

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCVIII.

1901

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME X.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1901

luce nei mezzi birefrangenti. Venendo poi alle ricerche successive a quelle celebri di Fresnel, se da una parte la teoria del Mallard toglie ogni realtà fisica alla concezione del grande fondatore dell'ottica, essa apparisce come una geniale intuizione dopo la scoperta fatta dal Cotton di mezzi che hanno un assorbimento selettivo per una specie di raggi circolari, e dopo le ricerche che seguirono la scoperta del fenomeno Zeeman.

Fisica. — *Sull'uso dell'elettrodinamometro nella misura dei coefficienti di induzione mutua* (1). Nota del dott. RICCARDO MANZETTI, presentata dal Socio BLASERNA.

Quando il galvanometro balistico presenta delle sensibilità eccezionali con basse resistenze, come è necessario nelle misure di coefficienti di induzione mutua molto piccoli (p. es. $K = 10^{-8}$ amp. per 1 mm. della scala a 2 m. di distanza ed $R = 6$ ohm.) è noto come si abbiano nel suo uso dei seri inconvenienti, che si possono riassumere così: 1° Variazioni di zero, dovute alle correnti vaganti del sottosuolo, ed alle correnti termoelettriche che si generano per l'inevitabile differenza di temperatura fra le diverse parti del circuito eterogeneo; 2° Variabilità della costante dell'istrumento nel corso delle misure, dovuta principalmente alla variazione dell'intensità di magnetizzazione del magnete astatizzatore (2).

Queste ragioni che permangono almeno in parte anche per sensibilità meno elevate, mi spinsero a ricercare se l'elettrodinamometro e le correnti alternate non offrissero un metodo altrettanto sensibile ed esente dalle perturbazioni suddette, in tutti quei casi però in cui la corrente alternata possa e debba essere adoperata, e p. es. per la misura dei coefficienti di induzione mutua fra correnti nell'aria, per la determinazione della permeabilità di sostanze non conduttrici, e nella misura delle variazioni dei coefficienti stessi per effetto delle correnti parassite ecc.

È chiaro intanto che nella scelta dell'istrumento, qualunque schema di circuiti si adottasse, si doveva ricercare la massima sensibilità colla minima resistenza, esclusi pertanto il tipo Siemens a bobina mobile, come quello affatto insufficiente allo scopo. Mi servii invece dell'elettrodinamometro a ferro mobile, che ho già descritto nella sua parte costruttiva (3).

(1) Lavoro eseguito nel Gabinetto di Fisica Tecnica della Scuola per Ingegneri, di Roma.

(2) Vedi R. Manzetti ed A. Sella, *Ricerche magnetiche*. Atti dell'Accademia Gioenia 1900.

(3) Vedi R. Manzetti, Atti della R. Acc. dei Lincei, 1901. *Di un nuovo metodo per la misura della frequenza delle correnti alternate*.

L'equipaggio mobile di questo elettrodinamometro avrebbe potuto essere di rame, ma in tal caso la sensibilità sarebbe stata molto minore, e la costante dell'istrumento avrebbe variato colla frequenza.

Nei diversi tentativi fatti per aumentarne la sensibilità, mi accorsi che essi erano piuttosto perniciosi che utili per il buon uso dell'istrumento: dei fascetti di filo di ferro nelle bobine influivano sullo zero dell'istrumento, per le variazioni della magnetizzazione di essi: eccedere nella sensibilità della sospensione, non era nemmeno utile, per le maggiori ed eccessive cure che richiede l'uso delle sospensioni delicate di filo di quarzo.

Mi accontentai però di una via intermedia, e riuscii ad ottenere senza inconvenienti e abbastanza facilmente una sensibilità dell'ordine di $K = 2 \cdot 10^{-6}$ ampère (ammettendo approssimativamente $i = K \sqrt{\alpha}$) con una resistenza interna di 12 ohm. e la scala a 2 m. di distanza.

In tutte le esperienze fatte la corrente alternata era ottenuta con un piccolo alternatore mosso da un motorino a corrente continua eccitato in derivazione; il numero delle alternazioni era circa 200 al ".

Per confrontare i diversi metodi di misura a cui accennerò, paragonavo fra loro due coefficienti di cui uno si ammetteva noto, l'altro era variabile da zero ad un certo valor massimo.

