

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 LINCÆI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

Si riconosce, dalle cifre, che le condizioni realizzate erano le più favorevoli per verificare la validità del principio di reciprocità. Infatti il semplice scambio degli elettrodi produceva una variazione del potenziale da 256 a 20, ed occorreva l'inversione del campo per ristabilire il valore primitivo della differenza di potenziale.

Fisica. — *Azione delle onde hertziane su di un dielettrico sottoposto all'influenza di un campo elettrico rotante.* Nota dell'ing. GIULIO GIULIETTI, presentata dal Socio G. COLOMBO.

Dopo gli studi di Naccari e Bellati <sup>(1)</sup> riguardanti le perdite di energia nei condensatori sottoposti a differenze di potenziale variabili e le prove termometriche di Borgmann <sup>(2)</sup> dirette ad analoghe ricerche, il signor Proteus Steinmetz <sup>(3)</sup> nel 1892 impiegando, un condensatore in carta paraffinata, trovò che, agendo con potenziali periodicamente variabili, l'energia dissipata nel dielettrico era sensibilmente proporzionale al quadrato del valore massimo della intensità di campo. Gli interessanti studi di Steinmetz formano argomento di molte sue pubblicazioni in cui l'autore, rilevando l'analogia coi fenomeni presentati dalla magnetizzazione periodica del ferro, estende ai dielettrici la definizione di isteresi.

Nello stesso anno in cui Steinmetz iniziava le sue importanti ricerche, seguito poi da un numero grandissimo di sperimentatori <sup>(4)</sup> attratti dall'interesse dell'argomento, il prof. Riccardo Arnò, riflettendo sopra una esperienza di Galileo Ferraris <sup>(5)</sup> riguardante lo studio della rotazione provocata dall'isteresi magnetica di un cilindro di ferro in un campo magnetico rotante, ebbe la geniale intuizione che fenomeni corrispondenti si dovessero verificare, sostituendo alle forze magnetiche le forze elettriche ed ai corpi magnetici i corpi dielettrici.

Il fenomeno posto in evidenza dal prof. Arnò <sup>(6)</sup>, ed i risultati di nu-

<sup>(1)</sup> Naccari e Bellati, Atti Accad. scienze di Torino, tom. XVII, 1882; Journal de phys., 2<sup>ème</sup> série, tom. I, 1882.

<sup>(2)</sup> J. Borgmann, Journal russe de la Soc. phys. et chim., tom. XVIII, 1886; Journal de phys., 2<sup>ème</sup> série, tom. VII, 1888.

<sup>(3)</sup> Stetmetz, Electrotechn. Zeitschrift, avvil 1892; Electr. Eingeneer, New York, 1892; Lumière électrique, tom. VLIV, avril 1882.

<sup>(4)</sup> Ricordo: Kleiner, *Ueber die durch electriche Polarisation in Isolatoren erzeugte Wärme* Vierteljahrchrift d. natf. Gesel.schaft., Zurich, tom. XXXVII, 1893). — H. Fritz, *Ueber Warmetonung bei electriche Polarisation des Glases*, Thèse, Zurich 1893.

<sup>(5)</sup> Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, vol. XXIII, pag. 360.

<sup>(6)</sup> Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, fascicolo del 6 ottobre 1892: *Campo elettrico rotante e rotazioni dovute all'isteresi elettrostatica.*

merose sue ricerche <sup>(1)</sup> sulla dissipazione di energia che avviene nel dielettrico sottoposto all'azione di un campo elettrico rotante hanno dimostrato l'esistenza di un ritardo con cui la polarizzazione del dielettrico segue la rotazione del campo, e che inoltre la relazione tra l'energia dissipata  $W$  nel dielettrico e l'induzione elettrostatica  $B$  in un punto qualunque del campo rotante è della forma

$$W = k B^\alpha,$$

ove  $\alpha$  e  $k$  hanno valori che variano col variare dei limiti di  $B$ . Tale relazione è analoga a quella che Ewing e miss Klassen <sup>(2)</sup> stabilirono a proposito del lavoro consumato per isteresi magnetica nel ferro, quando  $B$  rappresenta l'induzione magnetica. Gli studi del prof. Arnò vennero presi in speciale considerazione da P. Steinmetz <sup>(3)</sup>, rappresentando una elegante conferma dell'analogia tra i fenomeni presentati dalla magnetizzazione periodica del ferro e quelli corrispondenti dovuti all'azione, sui dielettrici, di campi elettrici periodicamente variabili.

