39. G. CORTELLESSA e R. QUERZOLI. — Trasmissione di informazioni fra un elettrodo ad alta tensione e terra.

Riassunto. — Si descrive un dispositivo atto a trasmettere le indicazioni di uno strumento di misura tra un elettrodo ad alta tensione e e la terra.

Tale dispositivo, che utilizza un fascio di luce a frequenza modulata dal segnale da trasmettere, presenta caratteri di particolare stabilità e semplicità di realizzazione.

Résumé. — On décrit un dispositif capable de transmettre les indications d'un instrument de mesure entre un électrode à haute tension et la terre.

Ce dispositif, qui se sert d'un faisceau de lumière à fréquence modulée par le signal qui doit être transmis, présente des caractères de stabilité particulière et de simplicité dans sa réalisation.

Summary. — An arrangement suitable for transmitting the recordings of a measuring instrument from an electrode at high tension to earth is described.

This arrangement, which utilizes a beam of light frequency modulated by the transmitting signal, is particularly stable and simple to construct.

Zusammenfassung. — Beschrieben wird eine Vorrichtung, die die Anzeige eines Messinstruments zwischen einer Hochspannungselektrode und der Erde übermittelt.

Diese Vorrichtung die mit einem, vom zum uebertragenen Signal gemoldeter, Lichtstrahl arbeitet, zeichnet sich durch ihre ausserordentliche Stabilität und Einfachkeit in ihrer Ausführung, aus.

1.

In seguito alle modifiche apportate all'impianto acceleratore per ioni positivi a 1100 KV dell'Istituto Superiore di Sanità, si è ottenuto un molto sensibile aumento della intensità del fascetto di ioni sulla targhetta e si è reso di conseguenza necessario il decentramento del

quadro di comando dell'impianto stesso in una stanza opportunamente protetta: è sorto allora il problema di poter conoscere al quadro di comando i valori istantanei della corrente e della tensione della sorgente di ioni, posta nell'elettrodo ad alta tensione. Poichè la soluzione definitiva di questo problema, adottata in sostituzione di quella provvisoria descritta in una precedente nota [1], ha dato durante il funzionamento ottimi risultati, e poichè essa si può facilmente estendere alla soluzione di molti problemi analoghi al nostro, non sembra inutile farne una breve esposizione.

2.

Il metodo più semplice per trasmettere a terra delle informazioni da un elettrodo ad alta tensione, è quello di utilizzare la luce come mezzo di trasmissione. Si presentano allora le due possibilità: o l'informazione è affidata ad un fascetto di luce, modulandone la intensità oppure si dispone di un fascetto di luce di intensità periodicamente modulata e si affida l'informazione al fascetto variando la frequenza di modulazione. Il primo metodo, che è quello che è stato da noi realizzato in un primo tempo, offre il vantaggio di essere adottabile usando dispositivi assai semplici; esso diventa però immediatamente complicato se si vuole raggiungere con esso un buon grado di precisione e di stabilità. La principale difficoltà che si incontra è dovuta alla criticità del dispositivo, per ciò che concerne l'allineamento ottico della sorgente di luce, del modulatore di intensità e della parte ricevente fotosensibile. Basta pensare, per convincersene, che la luce deve percorrere nei due sensi, nel nostro caso, un cammino di circa otto metri e che piccole variazioni nell'allineamento si traducono inevitabilmente in variazioni dell'intensità utilizzata, rendendo quindi necessaria una nuova taratura. Altre difficoltà nascono poi quando ci si proponga di ottenere sorgenti di luce e rivelatori fotosensibili di sufficiente stabilità e di sensibilità uniforme su tutta la loro area.

Si è preferito perciò scegliere la seconda soluzione nella quale la stabilità del dispositivo dipende solamente dalla stabilità della frequenza dell'oscillatore che modula la sorgente di luce; questa frequenza si rende assai facilmente stabile con l'uso di semplicissimi dispositivi elettronici.

---

[1] M. Ageno, M. Chiozzotto e R. Querzoli, Rend. Ist. Sup. Sanità, XIV, 509 (1951).

3.

