

30. M. CHIOZZOTTO, R. QUERZOLI. — **Modifiche apportate al voltmetro a generazione dell'impianto a 1100 Kv.**

Riassunto. — Si descrivono alcune modifiche apportate al voltmetro a generazione dell'impianto a 1100 KV, nonché i procedimenti adottati per controllarne la stabilità di funzionamento e per determinarne la curva di taratura.

Résumé. — Les A.A. décrivent certaines modifications apportées au voltmètre à génération de l'installation à 1100 KV, ainsi que les procédés employés pour contrôler la stabilité de son fonctionnement et pour déterminer la courbe d'étalonnage.

Summary. — The AA. describe some improvements introduced to the generatorvoltmeter of the 1100 KV plant, as well as the procedure used to check the performance stability and to establish the calibration curve.

Zusammenfassung. — Man beschreibt einige angewendete Neugestaltungen am Generator-Voltmeter der 1100 KV. Hochspannungsanlage sowie die eingeführten Verfahrenen um die Betriebstabilität zu kontrollieren und um die Eichkurve feststellen zu können.

Per la misura della tensione applicata agli estremi del tubo acceleratore dell'impianto a 1100 KV di questo Istituto è da tempo in uso un voltmetro del tipo a generazione, a rotore cilindrico ⁽¹⁾.

Nel corso di un lungo periodo di funzionamento dell'impianto, tale strumento è stato tenuto in osservazione e sono state fatte numerose prove per accertare il grado di attendibilità delle sue indicazioni. Si sono così potute individuare alcune cause d'instabilità, per eliminare le quali è stato necessario un completo riesame della questione.

In questa nota ci proponiamo di esporre i criteri da noi tenuti per ovviare ai vari inconvenienti osservati e di descrivere il nuovo schema dello apparato, che riteniamo, per le prove fatte ora completamente soddisfacente.

I.

Sia P l'involucro ad alta tensione dell'impianto acceleratore ed S la porzione di superficie del rotore del voltmetro esposta al campo (fig. 1) che supponiamo inizialmente messa a terra.

Rimanendo costanti nel tempo le condizioni geometriche, si può ammettere che i due conduttori P ed S costituiscano un condensatore di ca-