Il primo era dato da una spirale posta nel campo generato da una bobina molto lunga. Si avevano; nel primario 27 spire per cm., nel secondario 426 spire di filo da $\frac{3}{10}$ in 4 strati. Il diametro del rocchetto era di 3 cm.

Il coefficiente da misurarsi era anch'esso dato da una spirale secondaria, ma questa era fissata ad un sostegno mobile per rispetto al primario, in modo che la bobina potesse passare da punti esterni a punti interni del primario, mantenendosi sempre coassiale a questo. In tal modo il coefficiente poteva variare con continuità da un valore zero ad un valore massimo molto prossimo a quello noto.

In questo secondo caso il primario era formato da una bobina lunga 10 cm. con due strati di filo da $\frac{6}{10}$ e con 268 spire complessive. Il secondario aveva 436 spire in 4 strati sopra un rocchetto da 3 cm. di diametro. I due primari erano percorsi in serie dalla corrente alternata di intensità poco superiore a $\frac{1}{2}$ amp. eff.

Ciò posto, è facile vedere come un metodo di zero per il confronto di questi due coefficienti dato dalla fig. 1 (1) per cui $\frac{M_1}{M_2} = \frac{R_1}{R_2}$, non può essere adottato nella pratica delle misure per due ragioni:

1°. Una piccolissima sensibilità dell'istrumento in vicinanza del punto zero, come si rileva senz'altro dalla $\alpha = \frac{1}{K^2} i^2$ da cui $\sigma = \frac{d\alpha}{di} = \frac{2}{K^2} i$, che ci dice cioè, che la sensibilità dell'istrumento non è una costante come nei galvanometri ordinari, ma diminuisce col diminuire della corrente.

(1) Vedi R. Manzetti ed A. Sella, *Permeabilità magnetica del platino alla temperatura dell'aria liquida*. Elettrecista, 1900.

2°. L'istrumento devia sempre da una stessa parte dello zero, cioè non si può riconoscere subito quale deve essere il senso giusto della variazione di resistenza nei due rami. In tali circostanze se al primo incon-

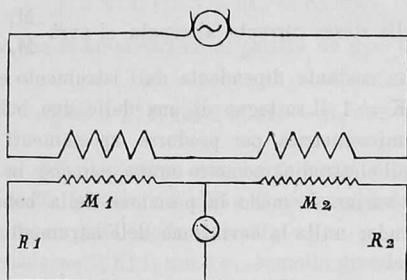


FIG. 1.

veniente si poteva pensare a rimediare con un eccesso di sensibilità nell'istrumento, il secondo invece rendeva così penosa e difficile la misura da farmi abbandonare qualsiasi altro tentativo in questo senso.

Però i grandi vantaggi che presentano generalmente i metodi di zero, mi fecero tentare una disposizione speciale dell'istrumento, feci costruire cioè un elettrodinamometro differenziale.

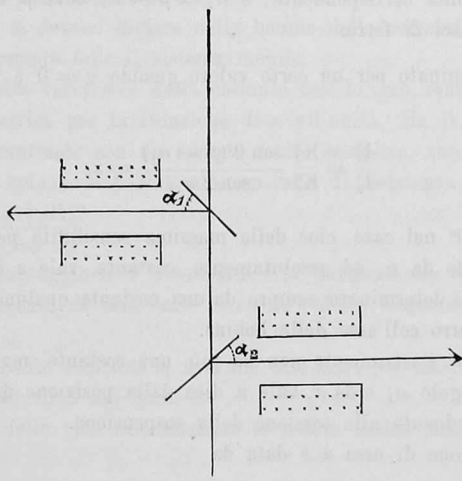


FIG. 2.

Tolsi dall'istrumento le due bobine e ne disposi sulle stesse guide altre due in modo però che avessero gli assi a diversa altezza, come è indicato schematicamente nella fig. 2. L'equipaggio mobile era costituito da un'asti-

cina di alluminio in cui erano infissi due fascetti di filo di ferro dolce, ricotto, coi loro assi ad angolo retto e disposti in modo da essere a 45° da una parte e dall'altra del piano dei due assi delle bobine.