Il dispositivo realizzato consiste schematicamente di un oscillatore a rilassamento la cui frequenza è comandata dalla tensione o dalla corrente della sorgente di ioni. La tensione oscillante così ottenuta modula l'intensità della sorgente di luce che va ad illuminare il catodo di un fotomoltiplicatore. Quest'ultimo ha quindi sull'anodo una tensione oscillante, la cui frequenza viene misurata da un dispositivo elettronico. Dalla conoscenza di questa frequenza si risale immediatamente, dopo una opportuna taratura, ai valori della tensione o della corrente che si debbono misurare. La tensione della sorgente di ioni può variare tra 0 e 50 kV, mentre la sua corrente può variare tra 0 e 20 mA. Nel primo caso è opportuno che la sensibilità del misuratore sia costante su tutta la scala, mentre nel secondo caso è preferibile che essa sia maggiore per i valori più bassi della corrente, perchè il funzionamento della sorgente può essere critico solo nella fase dell'accensione quando appunto la corrente ha valori ancora bassi. Conviene d'altronde che la frequenza minima di funzionamento che corrisponde circa ad una tensione di 1 kV o ad una corrente di 0.1-0.2 mA, sia almeno dell'ordine di 100 cicli al secondo onde evitare complicazioni dei circuiti, dovute alla presenza di frequenze molto basse. La gamma di frequenze da utilizzare varia quindi tra circa 100 e circa 3.000 cicli al secondo in entrambi i casi.

I requisiti a cui deve soddisfare la sorgente di luce sono dunque i seguenti: essere ancora modulabile ai detti valori, relativamente alti, della frequenza e fornire una intensità di luce sufficiente a dare sul rivelatore, posto a 4 metri di distanza, dei segnali abbastanza grandi, in modo che non siano necessarie particolari attenzioni per evitare luce diffusa e disturbi elettrici, inevitabilmente presenti nella