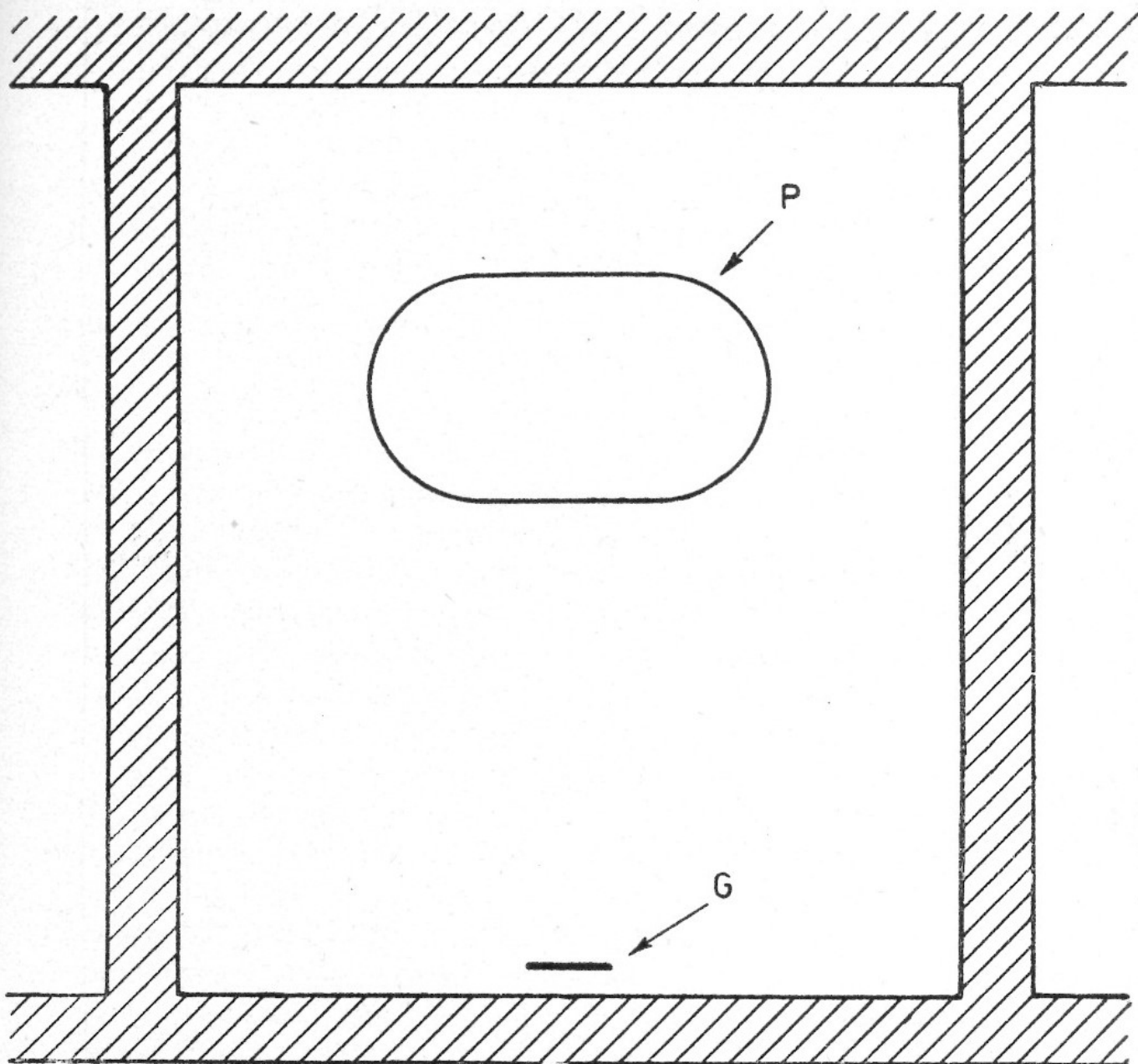


Fig. 1

pacità costante e di conseguenza la carica Q raccolta su S sarà proporzionale, oltre che ad S stessa alla tensione V dell'involucro:

$$Q = c S V \quad (1)$$

Se ora la S varia sinusoidalmente col tempo ed il rotore del voltmetro è connesso a terra non direttamente ma attraverso una resistenza R , il potenziale v di S non è più costante. Se:

$$S = S_0 \sin \omega t \quad (2)$$

risulta evidentemente:

$$v = R \frac{dq}{dt} = c V R S_0 \omega \cos \omega t \quad (3)$$

almeno finchè v si mantiene sempre così piccolo che si possa ancora senza errore sensibile ritenere valida la (1).

La misura della tensione V è dunque ridotta alla misura della ampiezza della tensione v del rotore, previa determinazione una volta per tutte del coefficiente costante di proporzionalità: $cRS_0\omega$.

La prima condizione che deve essere soddisfatta perchè questo metodo abbia un senso è che il coefficiente di proporzionalità $cRS_0\omega$ si mantenga effettivamente sempre costante almeno nei limiti della precisione che si vuole ottenere dallo strumento. Ciò richiede in particolare che:

1) si mantenga rigorosamente costante la frequenza di rotazione del rotore;

2) si mantenga rigorosamente costante la resistenza di fuga.

Per ciò che riguarda la prima condizione, occorrerà far uso di un motore la cui frequenza di rotazione non dipenda dalle lente variazioni della tensione e della frequenza di rete.

Per ciò che riguarda la seconda condizione, occorre tener presente che la resistenza R è posta in parallelo alla resistenza di isolamento R' del rotore del voltmetro. L'esperienza ha fatto vedere che R' varia sensibilmente col tempo in modo erratico: un riscaldamento di qualche grado dei supporti isolanti dei cuscinetti a sfere del rotore, in dipendenza del funzionamento, è sufficiente a produrre variazioni di R' dell'ordine di qualche per cento. L'unico modo di ovviare con sicurezza a questo inconveniente consiste nello scegliere la resistenza R assai più piccola di R' , in pratica non superiore ad un centesimo di questa.