È chiaro che, se le due correnti indotte sono generate dai due primari in serie percorsi dalla stessa corrente alternata, si avrà $\frac{M_1}{M_2} = K \frac{R_1}{R_2}$ in cui K (numero puro) è una costante dipendente dall'istrumento e facilmente determinabile. Per fare $K = 1$ il sostegno di una delle due bobine era raccomandato ad una vite micrometrica per produrre spostamenti piccolissimi. Così se i due circuiti dell'elettrodinometro erano percorsi in serie da una corrente, si poteva far variare in modo la posizione della bobina munita di vite micrometrica da render nulla la deviazione dell'istrumento: era allora chiaramente $K = 1$.

Si capisce allora come l'istrumento dia deviazioni dalle due parti dello zero, e per di più in vicinanza dello zero la sensibilità non sia diminuita, perchè non nulle sono le correnti che circolano nelle due bobine.

Però in certe condizioni l'equipaggio mobile è in equilibrio instabile. L'espressione del momento che soffre l'equipaggio mobile in generale è:

$$y = K_1^2 I_1^2 \sin 2\alpha_1 - K_2^2 I_2^2 \sin 2\alpha_2 - K_3 \alpha_3$$

essendo α_1 ed α_2 gli angoli che formano gli assi dei fascetti di ferro con l'asse della bobina corrispondente; è $\alpha_2 = \beta - \alpha_1$ dove β è l'angolo degli assi dei due fasci di ferro.

$\frac{I_1}{I_2}$ è determinato per un certo valore quando $y = 0$ e $K_3 \alpha_3 = 0$; si ha allora

$$\frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{K_2^2}{K_1^2} \frac{\sin 2(\beta - \alpha_1)}{\sin 2\alpha_1} = x.$$

Se $\beta = 90^\circ$ nel caso cioè della massima sensibilità per l'istrumento, x è indipendente da α_1 ed assolutamente costante, vale a dire il rapporto delle intensità è determinato sempre da una costante qualunque sia l'angolo che forma il ferro coll'asse delle bobine.

Se $\beta \leq 90^\circ$ l'istrumento non ha più una costante, ma il valore di x dipende dall'angolo α_1 e da β , vale a dire dalla posizione di zero dell'equipaggio mobile, dovuta alla torsione della sospensione.

La variazione di essa x è data da

$$dx = 2(\cotg 2(\beta - \alpha_1) - \cotg 2\alpha_1): \text{ p. es. per } \beta = 84^\circ \alpha = 40^\circ d\alpha = 2^\circ;$$

importa circa l'un per cento, e cresce rapidamente al variare degli angoli.

In questo stesso caso $\beta \leq 90^\circ$, la variazione tende a zero per $\alpha_1 = \frac{1}{2}\beta$.

Vogliamo ancora fare un'osservazione.

Per una variazione di corrente dI_1 il momento soffre una variazione

$$dy = 2 K_1^2 I_1^2 \cos 2 \alpha_1 d\alpha - 2 K_2^2 I_2^2 \cos 2 (\beta - \alpha_1) d\alpha \\ + 2 K_1^2 I_1 \sin 2 \alpha_1 dI_1 - K_3 d\alpha.$$

Si vede subito che se ammettiamo di partire da $y = 0$ e che sia $\beta = 90^\circ$ per semplicità, è

$$dy = 2 K_1^2 I_1 \sin 2 \alpha_1 dI_1 - K_3 d\alpha.$$

Se $K_3 = 0$, se cioè il sistema non ha torsione propria dy non si annulla che per α_1 molto piccoli, ed allora il sistema è folle, cioè qualunque piccola variazione di corrente rende $\alpha_1 = 0$.

Lo stesso avviene se $2 K_1^2 I_1 \sin 2 \alpha_1$ è molto grande rispetto a K_3 , ciò che però avviene se si lancia nell'istrumento una corrente I_1 troppo forte.

Questo allora ci indica il modo di usare l'istrumento. Le correnti che circolano nelle bobine devono esser tali da produrre ognuna una deviazione leggibile sulla scala.

Riassumendo, da quanto si è detto si deduce:

1°. L'istrumento deve essere costruito ed aggiustato in modo che sia β molto prossimo a 90° ed α_1 ad $\frac{1}{2} \beta$ perchè la x soffra la minima variazione al variare della posizione di zero.

2°. Non si devono inviare nelle bobine delle correnti eccessivamente forti per non rendere folle il sistema mobile.