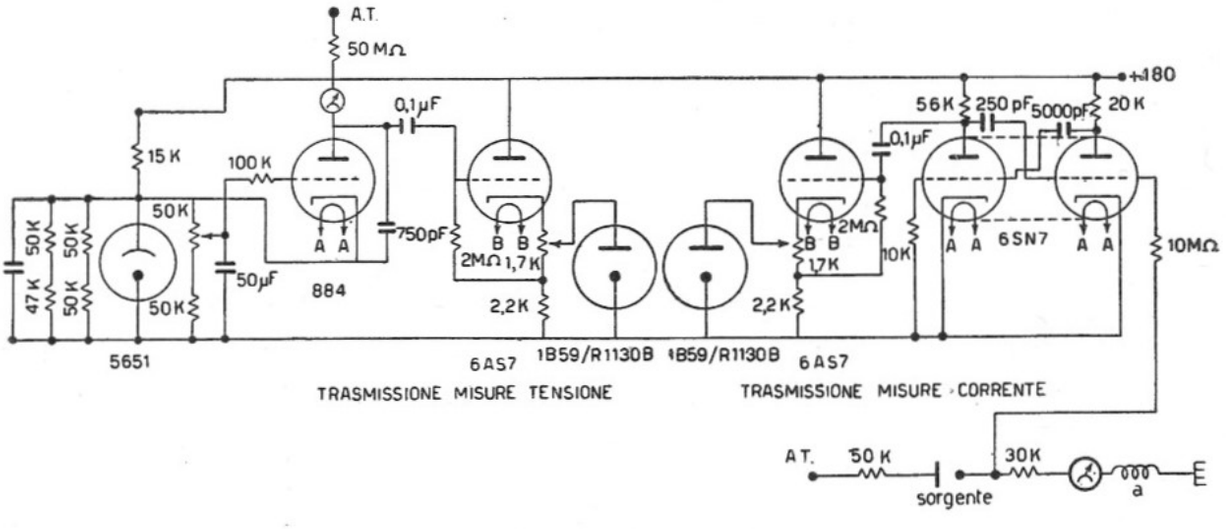
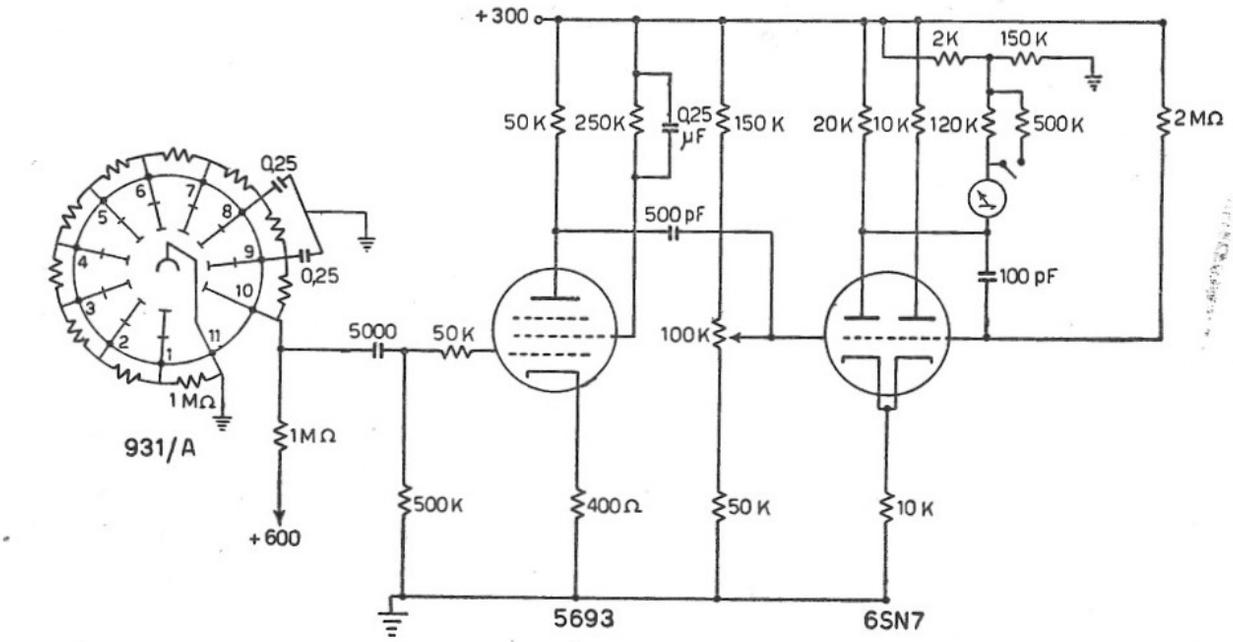
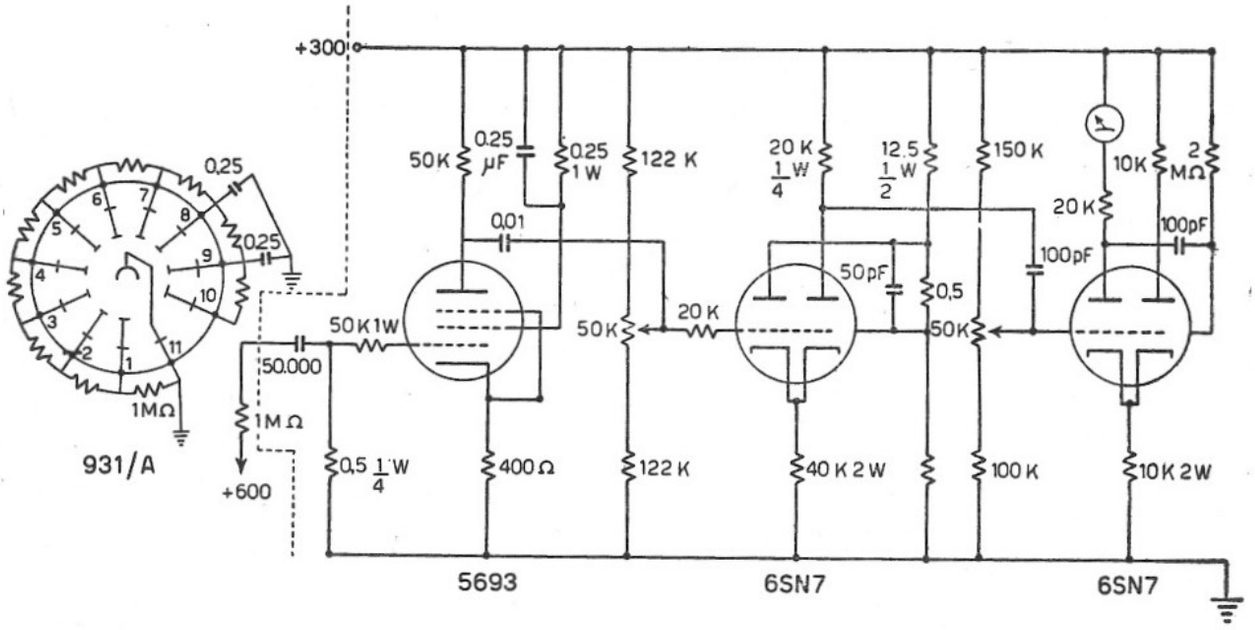


Fig. 1. - Circuiti di trasmissione.



