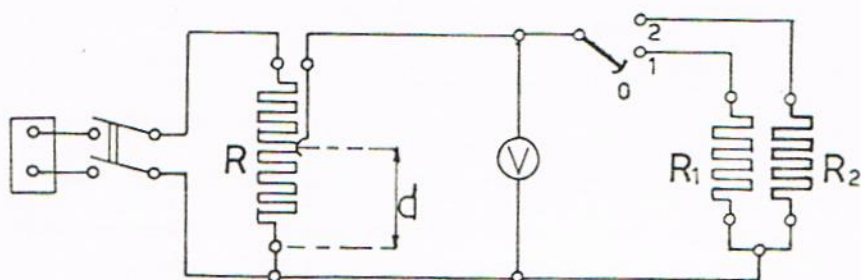
Verifica delle cadute di tensione di due resistori in serie

REALIZZAZIONE DI CIRCUITI SEMPLICI - INSERZIONE ED USO DEI PRINCIPALI APPARECCHI

Con questo primo gruppo di esercitazioni si intende:

- 1 - far conoscere gli apparecchi più semplici e più comunemente usati nei laboratori di misure elettriche;
 - 2 - mostrare come si devono disporre gli strumenti per poter eseguire agevolmente le manovre e le letture;
 - 3 - abituare alla scelta dei conduttori da usare per i collegamenti. (Essi devono avere una sezione adeguata e vanno disposti con il massimo ordine onde favorire la visione chiara dell'intero circuito);
 - 4 - Verificare sperimentalmente alcune leggi fondamentali.
-
- N° 1 - Individuare i due morsetti facenti capo alle estremità del filo nonché quello connesso al cursore.
Realizzare i 4 schemi ponendo inizialmente i cursori nella posizione a cui corrisponde il valore massimo di resistenza inclusa. Misurare con un ohmetro le resistenze parziali e totali.
 - N° 2 - Collegare le lampade in serie e misurare la corrente assorbita e la caduta di tensione provocata da ciascuna lampada.
Eseguire il parallelo delle lampade includendo successivamente un numero crescente di lampade; annotare i valori della corrente assorbita nei vari casi.
 - N° 3 - Eseguire i raggruppamenti di accumulatori indicati dagli schemi e misurare le tensioni parziali e totali. Nei collegamenti in parallelo, si può misurare la corrente di circolazione.
 - N° 4 - In base al valore della corrente di targa dell'apparecchio utilizzatore, fissare la tensione di alimentazione e scegliere i reostati in modo tale da permettere, mediante regolazione grossa e fine, dei passaggi di corrente corrispondenti ad $1/4$, $1/2$, $3/4$ e $4/4$ dell'intensità di corrente nominale.
 - N° 5 - Realizzare il circuito realizzato dallo schema con il reostato disinserito. Misurare la variazione di tensione, ai capi delle lampade, in seguito all'inclusione completa del reostato.
 - N° 6 - Osservare innanzitutto il valore massimo della corrente che può sopportare ciascuno degli apparecchi inseriti.
Regolare l'intensità di corrente, con i due reostati, e misurare le cadute di tensione ai capi (morsetti interni) dei resistori campioni.

REGOLAZIONE DELLA TENSIONE CON DISPOSITIVO POTENZIOMETRICO
RILIEVO DELLE CURVE DI VARIAZIONE DI TENSIONE



N	d(cm)	V_0			V_1			V_2			Oss.
		L	K	V	L	K	V	L	K	V	

$$K = \frac{V_{max}}{\text{divis.}}$$

$$V = L \cdot K$$

Scegliere un reostato con dati di targa tali che, il prodotto R per I , sia $2 \div 5$ volte la tensione di alimentazione.

Usare un voltmetro con un alto valore di resistenza interna.

Procurarsi due resistori di valore R_1 e R_2 rispettivamente uguali a $3/2 R$ e $1/2 R$.

Iniziare con il deviatore nella posizione '0' e con il cursore dalla parte del morsetto comune del dispositivo potenziometrico ($d=0$).

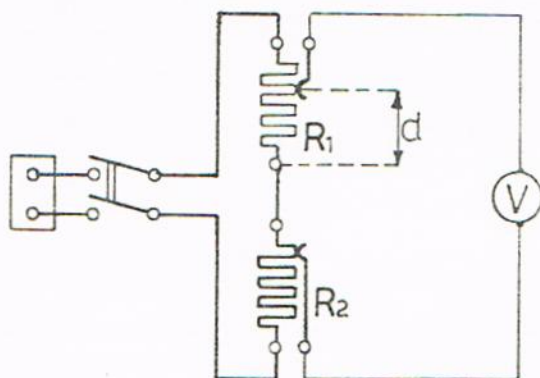
Spostare il cursore di una quantità costante (2 o 3 cm.) ed effettuare, ogni volta, la lettura dell'indicazione del voltmetro.

Annotare la costante dello strumento e calcolare, a prova ultimata, i valori delle tensioni corrispondenti alle letture eseguite.

Raggiunto il massimo spostamento del cursore, ritornare nella posizione iniziale, includere la R_1 e ripetere le stesse operazioni.

Sostituire la R_2 alla R_1 e procedere in maniera identica.

Tracciare i tre diagrammi $V=f(d)$.



N	d(cm)	V			Oss.
		L	K	V	
					Inclusione di R_1
					Inclusione di R_2

Scegliere i due reostati con resistenze molto diverse:

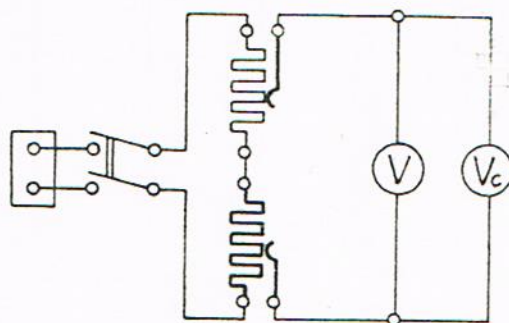
$$R_2 = 5 \div 10 R_1.$$

Realizzare praticamente lo schema. Disporre, inizialmente, i cursori dei due reostati dalla parte opposta ai morsetti collegati con la sorgente di alimentazione. In questa condizione, la tensione regolata, sarà nulla. Spostare il cursore del resistore R_1 e, ad ogni 2 o 3 cm. di avanzamento, effettuare la lettura del voltmetro.

Ultimata la corsa del primo cursore, effettuare lo spostamento del secondo operando nella stessa maniera.

Con i valori raccolti nella tabella, tracciare il grafico della variazione di tensione in funzione dello spostamento dei cursori ed osservare la possibilità della regolazione grossa e fine della tensione.

VERIFICA DI UN VOLTMETRO CON VOLTMETRO CAMPIONE



N	V			V _c			$\Delta V_{(V)}$	er%	er' %	Oss.
	L	K	V	L	K	V				
										$\beta = \frac{\Delta V_{\max}}{V_{\max}} 100$ $er' \% = \frac{V - V_c}{V_c} 100$

$$\Delta V = V - V_c$$

$$er' \% = \frac{V - V_c}{V} 100$$

La tensione di alimentazione dev'essere uguale o lievemente superiore alla portata del voltmetro da verificare.

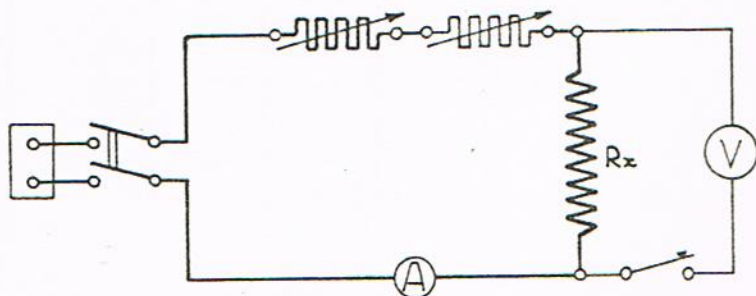
I reostati del dispositivo potenziometrico si possono scegliere con valori di resistenza alti e con portate amperometriche molto deboli.

Il voltmetro campione dovrebbe appartenere alla massima classe di precisione.

Prima di iniziare la prova occorre controllare se gli indici degli strumenti sono esattamente sullo zero.

La verifica si esegue regolando il valore della tensione e portando l'indice dell'apparecchio in prova in corrispondenza di un numero esatto di divisioni - per esempio 1/10 del fondo scala -. Raggiunta questa condizione, si leggerà il valore esatto della tensione sul voltmetro campione. Ripetere le stesse operazioni, ogni 10 divisioni, fino a raggiungere il fondo scala. Calcolare gli errori e tracciare il grafico $er' \% = f(V)$.

3



N	V			I (A)	R (Ω)	R _m (Ω)	Oss.
	L	K	V				

$$R_v =$$

$$t =$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_m = \frac{\sum R}{n}$$

$$R_{75} = R_m \frac{309,5}{234,5 + t}$$

Leggere sulla targa il valore della corrente nominale della macchina.

La prova dovrà essere effettuata inviando negli avvolgimenti dei valori di intensità pari a $1/5 \div 1/10$ di quella nominale. E' bene operare con la macchina "fredda" ossia alla temperatura di ambiente.

Se la resistenza è molto bassa bisognerà usare un voltmetro sensibilissimo (millivoltmetro) da inserire, mediante un tasto, solo al momento in cui si fa la lettura.

Per eseguire la prova si regola la corrente sino ad ottenere dei valori esatti e si effettuano le letture contemporanee dei due strumenti.

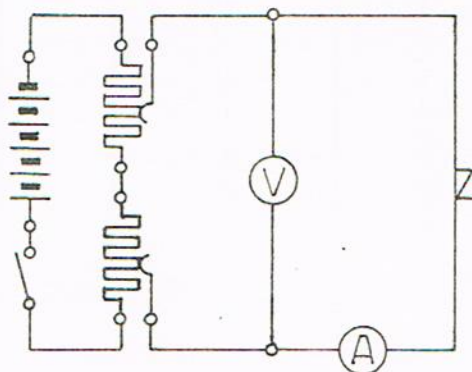
E' opportuno ripetere la stessa misura 4 o 5 volte con valori di corrente diversi. Annotare la temperatura a cui si trovano gli avvolgimenti.

Eseguire i calcoli e fare la media aritmetica dei risultati.

Riportare a 75° la resistenza media, come prescrivono le norme C.E.I.

Per avere una idea della precisione del metodo, determinare l'errore relativo % commesso nell'ultima misura $er\% = - \frac{R_x}{R_x + R_v} 100$

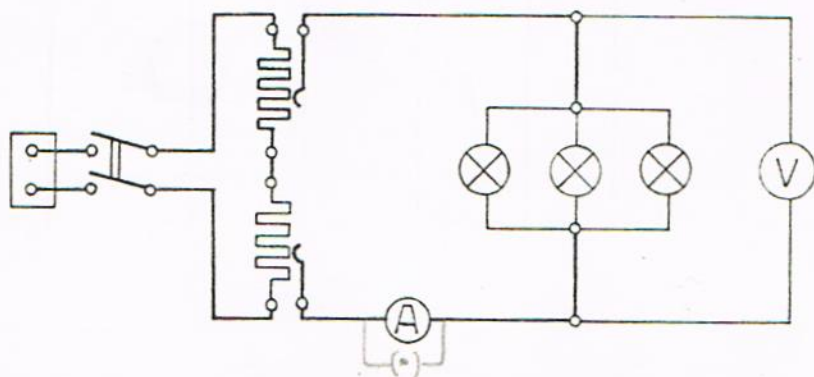
DETERMINAZIONE DELLA CARATTERISTICA TENSIONE-CORRENTE
E DELLA CURVA DI VARIAZIONE DI RESISTENZA
DI UN RADDRIZZATORE AD OSSIDO



N	V (V)	I (A)	R (Ω)	Oss.

Osservare le polarità e la portata amperometrica del raddrizzatore.
Determinare sperimentalmente il valore di tensione che occorre applicare per far passare la corrente nominale.
Scegliere la sorgente di alimentazione, i reostati per il dispositivo e gli strumenti di misura adatti.
Inizialmente bisognerà usare un milliamperometro molto sensibile che verrà poi sostituito con apparecchi di maggior portata.
Ripetere le misurazioni della corrente e della tensione sino a raggiungere le condizioni di funzionamento normali.
Tracciare i grafici $I = f(V)$ e $R = f(V)$.
(I valori di resistenza occorre riportarli su scala logaritmica).

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA E DELLA POTENZA
DI UN GRUPPO DI LAMPADIE ALIMENTATE A TENSIONE VARIABILE



N	V			I			$R_{(\Omega)}$	$P_{(W)}$	$O_{ss.}$
	L	K	V	L	K	A			
									$R_v =$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$P = VI$$

$$Er\% = \frac{\frac{V^2}{R_v}}{P} 100$$

Fare la scelta dei reostati del dispositivo potenziometrico in base alla tensione di alimentazione, che deve essere uguale o leggermente superiore a quella delle lampade, e alla corrente che le lampade assorbono quando sono alimentate a tensione nominale.

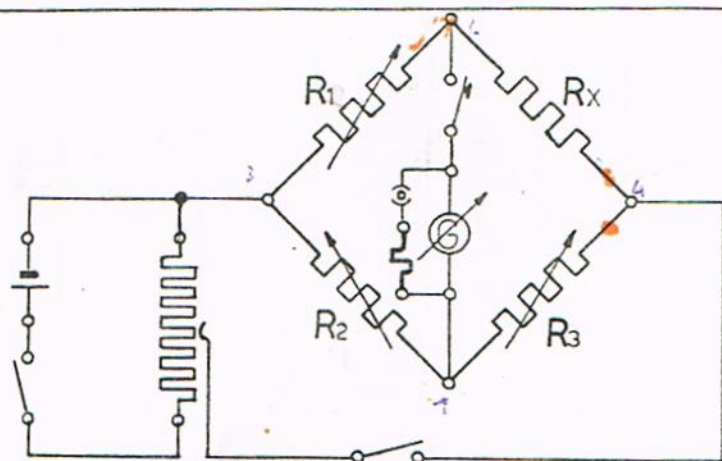
Iniziare la prova con i filamenti freddi.

Aumentare progressivamente il valore della tensione e, ad intervalli di 5 o 10 Volt, eseguire contemporaneamente la lettura dell'indicazione del voltmetro e dell'amperometro.

Proseguire fino a raggiungere la tensione di funzionamento delle lampade. Calcolare i valori della resistenza e della potenza.

Determinare l'errore relativo percentuale che si commette nell'ultima misura.

Tracciare i grafici $P = f(V)$ e $R = f(V)$.



N	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_X (Ω)	R_{Xm} (Ω)	Oss.
						Resistenza N°.....

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad R_X = \frac{R_2}{R_1} R_3 \quad R_{Xm} = \frac{\sum R_X}{n}$$

Per la prova si può usare un ponte già pronto oppure se ne prepara uno impiegando delle cassette di resistori campioni.

E' bene alimentare con un dispositivo a pila ridotta collegato ad una sorgente avente f.e.m. di 2 o 4 Volt.

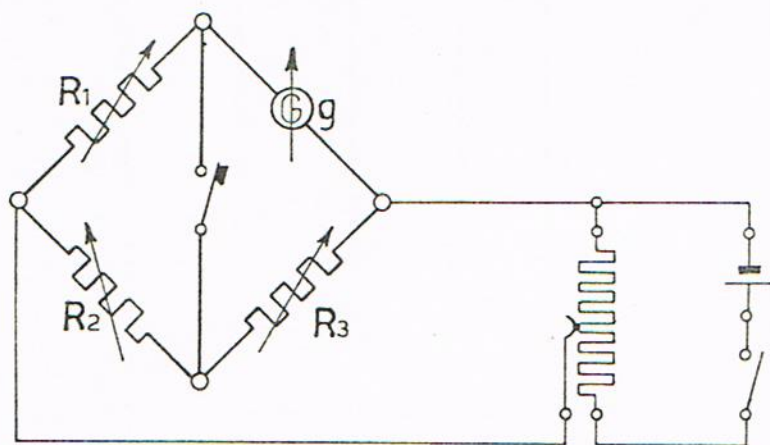
Fissare un rapporto R_1 / R_2 , mettere il galvanometro nelle condizioni di minima sensibilità, alimentare con tensione ridotta e variare la resistenza dal lato di paragone, fino ad annullare la deviazione del galvanometro. Aumentare la sensibilità del rivelatore di corrente e la tensione, ritoccare il valore della R_3 riportando a zero la deviazione del galvanometro.

Ripetere la stessa misura con altri bracci di proporzione cercando di realizzare le condizioni di massima sensibilità del ponte.

Determinare il valor medio dei risultati ottenuti.

Impiegando galvanometri molto sensibili, può verificarsi il caso che, anche la minima variazione possibile della resistenza di paragone, faccia passare l'indice da una parte all'altra dello zero: in questo caso si dovrà fare una interpolazione per ottenere il valore della R_3 che realizza l'equilibrio del ponte.

MISURA DELLA RESISTENZA INTERNA DI UN GALVANOMETRO CON IL METODO DI KELVIN



N	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	g (Ω)	g_m (Ω)	Oss.
					}	Galvanometro N°.....

$$g = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

$$g_m = \frac{\sum^n g}{n}$$

Montare un ponte di Wheatstone collegando il galvanometro in prova al posto della resistenza incognita ed inserendo un tasto nella diagonale. Predisporre un dispositivo potenziometrico per poter alimentare con una tensione debolissima.

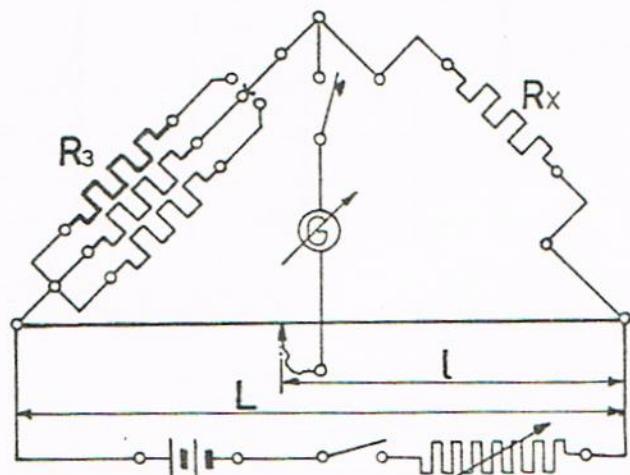
Stabilire un rapporto R_1/R_2 e variare la R_3 fino a quando, aprendo e chiudendo il tasto, la deviazione del galvanometro rimane invariata (falso zero).

Ripetere la stessa misurazione con diversi valori di deviazione e con bracci di proporzione che consentano di raggiungere le migliori condizioni di sensibilità.

Calcolare i valori di resistenza incognita e determinare la media aritmetica dei risultati.

Il metodo non è molto preciso e richiede un'esecuzione pratica attenta e accurata per consentire il raggiungimento di risultati soddisfacenti.

