

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXIII.

1916

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTI. PIO BEFANI

1916

È facile vedere che se la (22) è soddisfatta, la (13) dà certamente per  $m'$  un valore positivo.

Se si avesse  $\gamma = 0$ , uno dei due fattori  $\lambda$  o  $n'$  (e quindi tutti e due come abbiamo visto) si annullerebbe. Ne risulterebbe allora  $\alpha = 0$ ,  $a' = \infty$ : cioè il satellite perturbatore sarebbe infinitamente lontano. Non si ha  $m' = 0$ , giacchè, come si è detto, a questo caso non corrisponde  $\gamma = 0$ .

Ciò posto, la (14) ci dice che  $m'$  è funzione decrescente di  $n'$ : quindi il minimo valore di  $m'$  corrisponderà al massimo valore di  $n'$  ammissibile compatibilmente con la (22). Ora  $\lambda(\alpha)$  è funzione crescente di  $\alpha$ , e quindi, per la (9), di  $n'$ ; chiamando dunque con  $\nu$  il massimo valore ammissibile per  $n'$ , e con  $\lambda_1$  ciò che diviene  $\lambda$  quando si fa  $n' = \nu$  avremo dalla (22)

$$(23) \quad \nu \lambda_1 = \frac{\gamma n}{m(1 + 2 \operatorname{sen} i)}$$

La (23) è una equazione trascendente contenente la sola incognita  $\nu$ : per quanto si è detto su  $\lambda$ , essa ammetterà certamente una ed una sola radice reale positiva. Risolvendola numericamente troveremo  $\nu$ : sostituendo quindi nella (13) e chiamando con  $\mu$  il minimo valore possibile per la massa del satellite ignoto, otteniamo:

$$(24) \quad \frac{\mu}{m} = 2 \sqrt[3]{\frac{\nu}{n}} \operatorname{sen} i.$$

La (15) ci dà allora come valore dell'inclinazione  $i' = 30^\circ$ .

Vediamo quindi che il problema ammette una ed una sola soluzione.

Nelle prossime Note esamineremo il terzo caso ed eseguiremo i calcoli numerici.

Fisica. — *Sulla caratteristica dell'arco cantante nei regimi cui corrispondono diverse emissioni spettrali* (1). Nota I di ELENA FREDA e NELLA MORTARA, presentata dal Socio BLASERNA.

1. Primo scopo di questa breve ricerca è stato quello di studiare, per mezzo di un tubo Braun munito di elettrodi piani per la deviazione elettrostatica dei raggi catodici, come e perchè varia la caratteristica dell'arco cantante (cioè la curva che dà la relazione fra la corrente che attraversa l'arco e la tensione ai poli del medesimo), quando si facciano variare, nel noto dispositivo di Duddel, l'intensità della corrente nel circuito principale, la distanza dei carboni, la capacità e l'induttanza del circuito derivato.

La forma delle correnti di Duddel, al variare delle condizioni dette, è stata studiata fin dal 1903 dal prof. Corbino (2).

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto fisico della R. Università di Roma.

(2) Corbino, *Sul meccanismo di produzione delle correnti di Duddel*. Atti Assoc. Elettrotecnica Ital., 1903, pag. 597. Science Abstracts, VII, 1904, pag. 798, n. 2664.

Nel caso di oscillazioni di prima specie (regime sinusoidale dell'arco cantante), Simon <sup>(1)</sup> ha dedotto la caratteristica dell'arco dalle curve rappresentanti la corrente e la tensione ottenute, in condizioni diverse, per mezzo di un oscillografo; Blondel <sup>(2)</sup>, pure per mezzo di un oscillografo, ha studiato la forma della corrente nell'arco cantante e della tensione ai poli di quest'ultimo, tanto nel caso di oscillazioni di prima specie, quanto nel caso di oscillazioni di seconda specie (regime tronco-sinusoidale).