RIVELATORE MISURE CORRENTE



RIVELATORE MISURE TENSIONE

Fig. 2.

stanza dell'impianto. A questo scopo, si è dimostrato particolarmente soddisfacente come sorgente di luce il « glow modulator » tipo 1 B 59/ R 1130 B della Sylvania e come rivelatore il fotomoltiplicatore 931 A. L'uso del fotomoltiplicatore ha il vantaggio rispetto ad una cella fotoelettrica a gas di non richiedere praticamente amplificazione e di essere usabile fino a frequenze anche molto elevate.

L'eliminazione dell'amplificatore rende il dispositivo oltre che più

semplice, conveniente anche dal punto di vista economico, nonostante il maggior costo del fotomoltiplicatore.

I circuiti usati per la generazione e la rivelazione della tensione oscillante sono riportati nelle figure 1 e 2, la prima delle quali presenta lo schema dei circuiti sull'elettrodo a tensione, e la seconda quello dei circuiti posti a terra.

Per la trasmissione del valore della tensione si è usato un oscillatore a rilassamento con thyratron la cui frequenza di oscillazione è:

$$f = \frac{1}{R\,C \log \frac{V_o}{V_o - V_A}}$$

dove R e V_o sono la resistenza e la tensione anodiche del thyratron, C la capacità tra placca e catodo, V_A la tensione di placca per cui si innesca la scarica nel thyratron. Nel nostro caso V_o è la tensione da misurare (0-50 kV) e R una grossa resistenza in olio da 50 MΩ che, permettendo una corrente massima di 1 mA, impedisce che si mantenga la scarica nel thyratron. Poichè V_o è molto maggiore di V_A si ha approssimativamente:

$$f \simeq \frac{V_o}{R\,C\,V_A}$$

cioè la frequenza di oscillazione del thyratron è proporzionale alla tensione da misurare. In questo caso la stabilità della frequenza, per un dato V_o, dipende, oltre che da R e C, che si possono facilmente rendere costanti, da V_A che dipende a sua volta dalle caratteristiche del thyratron e dalla tensione negativa di griglia. Quest'ultima è stabilizzata mediante una valvola al neon 5651 che dà una tensione costante almeno entro l'1%. Come tryratron si è scelto una 884 che dà garanzia di stabilità per almeno 500 o 600 ore di vita. La tensione oscillante viene applicata alla valvola 1 B 59/R 1130 B mediante la 6 A S 7 che serve come valvola di disaccoppiamento; la 1 B 59/R 1130 B si accende e si spegne con la stessa frequenza con cui oscilla la tensione del thyratron. A terra, la luce a frequenza modulata viene raccolta dal catodo del fotomoltiplicatore 931 A, alimentato con una tensione di 600 volt non stabilizzata, e trasformata sul suo anodo in una tensione oscillante che attraverso la valvola 5693 comanda il discriminatore tipo Schmidt formato dalle due metà della prima 6SN7. Questo ha il compito di fornire, per ogni oscillazione della tensione in

ingresso, un impulso squadrato che, opportunamente derivato, è adatto a comandare l'univibratore formato dall'ultima 6SN7. Uno strumento posto sulla placca della sezione, normalmente spenta dell'univibratore misura la corrente media in questa sezione, corrente che è proporzionale alla frequenza degli impulsi azionanti l'univibratore, e quindi anche alla tensione V_o da misurare. Le costanti di tempo dell'univibratore sono regolate in modo che il suo periodo risulti circa la metà del periodo minimo di oscillazione della tensione di comando, in modo che la durata degli impulsi sia indipendente dalla frequenza.

