

63. R. QUERZOLI. — Un dispositivo integratore per correnti ioniche di grande intensità.

Riassunto. — Viene presentato lo schema di un integratore di corrente adatto a funzionare per correnti ioniche da 1 a 1000 μ A.

Si discutono le condizioni che debbono essere verificate per un buon funzionamento dell'apparato e i controlli che assicurano il verificarsi di tali condizioni.

Sono riportate le curve di controllo e taratura dell'integratore.

Résumé. — L'Auteur présente le schème d'un intégrateur de courant, adapté pour le fonctionnement pour courants ioniques de 1 à 100 μ A.

Il discute les conditions qui sont nécessaires pour un bon fonctionnement de l'appareil et les contrôles qui assurent ces conditions.

Il reporte les courbes de contrôle et d'étalonnage de l'intégrateur.

Summary. — A scheme of a current integrator suitable for ionic currents ranging from 1 to 1100 μ A.

A consideration of conditions necessary for the proper functioning of the device and the checking-up necessary to ensure such conditions.

Checking-up curves and graduation for the device are supplied.

Zusammenfassung. — Es wird das Schema eines Stromintegrators für ionische Ströme von 1 bis 1000 μ A. gezeigt. Verf. bespricht die Bedingungen welche für eine einwandfreie Arbeitsweise der Apparatur erforderlich sind, sowie die Prüfungen die zwecks Einhaltung dieser Bedingungen auszuführen sind.

Es werden die Kontrolldiagramme und die Eichung des Integrators wiedergegeben.

In molte esperienze eseguite con impianti acceleratori di ioni è necessario conoscere il numero totale di particelle arrivate sulla targhetta durante il periodo delle misure. Per questo uno dei metodi più semplici è quello di misurare la carica totale portata dagli ioni sulla targhetta, con un dispositivo che misuri l'integrale rispetto al tempo della corrente ionica.

A tale scopo si è costruito un integratore di corrente per l'impianto

a 1100 kV del nostro Istituto, la cui corrente ionica può variare da pochi μ A fino a circa 500μ A. Gli schemi di integratori che si trovano nella letteratura sono in generale progettati per correnti di minore intensità ($0,1-10 \mu$ A).

2.

In linea di principio un integratore di corrente è costituito da un condensatore che viene caricato dalla corrente da integrare da un potenziale V_1 ad un potenziale V_2 e quindi rapidamente scaricato fino al potenziale V_1 , raggiunto il quale ricomincia la carica: un dispositivo di numerazione conta il numero di cicli di questo genere. Se la resistenza di dispersione è infinita, la carica raccolta dal condensatore nel tempo nel quale il suo potenziale passa da V_1 a V_2 è evidentemente uguale alla carica portata dagli ioni sulla targhetta nello stesso tempo. In questo caso il tempo di carica del condensatore T è

$$T = \frac{C V_2 - V_1}{i_0} \quad (1)$$

dove i_0 è la corrente da integrare.

Se la resistenza di dispersione non è infinita la situazione è diversa; in questo caso il circuito si può schematizzare come in fig. 1, dove l'impianto acceleratore è stato rappresentato come un generatore della cor-