Il fatto della variazione della costante con lo zero, rendeva meno utile la vite micrometrica per la riduzione di x all'unità. Ma il suo valore poteva essere determinato con un metodo molto semplice, shuntando cioè con una resistenza nota ϱ la bobina più sensibile di resistenza R . Sarà allora

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 = x = \left(\frac{\varrho + R}{\varrho}\right)^2.$$

Un altro vantaggio dell'istrumento è la indipendenza delle sue indicazioni della differenza di fase delle correnti, e della frequenza della corrente alternata.

Nell'istrumento costruito si avevano 304 spire per ciascuna bobina, con una resistenza di circa 8,8 ohm.

Coll'ajuto della vite micrometrica si poteva molto facilmente ottenere $x = 1,01$.

Per una variazione dello zero della scala di 8 o 10 cm. la x variava di circa il 3%. Mantenendo fisso lo zero dentro due o tre mm., non si aveva una variazione sensibile.

La sensibilità elettrodinamometrica di ognuna delle due parti era ridotta a circa $5 \cdot 10^{-6}$.

Giova avvertire che poco si era curato di ottenere l'ortogonalità fra i due fascetti di ferro.

Ottimi risultati ottenni ancora con altri metodi.

Supponiamo di tornare allo schema della fig. 3^a con l'elettrodinometro semplice nella diagonale.

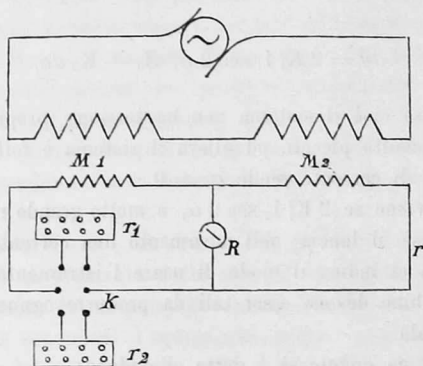


FIG. 3.

È chiaro che si avrà una stessa deviazione dell'istrumento per due valori della resistenza nel ramo dove vi ha la forza elettromotrice maggiore, il che corrisponde al caso di due deviazioni uguali o di segno contrario per le correnti continue. A e B sono i due primari: A col secondario fisso, cioè il coefficiente campione, B col secondario mobile, cioè il coefficiente variabile secondo quanto si è detto precedentemente: K è un commutatore a 6 vie che serve ad includere rapidamente nel ramo di M_2 la resistenza r_1 o la r_2 che si fanno variare in modo, che l'inclusione dell'una o dell'altra nel circuito non dia una differenza di deviazione apprezzabile nell'elettrodinometro. Allora è

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r(R+r)(r_1+r_2) + 2Rr^2}{2r_1r_2(R+r) + Rr(r_1+r_2)}$$

Manovrando il commutatore abbastanza rapidamente non si dà all'elettrodinometro il tempo di tornare verso lo zero e la misura si eseguisce con grande speditezza. Si suppongono nulli tutti i coefficienti di autoinduzione, il che è quasi sempre lecito.

Questo metodo per sensibilità e precisione di risultati mi ha dato risultati veramente notevoli. Ho operato per diverse deviazioni dell'elettrodinometro essendo il cannocchiale a 2,5 m. di distanza dallo specchio, e riporto alcuni numeri per dimostrare i risultati a cui sono giunto.

Era $R = 11,9 =$ resistenza dell'elettrodinamometro:

$\frac{M_1}{M_2}$	r_1	r_2	r	$\frac{M_1}{M_2}$	r_1	r_2	r
0,01569	∞	809,9	25,55	0,04753	1912	309,0	25,55
0,01571	7100	914,9	25,55	4753	1591	320,9	"
				4734	1262	341,0	"
0,02586	∞	489,9	25,55	4736	6968,3	373,0	"
2577	7383	527,9	"				
2582	4742	547,9	"	0,2873	2512,9	460,6	225,6
2590	2949	589,9	"	0,2869	2100	480,4	"
				0,2865	1789,6	502,9	"
				0,2870	1544,3	525,9	"
0,6063	540,2	276,9	225,6				
0,6061	741,9	326,1	275,6	0,8444	481,9	245,4	275,6
0,6071	704,1	333,4	275,6	0,8446	454,6	252,4	"
				0,8441	421,1	265,9	"
0,9114	623,0	306,4	375,6				
0,9112	595,6	313,9	"				
0,9122	566,4	322,4	"				

Il valore di M_2 era 0,00112 henry con una resistenza di 24,9 ohm.