Ricordo, infine, che gli studi di Gerosa e Finzi <sup>(4)</sup>, di Rutherford <sup>(5)</sup>, miss Broaks <sup>(6)</sup>, Wilson <sup>(7)</sup>, Marconi <sup>(8)</sup>, Maurain <sup>(9)</sup>, Arnò <sup>(10)</sup>, Ewing e Walter <sup>(11)</sup>, hanno dimostrato che allorchando un materiale magnetico, sottoposto a una variazione ciclica della forza magnetizzante, è influenzato da campi magnetici dovuti a correnti ad alta frequenza, si verifica il fenomeno della variazione del ciclo di isteresi anche se la corrente è straordinariamente piccola. quale per esempio può essere determinata da un sistema di onde hertziane.

Tale fenomeno venne dal prof. Arnò messo in evidenza dimostrando che un materiale magnetico, il quale ruoti in un campo magnetico rotante

<sup>(1)</sup> Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, fascicoli del 30 aprile e 12 novembre 1893; 18 marzo, 17 giugno, 18 novembre 1894; 12 aprile 1896.

<sup>(2)</sup> The electrician, 13 aprile 1894, pag. 668: *Magnetic qualities of iron*.

<sup>(3)</sup> *Dielectric and electrostatic phenomena* (estratto dal *Theory and calculation of alternating current phenomena* by Charles Proteus Steinmetz. New York, 1897, pag. 144.

<sup>(4)</sup> Rendiconti del R. Istituto lombardo di scienze e lettere, 1891, serie 2<sup>a</sup>, pag. 677.

<sup>(5)</sup> Proc. Roy. Soc. 1896, vol. 60, pag. 184; Philosoph. trans. of the Roy. Soc. 1897, vol. 189, pag. 1.

<sup>(6)</sup> Philosophical magazine, agosto 1901.

<sup>(7)</sup> Report of the British Association at Belfast, 1902.

<sup>(8)</sup> Proc. Roy. Soc. 1902, vol. VII, pag. 341.

<sup>(9)</sup> Comptes rendus, 30 novembre 1903, pag. 914.

<sup>(10)</sup> Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, 1° semestre 1914, pag. 272; Atti della Associazione elettrotecnica italiana (comunicazione fatta alla sezione di Milano, 25 maggio 1904).

<sup>(11)</sup> The electrician, 1914.

per isteresi magnetica, ha modificata la velocità di rotazione per effetto di un campo magnetico oscillante ad alta frequenza; dovuto alla corrente prodotta da un sistema di onde hertziane ed agente normalmente al primo.

Ciò posto, si ponga mente ai fatti ora ricordati, e cioè:

*Al fenomeno della rotazione di un cilindro dielettrico in un campo elettrico rotante*, in cui la polarizzazione del dielettrico segue con un certo ritardo la rotazione del campo.

*Al fenomeno dell'isteresi dielettrica*, verificato da Steinmetz per un dielettrico sottoposto a differenze di potenziale alternative.

*Al fenomeno della modificazione del ritardo di magnetizzazione* in un cilindro magnetico posto in un campo magnetico rotante e simultaneamente influenzato da campo magnetico alternativo, eventualmente prodotto da un sistema di onde hertziane.

Ne viene allora, come naturale conseguenza, di pensare che, qualora l'esperimento interessante di un cilindro dielettrico mobile in un campo elettrico rotante venisse così modificato da sottoporre contemporaneamente il cilindro anche all'azione di un campo elettrico alternativo che in particolare può essere oscillante di alta frequenza producibile per esempio con un sistema di onde hertziane, il fenomeno della rotazione del cilindro dovrebbe esplicarsi in condizioni diverse da quelle in cui il fenomeno stesso si ottiene allorché il cilindro è sottoposto alla sola azione del campo elettrico rotante.

Seguendo questo ordine di idee e pensando alle disposizioni impiegate negli studi riguardanti le variazioni dell'isteresi magnetica prodotta in campi magnetici rotanti dall'azione di campi magnetici oscillanti ad alta frequenza, ho adottato per le mie esperienze una disposizione di apparecchio che risponde alle seguenti caratteristiche:

L'apparecchio consta essenzialmente di un equipaggio mobile costituito da due identici cilindri dell'uguale materiale dielettrico, resi solidali fra di loro mediante un asse comune di rotazione costituito pure da materiale coibente. L'equipaggio è sospeso ad un bifilare di seta ed è fissato al di sotto con un bifilare, oppure termina in un piccolo peso immerso in un liquido ammortitore.

I due cilindri sono situati in due campi elettrici rotanti, aventi senso contrario di rotazione ed intensità tali da equilibrare le loro azioni sull'equipaggio mobile.