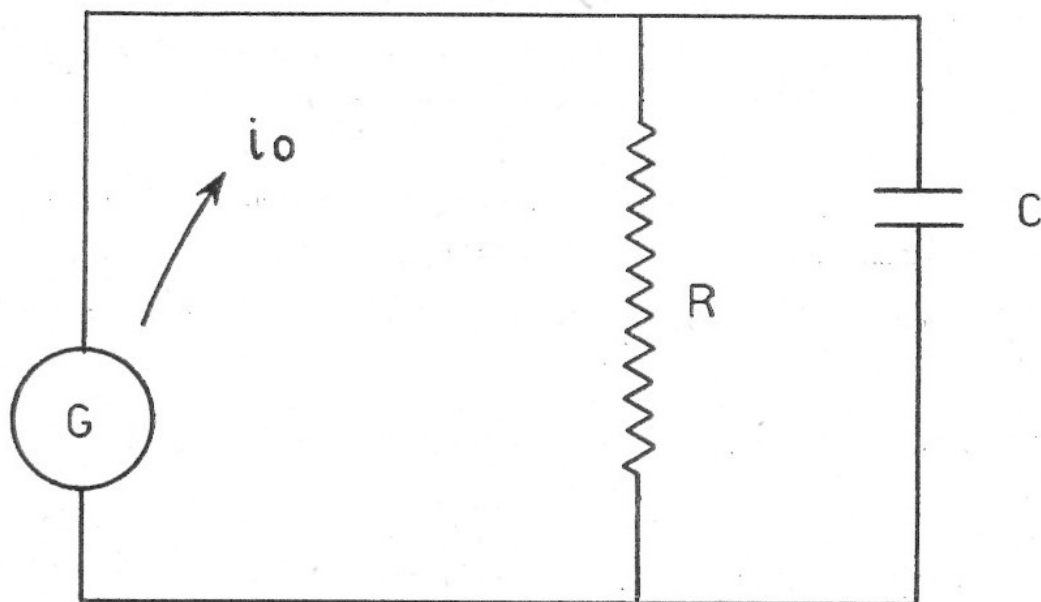


Fig. 1

rente ionica i_0 ; C è la capacità del condensatore integratore ed R è la resistenza di dispersione.

L'equazione del circuito è

$$i_0 = \frac{V}{R} + c \frac{dV}{dt} \quad (2)$$

che, se poniamo $i_0 = \frac{dq_0}{dt}$ e $V = \frac{q}{c}$ diventa $dq = dq_0 - \frac{q dt}{RC}$

Nella (2), q rappresenta la carica immagazzinata nel condensatore e q_0 la carica trasportata dagli ioni.

Integrando la (2) fra i limiti CV_1 e CV_2 si ottiene

$$C(V_2 - V_1) = q = q_0 - \int_{CV_1}^{CV_2} \frac{q dt}{RC}$$

Il primo membro rappresenta la carica raccolta dal condensatore per ogni ciclo, la quale differisce dalla carica q_0 portata nello stesso tempo

dagli ioni per il termine $\int_{CV_1}^{CV_2} \frac{q dt}{RC}$; questo termine dipende dai va-

lori assunti dalla corrente i_0 durante il ciclo. In questo caso la carica raccolta dal condensatore non determina in alcun modo quella portata dagli ioni. Occorre dunque che l'integrale sia piccolo rispetto a q cioè che il tempo di carica sia piccolo in confronto ad RC .

Integrando la (1) si ottiene in questo caso per il tempo di carica

$$\tau = RC \log \frac{i_0 R}{i_0 R - (V_2 - V_1)}$$

Altre due condizioni che devono essere evidentemente soddisfatte per il buon funzionamento dell'integratore sono:

1) il tempo di scarica deve essere molto breve rispetto al tempo di carica;

2) la carica raccolta per ogni ciclo deve rimanere costante durante il funzionamento.

Inoltre occorre che il potenziale del condensatore (che è collegato alla targhetta) subisca durante la carica e la scarica delle variazioni piccole rispetto al suo valore medio, per impedire che varino le condizioni di emissione e raccolta di ioni ed elettroni secondari.

3.

Il dispositivo che si è realizzato è riportato in fig. 2 ed è una modificazione di quello proposto da Elmore e Sands (1).

All'inizio del funzionamento il condensatore C viene caricato fino al potenziale V_2 determinato dal discriminatore tipo Schmitt, costituito dalle valvole T_2 e T_3 . Per questo valore del potenziale della griglia il discriminatore passa nella sua seconda posizione di equilibrio e sulla placca di T_3 si ha un impulso a gradino che, derivato dalla costante di tempo R_1C_1 , comanda il multivibratore costituito dalle valvole T_4 e T_5 . L'impulso positivo di durata e di ampiezza costante sulla placca di T_5 è trasmesso, attraverso il cathode-follower T_6 , alla griglia di T_1 che viene accesa e scarica il condensatore per tutta la durata dell'impulso. Appena il condensatore comincia a scaricarsi il discriminatore Schmitt ripassa nella sua prima posizione di equilibrio; quindi al termine dell'impulso del multivibratore il circuito è in grado di ricominciare il suo ciclo. Gli impulsi del multivibratore vengono mandati attraverso la valvola invertitrice T_7 ad un dispositivo di conteggio in scala 16 del tipo usuale.