MISURA DI RESISTENZE CON PONTE A FILO



N	$\frac{l}{L-l}$	R_3 (Ω)	R_X (Ω)	R_{Xm} (Ω)	$O_{SS.}$
					$\frac{l}{L-l} = \frac{R_1}{R_2}$

$$R_X = \frac{l}{L-l} R_3$$

$$R_{Xm} = \frac{\sum R_X}{n}$$

Predisporre l'alimentazione comprendente un generatore con f.e.m. di pochi Volt. ed un reostato di $500 \pm 1000 \Omega$, inizialmente tutto incluso. Assegnare un valore alla resistenza R_3 e scorrere il cursore sul filo calibrato fino ad annullare la deviazione del galvanometro.

Si otterrà un risultato approssimativo.

Per conseguire una maggiore precisione bisognerà:

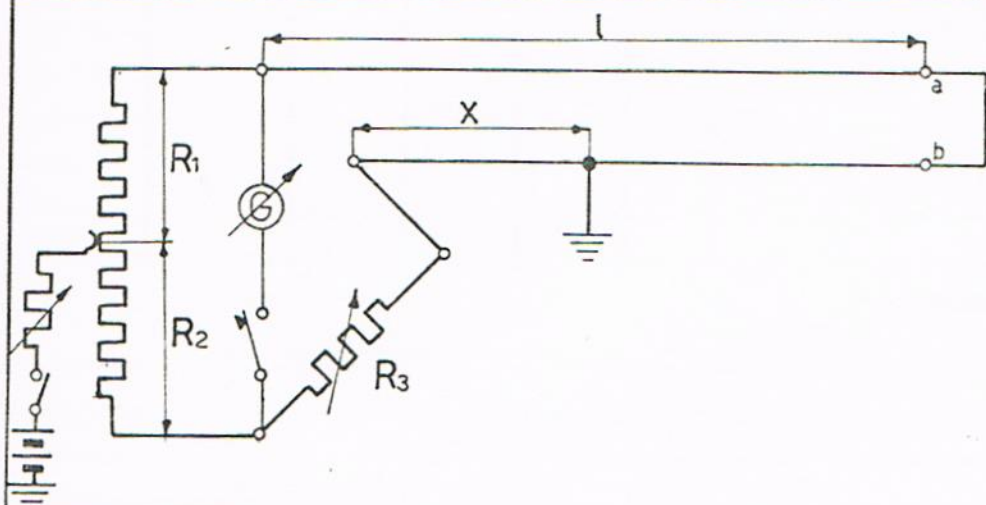
- 1°) Fissare un valore alla resistenza di paragone tale da realizzare lo equilibrio del ponte quando il cursore si trova circa a metà scala;
- 2°) Escludere il reostato;
- 3°) Portare al massimo la sensibilità del galvanometro.

Ripetere la misura e fare la media dei risultati.

Il metodo è comodo e di veloce esecuzione ma non permette di raggiungere grandi precisioni.

Il campo di misura è compreso tra qualche Ohm ed alcune centinaia di Ohm.

RICERCA DI UN GUASTO A TERRA DI UNA LINEA BIFILARE
CON IL METODO VARLEY



N	$R_1^{(a)}$	$R_2^{(a)}$	ρ	$R_3^{(a)}$	$l^{(m)}$	$R_X^{(a)}$	$R_{Xm}^{(a)}$	$x^{(m)}$	$x_m^{(m)}$	Oss.
							$\} R_{2l} =$	—	—	

$$\rho = \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_X = \frac{R_{(2l)} - \rho R_3}{\rho + 1}$$

$$x = \frac{R_X \cdot 2l}{R_{(2l)}}$$

Occorre innanzitutto misurare la lunghezza del cavo o della linea bifilare.

Unire tra loro le estremità a-b della linea.

Con un normale ponte di Wheatstone, determinare la resistenza complessiva dei due fili.

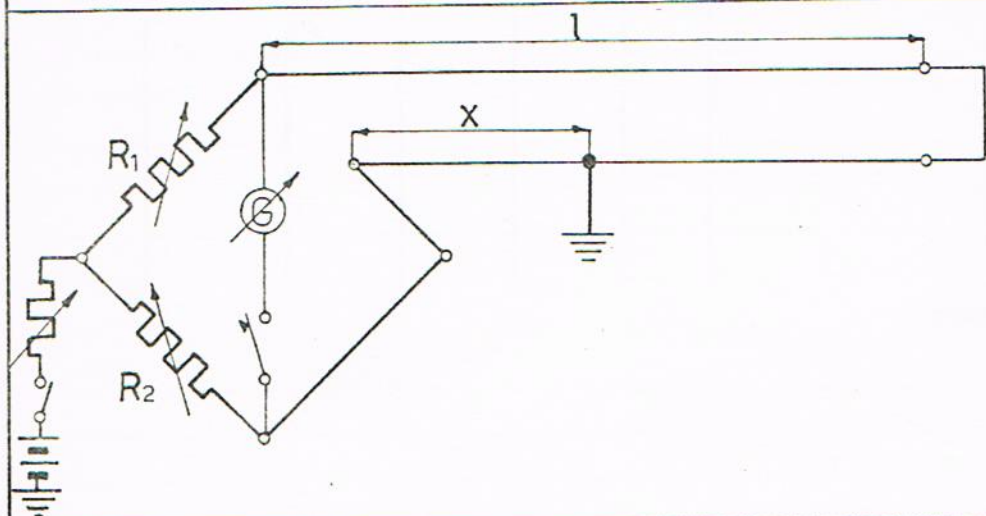
Realizzare lo schema VARLEY apportando, al circuito allestito precedentemente, le opportune varianti.

Fissare un valore alla resistenza R_3 e variare il braccio di proporzione del ponte fino a raggiungere la condizione di equilibrio (corrente nulla nella diagonale del galvanometro).

Ripetere più volte la misura cambiando il valore della R_3 .

Eseguire i calcoli e determinare i valori medi.

RICERCA DI UN GUASTO A TERRA DI UNA LINEA CON IL METODO MURRAY



N	R_1 (Δ)	R_2 (Δ)	l (m)	$R_{X(\Delta)}$	X (m)	$X_{m(m)}$	Oss.
				$R_{2l} =$	-	-	Misura della resist. $R_{(2L)}$

$$R_X = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot R_{(2L)}$$

$$X = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 2l$$

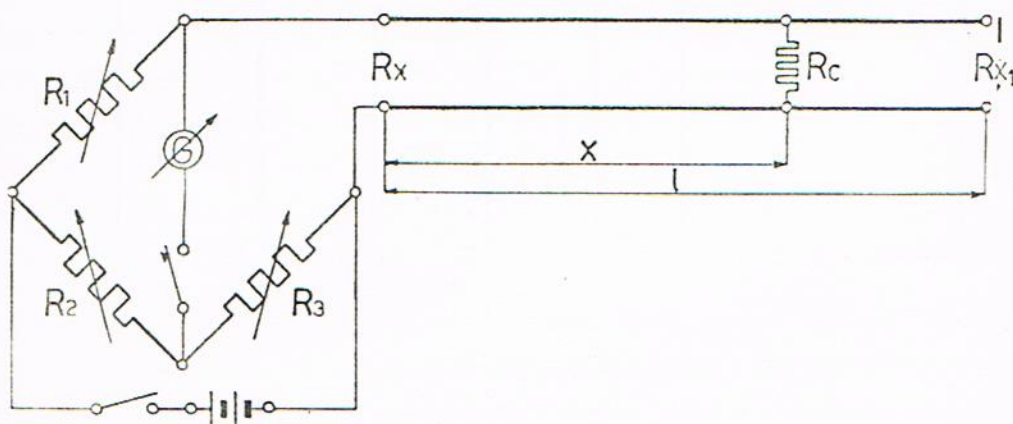
Seguire lo stesso procedimento adottato per l'analoga misura effettuata con il metodo Varley.

Unire le estremità e misurare la resistenza complessiva dei due fili di linea.

Fissare un valore alla resistenza R_2 ed equilibrare il ponte mediante la variazione di R_1 .

Ripetere la prova alcune volte procurando di realizzare le condizioni di maggior sensibilità.

La misura diventa laboriosa ed i risultati sono assai incerti quando il contatto a terra non è netto.



N	$R_1^{(a)}$	$R_2^{(a)}$	$R_3^{(a)}$	$R_x^{(a)}$	$R_{xm}^{(a)}$	$l^{(m)}$	$r^{(n/m)}$	$R_c^{(a)}$	$x^{(m)}$	Oss.
					$R_x =$					$r = \dots \dots \Omega/m$
					$R_{x1} =$					$l =$

$$R_c = \frac{R_x + R_{x1}}{2} - r l$$

$$x = \frac{R_x - R_c}{2r}$$

Per effettuare questa misura occorre che il cavo sia piuttosto lungo e che il guasto sia lontano dalle estremità.

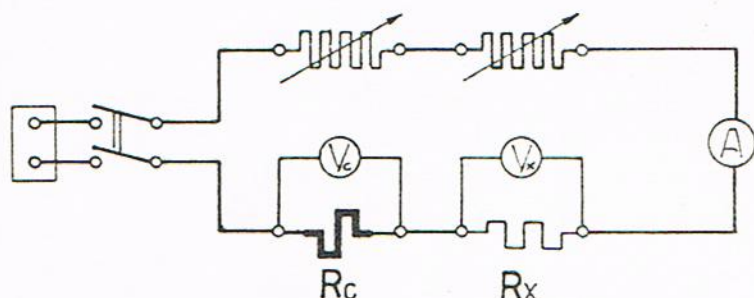
Bisogna conoscere la resistenza per metro dei fili di linea.

Costruire un ponte di Wheatstone e collegare successivamente ai morsetti della resistenza incognita i due capi di inizio e quelli terminali della linea.

Con prove ripetute determinare il valore della R_x e R_{x1} .

Applicare le formule usando i valori medi delle resistenze e determinare a che distanza si trova il guasto ed il valore della resistenza di contatto. In qualche caso, per rendere possibile la ricerca, occorre accentuare il guasto con mezzi opportuni.

MISURA DI PICCOLE RESISTENZE MEDIANTE CONFRONTO CON RESISTORE CAMPIONE



7

N	V_X (V)	V_C (V)	R_C (Ω)	R_X (Ω)	R_{Xm} (Ω)	O_{SS}
						$t =$

$$R_X = \frac{V_X}{V_C} R_C$$

Scegliere il resistore campione con un valore di resistenza dello stesso ordine di quella del resistore incognito.

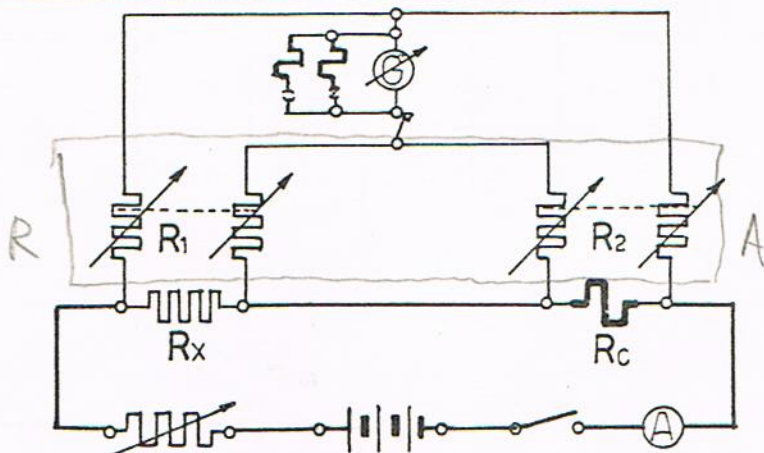
Includere dei reostati capaci di regolare la corrente, in un intervallo abbastanza ampio e con valori ridotti rispetto alla portata amperometrica della resistenza da misurare.

Usare dei voltmetri precisi e di bassa portata, derivandoli ai morsetti interni dei resistori per evitare l'influenza delle resistenze di contatto. Regolare la corrente e, quando lo strumento derivato ai capi della R_C segna un numero esatto di divisioni, leggere contemporaneamente la misura dei due voltmetri.

Determinare il valore della resistenza media ed annotare il valore della temperatura a cui si trova la R_X . (Se la prova si esegue con valori di corrente pari ad $1/5 - 1/10$ della nominale e si svolge velocemente, si può ritenere che la temperatura corrisponda a quella di ambiente).

La prova può servire per misurare la resistenza di avvolgimenti di macchine elettriche: in questo caso occorre fare il riporto a 75° .

$$(R_{75^\circ} = R_t \frac{309.5}{234.5 + t})$$



N	R_1 (a)	R_2 (a)	R_c (a)	R_x (a)	$R_{xm(a)}$	Oss.
						t°

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_c$$

Realizzare il circuito amperometrico usando conduttori di sezione relativamente grande, serrando con cura i morsetti di collegamento, osservando le polarità e tenendo presente gli accorgimenti seguiti nell'eseguire la prova precedente.

Procurarsi un galvanometro di elevata sensibilità ed inserirlo mediante uno shunt universale.

Regolare l'intensità di corrente nel circuito amperometrico, tenendo presente sia la portata amperometrica che il coefficiente di temperatura del materiale di cui è fatto il resistore da sottoporre a misura.

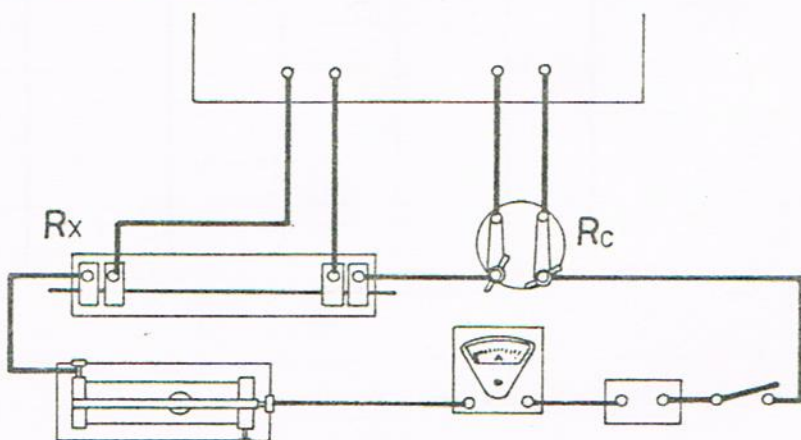
Fissare un valore alla coppia di resistenze R_2 e raggiungere l'equilibrio variando la coppia di resistenze R_1 .

Ripetere la misurazione sostituendo il resistore campione e usando altri valori di R_2 .

Annotare il valore della temperatura.

Eseguire i calcoli e determinare il valore medio di ciascuna resistenza misurata.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTIVITA' DI FILI METALLICI
E DELLA CONDUCIBILITA' DEL RAME RELATIVA AL CAMPIONE



N	$R_1^{(a)}$	$R_2^{(a)}$	$R_c^{(a)}$	$R_x^{(a)}$	$R_{xm}^{(a)}$	$l^{(m)}$	$S^{(mm^2)}$	$\rho_x^{(m \cdot \Omega)}$	$\gamma\%$	O_{ss}
										$t =$
										materiale ϕ_m
										rame

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_c$$

$$\rho_x = R_{xm} \frac{S}{l}$$

$$\gamma\% = 1,724 \frac{234,5 + t}{254,5} \cdot \frac{l}{S R_{xm}}$$

Sistemare accuratamente il filo nell'apposito tendifilo.

Stabilire il valore dell'intensità di corrente da inviare nel circuito amperometrico, dopo aver osservato il materiale e la sezione del filo. (L'aumento della corrente conferisce una maggiore sensibilità al metodo, ma può determinare una variazione della temperatura e della resistenza del filo).

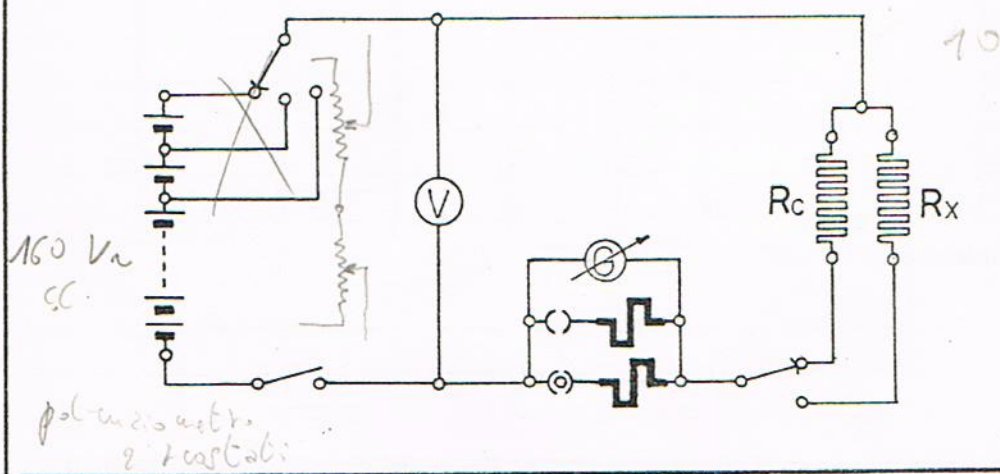
Eseguiare la misura con il ponte di Thomson seguendo il procedimento indicato per le piccole resistenze.

Annotare il valore della temperatura del filo.

Misurare il diametro del filo in diversi punti e, con il suo valore medio, calcolare la sezione.

Determinare la resistività ed eventualmente risalire, usando le tabelle fornite dai manuali, alla natura del materiale.

Determinare, per i fili di rame, la conducibilità relativa al campione internazionale che ha le seguenti caratteristiche: 1 m. di lunghezza, 1 millimetro quadrato di sezione, 1/58 di Ohm di resistenza a 20°.



N	$V_c^{(V)}$	δ_c	m_c	$R_c^{(\Omega)}$	$V_x^{(V)}$	δ_x	m_x	$R_x^{(\Omega)}$	$R_{xm}^{(\Omega)}$	Oss.

deviazione
galvanometro, c.c.
shunt.

$$R_x = \frac{V_x \delta_c m_c}{V_c \delta_x m_x} R_c$$

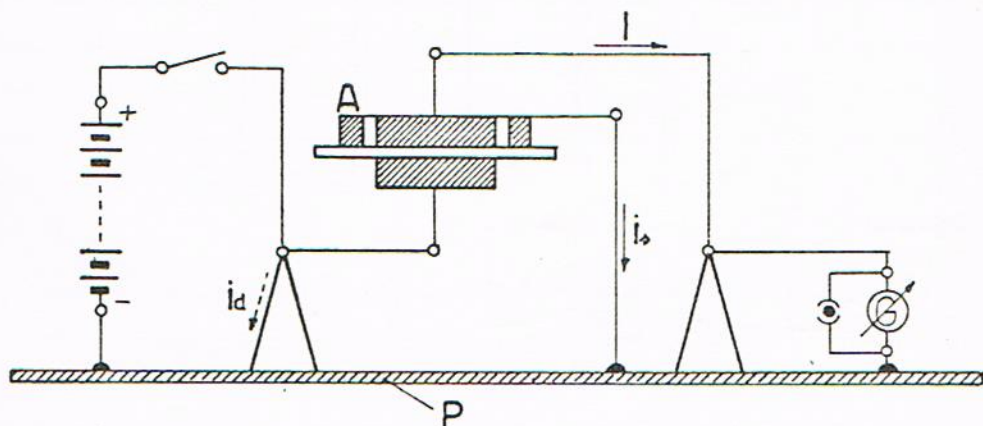
Usare un resistore campione avente resistenza di un Mega-Ohm. Alimentare con una tensione abbastanza alta (100-500 V.) e prevedere un dispositivo per un'ampia regolazione di tensione. Includere il resistore campione, regolare la tensione ed il potere moltiplicatore dello shunt, facendo in modo che il galvanometro assuma una deviazione piuttosto ampia.