Dagli oscillogrammi di Blondel potrebbe dedursi la caratteristica dell'arco cantante nelle diverse condizioni corrispondenti sia al regime sinusoidale, sia a quello tronco-sinusoidale; però, osservando tali oscillogrammi e specialmente quelli che si riferiscono al secondo regime, si vede che, a causa delle brusche variazioni della tensione ai poli dell'arco, facilmente possono commettersi errori non lievi nella determinazione, in ogni istante, dei valori contemporanei della corrente e della tensione. Non è quindi possibile dedurre conseguenze sicure, per ciò che riguarda l'isteresi e la potenza spesa nell'arco nei diversi istanti della scarica. Questi inconvenienti sono evitati quando si studi direttamente la caratteristica dell'arco per mezzo di un tubo Braun; inoltre, dalla assoluta mancanza di inerzia del pennello catodico, deriva una maggiore veridicità del diagramma.

Con lo studio della caratteristica dell'arco cantante abbiamo anche cercato di portare qualche luce su un punto della controversia sorta tra i professori La Rosa e Occhialini <sup>(3)</sup>, a proposito della trasformazione, osservata dal primo, dello spettro d'arco in spettro di scintilla all'aumentare della capacità e al diminuire della induttanza del circuito derivato.

La Rosa, basandosi sul fatto che alla variazione graduale degli elementi elettrici, induttanza e capacità, corrisponde una trasformazione graduale spettrografica, sostiene che i fenomeni di scarica a cui corrispondono rispettivamente lo spettro d'arco e lo spettro di scintilla non sono che due termini di una successione continua di forme di scarica. Secondo La Rosa, il parametro da cui dipende il passaggio dall'una all'altra forma di scarica è la potenza specifica media spesa nella scarica stessa.

Secondo Occhialini, tutte le forme iniziali e transitorie di scarica, che preparano la via alla forma stabile di conduzione detta arco, hanno fra loro caratteri comuni: i caratteri iniziali del fenomeno comunemente chiamato scintilla. Queste fasi iniziali e transitorie di scarica, alle quali Occhialini

<sup>(1)</sup> Simon, *Zur Theorie des selbsttönenden Lichtbogens*. Physikal. Zeitschr., 1906, VII, pag. 433.

<sup>(2)</sup> Blondel, *Sur les phénomènes de l'arc chantant*. Éclairage électrique, 1905, XLIV, pp. 41 e 81.

<sup>(3)</sup> La Rosa, *Memorie Accad. Lincei*, 1908, VII, pag. 452; Occhialini, *Nuovo Cimento*, 1914, VII, pag. 365; La Rosa, *Rend. Accad. Lincei*, 1° sem. 1915, pag. 234; Occhialini, *Rend. Acc. Lincei*, 1° sem. 1915, pag. 425.

riserba il nome di scintilla, dovrebbero considerarsi come un unico fenomeno, ben diverso da quello che prende il nome di arco. Al primo fenomeno corrisponderebbe lo spettro di alta eccitazione o spettro di scintilla, al secondo lo spettro d'arco. Le forme di scarica osservate da La Rosa nel suo studio sull'arco cantante sarebbero archi, quando ad esse corrisponde uno spettro d'arco; sarebbero scintille (nel senso che Occhialini dà a questa parola) quando ad esse corrisponde uno spettro di scintilla. La trasformazione spettrografica graduale osservata da La Rosa non dovrebbe spiegarsi ammettendo che arco e scintilla siano due gradazioni di uno stesso processo, ma ammettendo che i due fenomeni, ben distinti fra loro, possano accompagnarsi, e l'uno possa, al variare delle condizioni nelle quali la scarica avviene, divenire meno rilevante o anche trascurabile rispetto all'altro.

Con lo studio della caratteristica dell'arco cantante abbiamo voluto risolvere le seguenti questioni:

1<sup>a</sup>. Alla trasformazione spettrografica continua osservata da La Rosa corrisponde o no una trasformazione continua del fenomeno elettrico? (Quest'ultimo è completamente individuato dalla caratteristica).