Per l'azione simultanea dei campi elettrici rotanti, l'equipaggio rimane a riposo.

Uno dei cilindri, oltre che all'azione di un campo elettrico rotante, può essere contemporaneamente assoggettato a quella di un campo elettrico alternativo, determinato da una tensione alternativa agente fra due lastre metalliche affacciate, disposte una superiormente, l'altra inferiormente al cilindro,

e normali al suo asse. In tal modo l'azione del campo elettrico alternativo si esplica normalmente a quella del campo rotante, e può in particolare essere ad alta frequenza se il condensatore, costituito dalle due lastre ed avente per dielettrico mobile uno dei due cilindri, fa parte di un circuito oscillante ad alta frequenza. Può ancora tale campo alternativo essere dovuto ad un sistema di onde hertziane se il condensatore ora indicato rappresenta una capacità aggiunta di un circuito a risonanza regolabile, accoppiato direttamente o indirettamente ad una antenna ricevitrice, non collegata con la terra ed influenzata dalle onde emesse da una piccola antenna trasmittente, pure isolata da terra e dipendente o direttamente o indirettamente da un circuito oscillante di elevata frequenza.

Le mie esperienze si riferiscono appunto all'azione simultanea, su uno dei cilindri, di un campo rotante e di un campo oscillante, di frequenza elevata, avente direzione normale al primo.

Indicherò i dati principali degli apparecchi impiegati e dei circuiti stabiliti:

#### CONDIZIONI DELL'APPARECCHIO.

*Campi rotanti.* — Ciascuno dei campi rotanti si ottenne mediante tre lastre metalliche a generatrici parallele a quelle dei cilindretti e simmetricamente disposte rispetto all'asse del sistema, cioè equidistanti ed a 120°.

Tra ogni coppia di lastre agisce una delle tre tensioni concatenate di un ordinario sistema trifase, ottenute ricorrendo ad un trasformatore trifase elevatore, alimentato dalla rete cittadina a bassa frequenza (Periodi 42).

Il trasformatore è provvisto di varie prese sugli avvolgimenti secondari allo scopo di poter variare opportunamente ed in ugual modo le tensioni di alimentazione.

I valori delle tensioni concatenate di alimentazione, oscillarono, nelle esperienze, tra 500 e 3000 volts.

Le lastre impiegate per i campi rotanti hanno la stessa altezza dei cilindretti, sono di uguali dimensioni, ed i loro sostegni possono scorrere in tre scanalature normali all'asse di rotazione ed a 120 gradi, in modo da poter regolare opportunamente la distanza dall'equipaggio mobile per equilibrare l'azione dei due campi rotanti in senso opposto.

Le due rotazioni contrarie si ottengono mediante un opportuno collegamento delle lastre ai morsetti secondari del trasformatore, per il quale collegamento nei due campi rotanti due coppie di lastre corrispondenti risultano alimentate da tensioni uguali ma invertite.

*Equipaggio mobile.* — È costituito essenzialmente da due cilindretti identici  $C'$ ,  $C''$ , formati con una sottile striscia di carta paraffinata e montati su una stessa asticina di vetro a cui è fissato lo specchietto nella parte

superiore. L'asticina è sospesa ad un bifilare di seta; e al disotto può ag-  
ganciarsi ad un corto bifilare, oppure termina in un piccolo peso immerso  
in un liquido ammortitore.

Nella fig. 1 si è rappresentata schematicamente la disposizione gene-  
rale d'apparecchio ed il circuito di collegamento al trasformatore elevatore.

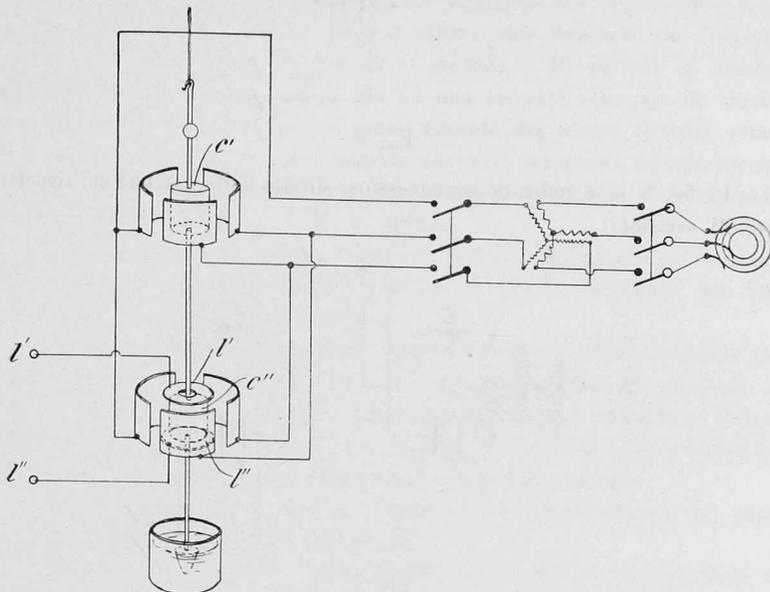


FIG. 1.

