

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

*Il sistema intersezione e il sistema congiungente di due sistemi regolari di integrali riducibili di  $V_p$  sono anch'essi dei sistemi regolari <sup>(15)</sup>, e i loro assi sono, ordinatamente, lo spazio intersezione e lo spazio congiungente degli assi dei due sistemi dati.*

Di qua segue che:

*Due sistemi regolari distinti di integrali riducibili di  $V_p$  sono certo indipendenti se nessuno dei due contiene un sistema regolare di dimensione inferiore alla propria.*

**Meccanica.** — *Resistenza effettiva e resistenza ohmica.* Nota di A. SIGNORINI, presentata dal Socio T. LEVI-CIVITA.

**Matematica.** — *Sulle soluzioni fondamentali delle equazioni integro-differenziali.* Nota di N. ZEILON, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Le Note precedenti saranno pubblicate nel prossimo fascicolo.

**Fisica.** — *Un indotto per correnti continue, senza collettore nè contatti striscianti, fondato sulle azioni elettromagnetiche di seconda specie.* Nota di O. M. CORBINO o G. C. TRABACCHI, presentata dal Socio P. BLASERNA.

1. In alcuni lavori antecedenti <sup>(1)</sup>, uno di noi ha illustrato una serie di fenomeni anormali che si manifestano quando la corrente elettrica traversa i conduttori metallici sottoposti all'azione di un campo magnetico. Mentre negli effetti comuni delle correnti le due specie di ioni, che trasportano l'elettricità positiva e negativa nei due sensi opposti, esercitano azioni che si sommano, in modo inseparabile, nel totale effetto osservato, la presenza di un campo magnetico, il quale agisce deviando in diversa misura le due correnti ioniche fluenti con diversa velocità, dà origine ad altri fenomeni di tipo differenziale, dei quali era noto fino allora l'effetto Hall.

Si designa sotto questo nome quel fenomeno pel quale in una lamina metallica, sotto l'azione del campo magnetico, le linee di corrente restano, in certe condizioni, inalterate, ma ruotano rispetto ad esse le antiche linee equipotenziali.

<sup>(15)</sup> Severi, loc. cit. <sup>2)</sup>, pp. 584 e 585.

<sup>(1)</sup> O. M. Corbino, *Azioni elettromagnetiche dovute agli ioni dei metalli*, N. Cim., vol. I, giugno 1911.

È stato dimostrato (1) che nel caso più generale si modificano insieme le linee di corrente e le linee equipotenziali, in tal modo che in tutta la lamina esse si incontrano sotto un angolo  $\frac{\pi}{2} - \beta$  costante, caratteristico del metallo, e crescente con l'intensità del campo. Mentre la deviazione delle linee equipotenziali, che costituisce l'effetto Hall, può mettersi in evidenza col metodo delle sonde rilate al galvanometro, la distorsione delle linee di corrente è meno semplice a constatare, ma dà luogo ad alcuni fenomeni elettromagnetici singolari, che il Corbino chiamò « di seconda specie ». Il caso estremo della semplice deviazione delle linee equipotenziali si può realizzare, come dimostrò il prof. Volterra (2), applicando elettrodi puntiformi al contorno della lamina. L'altro caso estremo si realizza con le lamine a connessioni multiple, aventi i contorni come elettrodi: per esempio con un disco circolare avente un elettrodo al centro e uno alla periferia; restano allora del tutto invariate le linee equipotenziali primitive, mentre vengono distorte le linee di flusso.

Cessa pertanto l'effetto Hall, mentre si accentuano gli effetti elettromagnetici, che furono studiati appunto in queste condizioni dal Corbino per il bismuto e l'antimonio, e, più recentemente, da Adams e Chapman (3) per questi ed altri dodici metalli. Nei riguardi dei due fenomeni i diversi metalli presentano caratteristiche non del tutto corrispondenti. Invero, per l'effetto Hall si constata enormi differenze da metallo a metallo, e gli effetti dipendono dallo spessore della lamina; invece l'altro è indipendente dallo spessore, e le differenze da metallo a metallo sono di molto attenuate. Così l'effetto Hall varia da 1 a 2,000,000 in una serie di elementi che comincia col platino e finisce col tellurio; l'altro effetto varia solo da 1 a 150, cominciando dal cobalto e terminando col bismuto.