2<sup>a</sup>. Le caratteristiche dell'arco cantante corrispondenti a condizioni in cui si ottiene rispettivamente uno spettro d'arco o uno spettro di scintilla, sono simili o presentano sempre differenze tali da permettere di considerare come processi del tutto distinti le scariche a cui corrispondono i due tipi di spettro?

2. Descriviamo il dispositivo adoperato:

Il circuito principale comprendeva una f. e. m.  $E$  di 100 o 125 volta, una resistenza  $R$  e una forte autoinduzione  $\mathcal{A}$  (bobina con nucleo di fili di ferro). Il circuito derivato ai poli  $A$  e  $B$  dell'arco comprendeva un'autoinduzione  $L$  e una capacità  $C$ , variabile da 1 a 20 microfarad. La bobina  $L$  agiva su un tubo Braun, attivato da una macchina Toepler-Holtz, in modo da dare spostamenti verticali al cerchietto fluorescente. Il tubo era munito di due elettrodi piani  $E_1$ ,  $E_2$  per la deviazione elettrostatica del fascio catodico; a questi elettrodi erano collegati rispettivamente i punti  $A$  e  $B$  del circuito dell'arco.

Facendo agire contemporaneamente sui raggi catodici l'autoinduzione  $L$  e il campo elettrostatico  $E_1$ ,  $E_2$ , si otteneva in realtà la caratteristica del circuito derivato e non proprio quella dell'arco. Si osservi però che, siccome il circuito principale conteneva la forte autoinduzione  $\mathcal{A}$ , l'intensità  $i_0$  della corrente che percorreva tale circuito si poteva considerare costante; quindi le correnti  $i_1$  del circuito dell'arco e  $i_2$  del circuito derivato si potevano ritenere differenti solo per una costante. Se con  $i_0$ ,  $i_1$ ,  $i_2$  indichiamo le intensità delle correnti dirette, nel circuito principale, in quello dell'arco e in quello derivato, come indicano le frecce della fig. 1, si ha

$$i_1 = i_0 + i_2.$$

Dunque dalla caratteristica del circuito derivato si può passare a quella dell'arco mediante una traslazione di ampiezza  $i_0$  nella direzione positiva dell'asse  $V = 0$  (V, differenza di potenziale tra il polo positivo B e il polo negativo A dell'arco).

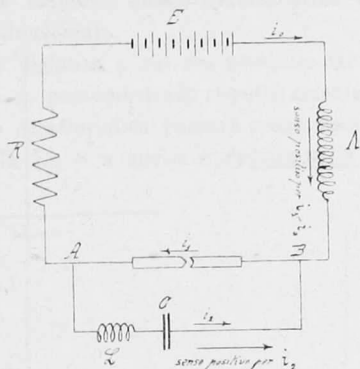


FIG. 1.

3. Con una f. e m.  $E = 125$  volti, con una bobina di autoinduzione  $L = 3,8 \times 10^{-3}$  henry e una capacità  $C = 20$  microfarad, i risultati ottenuti furono i seguenti:

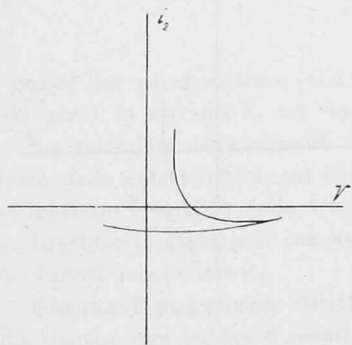


FIG. 2.

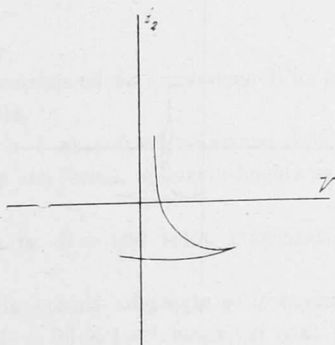


FIG. 3.