In tale rappresentazione  $l'$  e  $l''$  sono le lastre impiegate per la produ-  
zione del:

*Campo oscillante di elevata frequenza.* — Le lastre destinate alla  
produzione di tale campo sono circolari, disposte l'una superiormente, l'altra  
inferiormente al cilindretto influenzato dal campo rotante inferiore. Ciascuna  
lastrina è anulare, ha il centro sull'asse di rotazione, è disposta normal-  
mente a tale asse ed è a piccolissima distanza dal cilindretto. L'azione  
delle lastre si esplica mediante le disposizioni seguenti di:

*Circuiti di esperienza.* — Nelle esperienze ricorsi a due inserzioni di-  
stinte dell'apparecchio: e precisamente, le lastre  $l'$  e  $l''$  vennero collegate  
direttamente ad un circuito oscillante derivato su di uno scintillatore ali-  
mentato da un rocchetto di Ruhmkorff (fig. 2), oppure la loro inserzione  
venne fatta in un circuito oscillante a risonanza regolabile eccitato col mezzo  
di una piccola antenna ricevente influenzata dalle onde emesse da una an-

tenna trasmittente dipendente da un circuito oscillante alimentato con un rocchetto di Ruhmkorff ed opportuno scintillatore.

Nelle esperienze eseguite le antenne non vennero collegate alla terra.

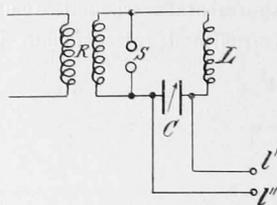


FIG. 2.

In fig. 3 si è indicata la connessione diretta delle antenne coi rispettivi circuiti oscillanti.

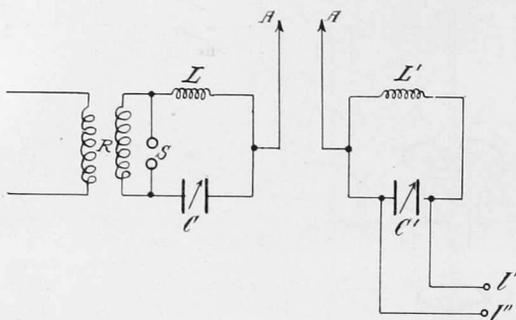


FIG. 3.

In fig. 4 si è rappresentato il collegamento indiretto per mezzo di jigger. Nelle figure L e C rappresentano l'induttanza e la capacità del circuito

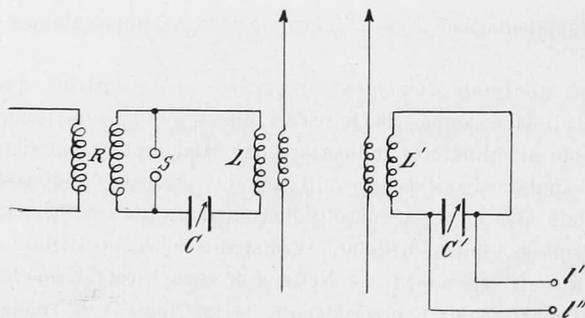


FIG. 4.

oscillante alimentato direttamente dal rocchetto di Ruhmkorff. L' e C' l'induttanza e la capacità del circuito oscillante ricevitore.

Tutti e tre gli schemi indicati sono stati da me applicati, con conseguimento di risultati sperimentali che hanno per caratteristica comune:

una deviazione dell'equipaggio mobile, quando il cilindro inferiore è simultaneamente sottoposto all'influenza del rispettivo campo elettrico rotante e del campo oscillante di elevata frequenza.

Eseguii esperienze, impiegando, per l'alimentazione del rocchetto sia la corrente continua sia l'alterna. In tale ultimo caso impiegai due frequenze distinte di alimentazione: 42 periodi al secondo e 50 periodi al secondo. Trattandosi di 42 periodi, ricorsi sia ad una corrente alternata di identica forma di quella utilizzata per il conseguimento dei campi elettrici rotanti (ricorrendo in tal caso ad una sorgente sincrona), sia ancora ad una corrente di forma molto dissimile, fornita da un alternatore posseduto dal laboratorio di elettrotecnica del R. I. T. S. di Milano.