Con ciò, naturalmente, risulta sensibilmente ridotta l'ampiezza del segnale v da misurare e si rende necessario uno stadio di amplificazione intermedio.

Ne deriva come condizione aggiuntiva per ottenere una effettiva costanza di funzionamento che:

3) si mantenga rigorosamente costante il guadagno dello stadio di amplificazione.

II.

La figura 2 rappresenta lo schema di principio del nostro voltmetro. Si è ottenuta una effettiva costanza nella frequenza del segnale semplicemente facendo uso di un motore trifase di potenza largamente eccedente il carico: in tal modo piccole variazioni della tensione di rete non influenzano sensibilmente la frequenza di rotazione. Resta naturalmente una sensibile dipendenza dalla frequenza di rete, ma questa è effettivamente sufficientemente costante e d'altra parte assai più sensibili sono le variazioni incontrollabili che si hanno con un motore in continua, in dipendenza di piccole variazioni di pressione e di resistenza delle spazzole.

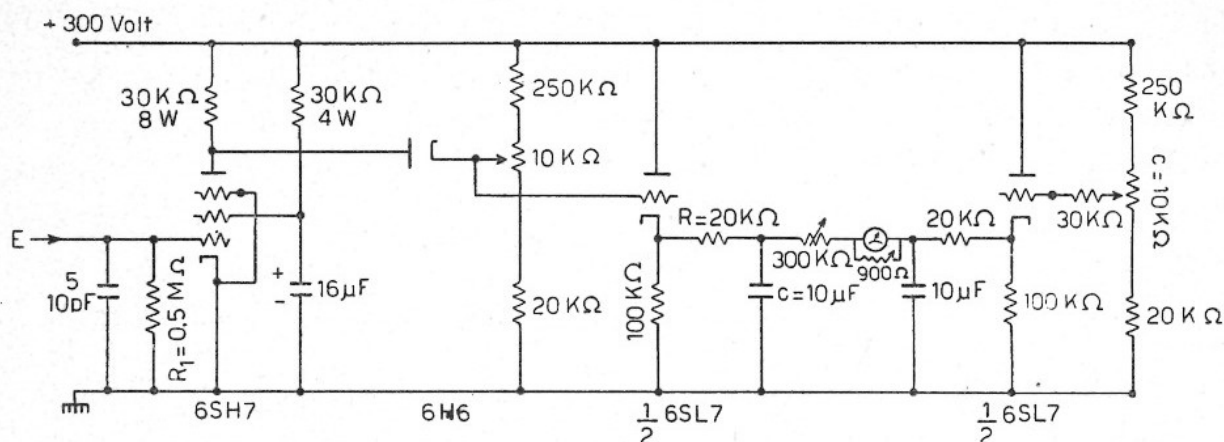


Fig 2

Si è scelta come valvola amplificatrice una 6SH7, le cui caratteristiche si mantengono in genere ben costanti nel tempo. Essendo la resistenza di isolamento del rotore dell'ordine dei $500\text{M}\Omega$, la resistenza di griglia è stata scelta pari a $0,5\text{M}\Omega$. Il condensatore da 10^5pF in parallelo ad essa ha lo scopo di cortocircuitare eventuali disturbi (piccole scariche ecc.) derivanti dal funzionamento dell'impianto ad alta tensione.

Il segnale amplificato viene rettificato da un diodo 6H6 e, tramite un cathode-follower costituito dalla prima metà di una 6SL7, livellato da un filtro RC. La griglia del secondo cathode-follower, costituito dall'altra metà della stessa 6SL7, è polarizzata in modo tale che in assenza di segnale lo strumento di misura posto in derivazione tra i due catodi non segni il passaggio di corrente. Il montaggio simmetrico dello strumento fa sì che piccole residue variazioni della tensione di alimentazione non abbiano alcuna influenza sulla posizione dello zero. Le resistenze in serie e in parallelo allo strumento hanno permesso di adattare le due scale dello strumento ai campi di tensione da misurare.