Con carboni molto vicini, al variare della resistenza  $R$  del circuito principale, si ottennero le caratteristiche riprodotte nelle figure 2, 3 e 4, alle quali corrispondevano le intensità  $i_0 = 1,9$ ,  $i_0 = 4$ ,  $i_0 = 5$  ampère (misurate per mezzo di un amperometro inserito nel circuito principale).

Le modificazioni della caratteristica osservate al crescere di  $i_0$ , corrispondono alle modificazioni che al crescere di  $i_0$  subisce la corrente  $i_2$ .



Come è noto <sup>(1)</sup>, la differenza tra le ampiezze della semionda positiva e della semionda negativa della corrente  $i_2$  è propria del regime tronco-sinusoidale dell'arco cantante, e diminuisce al crescere di  $i_0$ . (Nel regime tronco-sinu-

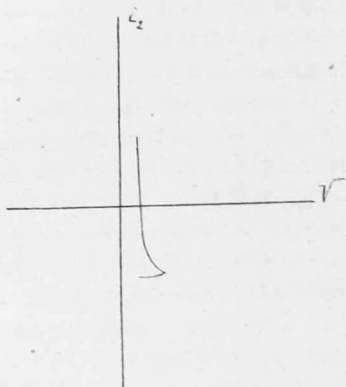


FIG. 4.

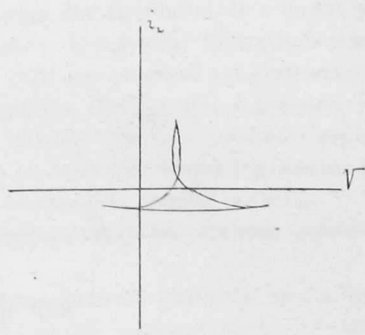


FIG. 5.

soidale, quando cioè le due semionde della corrente  $i_2$  hanno differente ampiezza, l'ampiezza della semionda negativa ha appunto il valore  $i_0$ ).

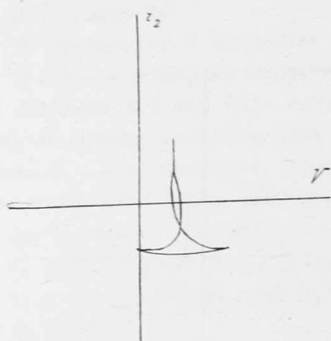


FIG. 6.

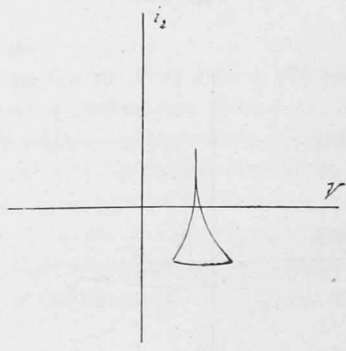


FIG. 7.

Nella fig. 4, la differenza tra le ampiezze delle due semionde della corrente  $i_2$  non è più avvertibile; si è potuto verificare che nel caso a cui corrisponde questa figura, la corrente  $i_2$  era sensibilmente sinusoidale, sopprimendo il campo elettrostatico fra gli elettrodi  $E_1 E_2$ , ed osservando gli spostamenti del cerchietto fluorescente, dovuti all'azione della bobina L, per mezzo di uno specchio girante.

<sup>(1)</sup> Corbino, loc. cit.

Con carboni un po' più lontani si sono ottenute le caratteristiche riprodotte nelle figg. 5 e 6, che corrispondono rispettivamente alle intensità  $i_0 = 2$ ,  $i_0 = 4$  ampère.

Allontanando ancora i carboni si è ottenuta la figura 7, corrispondente all'intensità  $i_0 = 4.2$  ampère: questa caratteristica corrisponde ad un regime sensibilmente sinusoidale.