Sostituire il resistore campione con la resistenza incognita, modificando il valore della tensione ed eventualmente il potere moltiplicatore dello shunt.

Più elevato sarà il valore della resistenza da misurare, tanto maggiori dovranno risultare tensioni e sensibilità del galvanometro.

Effettuare prove ripetute per evitare errori accidentali.

Eseguire i calcoli e fare la media aritmetica dei risultati.



P) PIASTRA METALLICA - E' collegata con il polo negativo della batteria e con il morsetto di uscita del galvanometro: serve come conduttore di ritorno.

Su di essa appoggiano le colonnine di sostegno del provino e del galvanometro.

A) ANELLO DI GUARDIA - Serve per il drenaggio delle correnti superficiali.

Mettere il provino di materiale isolante tra i due dischi metallici e realizzare il circuito seguendo lo schema. Sistemare l'anello di guardia.

Usare un galvanometro molto sensibile.

Seguire lo stesso procedimento indicato per le misure di grandi resistenze con il metodo di sostituzione.

Le tensioni ed i poteri moltiplicatori da impiegare nelle due fasi della misurazione dovranno essere notevolmente diversi.

Il galvanometro dovrà rimanere cortocircuitato durante l'apertura e la chiusura del circuito.

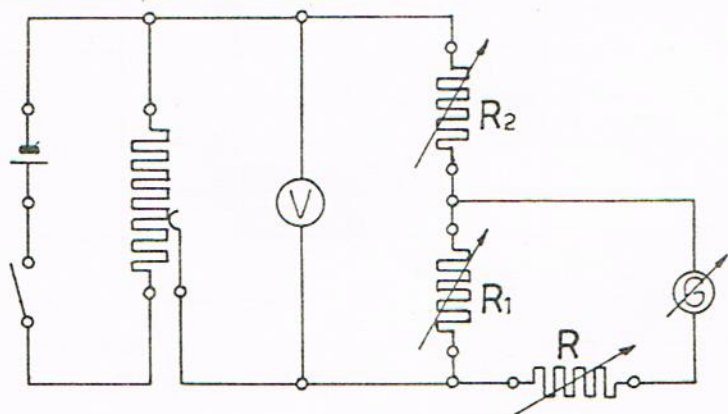
La resistività di massa si calcolerà con la formula:

$$\rho_m = \frac{R_x \cdot A}{s}$$

A = Area dei dischi metallici

s = Spessore del provino.

MISURA DELLA RESISTENZA INTERNA
E DETERMINAZIONE DELLE COSTANTI DI UN GALVANOMETRO



N	V _(V)	δ	R ₁ _(Ω)	R ₂ _(Ω)	R ₃ _(Ω)	g _(a)	I _g _(A)	K _A ^(A/div)	Oss.
									$g = R - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$$I_g = \frac{VR_1}{gR_1 + R_2(g + R_1)}$$

$$K_A = \frac{I_g}{\delta} \quad / \quad K_V = g \cdot K_A$$

Predisporre un'alimentazione con tensione molto bassa e con possibilità di regolazione fine.

La somma delle due resistenze R_1 e R_2 deve mantenersi costantemente uguale a 1000 Ohm o a 10.000 Ohm.

Iniziare ponendo R ed R_1 uguali a zero; alimentare con una piccola tensione ed aumentare il valore di R_1 , diminuendo di pari passo R_2 , fino ad ottenere una deviazione piuttosto ampia del galvanometro.

Mantenere tutto immutato ed includere un valore di resistenza R tale da dimezzare la precedente deviazione del galvanometro.

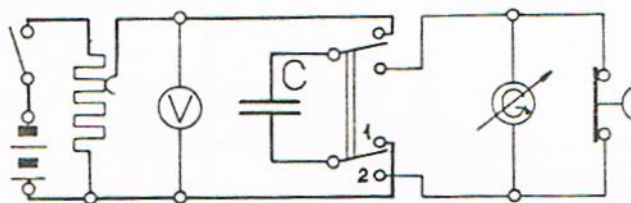
Ripetere le stesse operazioni con valori diversi di deviazione dello strumento in prova.

Applicare le formule e calcolare la resistenza interna e la corrente che passa nel galvanometro.

Tracciare il grafico della corrente I_g in funzione delle deviazioni.

Determinare la costante amperometrica e quella voltmetrica.

DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE E DEL PERIODO DI OSCILLAZIONE
DI UN GALVANOMETRO BALISTICO
MISURE DI CAPACITA'



N	$V_{(v)}$	$C_{(\mu F)}$	$Q_{(\mu C)}$	δ	$K_b^{(\frac{\mu C}{div})}$	$K_{bm}^{(\frac{\mu C}{div})}$	$T^{(sec)}$	Oss.
								Determ. di K_b
N	$V_{x(v)}$	δ_x	$Q^{(\mu C)}$	$C_x^{(\mu F)}$		$C_{xm}^{(\mu F)}$		Misure di capacità

$$Q = C \cdot V; \quad K_b = \frac{Q}{\delta}; \quad C_x = \frac{K_b \cdot \delta_x}{V_x}$$

Stabilire un valore esatto di tensione, inizialmente molto basso.

Caricare il condensatore campione mettendo il commutatore nella posizione (1).

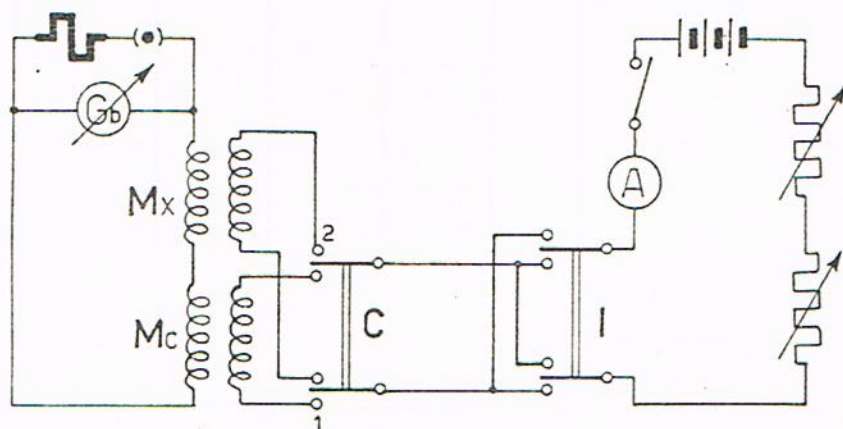
Aprire il tasto di corto circuito e scaricare il condensatore sul galvanometro balistico, passando il commutatore alla posizione (2); osservare la deviazione del galvanometro e leggere il suo valore massimo (elongazione). Ripetere le stesse operazioni con valori di tensione e di capacità più elevate in modo da ottenere delle deviazioni sufficientemente ampie.

Determinare la costante balistica.

Per ottenere il periodo di oscillazione, cronometrare il tempo che l'equipaggio mobile impiega a fare una oscillazione completa.

La capacità di un condensatore si può ricavare sostituendo il condensatore campione con quello in esame ed eseguendo le operazioni di carica e scarica come nella prima fase della misura.

MISURE DI MUTUE INDUTTANZE CON GALVANOMETRO BALISTICO
E MUTUA INDUZIONE CAMPIONE



N	$M_c^{(H)}$	$I_c^{(A)}$	$\mathcal{F}_c$	$I_x^{(A)}$	$\mathcal{F}_x$	$M_x^{(H)}$	$M_{xm}^{(H)}$	O_{ss}

$$M_x = \frac{M_c I_c \mathcal{F}_x}{I_x \mathcal{F}_c}$$

Commutatore in posizione 1.

Regolare l'intensità di corrente, iniziando da un valore molto basso; manovrare l'invertitore e leggere l'elongazione del galvanometro balistico. Ripetere l'operazione aumentando l'intensità della corrente fino ad ottenere una elongazione abbastanza ampia.

Commutatore in posizione 2.

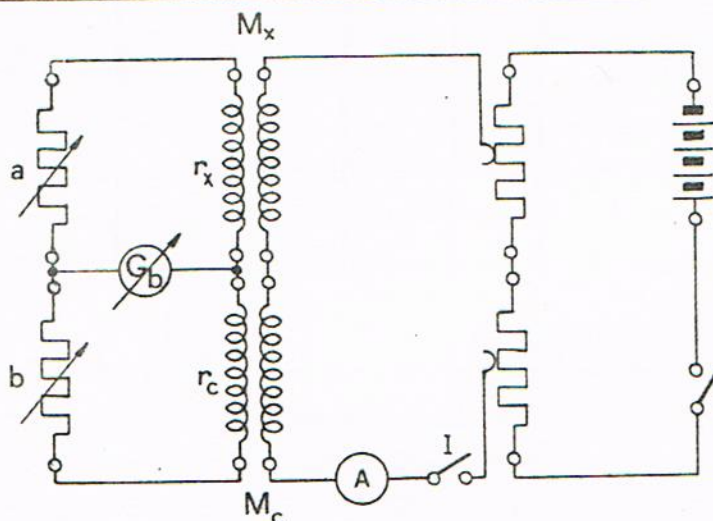
Sostituire la mutua induzione campione con quella da misurare.

Inviare una corrente debole, effettuare l'inversione ed osservare la elongazione.

Eseguire altre misurazioni, con correnti maggiori, cercando di operare nelle migliori condizioni.

Calcolare i valori della mutua induttanza incognita.

MISURA DI MUTUA INDUTTANZA CON METODO A PONTE
E CON GALVANOMETRO BASILISTICO



N	I (A)	a (Ω)	rx (Ω)	R1 (Ω)	b (Ω)	rc (Ω)	R2 (Ω)	M _c (H)	M _x (H)	M _{xm} (H)	Oss.

$$\frac{a + r_x}{b + r_c} \cdot M_c = M_x$$

$$\frac{R_1}{R_2} \cdot M_c = M_x$$

Misurare la resistenza dei due avvolgimenti secondari delle mutue induttanze con un ponte di Wheatstone e riportare in tabella i valori di r_c e di r_x .

Realizzare il circuito collegando i due secondari in opposizione (il collegamento è esatto se escludendo prima il secondario della mutua induttanza campione e poi quello della mutua induttanza incognita, ed interrompendo la corrente nei primari, il galvanometro balistico devia, nei due casi, in senso opposto).

Fissare un valore alle resistenze "a" e "b".

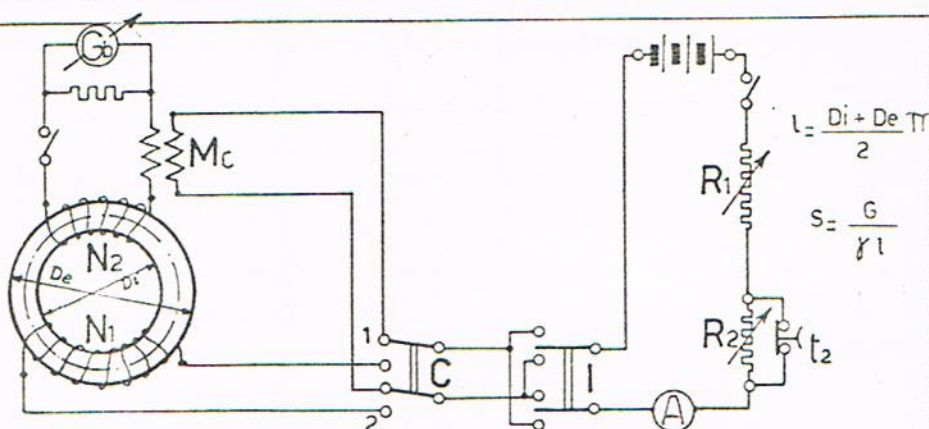
Inviare un piccolo valore di corrente negli avvolgimenti primari.

Aprire l'interruttore "I" ed osservare la deviazione del galvanometro balistico.

Variare il valore di "a" fino a quando, ripetendo la manovra di chiusura e di apertura dell'interruttore "I", il galvanometro rimane immobile.

Aumentare l'intensità della corrente (senza superare la portata amperometrica degli avvolgimenti) e ritoccare il valore della resistenza "a". Ripetere le stesse operazioni con altri valori di "b" e di M_c .

RILIEVO DELLA CARATTERISTICA NORMALE DI MAGNETIZZAZIONE E DELLA PRIMA PARTE DEL CICLO DI ISTERESI MAGNETICA



N	I(A)	H ($\frac{A}{m}$)	$\mathcal{F}$	B ($\frac{Wb}{m^2}$)	Oss.
					curve di magnetiz.
				ΔB	ciclo d'isteresi

$$N_1 = \dots \quad N_2 = \dots \quad \gamma = \dots \text{ Kg/m}^3 \quad G = \dots \text{ Kg} \quad M_c \dots H$$

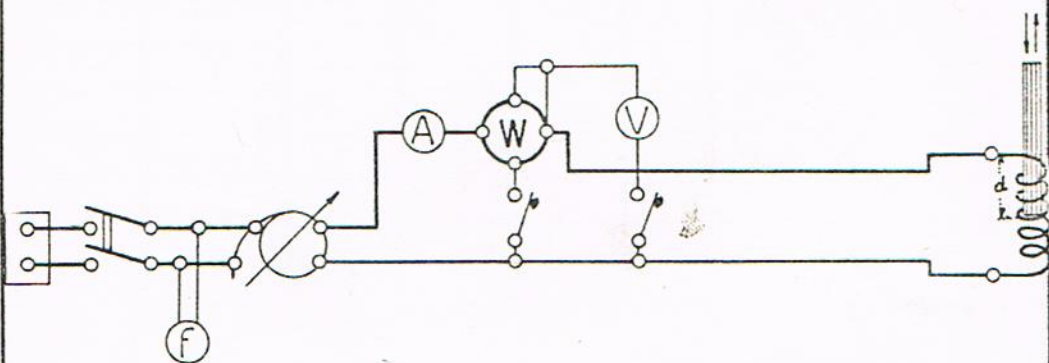
$$H = \frac{N_1 I}{l} = K_1 I \quad B = \frac{\mu_0 N_2 I_0}{S_0 N_2 S} \quad \mathcal{F} = K_2 \mathcal{F} \quad \Delta B = 2 K_2 \mathcal{F} \quad B = B_{\max} - \Delta B$$

DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE K_2 - (commutatore posizione 1)
 Alimentare il circuito, regolare la corrente I_0 , fare una inversione rapida e leggere $\mathcal{F}_0$. Ripetere la misura e calcolare la costante.

CURVA DI MAGNETIZZAZIONE - (commutatore in posizione 2)
 Escludere il galvanometro balistico e cortocircuitare R_2 . Smagnetizzare il provino operando diverse inversioni di corrente con valori sempre più deboli. Iniziare la magnetizzazione con piccole intensità (1/100 A). Allenare il provino facendo 10-15 inversioni, inserire il galvanometro, fare la inversione definitiva e leggere la deviazione. Proseguire nello stesso modo fino a valori di induzione di 1 Wb/m².

CICLO DI ISTERESI MAGNETICA - (determinazione della prima parte)
 Raggiunto il valore massimo di induzione, predisporre un valore di R_2 capace di ridurre di 1/10 la massima corrente magnetizzante: aprire, quindi, t_2 e leggere la deviazione del galvanometro.
 Ritornare al vertice chiudendo t_2 ; aumentare progressivamente R_2 e ripetere le stesse operazioni.
 Per ottenere B_0 basta ripartire dal vertice e poi aprire l'invertitore.

MISURA DI INDUTTANZA DI UNA BOBINA con NUCLEO DI FERRO ESTRAIBILE
CON IL METODO DI JOUBERT



N	d ^(cm)	V ^(V)	I ^(A)	P			P'	Z	R _e	X	f	L	Oss.
				L	K	W	P' _(W)						
													R _V =
													R _W =

$$Z = \frac{V}{I} ; P' = P - \frac{R_V + R_W}{R_V \cdot R_W} V^2 ; R_e = \frac{P'}{I^2} ; X = \sqrt{Z^2 - R_e^2} ; L = \frac{X}{2\pi f}$$

Montare il circuito collegando il voltmetro e la bobina voltmetrica del wattmetro, a valle delle amperometriche.

Usare un wattmetro a basso $\cos \phi$.

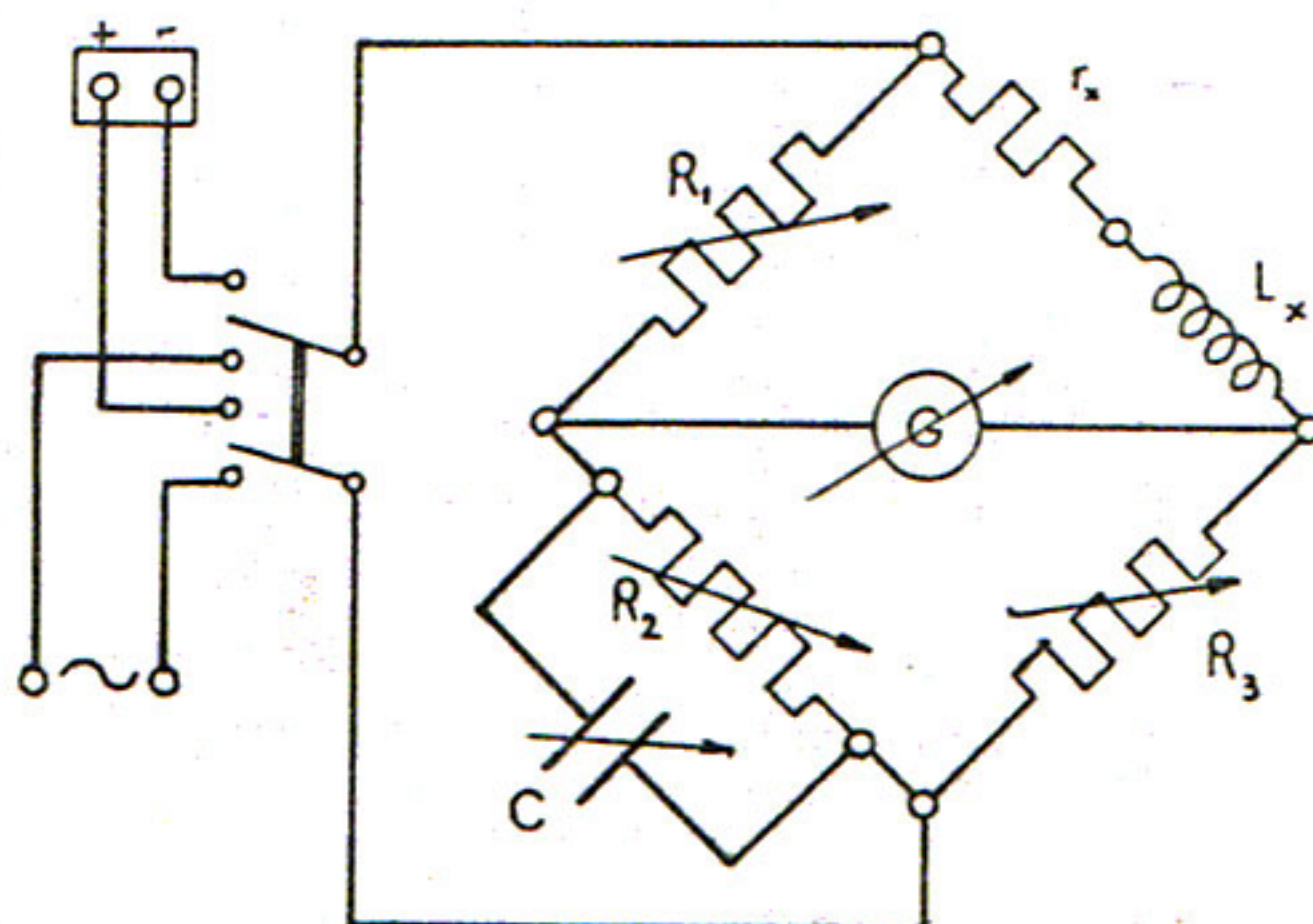
Stabilire sperimentalmente un valore di corrente che si possa mantenere costante con la bobina senza nucleo e con il nucleo completamente introdotto. Rilevare entro quali limiti si deve variare la tensione per realizzare la suddetta condizione.