Sia la tensione anodica sia quella di accensione dei filamenti delle valvole sono fornite da alimentatori stabilizzati, al fine di rendere il guadagno dell'amplificatore indipendente della tensione di rete.

Tutte le resistenze sono state scelte di wattaggio grande rispetto al carico, per evitare variazioni del loro valore, dovute ad effetti termici.

III.

La stabilità di tutto il dispositivo è stata lungamente controllata nel modo seguente.

a) Si sono inviati sulla griglia della valvola amplificatrice segnali sinusoidali della stessa frequenza di quelli del rotore e di ampiezza varia-

bile, nota. Tali segnali, prodotti col « Test Oscillator 650 A » della Hewlett Pakard Co., sono stati controllati in ampiezza col voltmetro a valvola tipo 410A della stessa Casa. È stato in tal modo possibile costruire per punti le curve della fig. 3, che danno l'indicazione dello strumento in μA in funzione dell'ampiezza del segnale in ingresso. Ripetendo queste misure a intervalli,

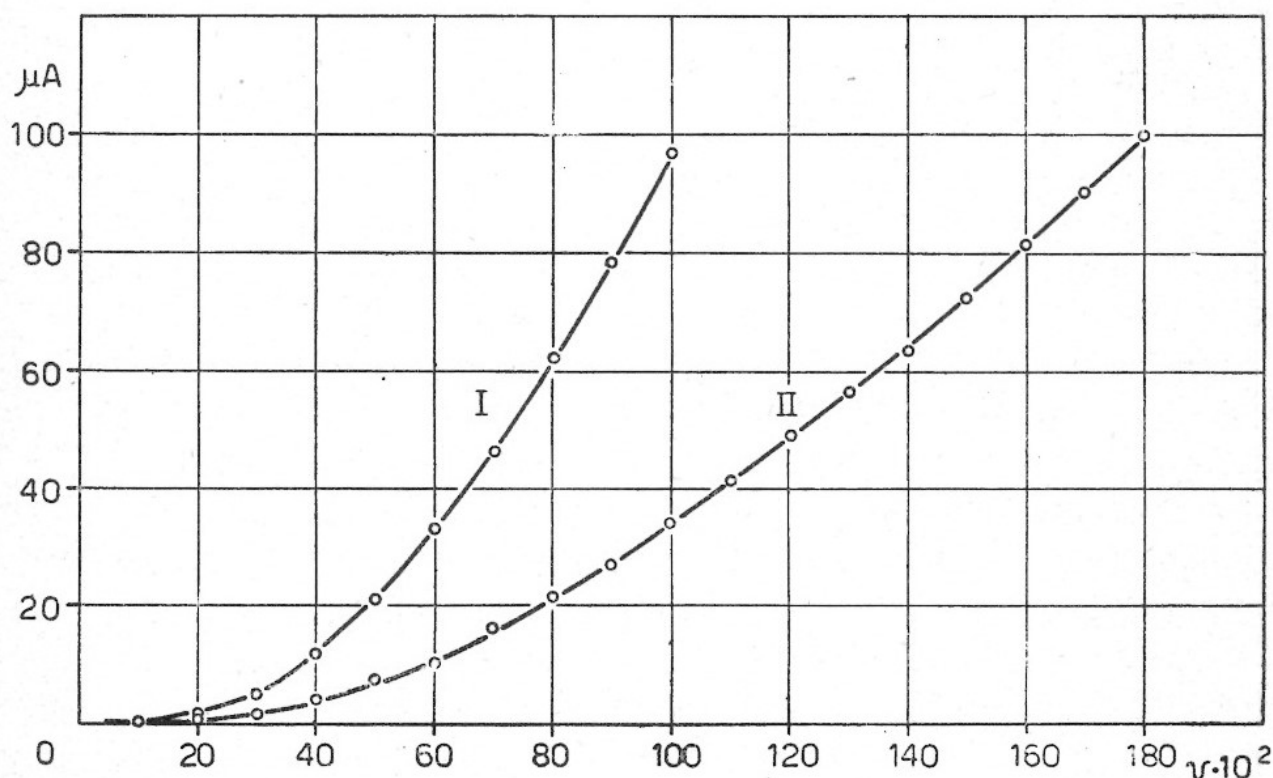


Fig. 3

dopo lunghi periodi di funzionamento del voltmetro, ci si è garantiti della costanza di funzionamento di tutto il dispositivo elettronico.