Il carattere anormale di questi fenomeni elettromagnetici si rivela subito dalle qualità che assume un disco percorso da correnti radiali, il quale per effetto del campo si trasforma in una lamina magnetica a correnti circolari; e più specialmente dal fatto che le forze elettromagnetiche che ne risultano, fra il disco e il campo, e le f. e. m. induttive radiali destinate allo stabilire del campo, sono indipendenti dal senso di questo, contrariamente a ciò che avviene per le azioni di Ampère e per l'induzione di Faraday.

Ma altri effetti, non meno singolari, possono ottenersi, dando al metallo altre forme, come ci proponiamo di esporre in questa Nota. Siamo infatti

(1) O. M. Corbino, *Il movimento della elettricità in una lamina metallica sotto l'azione di un campo*, Rend. Linc., vol. XXIV, pag. 213, an. 1915.

(2) V. Volterra, *Sulle correnti elettriche in una lamina metallica sotto l'azione di un campo magnetico*, Rendic. Linc., vol. XXIV, pag. 220, an. 1915.

(3) E. P. Adams e A. Chapman, *The Corbino Effect*, Phil. Mag., vol. 28°, pag. 692, an. 1915.

riusciti a costruire, con due telai ortogonali di nastro metallico, un modello di indotto il quale presenta la seguente curiosa proprietà:

*Esso, sottoposto all'azione di un campo e percorso da una corrente continua attraverso a due punti fissi, senza contatti striscianti, si comporta come un indotto munito di collettore Pacinotti e di spazzole, costantemente orientate a 90° dal campo esterno, comunque ruotino il campo o l'indotto.*

In conseguenza di questa proprietà, si possono realizzare le seguenti disposizioni:

1°) inviando una corrente continua per i due contatti fissi, che possono essere costituiti dai due punti di appoggio dell'albero, l'indotto ruota uniformemente in un campo fisso, con una coppia costante, proporzionale al quadrato del campo;

2°) muovendo l'indotto con velocità costante nel campo, si sviluppa una forza elettromotrice continua e costante fra le punte dell'albero, senza contatti striscianti;

3°) disponendolo in un campo rotante Ferraris, e tenendolo fermo, si ottiene fra gli stessi due punti fissi dell'albero una f. e. m. continua e costante.

Si vede, perciò, che l'apparecchio permette, utilizzando queste azioni elettromagnetiche anormali, di sottrarsi alla finora inviolata validità del principio teorico, per il quale *non si possono ottenere rotazioni elettromagnetiche permanenti con correnti continue, nè forze elettromotrici costanti per virtù di movimento o di induzione su organi fissi, senza ricorrere a contatti striscianti (su cerchi di raggio diverso da zero), ovvero a resistenze periodicamente variabili (raddrizzatori elettrolitici ecc.)* (1).

Crediamo opportuno di aggiungere che l'apparecchio, da noi costruito, mentre gode effettivamente le proprietà sovra indicate, non ha alcuna pretesa di utilizzazione industriale; e ciò, sia per la piccola entità degli effetti osservati, sia per le pessime condizioni di rendimento. Agiscono, ad accentuare queste ultime, le rilevanti perdite per correnti di Foucault, che sono però ineliminabili; poichè tutto ciò che gioverebbe a diminuirle attenua in egual misura l'effetto utile.

Questo risulta, come si è detto, proporzionale al quadrato del campo dello statore: e così l'indotto, funzionando da motore, *non inverte il suo movimento all'invertire del campo*; esso ruoterebbe con un senso costante anche in un campo alternativo, e anche in questo, se girato per forza meccanica, genererebbe una forza elettromotrice pulsante, ma sempre di un senso.

(1) Sulla necessità dei contatti striscianti anche nella induzione unipolare, si veda H. Poincaré, *L'Eclair. électr.* tom. XXIII, p. 41; 1900. Vi si troverà la distinzione essenziale fra veri contatti striscianti, e contatti puntiformi, i quali ultimi non consentono il moto con correnti continue o lo sviluppo di f. e. m. costanti.

Infine, l'effetto utile è sensibilmente proporzionale al coefficiente caratteristico degli effetti elettromagnetici di seconda specie, per il metallo adoperato, quale risulta dalle misure di Corbino e di Adams.

2. Un telaio rettangolare (fig. 1) ha i lati anch'essi rettangolari e costituiti dalle lastre sottili  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ . La prima, tratteggiata nella figura, è di bismuto; le altre sono di rame. Due fili di rame sono saldati nei punti di mezzo M e N della lastra di bismuto; e per essi può essere mandata una corrente continua I.