Scegliere la portata degli strumenti in modo da ottenere deviazioni piuttosto ampie.

Iniziare la serie di misurazioni con il nucleo completamente introdotto nella bobina. Regolare la tensione di alimentazione fino a raggiungere il valore di corrente prestabilito; leggere l'amperometro con i tasti delle voltmetriche aperti. Chiudere i tasti ed effettuare le letture del voltmetro e del wattmetro.

Estrarre gradualmente il pacco di lamiera, ristabilire il valore di corrente e ripetere le misurazioni seguendo lo stesso procedimento. Annotare i valori delle resistenze R_V e R_W , eseguire i calcoli e tracciare la curva di variazione dell'induttanza al variare dei centimetri di nucleo introdotto.

MISURA DI INDUTTANZA CON IL PONTE DI MAXWELL



N	$R_1^{(n)}$	$R_2^{(n)}$	$R_3^{(n)}$	$R_x^{(n)}$	$C^{(F)}$	$L_x^{(H)}$	$L_{xm}^{(H)}$	Osservazioni

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

$$L_x = R_1 \cdot R_3 \cdot C$$

Preparare il ponte impiegando cassette di resistenze e di capacità campioni.

Alimentare con C.C. ed effettuare la misura della resistenza.

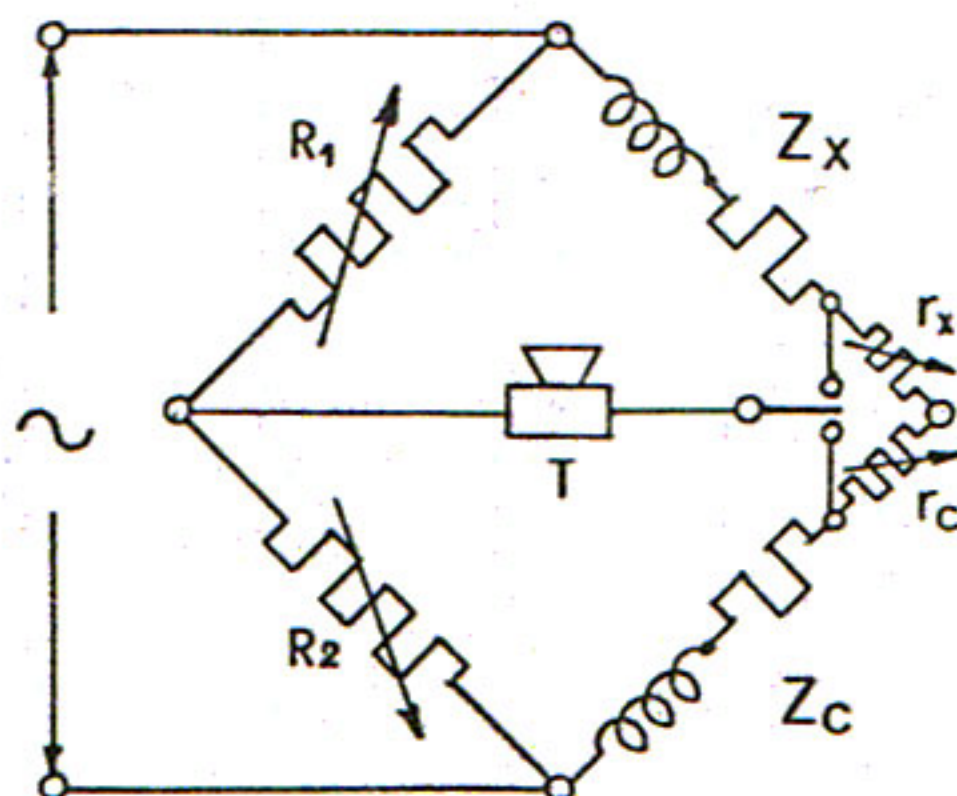
Operare come se si trattasse di un ponte di Wheatstone.

Sostituire il rivelatore con una cuffia telefonica e predisporre una alimentazione in C.A. a frequenza acustica.

Portare in equilibrio il ponte agendo sul condensatore campione di capacità variabile.

Ottenuto un primo valore (di orientamento) dell'induttanza incognita, ripetere le due fasi di misurazione fissando dei rapporti tali da permettere una maggiore sensibilità.

Ripetere le misurazioni e determinare la media aritmetica dei valori ottenuti.



N	$R_1^{(\Omega)}$	$R_2^{(\Omega)}$	$L_c^{(H)}$	$L_x^{(H)}$	$L_{xm}^{(H)}$	$R_c^{(\Omega)}$	$r_c^{(\Omega)}$	$r_x^{(\Omega)}$	$R_x^{(\Omega)}$	Oss.

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} (R_c + r_c) - r_x$$

$$L_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot L_c$$

Preparare il ponte impiegando due cassette di resistori campioni (non induttivi) ed un'induttanza campione di valore fisso. Una terza cassetta di resistori campioni, mediante un commutatore, può essere inserita all'impedenza incognita oppure a quella nota.

Fissare un valore alla R_2 , alimentare il ponte con una sorgente a C.A. e variare la R_1 fino a ridurre al minimo il segnale del rivelatore.

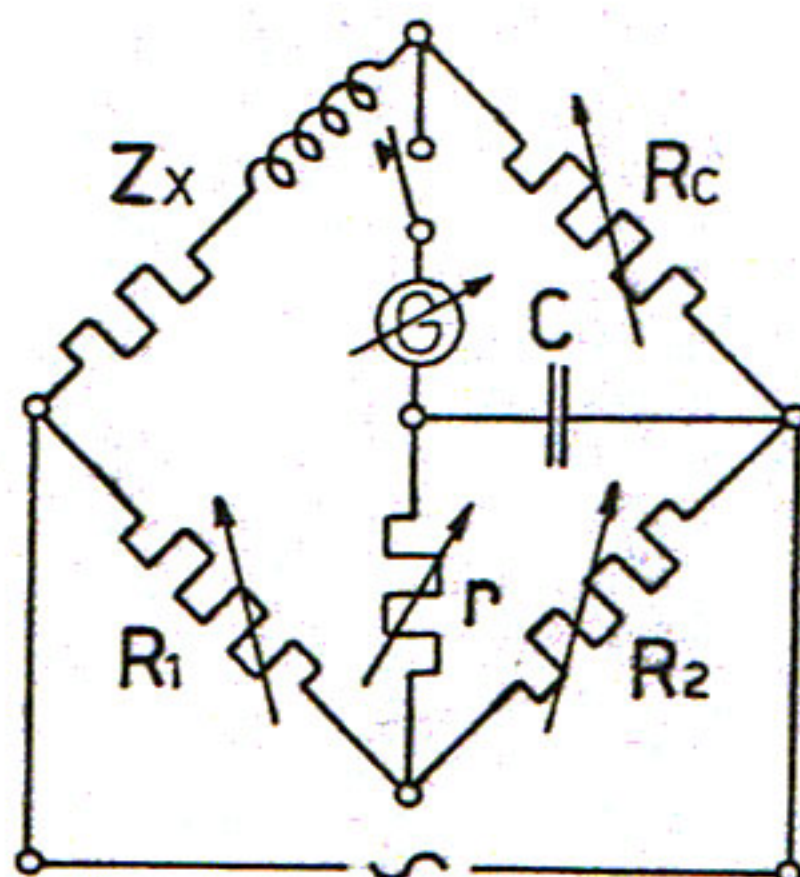
Procedere per tentativi aggiungendo la resistenza della terza cassetta alla bobina in prova oppure all'induttanza campione e stabilire in quale posizione si deve porre il commutatore per migliorare le condizioni di equilibrio del ponte.

Operare alternativamente sulla resistenza zavorra e sulla R_2 in modo da ridurre a zero la corrente che attraversa il rivelatore.

Ripetere la misura con altri valori di R_2 e di L_c .

Verificare se le costanti di tempo (L/R) delle due impedenze sono uguali tra loro (tenere conto del valore della "r" da aggiungere alla R_x oppure alla R_c a seconda dei casi).

MISURE DI INDUTTANZE CON IL PONTE DI ANDERSON



N	$R_1^{(a)}$	$R_2^{(a)}$	$R_c^{(a)}$	$r^{(a)}$	$R_x^{(a)}$	$C^{(f)}$	$L_x^{(H)}$	$O_{ss.}$

$$L_x = CR_c \left[R_1 \left(1 + \frac{r}{R_2} \right) + r \right]$$

Escludere completamente la resistenza 'r', alimentare con C.C. e procedere come se si trattasse di un ponte di Wheatstone.

Calcolare la resistenza della bobina con i valori delle resistenze note che determinano l'equilibrio del ponte. $R_x = R_1 / R_2 \cdot R_c$.

Alimentare con C.A. e sostituire il galvanometro con un rivelatore adatto.

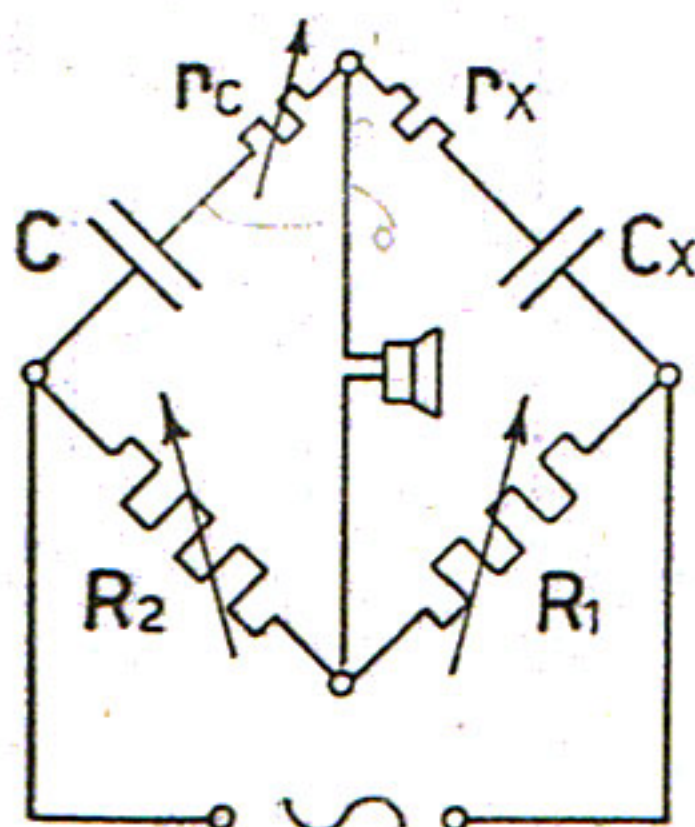
Includere la resistenza 'r' fino a raggiungere una nuova condizione di equilibrio.

Ripetere l'operazione con bracci di proporzione diversi oppure con altri condensatori campioni.

Eseguire i calcoli e ricavare i valori medi.

(Usando delle induttanze campioni, questo ponte può servire per le misure di capacità:

$$C_x = \frac{L_c}{R_1 R_c + r(R_x + R_c)}$$



N	R_1 ^(Ω)	C ^(pF)	R_2 ^(Ω)	r_c ^(Ω)	C_x ^(pF)	C_{xm} ^(pF)	$\tan \delta$	$\tan \delta_m$	Oss.
									$f =$

$$C_x = \frac{C}{R_1} R_2$$

$$\tan \delta = \omega r_c C$$

Preparare un ponte con cassette di resistori campioni e con un condensatore campione di capacità fissa. (Si potrebbe anche usare un condensatore variabile).

Alimentare con una bassa tensione di frequenza fonica.

Fissare al rapporto C/R_1 un valore multiplo di 10 e variare R_2 fino a rendere minima la corrente nel rivelatore.

La riduzione a zero si ottiene inserendo, dalla parte del condensatore campione, una resistenza del valore tale da rendere uguali gli angoli di perdita dei due condensatori.

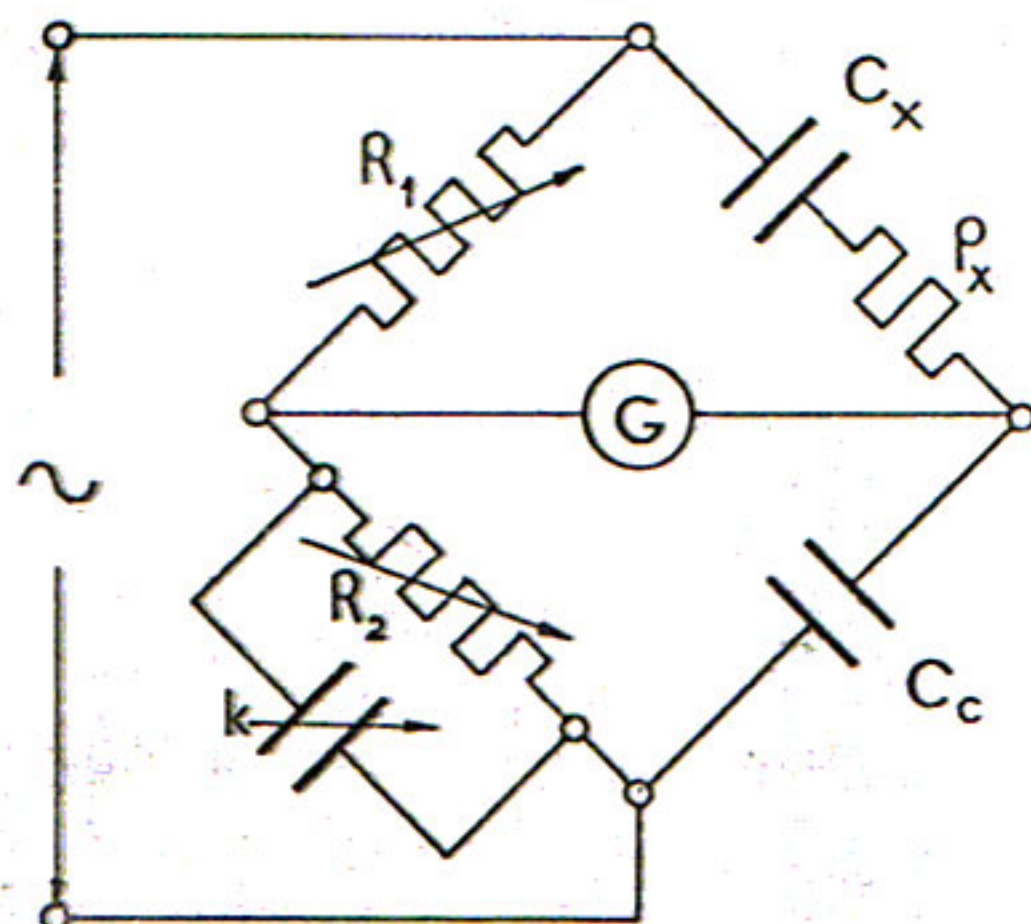
Ripetere le misurazioni con diversi rapporti.

Annotare il valore della frequenza di alimentazione.

Eseguire i calcoli e determinare la media aritmetica dei risultati.

(Il ponte si presta per la misura di capacità relativamente grandi: superiori ai centesimi di microfarad. L'angolo di perdita si trova in modo impreciso).

MISURA DI CAPACITA' E DETERMINAZIONE DELL'ANGOLO DI PERDITA CON IL PONTE DI SCHERING



N	$R_1^{(\Omega)}$	$R_2^{(\Omega)}$	$C_c^{(\mu F)}$	$K^{(\mu F)}$	$C_x^{(\mu F)}$	$P_x^{(\Omega)}$	$C_{xm}^{(\mu F)}$	$P_{xm}^{(\Omega)}$	$\tan \delta$	Oss
										$f = \dots$

$$C_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot C_c$$

$$P_x = \frac{R_1}{C_c} \cdot K$$

$$\tan \delta \cong \delta = \omega R_2' K$$

(Il ponte di Schering serve per misurare delle piccole capacità e può dare dei risultati precisi se è costruito con accorgimenti speciali e se ha una dotazione di condensatori campioni precisi e con bassissime perdite. In un laboratorio scolastico è possibile realizzare un ponte "a parti staccate" che dia dei risultati discretamente precisi).

Costruire un ponte utilizzando resistori e condensatori campioni.