b) A una distanza fissa e ben riproducibile al disopra del rotore del voltmetro si è posta una lastra di alluminio orizzontale che veniva portata a potenziali variabili tra 0 e 12 mila volt rispetto a terra. Servendosi delle curve della fig. 3 si è ricavata l'ampiezza del segnale in griglia, corrispondente ad ogni valore della tensione applicata alla lastra di alluminio. Si è potuto in tal modo controllare la linearità del segnale in condizioni assai prossime a quelle di effettivo funzionamento.

Anche queste misure sono state ripetute a intervalli regolari nel corso di un lungo periodo di funzionamento di tutto l'apparato, con risultati pienamente concordanti. La fig. 4 dà un esempio delle curve così ottenute.

Si è infine determinato il valore della costante di proporzionalità $cRS_0\omega$, cioè il valore del rapporto tra la tensione acceleratrice V e l'ampiezza del segnale v sulla griglia dell'amplificatore, facendo una curva di eccitazione

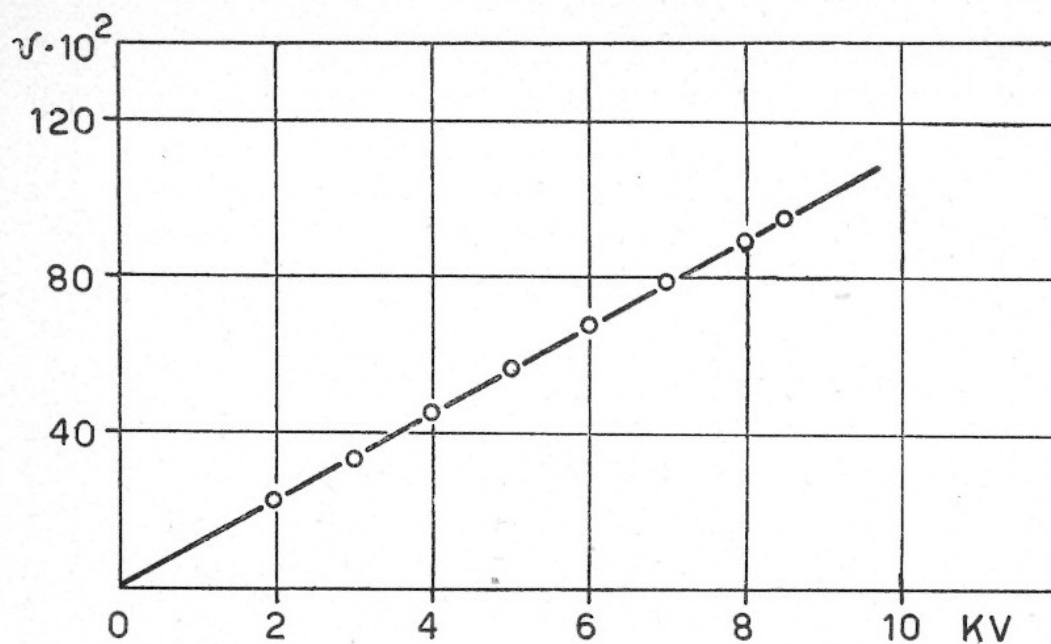


Fig. 4

della reazione $\text{Li}^7 (p, \gamma) \text{Be}^8$, che, com'è ben noto, ha una intensa risonanza a 441 KV. La posizione di tale risonanza è stata determinata recentemente con grandissima precisione con metodi diversi ⁽²⁾ e la relativa tensione è uno dei punti di riferimento della scala delle alte tensioni.