Le valvole T_8 , T_9 , T_{10} servono ad evitare che all'inizio del funzionamento si verifichi la situazione anormale nella quale il discriminatore Schmitt è nella sua seconda posizione di equilibrio e la valvola T_1 è spenta; in queste condizioni l'integratore non sarebbe evidentemente in grado di funzionare. In questo caso però il potenziale dei catodi delle due valvole T_2 e T_3 , che normalmente varia fra 100 e 120 volt, comincia a salire fino a raggiungere il valore di 160 volt per il quale si ha l'innescò del multivibratore costituito dalle valvole T_4 e T_5 ; l'impulso negativo della placca della valvola T_9 viene invertito dalla T_8 e trasmesso alla griglia di T_1 che scarica completamente il condensatore C rendendo quindi il circuito in grado di funzionare.

Si può notare che il commutatore A rende possibile, variando contemporaneamente la capacità C e il periodo del multivibratore T_4 - T_5 , di integrare correnti variabili fra 1 e 100 μ A o fra 10 e 1000 μ A. Il periodo del multivibratore è scelto in modo che, in entrambe le scale, il potenziale del condensatore vari di circa 10 volt.

Le condizioni di buon funzionamento discusse al paragrafo precedente sono bene verificate. Infatti nel caso più sfavorevole, cioè quando

(1) ELMORE W. C., M. L. SANDS - Electronics: Experimental Techniques Mc Graw Hill, New York 1949, pag. 405.

la corrente di carica è $1 \mu\text{A}$, il tempo impiegato dal condensatore a caricarsi è

$$\tau = \frac{(V_2 - V_1) C}{i_0} = 0,7 \text{ secondi}$$

Basta quindi che la resistenza di isolamento sia dell'ordine di grandezza di $100 \text{ M}\Omega$, condizione molto facile a verificarsi, perchè la condizione $\tau \ll RC$ sia largamente soddisfatta.

Per quanto riguarda la condizione 1) si può osservare che il tempo di scarica (durata dell'impulso del multivibratore) è circa $50 \mu\text{-secondi}$, mentre il più breve tempo di carica è

$$\tau = \frac{(V_2 - V_1) C}{i_0} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ sec.}$$

cioè 100 volte più grande.

La più difficile a verificarsi è la condizione 2) del paragrafo precedente. Si può notare che nello schema da noi scelto la carica raccolta per ogni ciclo dipende, oltrechè ovviamente dal valore della capacità C , dalla durata dell'impulso del multivibratore e dalla intensità della corrente di scarica fornita dalla valvola T_1 . La durata dell'impulso del multivibratore dipende solo logaritmicamente dalle tensioni agli elettrodi e dalle caratteristiche delle valvole T_4 e T_5 , mentre dipende linearmente dal valore della resistenza R_2 e della capacità C_2 . Sono state quindi usate capacità a mica e resistenze a filo di potenza che danno garanzia di notevole stabilità.

L'intensità della corrente di scarica fornita dalla valvola T_1 dipende essenzialmente dalla tensione agli elettrodi e dalle caratteristiche della valvola. Per questa ragione la 6AG7 è stata selezionata con cura e tutte le resistenze ai suoi elettrodi sono resistenze di precisione 1% a filo di wattaggio grande per evitare variazioni dovute ad effetti termici o ad alterazioni col tempo. Inoltre i partitori che forniscono la tensione al catodo ed alla griglia schermo, danno una corrente di intensità abbastanza grande da evitare che le polarizzazioni si alterino nel funzionamento a breve tempo di carica, in cui la valvola resta accesa per una frazione notevole del tempo di funzionamento. Le tensioni di alimentazione, compresa quella di accensione dei filamenti, sono ben stabilizzate.

4.

Il metodo più diretto per controllare il buon funzionamento dell'integratore è quello di misurare la frequenza dei cicli in funzione della

corrente di carica del condensatore. Solo nel caso che tutte le condizioni precedentemente discusse siano soddisfatte la frequenza dei cicli risulta proporzionale alla corrente. Infatti:

1) secondo la (3) se la resistenza di dispersione è troppo piccola la frequenza $\frac{1}{T}$ dipende logicamente dalla corrente;

2) se il tempo di scarica τ non è molto breve in confronto al tempo di carica T la durata di un ciclo è $T + \tau$ e la frequenza diventa

$$f = \frac{1}{T + \tau} = \frac{i_0}{C(V_2 - V_1) + i_0 \tau}$$

che non è più proporzionale alla corrente;

3) se le polarizzazioni della valvola T o il periodo del multivibratore dipendono dalla frequenza, allora la carica raccolta in ogni ciclo dipende pure dalla frequenza cioè nella (1) $(V_2 - V_1)$ non è costante e quindi ancora la frequenza risulta non proporzionale alla corrente.