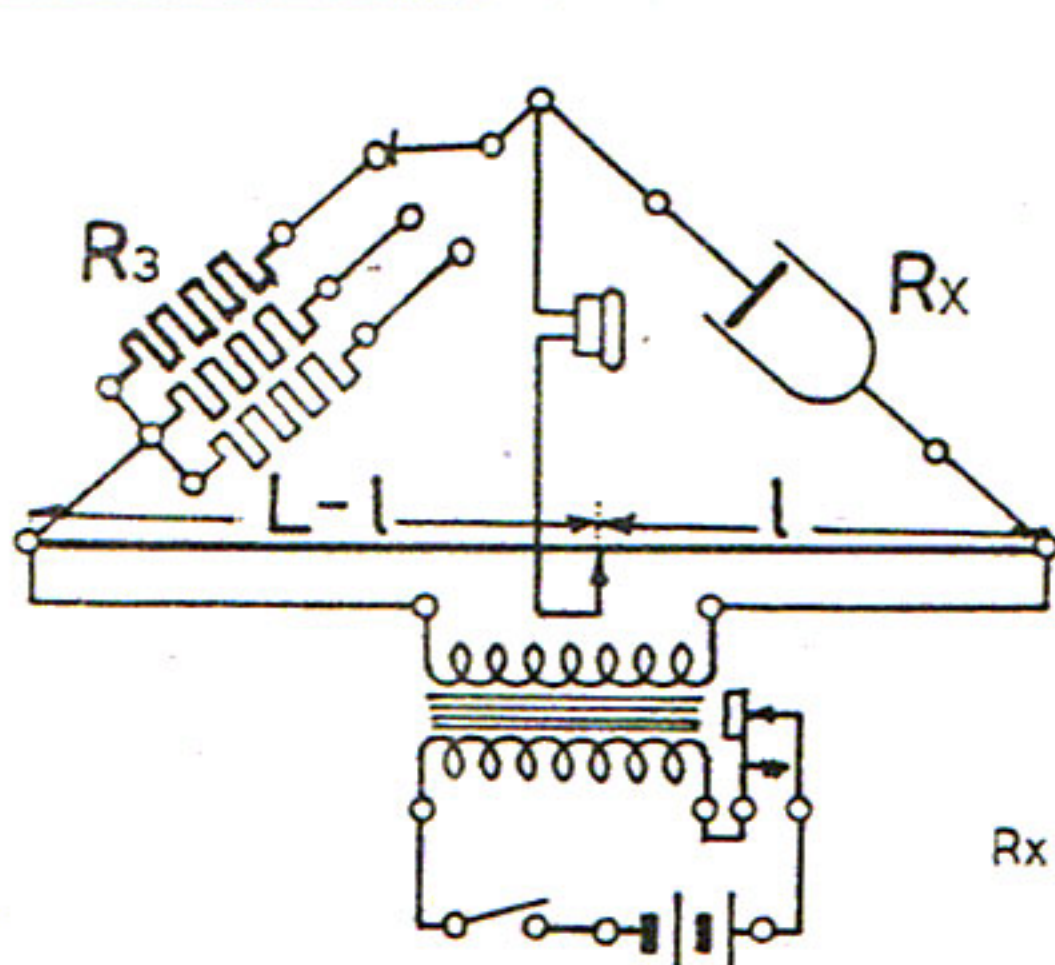
Fissare un valore alla R_1 e variare la R_2 fino a ridurre al minimo la corrente nel rivelatore. Regolare la capacità variabile cercando di migliorare le condizioni di equilibrio del ponte. Agire alternativamente su R_2 e su K in modo da ridurre a zero la corrente nel rivelatore.

Ripetere la misurazione cambiando il valore del rapporto R_2/R_1 oppure sostituendo il condensatore campione di capacità fissa.

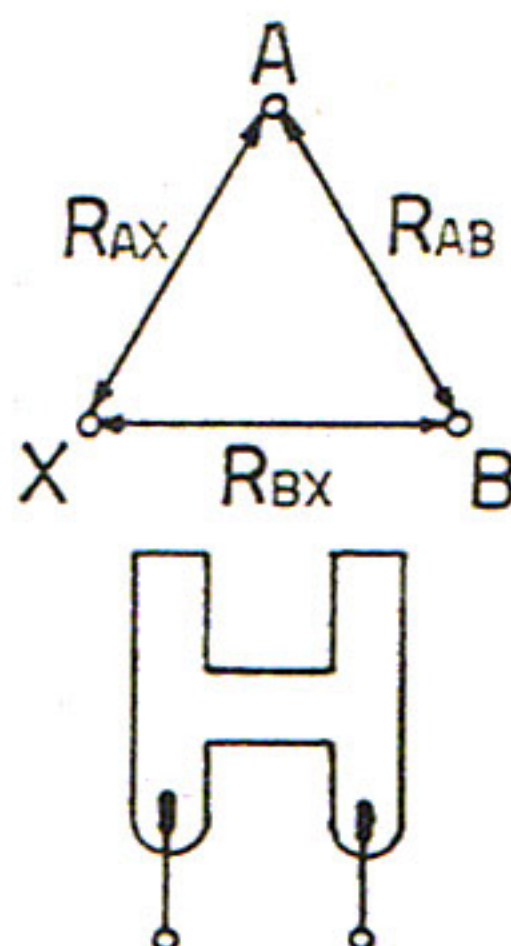
Annotare il valore della frequenza dell'alimentatore.

Eseguire i calcoli e fare la media aritmetica dei risultati ottenuti.

MISURA DELLA RESISTENZA DI TERRA
DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITA' DI SOLUZIONI
(Ponte di Kohlrausch)



$$R_x = \frac{l}{L-l} R_3$$



N	$R_3^{(a)}$	$\frac{l}{L-l}$	$R_x^{(a)}$	Oss.
				R_{AB}
				R_{BX}
				R_{AX}

N	$R_3^{(a)}$	$\frac{l}{L-l}$	$R^{(a)}$	$\gamma^{(a)}$	K	Oss.

1° RESISTENZE DI TERRA

Effettuare due terre provvisorie mediante sonde disposte ai vertici di un triangolo equilatero avente 40 m. circa di lato.

Il vibratore trasforma la C.C. in C.A. di frequenza acustica.

Fissare un valore alla R_3 e annullare il suono spostando il cursore.

Ricavare i valori di R_{AB} ; R_{BX} ; R_{XA} e poi calcolare la R_x con la formula:

$$R_x = \frac{R_{BX} + R_{XA} - R_{AB}}{2}$$

2° CONDUCIBILITA' DI SOLUZIONI

Determinare la costante di cella partendo da una soluzione di conducibilità nota e misurando, con il ponte, la resistenza.

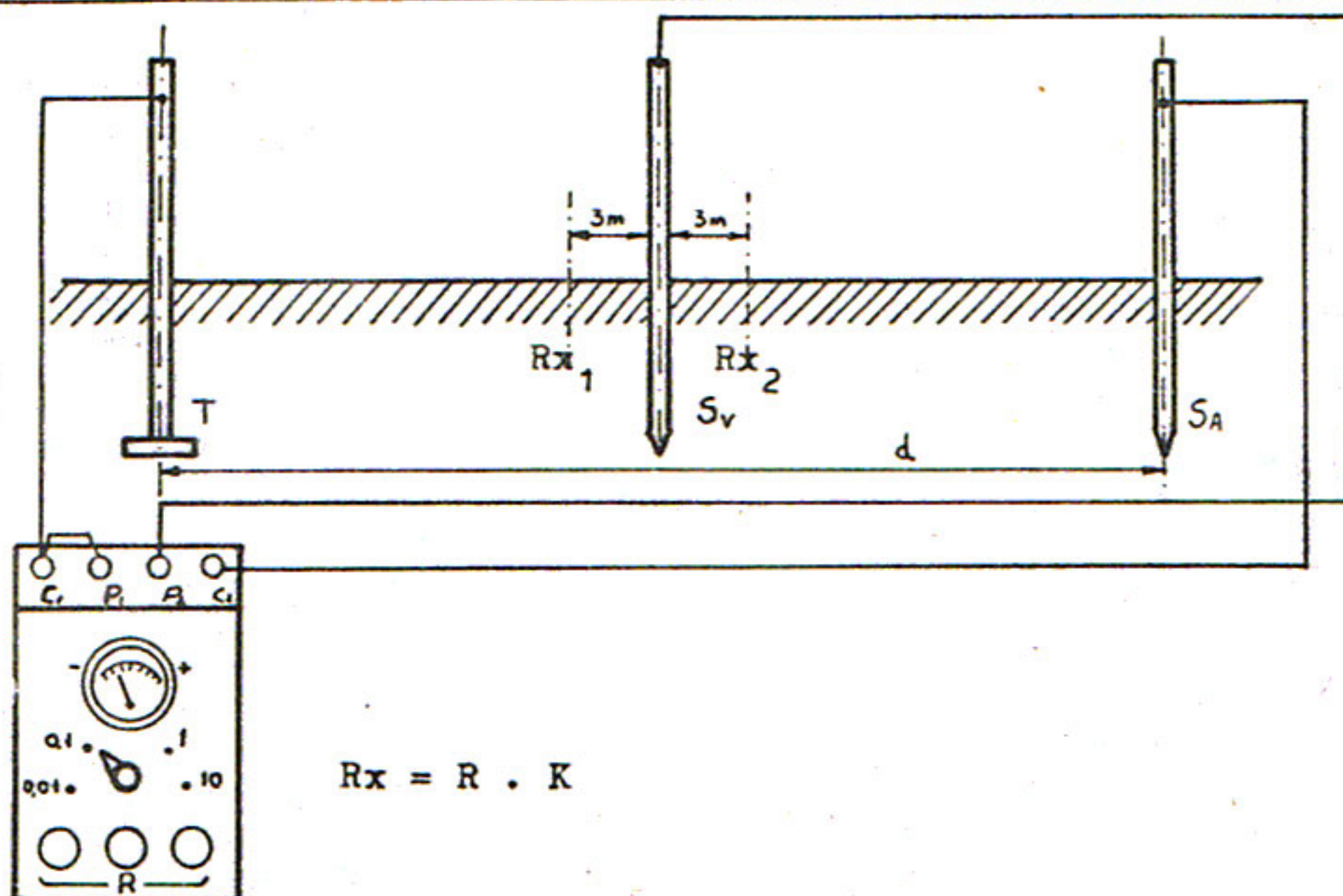
$$R = \frac{1}{Y_c} \frac{1}{S} \quad K = 1/S = R \cdot Y_c$$

Sostituire la soluzione campione con quella in esame e misurare la nuova resistenza.

$$R_x = K/Y_x \quad Y_x = K/R_x$$

Ripetendo la misura con la medesima soluzione ma con concentrazioni diverse, si possono ottenere i risultati necessari per tracciare il grafico della Y_x in funzione della concentrazione.

MISURA DELLA RESISTENZA DI TERRA CON IL METODO DELLA CADUTA DI TENSIONE DETERMINATA CON MISURATORE AD AZZERAMENTO



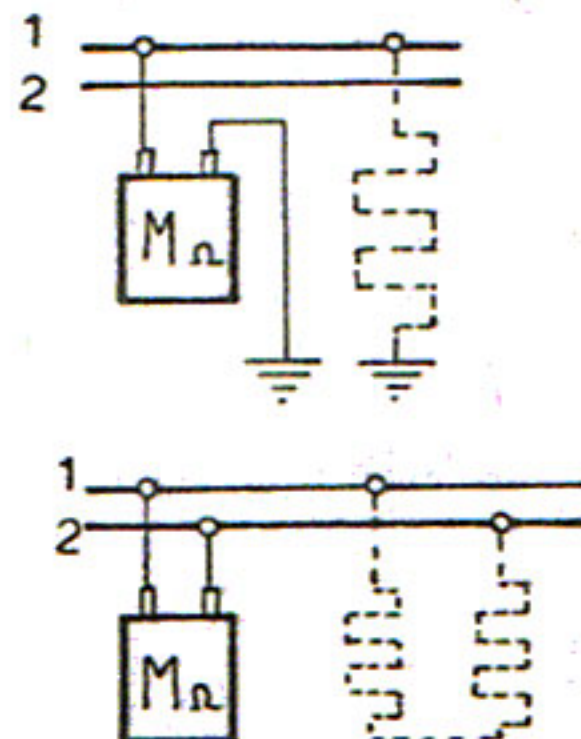
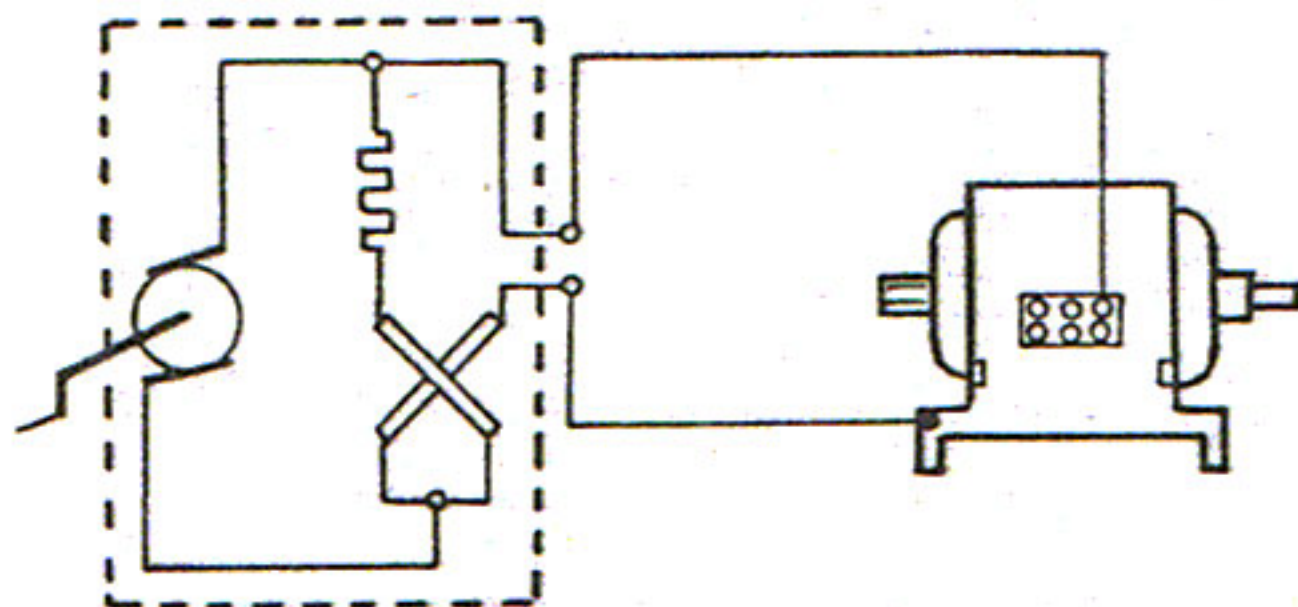
N	R _(n)	K	R _x _(n)	R _x _{1(n)}	R _x _{2(n)}	d _(m)	Osservazioni

Affondare nel terreno la sonda amperometrica a 40 m. circa dalla terra da misurare e la sonda voltmetrica in un punto equidistante dai due dispersori 'T' e 'Sa'. Mettere la manopola del commutatore nella posizione 0,01 e quelle dei resistori 'R', su 999.

Girare lentamente la manovella del generatore: se l'indice dello strumento va a destra (+), passare successivamente il commutatore su valori moltiplicatori più elevati fino a quando l'indice si sposta verso sinistra (-). Diminuire gradualmente il valore di 'R' portando a zero la deviazione dello strumento rivelatore. Aumentare la velocità ed affinare la misura.

Spostare la sonda 'Sv' di 3 m. circa verso 'T', per ottenere R_{x1} e pure di 3 m. verso 'Sa', per misurare il valore R_{x2} : se i due risultati sono praticamente coincidenti con il valore della R_x , ricavato nella prima fase della prova, essi rappresentano la resistenza della terra in esame. In caso contrario occorrerà ripetere tutto il procedimento dopo di aver spostato, di una quantità arbitraria, il dispersore 'Sa', fino a raggiungere la coincidenza dei tre valori.

MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO CON MEGA-OHMMETRO DI MACCHINE ELETTRICHE E DI IMPIANTI ELETTRICI A BASSA TENSIONE



N	R	R _{min}	t	OSSERVAZIONI
				Dati di targa della macchina
	R _{1-t}	R _{2-t}	R ₁₋₂	

MACCHINE ELETTRICHE

Eseguire la prova con la macchina alla temperatura di regime termico. Collegare un morsetto del mega-ohmmetro agli avvolgimenti e l'altro alla carcassa. Manovrare la manovella del generatore elettromagnetico, incorporato nello strumento, che fornisce una tensione di 250 o 500 V.

Leggere l'indicazione dello strumento non appena l'indice si stabilizzerà in una determinata posizione.

Il valore ottenuto, secondo le norme C.E.I., non dovrà essere inferiore a un minimo che si ottiene con la formula:

$$R_{\min} = \frac{V}{KVA + 1000}$$

IMPIANTI ELETTRICI A BASSA TENSIONE

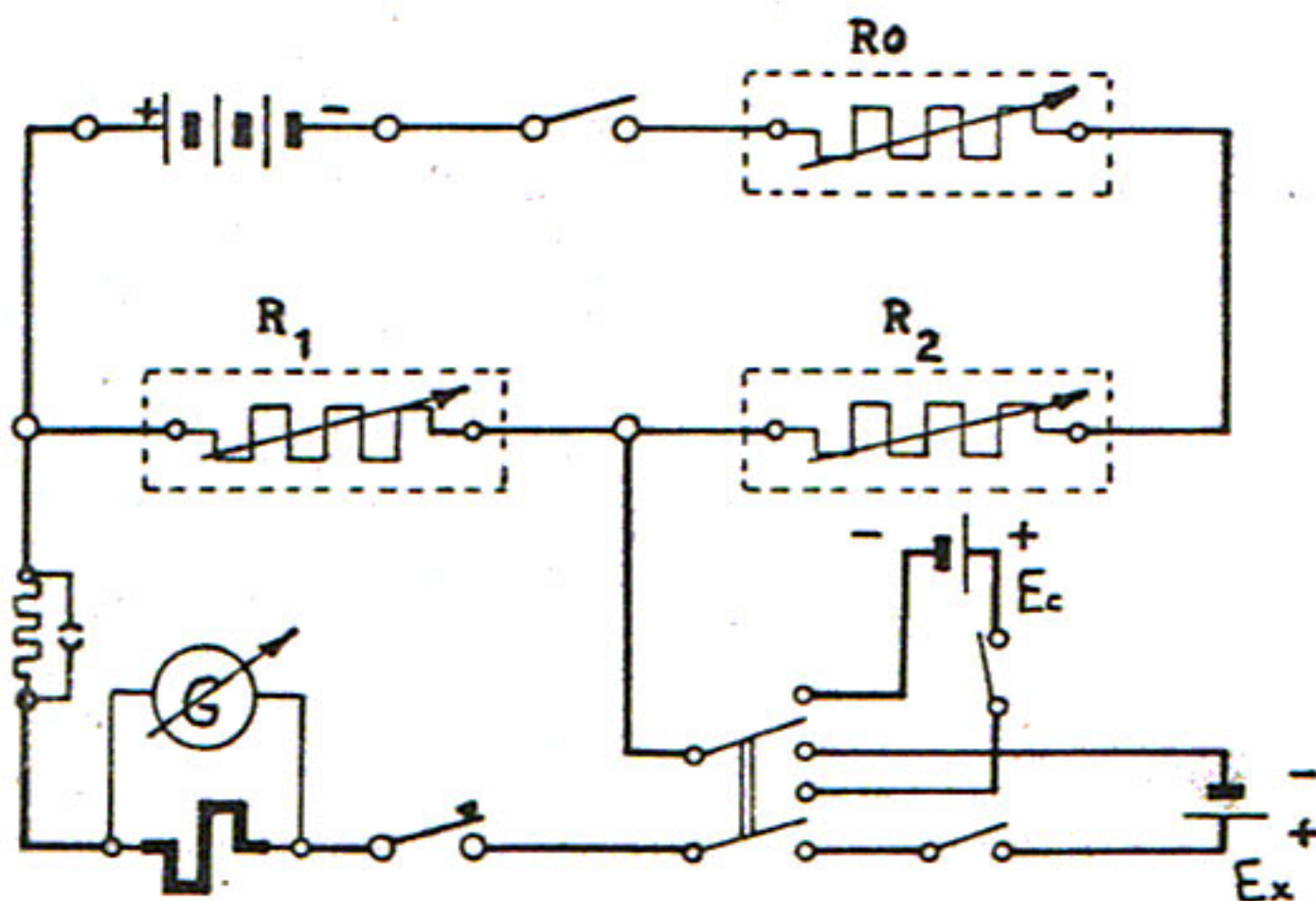
Aprire l'interruttore generale, che collega l'impianto alla rete di distribuzione e distaccare tutti gli apparecchi utilizzatori.