Con la massima distanza a cui era possibile far cantare l'arco, si sono ottenute le figg. 8 e 9, corrispondenti rispettivamente alle intensità  $i_0 = 3$ ,  $i_0 = 3.6$  ampère. La caratteristica passava spontaneamente, ogni tanto, dalla forma riprodotta nella fig. 8 a quella riprodotta nella fig. 9. Anche nel caso

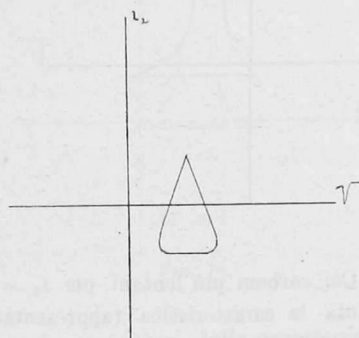


FIG. 8.

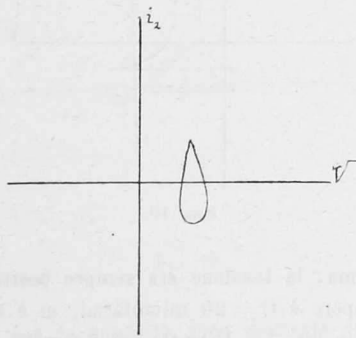


FIG. 9.

di queste due caratteristiche (alle quali corrispondeva l'emissione di un suono assai puro), la corrente  $i_2$  era sinusoidale.

Le variazioni della capacità da 20 a 1 microfarad influivano sulla lunghezza della caratteristica, ma non sulla sua forma, nè sensibilmente sui valori massimo e minimo della tensione.

Ripetute le esperienze con una f. e. m.  $E = 100$  volta, i risultati non sono variati sensibilmente.

Sostituendo nel circuito derivato, alla bobina adoperata nelle esperienze sopra riferite, una bobina d'induttanza  $L = 86 \times 10^{-6}$  henry, si sono ottenuti gli stessi tipi di caratteristiche. C'è solo da osservare che, con questa bobina d'induttanza minore, le caratteristiche corrispondenti al regime sinusoidale si ottenevano più difficilmente e che, con carboni lontani, si aveva talvolta una caratteristica del tipo di quelle riprodotte nelle figure 5 e 6, ma allargata nella parte superiore (vedi fig. 10).

Si è sostituito infine, alla bobina d'induttanza  $L = 86 \times 10^{-6}$  henry, un rocchettino costituito da due spire, del diametro di cm. 4,5, di filo da campanelli; disponendo opportunamente i fili di congiunzione, si è resa tra-

scurabile, per quanto era possibile, l'induttanza del circuito derivato, bobina esclusa. In tali condizioni, con una f. e. m.  $E = 100$  volti, si sono ottenuti i seguenti risultati.

Coi carboni molto vicini, per qualunque valore dell'intensità  $i_0$ , la caratteristica era tanto corta e stretta che non se ne poteva distinguere la

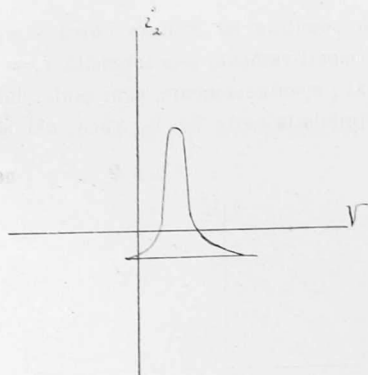


FIG. 10.

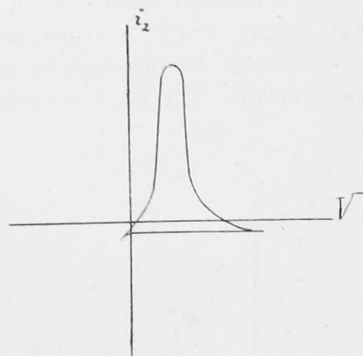


FIG. 11.

forma; la tensione era sempre positiva. Coi carboni più lontani, per  $i_0 = 3$  ampère e  $C = 20$  microfarad, si è ottenuta la caratteristica rappresentata nella fig. 11. Il tratto della caratteristica corrispondente ad  $i_2 > -i_0$  (cioè