Ogni valore del rapporto $\frac{M_1}{M_2}$ era ottenuto con diverse deviazioni nell'istrumento che variavano da pochi centimetri a tutta la lunghezza della scala (60 cm.). Si vede dai numeri precedenti come sarebbe difficile pretendere da altri metodi dei risultati migliori, se si pensa che col galvanometro balistico, di cui ho dato più sopra la sensibilità veramente eccezionale, si sarebbe ottenuta appena la stessa sensibilità e con precauzioni ben diverse. Unico difetto di questo metodo è quello di richiedere un calcolo laborioso, ma esso può essere facilmente eliminato semplificando la disposizione dei circuiti. Basta che il commutatore a 6 vie metta in comunicazione coll'elettrodinamometro ora l'uno ora l'altro dei due secondari in serie ciascuno ad una cassetta di resistenza. Si fa variare il valore delle due resistenze, finché l'inserzione dell'uno o dell'altro dei due secondari, sia la stessa deviazione nell'istrumento, in tal caso è $\frac{M_1}{M_2} = \frac{R_1}{R_2}$.

Non ho potuto eseguire misure più numerose ed accurate con questo metodo come coll'elettrodinamometro differenziale per i guasti avvenuti.

Però in questi ultimi due metodi è necessario avere una certa costanza nella frequenza della corrente alternata, almeno nel breve tempo che dura una misura.

Essa può essere ottenuta al solo patto di adoperare la corrente di città quando non sia prodotta da motori a vapore, oppure facendo muovere un alternatore da un motore elettrico azionato da accumulatori ed eccitato in de-

rivazione. Sarebbe illusorio tentare gli ultimi metodi con corrente alternata poco costante, mentre in tal caso è lecito usare l'elettrodinamometro differenziale.

Si può dunque concludere:

L'elettrodinamometro (quando la corrente alternata possa essere adoperata) per quel che riguarda sensibilità e precisione di misure, può essere non solo sostituito ma in molti casi preferito al galvanometro balistico.

L'elettrodinamometro differenziale ed il metodo ultimo possono dirsi equivalenti: solo essi devono essere utilizzati in condizioni diverse, a seconda della corrente alternata di cui si dispone.

Se si ha una corrente alternata sufficientemente costante è preferibile il 2° metodo, perchè più semplice, non dovendo determinare alcuna costante dell'istrumento. Quando invece la corrente soddisfa meno bene a questa condizione, diventa illusoria la praticità del 2° metodo, ed è preferibile l'elettrodinamometro differenziale, curando o che lo zero rimanga stabile o campionando l'istrumento per diverse posizioni dello zero.

Fisiologia. — *Sulla decomposizione di sostanze albuminoidi nell'uomo sottoposto a forti strapazzi* (1). Nota del dott. C. JACKSON, presentata dal Socio straniero KRONECKER.

Kronecker nel suo lavoro sulla fatica (1871) aveva dimostrato che rane illese delle quali i gastroenemi erano caricati di 20 gr. ed irritati fino all'esaurimento ogni giorno, divengono dopo due o tre giorni incapaci di stabilirsi e muoiono: le fibre muscolari apparivano degenerate. Angelo Mosso (Seduta reale dell'Accademia dei Lincei, 29 maggio 1887) ha fatto conoscere un veleno nel sangue di cani esauriti per fatica. Gli alpinisti sanno bene che dopo ascensioni molto faticose emettono anche per due o tre giorni urina di color d'arancio con sedimenti, malgrado che abbiano con molte bibite ricostituita l'acqua evaporata col sudore. Molti viaggiatori più deboli si accorgono di uno stato febbrile. Le guide avvezze a grande fatiche, lavorando non soffrono e la loro urina non apparisce modificata.

La guida Reichen faceva da Kandersteg l'ascensione del Doldenhorn (3647 m.) nell'intervallo di 8 ore con due fratelli di 14 (Federigo Zurbuchen) e 13 anni (Massimo).

Furono misurate le quantità di nitrogeno nei saggi delle urine raccolte prima e dopo l'ascensione.

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto fisiologico di Berna.