Se si vuole verificare tutte le parti dell'impianto, lasciare chiusi gli interruttori delle varie derivazioni.

Eseguire la misura tra ciascun filo e la terra e tra ciascuna coppia di fili. Se si ottengono valori bassi si dovranno fare delle misurazioni nei vari tronchi fino a trovare il tratto di circuito con isolamento insufficiente.

(Le norme C.E.I. stabiliscono valori minimi di 100 Ohm per Volt).

MISURA DELLA F.E.M. DI GENERATORI CON IL METODO DI OPPOSIZIONE



N	R_1	R_2	E_c	R'_1	R'_2	E_x	Osservazioni
							$R_1 + R_2 = R'_1 + R'_2 = K$ $E_x = E_c \cdot \frac{R'_1}{R_1}$

Realizzare il circuito impiegando 3 cassette di resistori campioni a decadi: R_1 e R_2 da mantenere a somma costante ed R_0 per la regolazione di corrente. Eseguire la taratura che consiste nel far circolare un valore di corrente capace di produrre, in ciascuna resistenza della cassetta R_1 , una caduta di tensione di valore noto.

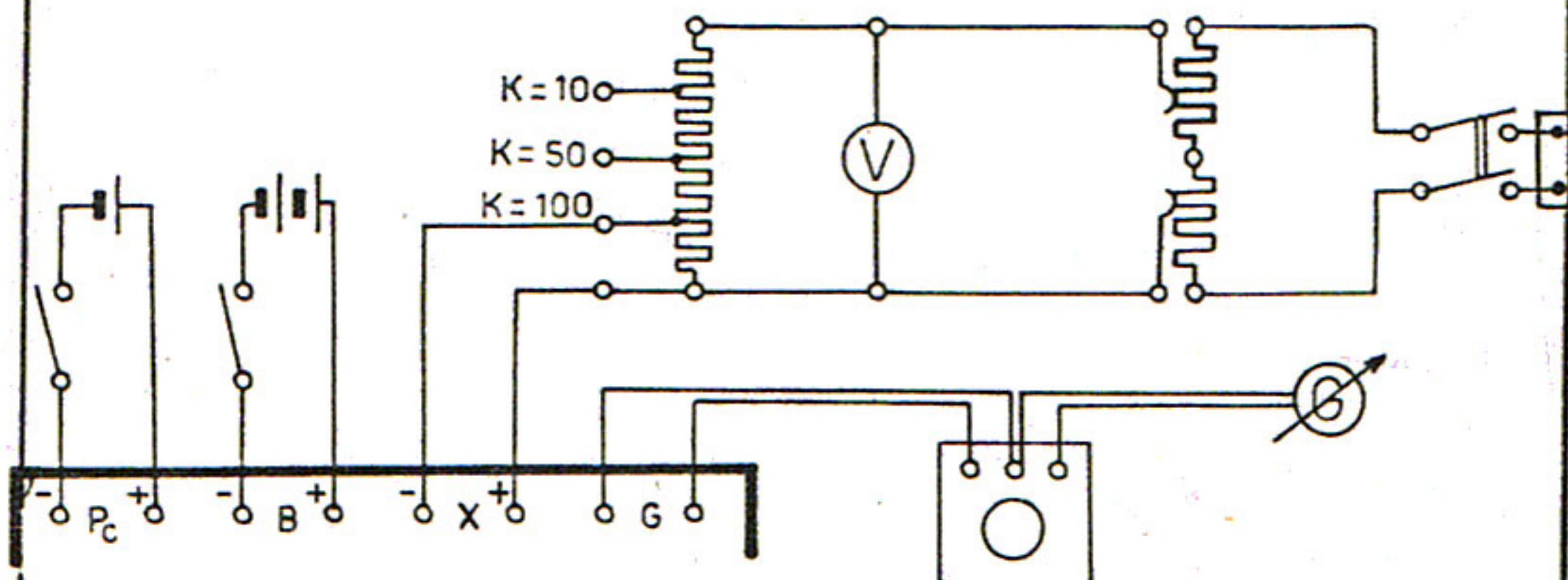
(Se la corrente è di 0,0001 A., si otterranno cadute di 1 V. sulle resistenze di 10.000 Ohm, di 0,1 V. su quelle di 100 Ohm e così via).

Per eseguire la taratura, se la pila campione ha una f.e.m. uguale a 1,0186 V. e la batteria di alimentazione è a 4 V., si fisseranno alle resistenze delle 3 cassette i seguenti valori.: $R_1=10.186 \text{ Ohm}$, $R_2=9.814 \text{ Ohm}$, $R_0=20.000 \text{ Ohm}$. Proteggere quindi il galvanometro, chiudere l'interruttore di alimentazione e spostare il commutatore dalla parte della pila campione.

Variare il valore di R_0 fino ad azzerare il galvanometro nelle condizioni di massima sensibilità.

Per effettuare la misura di f.e.m. incognite, ridurre la sensibilità del galvanometro, spostare il commutatore dalla parte del generatore in esame e regolare il valore della R_1 e contemporaneamente della R_2 (la somma si deve mantenere a 20.000 Ohm), fino a rendere nulla l'indicazione del rivelatore. Aumentare la sensibilità ed affinare la misura. Ripetere e fare la media dei risultati.

VERIFICA DI VOLTMETRO CON POTENZIOMETRO



N	$V_{(V)}$	V_c			$\Delta V_{(V)}$	er' %	β	Oss.
		L_p	K	V				

$$V_c = L_p \cdot K$$

$$\Delta V = V - V_c$$

$$er' \% = \frac{\Delta V}{V} 100$$

$$\beta = \frac{\Delta V_n}{V_n} 100$$

Preparare un normale circuito per la verifica di voltmetri. Al posto dello strumento campione, applicare direttamente i morsetti del potenziometro, se le tensioni da misurare sono dell'ordine di 1 o 2 V., oppure aggiungere un divisore di tensione, con opportuno rapporto, quando le portate dei voltmetri da verificare superano i suddetti valori.

Alimentare il potenziometro con una sorgente di 4 V., applicare la pila campione e procedere alla taratura del potenziometro servendosi delle indicazioni di un galvanometro molto sensibile.

Controllare la posizione dell'indice dello strumento in prova, nelle condizioni di riposo, e, se è necessario, metterlo a zero.

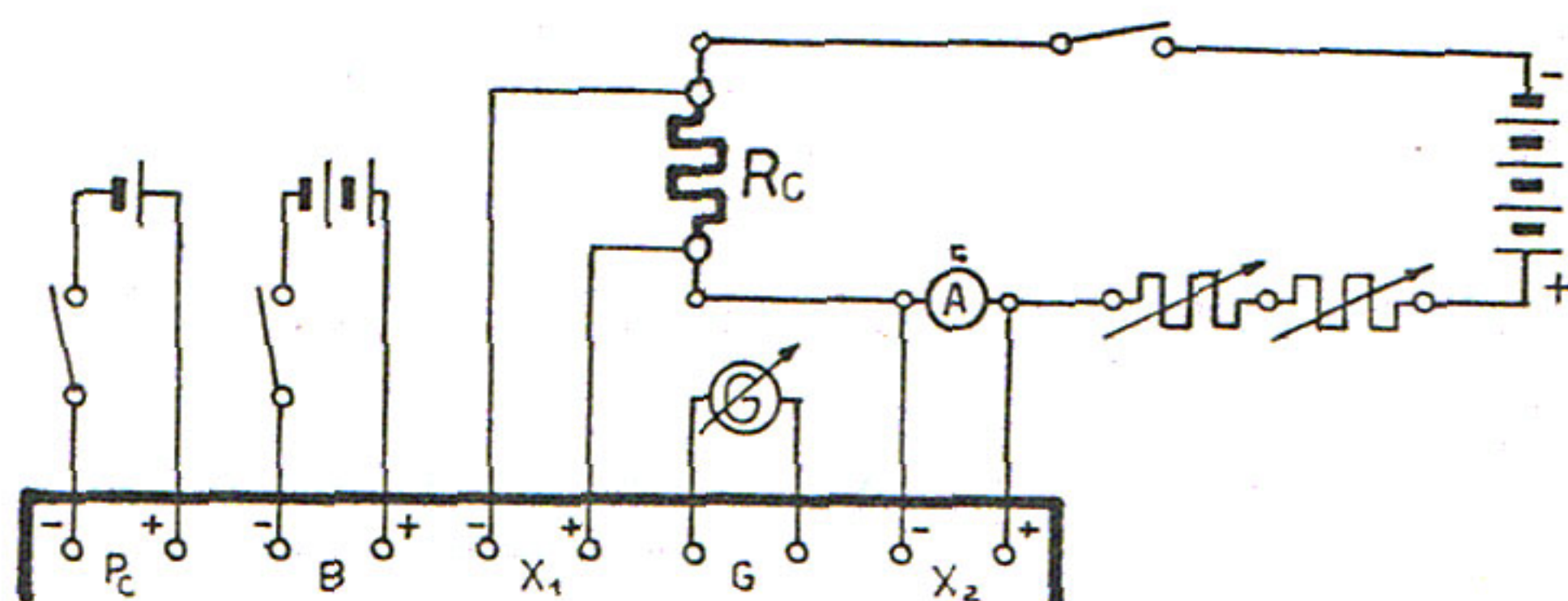
Alimentare e regolare il dispositivo a pila ridotta portando l'indice del voltmetro in corrispondenza di un numero esatto di divisioni (per es. 1/10 del fondo scala).

Misurare con il potenziometro il valore della tensione che, moltiplicata per la costante del divisore, darà la tensione campione.

Ripetere le misurazioni, ad intervalli costanti, fino a raggiungere il fondo scala e controllare, ogni tanto, la taratura.

Calcolare gli errori, tracciare il grafico $E_r \% = f(V)$ e verificare la classe di precisione.

VERIFICA DI AMPEROMETRO CON POTENZIOMETRO



N	$A^{(A)}$	$V_{X_1}^{(V)}$	$R_C^{(\Omega)}$	$A_C^{(A)}$	$\Delta A^{(A)}$	$er\%$	$V_{X_2}^{(V)}$	$r_o^{(\Omega)}$	Oss.

$$A_C = \frac{V_{X_1}}{R_C}$$

$$\Delta A = A - A_C$$

$$er\% = \frac{\Delta A}{A} 100$$

$$r_o = \frac{V_{X_2}}{A}$$

Osservare innanzitutto la portata dell'ampereometro.

Realizzare il circuito di verifica alimentandolo con una tensione di valore tale da permettere l'impiego di reostati con resistenze non molto basse (valori minimi 5 - 10 Ohm).

Inserire un resistore campione che sopporti la corrente massima dell'ampereometro e che dia delle cadute di tensione direttamente misurabili con il potenziometro.

Eeguire, con la massima cura, le operazioni di taratura.

Regolare l'intensità di corrente facendo in modo che l'apparecchio da verificare segni 10 o 15 divisioni, e misurare, prima la caduta di tensione ai capi del resistore campione e poi quella ai morsetti dell'ampereometro.

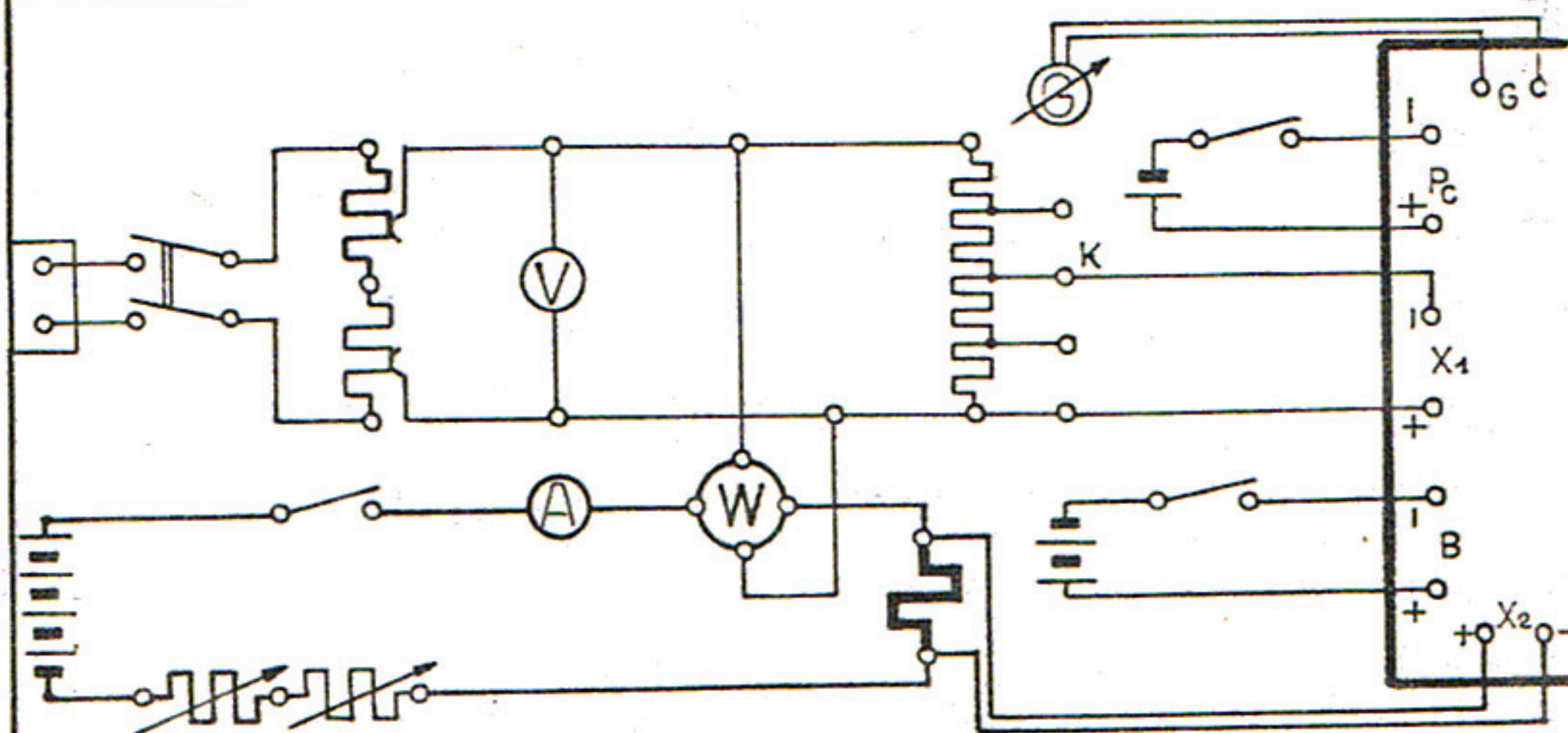
Con la prima caduta, determinare la corrente campione e, con la seconda, la resistenza interna dello strumento.

Ripetere le operazioni di verifica in corrispondenza di altri punti della scala.

Le misurazioni per determinare la resistenza interna possono essere eseguite soltanto 4 o 5 volte, operando con minor precisione.

Calcolare gli errori, tracciare il grafico e determinare il valore medio della resistenza interna dell'ampereometro.

VERIFICA DI WATTMETRO CON POTENZIOMETRO



N	W			$V_{X_2}^{(V)}$	$R_c^{(\Omega)}$	$A_c^{(A)}$	$V_{X_1}^{(V)}$	K	$V_c^{(V)}$	$W_c^{(W)}$	$\Delta W^{(W)}$	er%	β	Oss.
	L	K	W											
														$A_c = \frac{V_{X_2}}{R_c}$ $V_c = V_{X_1} \cdot K$

$$W_c = A_c \cdot V_c$$

$$\Delta W = W - W_c$$

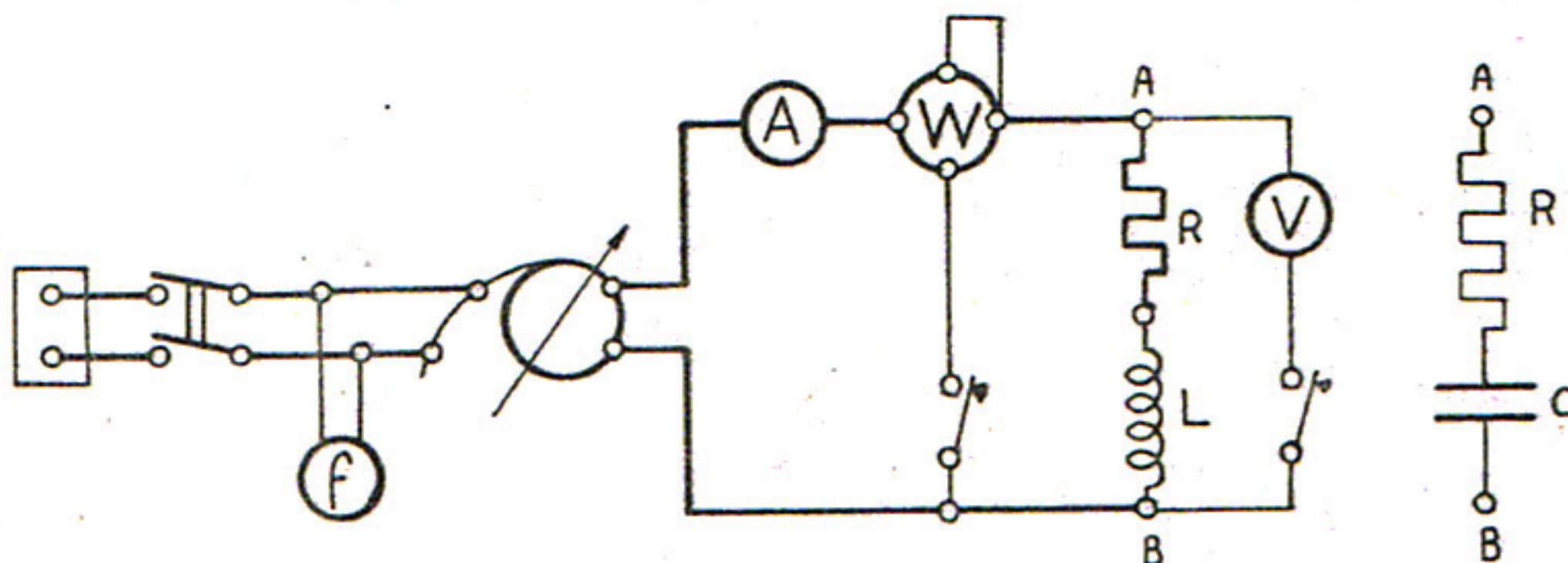
$$er\% = \frac{\Delta W}{W} 100$$

Preparare un circuito simile a quello realizzato per la verifica dell'ampereometro, inserendovi la bobina amperometrica. Alimentare separatamente, attraverso un dispositivo con doppia regolazione di tensione, la bobina voltmetrica del wattmetro. Eseguire la taratura del potenziometro.