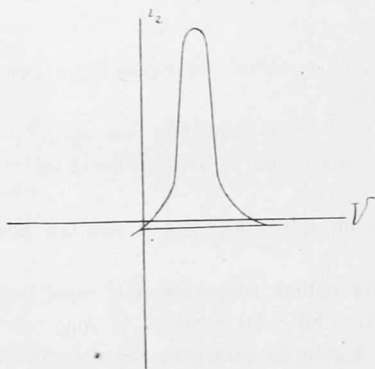


FIG. 12.

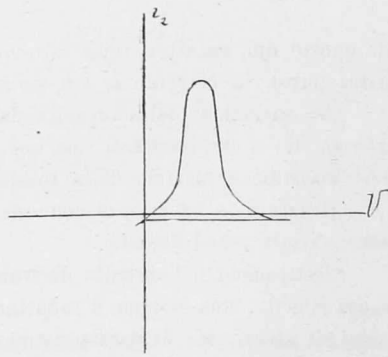


FIG. 13.

ad  $i_1 > 0$ ) appariva molto meno luminoso del tratto rettilineo orizzontale; dunque il primo tratto era percorso dal cerchietto fluorescente con velocità notevolmente maggiore di quella con cui era percorso il secondo tratto.

Allontanando ancora i carboni e diminuendo un po'  $i_0$ , la caratteristica si allargava e si allungava alquanto, come è indicato dalla fig. 12.



Al crescere di  $i_0$ , il valore massimo della tensione diminuiva un po' e il tratto della caratteristica corrispondente ad  $i_1$ , crescente si spostava un po' verso la regione delle tensioni minori; la differenza tra le ampiezze della semionda positiva e della semionda negativa della corrente  $i_2$ , pur diminuendo, restava sempre assai grande; la corrente  $i_2$ , esaminata per mezzo di uno specchio girante, era sempre ben lontana dalla forma sinusoidale.

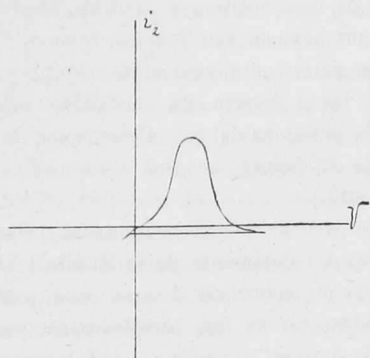


FIG. 14.

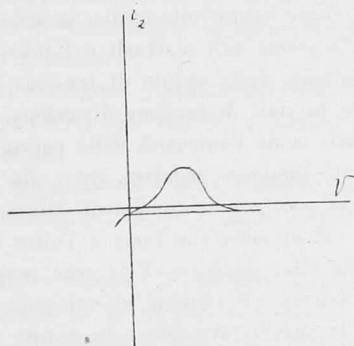


FIG. 15.

Le variazioni della caratteristica con la capacità sono mostrate dalla fig. 12 e dalle figg. 13, 14 e 15 corrispondenti a capacità di 20, 10, 5, 1 microfarad.

Si osservi che, nelle caratteristiche corrispondenti alle diverse induttanze  $L$  del circuito derivato, i valori della corrente sono rappresentati in scale diverse dalle ordinate  $i_2$ . Ma tali caratteristiche si possono facilmente confrontare, poichè per quelle relative al regime tronco-sinusoidale (o almeno per alcune di esse) è noto il valore  $-i_0$  della corrente  $i_2$ , corrispondente al tratto quasi rettilineo e orizzontale <sup>(1)</sup>.

In una seconda Nota discuteremo i risultati sperimentali riferiti.

<sup>(1)</sup> Il confronto può farsi con una certa approssimazione, poichè non pretendiamo di aver riprodotto rigorosamente, dal punto di vista quantitativo, le caratteristiche osservate sul tubo Braun.