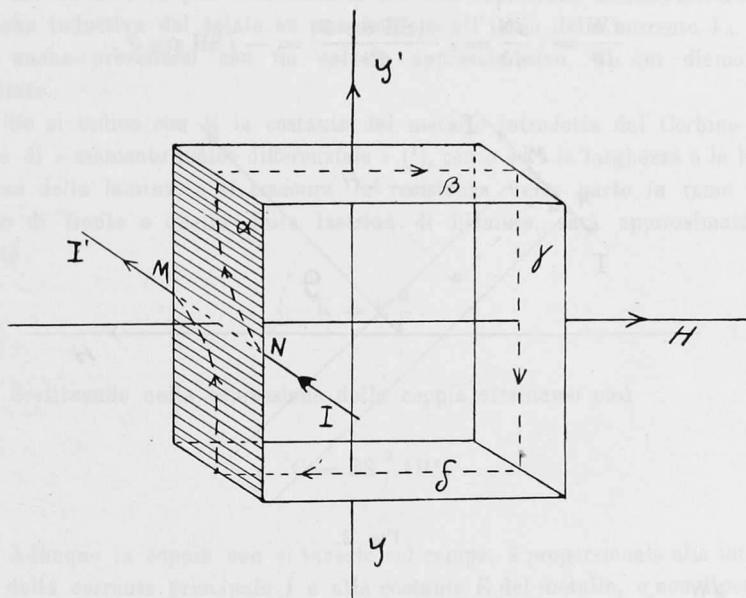


FIG. 1.

Si supponga il telaio disposto nel campo magnetico  $H$  normale alla lastrina di bismuto. Allora la corrente che giunge in N sarà *parzialmente* distorta dal campo, e una parte circolerà nel telaio, trasformandolo in una lamina magnetica che tenderà a ruotare nel campo, intorno all'asse  $Y Y'$ .

Durante la rotazione il telaio, visto dall'alto, prenderà l'aspetto della fig. 2, dove la lamina si proietta in  $M N$ . Se si indica con  $\vartheta$  l'angolo formato dalla normale al telaio col campo in una fase del giro, a produrre la corrente distorta nel telaio sarà attiva solo la componente  $H \text{ sen } \vartheta$  del campo, e perciò la corrente distorta  $i$  sarà proporzionale ad  $H \text{ sen } \vartheta$  e alla corrente principale  $I$ : avremo dunque

$$i = KHI \text{ sen } \vartheta,$$

dove  $K$  è una costante. Il telaio avrà un'energia di posizione nel campo, essa varierà di  $dW$  per una ulteriore rotazione  $d\vartheta$ , e avremo

$$\frac{dW}{d\vartheta} = i dN,$$

dove  $dN$  indica la variazione del flusso di forza attraverso la superficie  $S$  del telaio in conseguenza del moto. Avremo perciò

$$\frac{dW}{d\vartheta} = i \frac{dN}{d\vartheta} = i \frac{d(SH \cos \vartheta)}{d\vartheta} = -i SH \sin \vartheta.$$

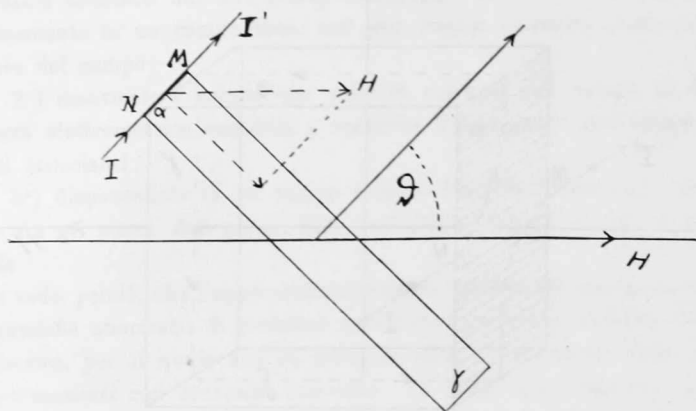


FIG. 2.

Ma  $\frac{dW}{d\vartheta}$  misura la coppia  $C_1$  agente sul telaio; avremo perciò, in valore assoluto,

$$C_1 = i SH \sin \vartheta = KSIH^2 \sin^2 \vartheta.$$

Così, per un giro intero,  $C_1$  ha un valore medio diverso da zero.