Regolare la tensione e raggiungere un valore che coincida esattamente con la portata voltmetrica del wattmetro: controllare questo valore, prima con il voltmetro e poi con il potenziometro. Il dispositivo a pila ridotta dovrà comprendere un reostato che renda possibili delle regolazioni molto fini. Chiudere il circuito amperometrico e variare l'intensità in modo che il wattmetro segni 10 divisioni: rilevare il valore della corrente, prima approssimativamente con l'ampereometro, e poi, con la massima precisione, mediante il potenziometro. Determinare la potenza campione facendo il prodotto della tensione per la corrente così determinata.

Ripetere il controllo della tensione (che deve rimanere costante) e misurare il valore della corrente necessaria per spostare l'indice di 10 divisioni per volta. Assicurarsi che, durante tutto il tempo occorrente per verificare un punto della scala, l'indice rimanga esattamente nella posizione stabilita. Eseguire i calcoli e i grafici soliti.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI UNA IMPEDENZA OHMICA-INDUTTIVA E OHMICA-CAPACITATIVA



N	I _(A)	V _(V)	P			P' (W)	Z (Ω)	R (Ω)	X (Ω)	f (%)		Osservazioni
			L	K	W							
											L _{ov}	Imp. Ohmica-ind. R _v = R _w =
											C _{ov}	Imp. Ohmica-capac.

$$P' = P - \frac{R_v + R_w}{R_v \cdot R_w} \cdot V^2; \quad Z = \frac{V}{I}; \quad R = \frac{P'}{I^2}; \quad X = \sqrt{Z^2 - R^2}; \quad L = \frac{X}{2\pi f}$$

Scegliere le portate degli apparecchi in base alle caratteristiche della bobina (impedenza ohmica-induttiva). Impiegare un wattmetro a basso cos φ. Regolare la tensione di alimentazione facendo in modo che tutti gli strumenti diano delle deviazioni piuttosto ampie.

Leggere prima l'amperometro, con i tasti voltmetrici aperti; chiudere quindi i tasti ed effettuare le altre letture.

Ripetere le misurazioni 4 o 5 volte variando le grandezze in giuoco. Annotare i valori delle resistenze delle bobine voltmetriche per poter calcolare i consumi delle medesime.

Eseguiere i calcoli e determinare i valori medi di R e di L.

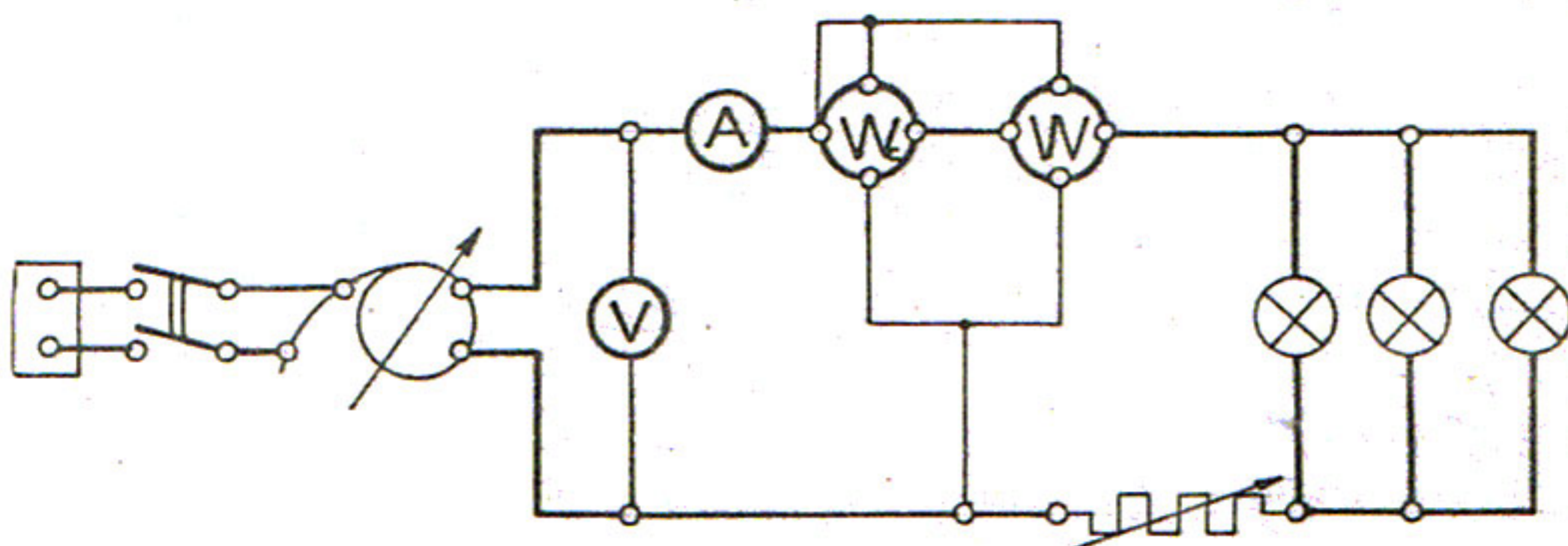
Sostituire la bobina con un condensatore ed eventualmente cambiare le portate degli apparecchi di misura.

Effettuare alcune misurazioni seguendo il procedimento suggerito per svolgere la prima parte dell'esercitazione.

Calcolare la capacità con la formula: $C = 1 : (2\pi f X)$.

(La resistenza equivalente in serie, che ha valori assai limitati, giustifica le perdite del condensatore).

VERIFICA DI WATTMETRO CON WATTMETRO CAMPIONE



N	V (V)	I (A)	P			Pc			ΔP (W)	e%	OSSERVAZIONI
			L	K	W	L	K	W			

$$\Delta P = P - P_c$$

$$e\% = \left(\frac{P - P_c}{P} \right) 100$$

Scegliere, in base alla portata amperometrica e a quella volmetrica del wattmetro da verificare, il wattmetro campione ed il gruppo di lampade adatto.

Predisporre anche un reostato per la regolazione fine del carico.

Regolare la tensione portandola al valore della portata volmetrica del wattmetro in esame.

Inserire gradualmente le lampade e, manovrando il cursore del reostato, far in modo che l'indice dello strumento da verificare segni un numero esatto di divisioni. Raggiunta questa condizione, leggere accuratamente la indicazione del campione.

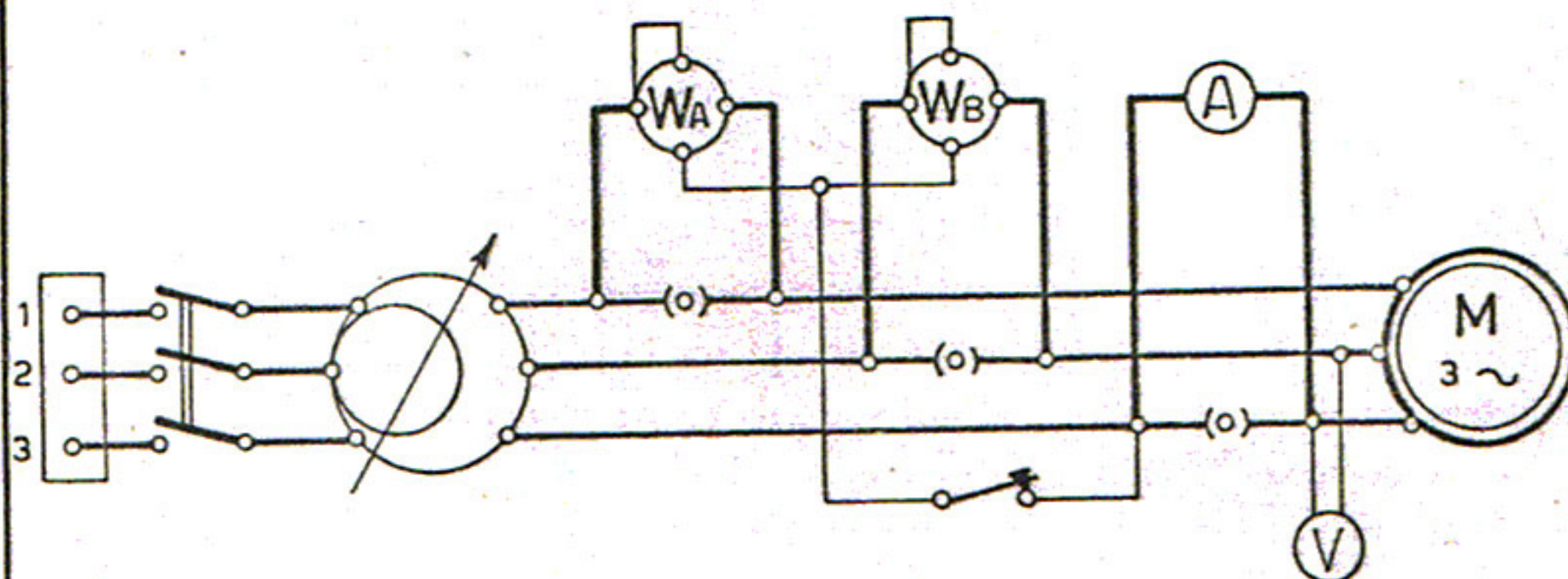
Includere altre lampade e ripetere le stesse operazioni fino a raggiungere il fondo scala.

Eseguiere il calcolo degli errori.

Tracciare il grafico $e\% = f(P)$.

Verificare la classe di precisione con la solita formula: $\frac{\Delta P_{\max} \cdot 100}{P_{\max}} = \beta$

MISURA DELLA PORTATA REALE IN UN CIRCUITO TRIFASE CON INSERZIONE ARON



N	V _(V)	I _(A)	A			B			P _(W)	X	cos φ	Oss.
			L	K	W	L	K	W				

$$P = A + B$$

$$X = \frac{B}{A}$$

$$\cos \varphi = \frac{1 + X}{2 \sqrt{X^2 + 1}}$$

Realizzare l'inserzione Aron, innestare le spine per cortocircuitare le bobine amperometriche ed avviare il motore con tensione ridotta.

Stabilire un valore di tensione, per esempio pari al 50% della nominale, e leggere l'indicazione di tutti gli strumenti.

Se l'indice di un wattmetro tende a spostarsi a sinistra dello zero, occorrerà invertire la corrente nella bobina amperometrica oppure in quella voltmetrica: in questi casi la lettura dovrà considerarsi negativa.

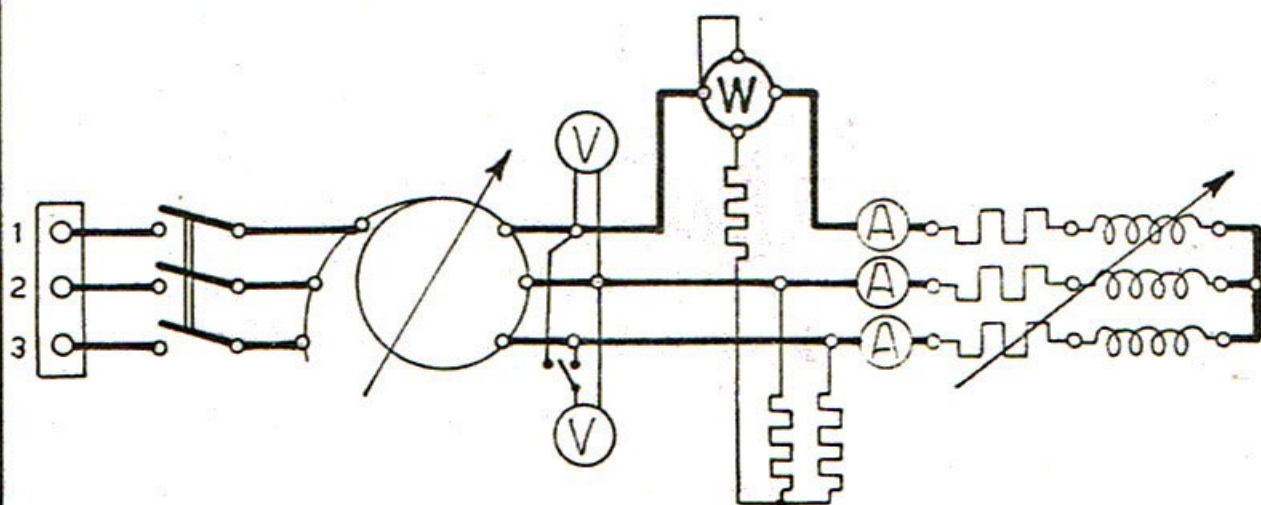
In generale, per stabilire il segno dell'indicazione dei due wattmetri, si apre il tasto che collega le voltmetriche al terzo filo: se le indicazioni permangono positive le due potenze sono da sommare, in caso contrario si dovrà togliere la minore dalla maggiore.

Ripetere la prova con diversi valori di tensione fino a raggiungere la tensione nominale.

Calcolare la potenza reale ed il rapporto B/A. (Il valore di "x" serve per determinare il fattore di potenza con la formula o il diagramma di Block).

La potenza assorbita dal motore corrisponde alle perdite Joule, meccaniche e nel ferro.

MISURA della POTENZA REALE in un CIRCUITO EQUILIBRATO e SIMMETRICO CON UN WATTMETRO E CON UN CENTRO STELLA ARTIFICIALE



N	$V_{1-2}^{(V)}$	$V_{2-3}^{(V)}$	$I_1^{(A)}$	$I_2^{(A)}$	$I_3^{(A)}$	P			$P_{(W)}$	Oss.
						L	K	W		

$$P = 3 R$$

Realizzare un carico trifase equilibrato collegando a stella tre bobine con nucleo magnetico spostabile, oppure tre bobine di induttanza costante, in serie a tre reostati.

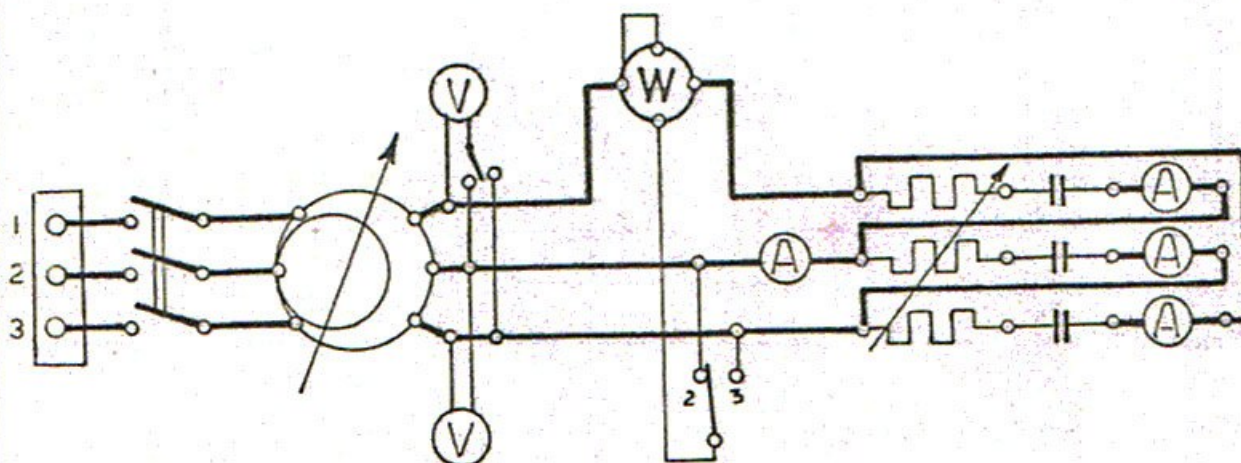
Formare un centro-stella artificiale disponendo su una fase la bobina voltmetrica e la resistenza addizionale del wattmetro e sulle altre fasi due cassette sette di resistori campioni con incluso un valore di resistenza uguale a quello del circuito voltmetrico del wattmetro.

Alimentare con tensione variabile e realizzare alcune condizioni di carico, tenendo presente le portate amperometriche dei reostati e delle bobine. Verificare l'uguaglianza delle tensioni e delle correnti di linea e leggere la indicazione del wattmetro.

Si ottiene la potenza di una fase e basterà moltiplicarla per 3 per ottenere la potenza assorbita dal carico trifase.

(Se l'impedenza di ciascun utilizzatore è molto piccola rispetto alla R_w , si può collegare direttamente l'uscita della bobina voltmetrica al centro-stella del carico).

MISURA DELLA POTENZA REALE IN UN CIRCUITO TRIFASE EQUIL. E SIMM.
CON UN WATTMETRO E DUE LETTURE - PSEUDO ARON -



N	$V_{1-2}^{(V)}$	$V_{2-3}^{(V)}$	$I_1^{(A)}$	$I_2^{(A)}$	$I_3^{(A)}$	$I_1^{(A)}$	$P_{1-2}^{(W)}$	$P_{1-3}^{(W)}$	$P^{(W)}$	Q_{ss}

$$P = P_{1-2} + P_{1-3}$$

Formare un carico trifase equilibrato, collegato a triangolo, impiegando tre reostati e tre condensatori.

Osservare la portata amperometrica dei resistori e dei condensatori.

Stabilire dei valori di corrente di prova e scegliere gli amperometri adatti.

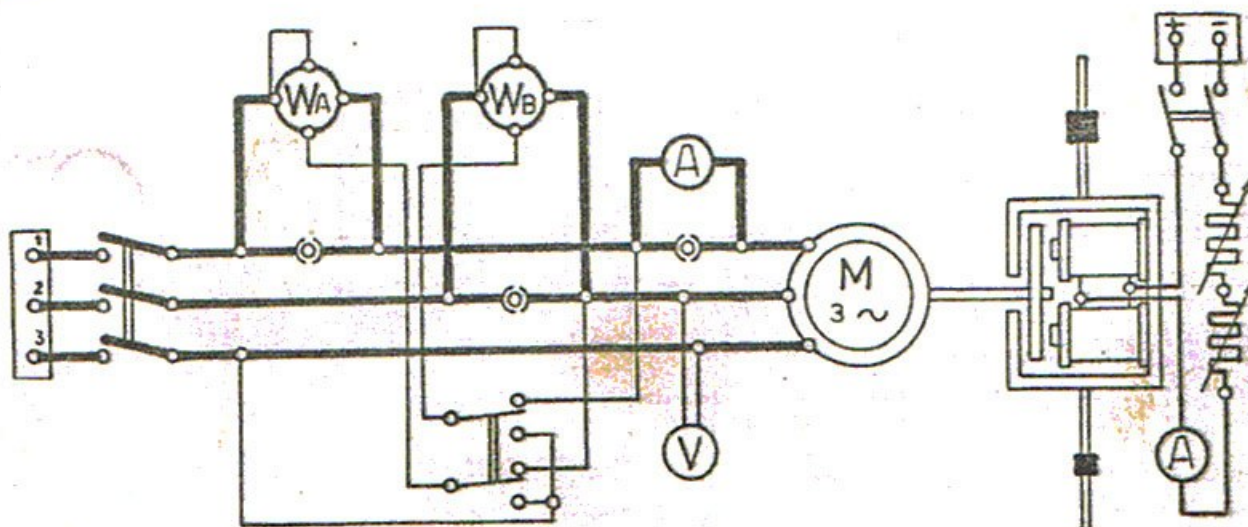
E' bene che il wattmetro sia provvisto di invertitore di corrente per la bobina voltmetrica.