Per una data frequenza di comando sulla 931 A, la stabilità della indicazione dello strumento dipende solo dall'ampiezza e durata dell'impulso dell'univibratore, che dipendono a loro volta dalle resistenze e capacità del circuito, dalle caratteristiche della 6SN7 e dalla tensione di alimentazione. Tutte queste grandezze si possono facilmente rendere stabili entro l'1%. L'unica tensione stabilizzata richiesta è quindi quella anodica dell'univibratore.

Il secondo gruppo dei circuiti serve per la trasmissione del valore della corrente della sorgente di ioni. La corrente di essa, variabile tra 0 e 20 mA provoca su di una resistenza di 30 kΩ una caduta di tensione variabile tra 0 e 600 V. In questo caso, dato che la tensione da misurare è abbastanza bassa, conviene usare, piuttosto che il thyratron, un multivibratore per evitare che il dispositivo sia insensibile a piccoli valori della corrente. Il multivibratore di figura 1 formato con le due sezioni di una 6SN7, è normalmente in condizioni di oscillazione anche se la corrente della sorgente è nulla, cioè la griglia della seconda sezione è a potenziale zero. Il periodo di oscillazione è dato da

$$T = R_2\, C_2 \ln\left(1 + \frac{i_1\, R_{p1}}{V + V_{c2}}\right) + R_1\, C_1 \ln\left(1 + \frac{i_2\, R_{p2}}{V_{c1}}\right)$$

dove V è la tensione da misurare, i la corrente della valvola, R_p la resistenza di placca, R la resistenza di griglia, C la capacità di accoppiamento e V_c la tensione di griglia per la quale comincia a passare corrente nella valvola.

Dai valori dei parametri riportati si può vedere che la frequenza varia in questo caso da circa 150 cicli al secondo quando $V=0$, a 1360 quando $V=600$ cioè la corrente della sorgente è 20 mA.

Come si è già osservato, la frequenza non risulta in questo caso proporzionale alla corrente; se si volesse avere tra queste due grandezze una relazione lineare, basterebbe fare sia R_{p2} che la tensione anodica molto più piccole ,in modo che il prodotto $i_2\, R_{p2}$ fosse del-

l'ordine di 20 V. La stabilità della frequenza dipende in questo caso oltre che da resistenze e capacità che formano le costanti di tempo e dalle caratteristiche delle valvole, anche dalla stabilità della tensione anodica che occorre quindi stabilizzare.

La tensione oscillante viene come prima trasmessa mediante la 6AS7 alla 1B59/R1130B e la luce di questa inviata mediante un sistema ottico sul fotomoltiplicatore 931 A. Sull'anodo di questo, si ha una tensione oscillante che va a comandare un secondo multivibratore; in questo caso non è necessario il discriminatore tipo Schmidt, poichè la forma della tensione oscillante sull'anodo del fotomoltiplicatore, riproducente esattamente quella del multivibratore modulato, è adatta a comandare l'univibratore finale.

Il principio di funzionamento è analogo al precedente, solo in questo caso si ha, come strumento, un voltmetro posto tra la placca della sezione normalmente spenta dell'univibratore ed un punto che abbia una tensione pari a quella della placca stessa quando l'univibratore è comandato da una tensione oscillante di frequenza corrispondente a corrente zero nella sorgente. Per la stabilità della misura valgono le considerazioni fatte per il precedente dispositivo.

Siamo lieti di ringraziare il sig. Felici Corindo per l'aiuto datoci nella progettazione e messa a punto del dispositivo.

Quando questa nota era già pronta per la stampa abbiamo potuto leggere sul fascicolo della R. S. I., dedicato al cosmotrone di Brookhaven (2) che lo stesso tipo di sorgente di luce e lo stesso rivelatore sono stati usati per attivare da terra, per un periodo di circa 1,5 microsecondi la sorgente dell'acceleratore tipo Van de Graaff usato per iniettare i protoni nel cosmotrone. Il problema là risolto in tal modo è assai più semplice del nostro, che richiede la trasmissione di un dato numerico, anzichè di un semplice impulso di comando.

Risulta per altro chiaro che, con ovvie modifiche, il nostro dispositivo è utilizzabile anche per trasmettere informazioni che varino entro intervalli di tempo di qualche microsecondo.

Roma. — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di fisica.

---

(2) E. I. Rogers and C. M. Turner, R.S.I., *24*, 805 (1953).