La figura 5 mostra la curva di risonanza da noi ottenuta con targhetta di litio in funzione della corrente nello strumento del voltmetro.

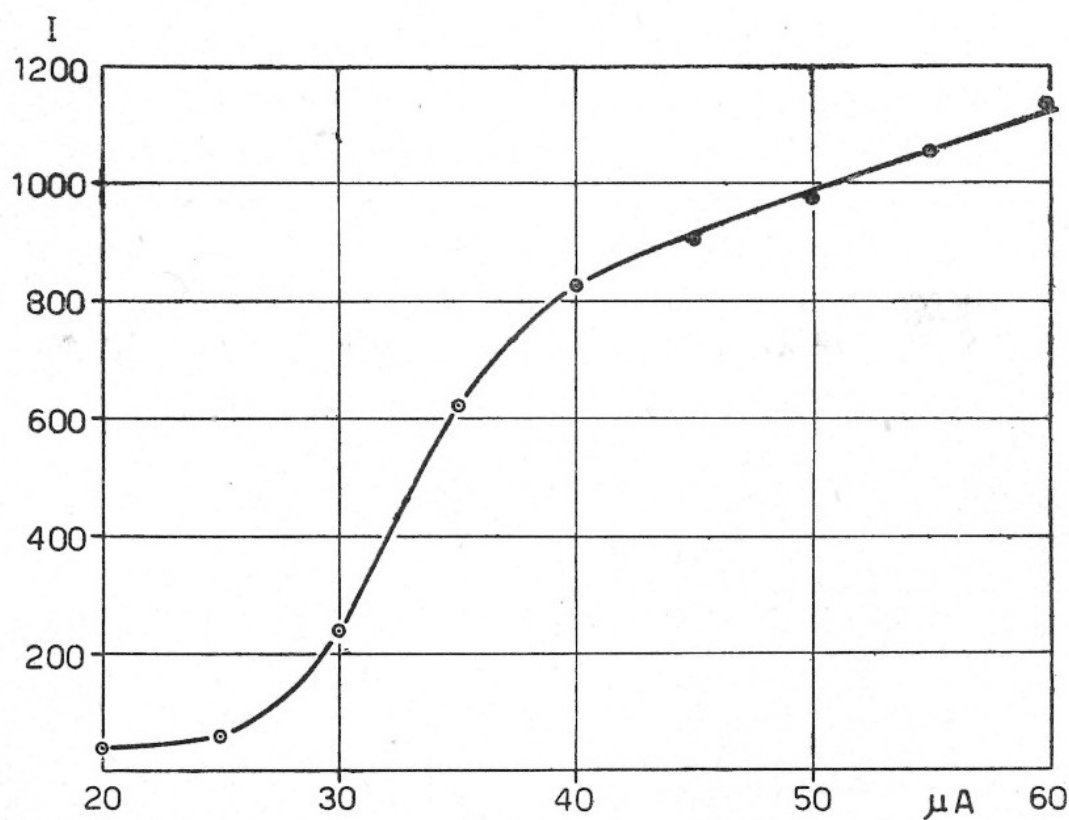


Fig. 5

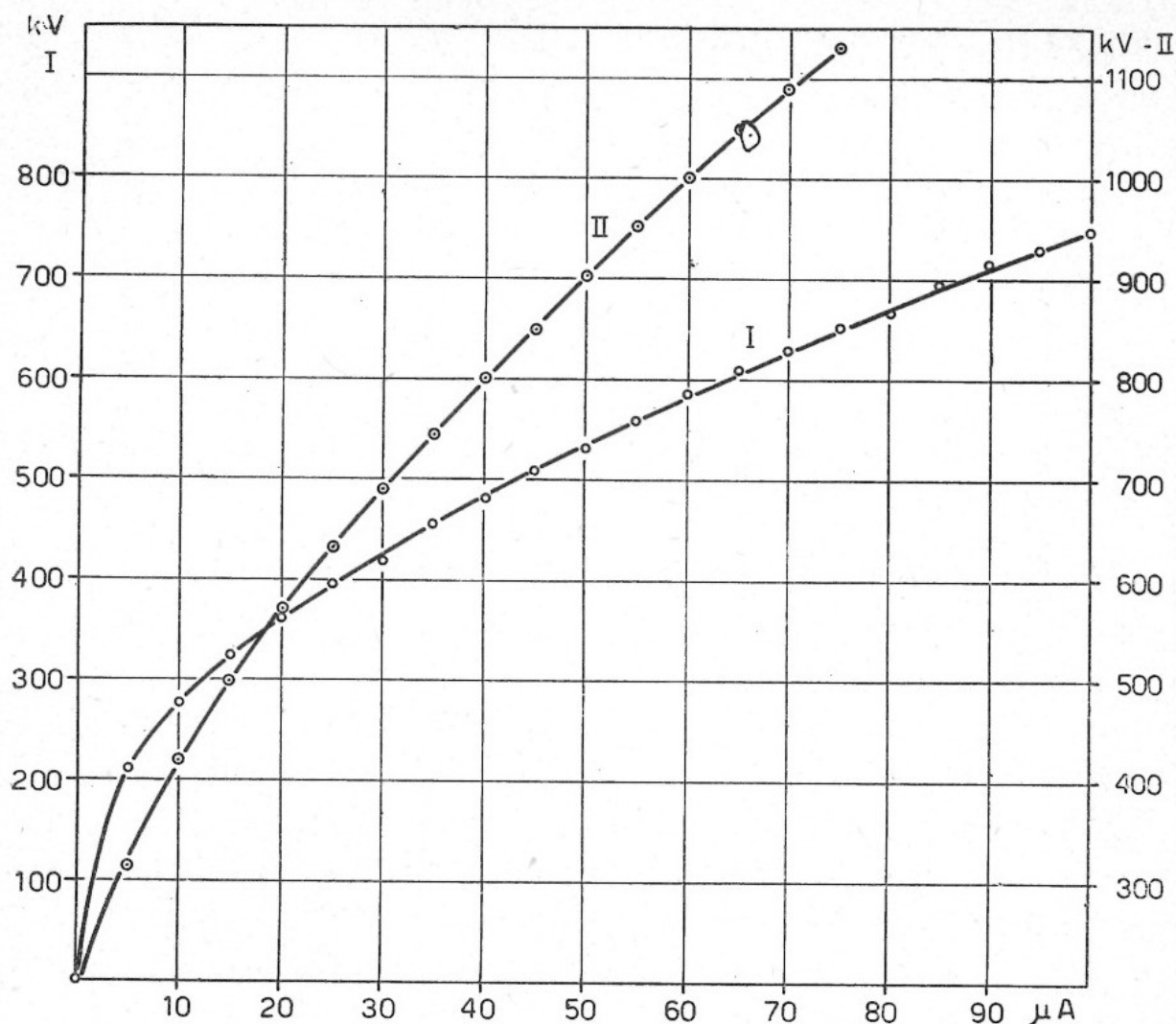


Fig. 6

L'intensità dei raggi γ emessi è stata misurata con una camera di ionizzazione contenente CO_2 alla pressione di 2 atmosfere, connessa ad un elettrometro di Edelman con resistenza di fuga di $10^6 \text{ M } \Omega$. Come si vede, 441 KV corrispondono a 32,5 divisioni dello strumento del voltmetro, cioè ad un segnale in griglia di $59,5 \cdot 10^{-2}$ volt.

Partendo da questo dato è evidentemente possibile alterare per un fattore opportuno le ascisse delle curve della fig. 3, in modo che esse indichino direttamente la tensione ai capi del tubo acceleratore. E ciò che è stato fatto nella fig. 6 che rappresenta quindi la curva di taratura del nostro voltmetro.

Roma, Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità - Marzo 1951.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) M. CHIOZZOTTO, Rend. Istituto Sup. di Sanità, XII, 288, 1949.
- (²) W. F. HORNYAK, T. LAURITSEN, P. MORRISON, W. A. FOWLER, Rev. of Mod. Phys, 22, 311 1950.