Se un secondo telaio identico è disposto a  $90^\circ$  dal primo, avremo una seconda coppia

$$C_2 = KSIH_2 \cos^2 \vartheta,$$

e perciò la coppia totale agente sul sistema rigido dei due telai sarà

$$C = KISH^2.$$

Questa è costante per qualunque valore di  $\vartheta$ , così come avverrebbe di un indotto munito di un collettore di Pacinotti ideale, cioè con un numero

infinito di lamine, e nel quale le spazzole restassero *invariabilmente connesse* col campo, a  $90^\circ$  da questo, comunque ruotino il campo o l'indotto.

Per valutare  $K$ , si consideri la (1) per  $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ ; cioè nella posizione della fig. 1. Si avrà

$$i = KIH.$$

La costante  $K$  può determinarsi con una esperienza diretta, misurando l'azione induttiva del telaio su una bobina all'invio della corrente  $I$ ; ma può anche prevedersi con un calcolo approssimativo, di cui diamo il risultato.

Se si indica con  $E$  la costante del metallo introdotta dal Corbino col nome di « momento ionico differenziale » <sup>(1)</sup>, con  $a$  ed  $l$  la larghezza e la lunghezza della lamina, e si trascura la resistenza della parte in rame del telaio di fronte a quella della lastrina di bismuto, sarà approssimativamente

$$K = E \frac{a}{l}.$$

Sostituendo nella espressione della coppia otteniamo così

$$C = ES \frac{a}{l} IH^2.$$

Adunque la coppia non si inverte col campo, è proporzionale alla intensità della corrente principale  $I$  e alla costante  $E$  del metallo, e non dipende dallo spessore della lastrina. Ricorderemo che nel bismuto si ha, all'incirca,  $E = 5 \cdot 10^{-5}$  in unità elettromagnetiche. Col bismuto si otterranno effetti più cospicui; ma risultati qualitativamente identici si avrebbero con telai omogenei di qualunque metallo.

La fig. 3 rappresenta i due telai incrociati, con le lastrine di bismuto  $NM$ ,  $N'M'$ . Essi devono essere isolati l'uno dall'altro nel montarli sul medesimo asse. Le connessioni elettriche son fatte dai fili  $AN$ ,  $MN'$ ,  $M'B$ , di cui gli estremi  $A$  e  $B$  son saldati alle due metà superiore e inferiore dell'albero, isolate fra loro, e quindi, attraverso alle punte di sostegno, possono essere rilegati alla sorgente. Occorre che il circuito principale  $ANMN'M'B$

<sup>(1)</sup> Si trova facilmente che la costante  $E$  è legata all'angolo  $\beta$  (di cui sono mutuamente ruotate, in ogni punto di una lamina metallica, la normale alla linea di flusso e la linea equipotenziale), dalla relazione

$$\text{tang } \beta = EH.$$

non presenti aree perforabili dalle linee di forza del campo, e ciò allo scopo di evitare le azioni perturbatrici di tipo amperiano.

Lo stesso apparecchio permette di ottenere fra gli estremi A e B una f. e. m. costante, qualora sia ruotato uniformemente nel campo; essa è data, come è facile di riconoscere applicando il principio dell'energia, da

$$\varepsilon = \frac{C\omega}{I} = ES \frac{a}{l} H^2 \omega,$$

dove  $\omega$  indica la velocità angolare.

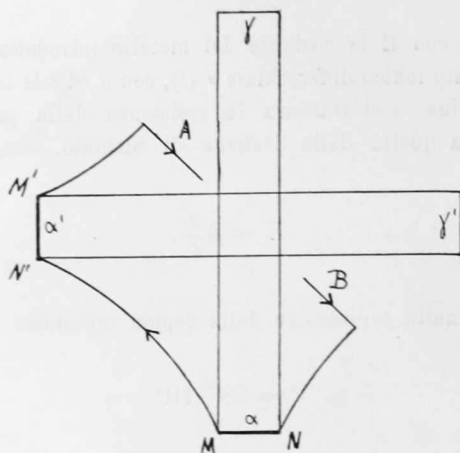


FIG. 3.

E infine una f. e. m. eguale si ottiene se l'apparecchio fisso è immerso in un campo Ferraris, ruotante con velocità  $\omega$ , come in un indotto Pacinotti di cui le spazzole siano trascinate, in moto sincrono, a  $90^\circ$  dal campo rotante.

Sui dettagli costruttivi e sui particolari delle esperienze, che sono conformi alle previsioni, riferiremo in una prossima Nota.