Realizzare diverse condizioni di carico: reostati completamente inclusi - reostati esclusi in parte - reostati esclusi - condensatori esclusi.

In ciascuna condizione, regolare la tensione, controllare se le 3 correnti sono uguali e fare velocemente le due letture del wattmetro con il deviatore in posizione 2 e 3.

Eseguire i calcoli ed osservare se le indicazioni dei wattmetri concordano con le previsioni teoriche.

MISURA della POTENZA ATTIVA, REATTIVA e DETERMINAZIONE del $\cos \phi$ CON IL METODO DEI DUE WATTMETRI E DELLE QUATTRO LETTURE



N	$V_{(V)}$	$I_{(A)}$	A			B			A'			B'			$P_{(W)}$	$Q_{(VA)}$	$\cos \phi$
			L	K	W	L	K	W	L	K	W	L	K	W			

$$Q = \frac{A - B - 2(A' - B')}{\sqrt{3}}$$

$$\cos \phi = \cos \arctg \frac{Q}{P}$$

$$P = A + B$$

Accoppiare meccanicamente il motore trifase al freno elettromagnetico e predisporre un circuito per l'alimentazione delle bobine di eccitazione del freno.

Inserire i wattmetri usando delle spine di corto circuito per le bobine amperometriche e collegando le voltmetriche a un commutatore bipolare. Alimentare il circuito con la tensione nominale del motore ed effettuare l'avviamento.

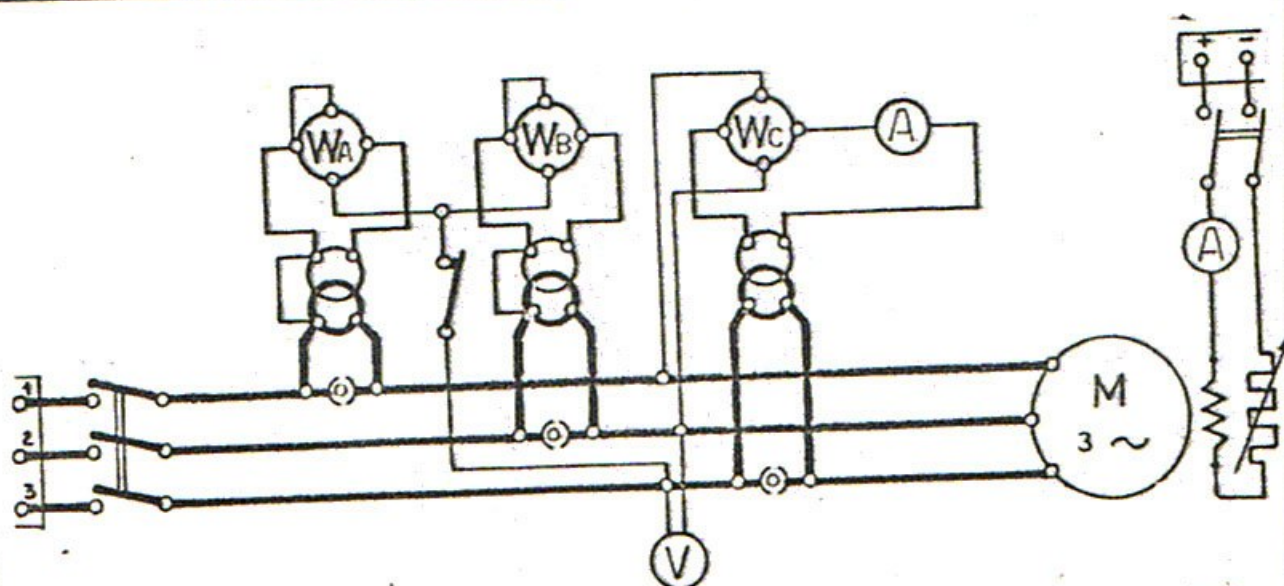
Togliere le spine di corto circuito, eccitare il freno realizzando la condizione di carico nominale e provvedere all'equilibratura della parte oscillante.

Eseguire velocemente le letture dei wattmetri, con il commutatore nelle 2 posizioni.

Scaricare progressivamente il motore, diseccitando il freno, e ripetere le stesse operazioni. Quando si rendono necessarie delle inversioni di corrente nelle bobine dei wattmetri, bisogna prestare attenzione al segno da assegnare alle letture.

(Al posto del commutatore si può usare un semplice tasto che collega le uscite delle voltmetriche al terzo filo: a tasto chiuso si fanno le prime 2 letture e a tasto alzato le altre 2. In queste ultime letture la costante dei wattmetri gemelli è raddoppiata).

MISURA della POTENZA ATTIVA e REATTIVA con INSERZIONE dei WATTMETRI ATTRAVERSO TRASFORMATORI RIDUTTORI DI CORRENTE



V	I			A			B			C			$P_{(W)}$	$Q_{(Var)}$	$\cos \varphi$	Oss.
	L	K	A	L	K	W	L	K	W	L	K	W				

$K_A =$
(rapp. nom.
T.A.)

$$K = K_w K_n$$

$$P = A + B$$

$$Q = \frac{A - B + 2C}{\sqrt{3}}$$

Inserire le bobine amperometriche degli strumenti attraverso i T.A. tenendo presenti i contrassegni sui morsetti.

Derivare le voltmetriche dei wattmetri facendo dei ponticelli sui T.A. oppure collegandole direttamente ai fili di linea.

(L'apparecchio utilizzatore è un motore sincrono che ha la proprietà di assorbire correnti variabili, in intensità ed in fase, al variare della sua corrente di eccitazione).

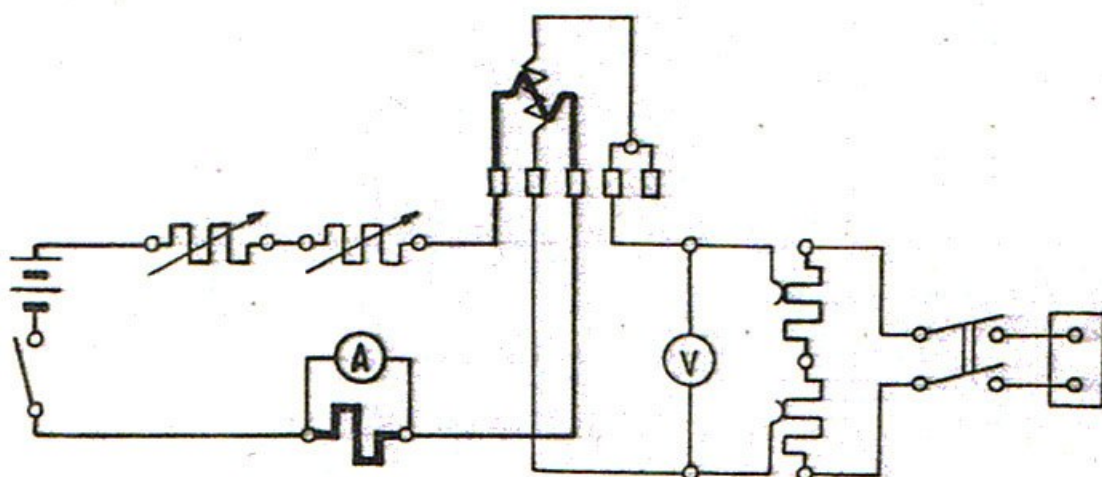
Eseguire le manovre di avviamento del motore e realizzare la condizione di funzionamento a vuoto.

Regolare la corrente di eccitazione fino a portare la corrente assorbita in fase con la tensione: $A = B$; $C = 0$. Leggere contemporaneamente le indicazioni di tutti gli strumenti.

Ripetere le stesse misurazioni con il motore in regime di sottoeccitazione (carico ohmico-induttivo) ed in regime di sovrareccitazione (carico ohmico-capacitivo).

(Tenere presente che la costante dei wattmetri e dell'amperometro deve essere moltiplicata per il rapporto nominale dei T.A.).

VERIFICA DI UN CONTATORE A C.C. CON CARICO FITTIZIO CON VOLTMETRO, AMPEROMETRO E CONTASECONDI



N	V _(V)	C%	I _(A)	P _(Kw)	t _(sec)	n	A _(Kwh)	W _(Kwh)	e%	c	Oss.
											$N = \dots\dots\dots$ $c = \frac{P \cdot t \cdot N}{3600 \cdot n}$

$$P = \frac{V \cdot I}{1000} \text{ (Kw)}; A = \frac{n}{N} \text{ (Kwh)}; W = \frac{P \cdot t}{3600} \text{ (Kwh)}; e\% = \left(\frac{A}{W} - 1 \right) 100$$

Scegliere le sorgenti di alimentazione ed i dispositivi di regolazione dei due circuiti in base ai dati di targa del contatore in prova.

Alimentare la bobina voltmetrica con la tensione nominale. (Per raggiungere il regime termico si dovrebbe mantenere applicata la suddetta tensione per 1 ora). Chiudere il circuito amperometrico e regolare l'intensità di corrente portandola al 10% della I_n .

Osservare la costante di integrazione e prefissare un numero di giri tale da determinare un valore esatto del rapporto n/N .

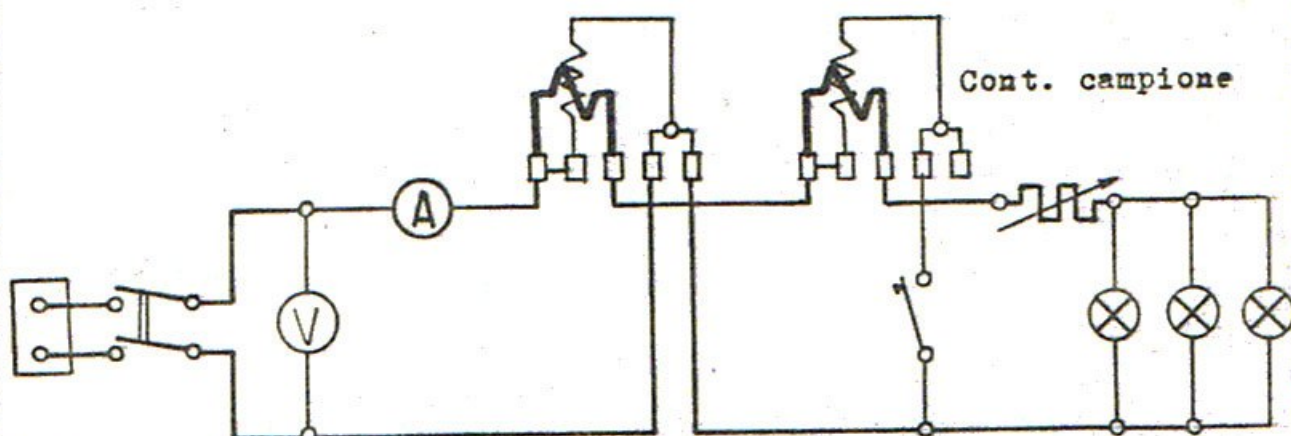
Misurare il tempo impiegato dal disco a compiere i giri prestabiliti: questo tempo deve superare il minuto primo.

Ripetere alcune volte l'operazione di cronometraggio per evitare errori soggettivi e per attendere che la bobina amperometrica raggiunga la condizione di regime termico.

Realizzare carichi crescenti, fino a raggiungere il 150% della corrente nominale, e ripetere le stesse operazioni di verifica.

Eseguire accuratamente i calcoli e tracciare il grafico degli errori: $e = f(C\%)$

VERIFICA DI UN CONTATORE A C.A. MONOFASE CON CARICO REALE E CONTATORE CAMPIONE



N	V _(V)	I _(A)	C%	n	A _(kWh)	n _c	W _(kWh)	e%	Oss.
			10%						N =
			...						N _c =
			150%						

$$A = \frac{n}{N} ;$$

$$W = \frac{n_c}{N_c} ;$$

$$e\% = \frac{A - W}{W} \cdot 100$$

Osservare attentamente gli schemi di inserzione dei due contatori e particolarmente quello del campione.

Realizzare il circuito inserendo dei reostati oppure un reostato e un quadro di lampade.

Stabilire dei numeri di giri esattamente divisibili per la costante di integrazione dello strumento in prova.

Iniziare la verifica con bassi carichi.

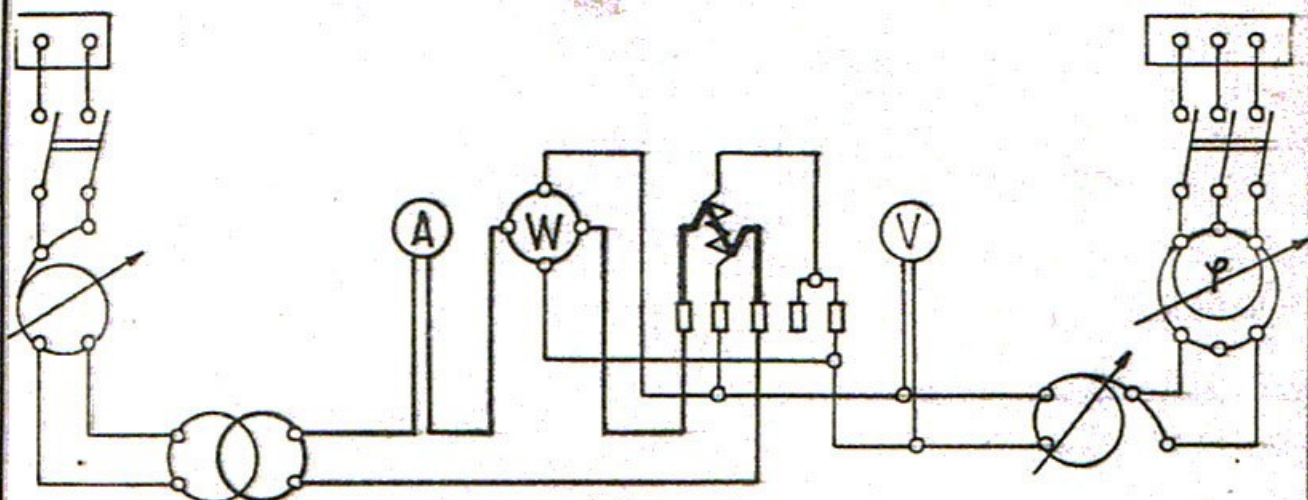
Azionare il pulsante del contatore campione, facendolo partire all'inizio del conteggio del numero dei giri ed arrestandolo nello stesso istante in cui, i giri suddetti, risultano compiuti.

Ripetere la stessa operazione alcune volte e fare la media dei risultati.

Procedere nella verifica passando su valori di carico progressivamente crescenti.

Tracciare il grafico degli errori.

VERIFICA di UN CONTATORE A C.A. MONOFASE a $\cos \phi = 1$ e a $\cos \phi = 0,5$ IND.
CON CARICO FITTIZIO, WATTMETRO E CONTASECONDI



N	V	C%	I	P	t	n	A	W	e%	c	Oss.
											$\cos \phi = 1$
											$\cos \phi = 0,5 \text{ ind.}$

$$P \text{ (Kw)}; A = \frac{n}{N}; W = \frac{P \cdot t}{3600}; e \% = \frac{A - W}{W} \cdot 100; c = \frac{P \cdot t \cdot N}{3600 \cdot n}$$

Togliere il ponticello tra l'entrata della bobina amperometrica e quella della voltmetrica.

Alimentare i due circuiti con tensioni stabilizzate e di forma sinusoidale. Realizzare una condizione di carico qualunque e spostare il rotore del variatore di fase fino a ridurre a zero l'indicazione del wattmetro. Cortocircuitare la bobina amperometrica del wattmetro ed osservare la piccola deviazione: se è positiva la tensione risulta a 90° in ritardo sulla corrente, se è negativa sarà a 90° in anticipo.

Individuate queste posizioni limite, sarà possibile realizzare le condizioni di $\cos \phi = 1$ e di $\cos \phi = 0,5$ induttivo.

Svolgere le operazioni di verifica seguendo lo stesso procedimento delle prove precedenti.

Tracciare i due grafici degli errori.

NORME C.E.I. PER LE PROVE SUI CONTATORI AD INDUZIONE

PROVE DI TIPO

Si effettuano su due esemplari messi a disposizione dal fornitore.

Le prove da eseguirsi sono:

Isolamento - Consumo voltmetrico ed amperometrico - Limiti di sovratemperatura - Assenza di marcia a vuoto - Avviamento - Silenziosità di funzionamento - Precisione.

LIMITI DI ERRORE PER CONTATORI MONOFASI E TRIFASI A 2 o 3 SISTEMI. VERIFICATI CON CARICHI EQUILIBRATI

Dal 10% della I_n	alla I_{max}	con $\cos \varnothing = 1$	+ 2,0 %
Al 5 %	" "	" "	+ 2,5 %
Dal 20% "	" alla I_{max}	" "	+ 2,0 %
Al 10% "	" "	" "	+ 2,5 %

($I_{\max}$ è il valore della corrente fino al quale il contatore rientra nei limiti di precisione - è segnato in targa accanto alla I_n).

LIMITI DI ERRORE PER CONTATORI TRIFASI ALIMENTATI DA UN SISTEMA DI TENSIONI SIMMETRICHE E CON CORRENTE IN UNA SOLA FASE

Dal 20% al 100 % della I_n	con $\cos \phi = 1$	+ 3,0 %
Al 50% " I_{max}	" " " = 1	+ 3,0 %
Al 100% " I_n	" " " = 0,5 ind.	+ 3,0 %

In relazione ai valori di tali limiti di errore, i contatori che soddisfano alle presenti norme si considerano di classe 2.

Le prove per la determinazione degli errori devono essere fatte:

- a) alla temperatura di riferimento (generalmente $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$);
- b) in posizione verticale;
- c) alla tensione di riferimento;
- d) alla frequenza di riferimento $\pm 5\%$;
- e) con correnti e tensioni praticamente sinusoidali;
- f) alle condizioni di regime termico: le bobine voltmetriche devono essere sottoposte a tensione per un'ora, quelle amperometriche devono rimanere, dopo l'applicazione di ciascun carico, un tempo (in minuti) dato dalla formula: $t = (100 I_n : I_{\max})$

PROVE DI COLLAUDO

Sono le prove di selezione (che si effettuano su tutti i contatori) e quelle di conformità al tipo.

Nelle prove di selezione, il controllo della taratura viene eseguito con criteri meno impegnativi: i limiti degli errori sono maggiorati dell'1 %, i tempi di attesa sono ridotti, ecc.

I contatori trifasi si possono controllare in doppio e triplo monofase (amper. in serie e voltm. in parallelo); quelli a 2 sistemi si possono verificare in "monotrifase" (amper. in serie e voltm. in trifase).

STAMPA: EREDI VERCELLINI - VERBANIA

1970