Le curve di controllo eseguite con il nostro integratore sono mostrate in fig. 3.

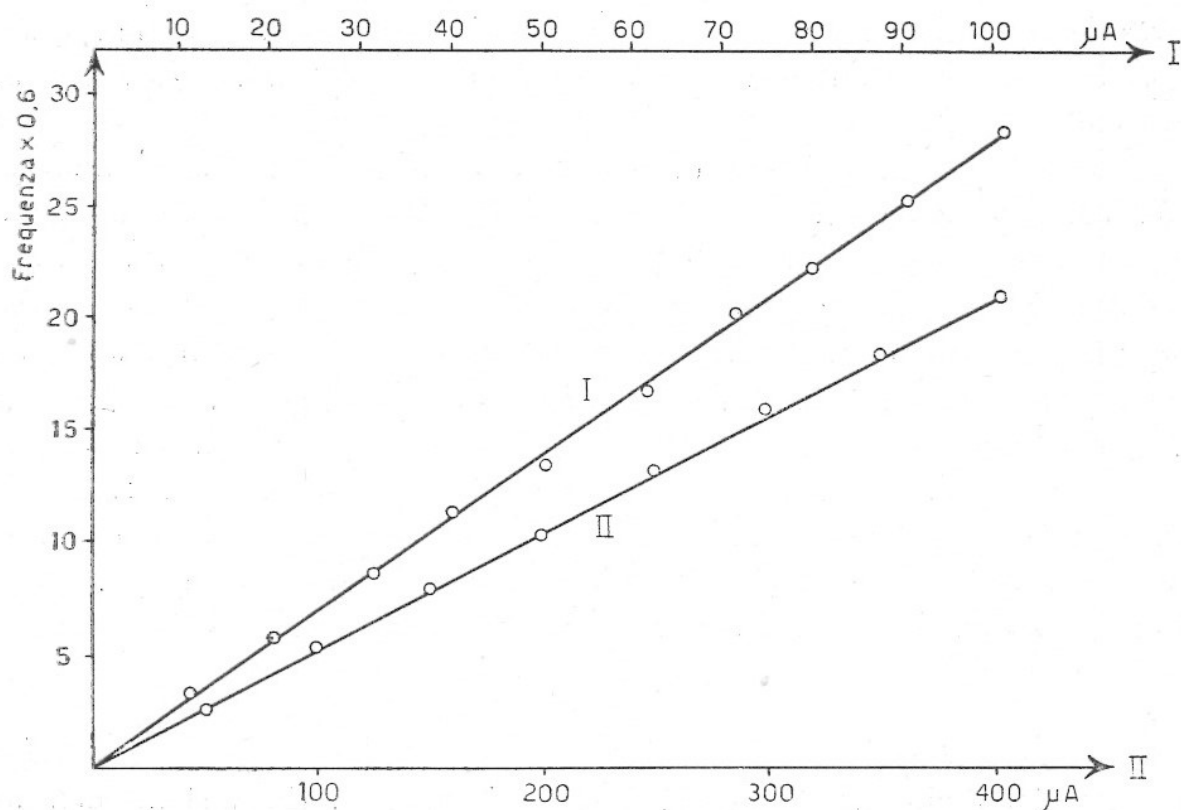


Fig. 3

La corrente è fornita da un generatore ad alta tensione in serie con una grossa resistenza; le due curve si riferiscono alle due posizioni del commutatore A.

Come si vede la relazione di proporzionalità è verificata entro 1% o 2%, limite di precisione dello strumento con cui vengono misurate le correnti.

Dalla figura 3 si ricava anche immediatamente la taratura dello strumento; da essa si ricava infatti che la carica raccolta in ogni cielo è $2,16 \times 10^{-6}$ coulomb per la scala da 1 a 100 μA e $11,55 \times 10^{-6}$ coulomb per la scala da 10 a 1000 μA .

La ripetizione delle curve di taratura a lunghi intervalli di tempo assicura la costanza di funzionamento dell'apparato.

Istituto superiore di Sanità, Laboratorio di Fisica - Roma.