Nelle esperienze si ebbero i migliori risultati impiegando per l'alimentazione del rocchetto una sorgente sincrona a quella impiegata per l'alimentazione dei campi elettrici rotanti.

Siccome le esperienze eseguite vennero dirette a ricerche di indole qualitativa, aventi per scopo essenziale una semplice verifica di principio, ritengo inutile di farne un elenco completo. Mi limiterò pertanto ad indicare uno dei molti risultati sperimentali ottenuti in rapporto a determinate condizioni di alimentazione ed a condizioni speciali di circuito.

Valore comune delle tensioni concatenate di alimentazione dei campi elettrici rotanti: volts 1500 Periodi 42.

Distanza, dai cilindretti, delle lastrine utilizzate per la produzione dei campi elettrici rotanti: 5 mm.

Distanza delle lastrine anulari dal cilindretto influenzato dal campo elettrico rotante inferiore: circa 1 mm.

Lunghezza bifilare: circa 45 cm.

Distanza dello specchio applicato all'equipaggio della scala: 1 metro.

*Circuito ricevitore.* — Il condensatore, avente per armature le lastrine anulari e per dielettrico mobile il cilindretto inferiore, rappresenta una capacità aggiunte e collegata in derivazione alla capacità variabile di un circuito a risonanza regolabile di cui fa parte una induttanza costituita da due spire di nastro di rame del diametro di 15 cm. e della larghezza di circa 15 mm.

Tale circuito è collegato ad una piccola antenna ricevitrice situata a breve distanza (dai 20 ai 40 cm.) da una piccola antenna trasmittente.

*Circuito trasmittitore.* — L'antenna trasmittente è collegata a un circuito a capacità variabile (costituito da un gruppo di condensatori a vetro collegati in derivazione) ed avente una induttanza fornita da 6 spire quadre di 300 mm. di lato, formate con conduttore grosso multifilare. Tale circuito

è derivato su uno scintillatore ad elettrodi cilindrici, di zinco, dipendente da un rocchetto di Ruhmkorff alimentato da una sorgente sincrona a quella di alimentazione dei campi elettrici rotanti.

Per l'alimentazione del rocchetto l'intensità utilizzata varia dai 10 ai 15 ampères. La distanza distruttiva nello scintillatore è di circa 5 mm.

Mettendo in funzione il rocchetto, per l'azione delle onde emesse dall'antenna trasmittente, il campo oscillante che si determina tra le lastre anulari ha provocato una deviazione nell'equipaggio mobile che ha raggiunto anche i 20 mm. sulla scala ad 1 metro dallo specchio, regolando gli elementi del circuito ricevitore.

La disposizione d'esperienza adottata è indicata in fig. 3.

Per le disposizioni indicate è da osservare che basterebbe connettere a terra l'antenna trasmittente e l'antenna ricevitrice per portare l'apparecchio da me ideato nel campo radiotelegrafico.

Stavo per eseguire esperienze secondo questo ordine di idee, approfittando dell'antenna ricevitrice posseduta dalla stazione radiotelegrafica del laboratorio Arnò nel R. I. T. S. di Milano, quando per gli avvenimenti politici attuali abbiamo ricevuto l'ordine di abbattere l'antenna.

Le esperienze rimasero pertanto in sospenso; e quantunque non mi illuda di conseguire risultati speciali dalle esperienze stesse, tuttavia ritengo che meriti di fare qualche ricerca del genere.

Venendo ad una interpretazione del risultato sperimentale da me accennato, e tenendo presente che

1°) *nella rotazione del cilindro dielettrico* in un campo elettrico rotante, la polarizzazione del dielettrico segue con un certo ritardo la rotazione del campo;

2°) *nell'elettrizzazione alternativa di un dielettrico* si verifica una isteresi dielettrica,

ritengo che nel fenomeno da me riscontrato debba certamente concorrere una variazione nel ritardo con cui la polarizzazione di un dielettrico segue la rotazione di un campo elettrico rotante: cioè nel fenomeno riscontrato dovrebbe avvenire una vera e propria variazione di isteresi dielettrica.

In quest'ordine di idee, e seguendo analoghi criteri sperimentali, sto proseguendo nelle mie ricerche, riferendomi a dielettrici di varia natura, e spero che i risultati sperimentali che verrò conseguendo mi permetteranno di mettere bene in evidenza le caratteristiche del fenomeno da me previsto e la cui constatazione forma l'oggetto del presente lavoro.