

LNF-63/38

27. 5. 1963.

R. Del Fabbro, G. V. Di Giorgio, F. Losciale, S. Serbassi, G. Ubal
dini, M. L. Vincelli, e R. Visentin: DISPOSITIVO PER LA MISU-
RA DELL'ENERGIA DEGLI ELETTRONI CIRCOLANTI IN UN
SINCROTRONE.

Nota interna n. 201

Nota interna: n° 201
27 Maggio 1963

R. Del Fabbro, G.V. Di Giorgio, F. Losciale, S. Serbassi,
G. Ubaldini, M.L. Vincelli e R. Visentin: DISPOSITIVO PER
LA MISURA DELL'ENERGIA DEGLI ELETTRONI CIRCOLANTI IN UN
SINCROTRONE.

Si è studiato e costruito un dispositivo capace di misurare l'energia degli elettroni circolanti nel sincrotrone ad un determinato istante. Questo ci permette di conoscere, di un certo evento fisico, l'energia massima di bremsstrahlung che gli compete.

Come è noto il fascio di bremsstrahlung prodotto dal sincrotrone ha una durata di ~ 5 ms. In questo intervallo di tempo l'induzione magnetica B è sul massimo della sinusoide e l'energia degli elettroni va come:

$$(1) \quad E(t) = 0,108 B(t)$$

(E in MeV, B in Gauss) (v. fig. 1).

2.

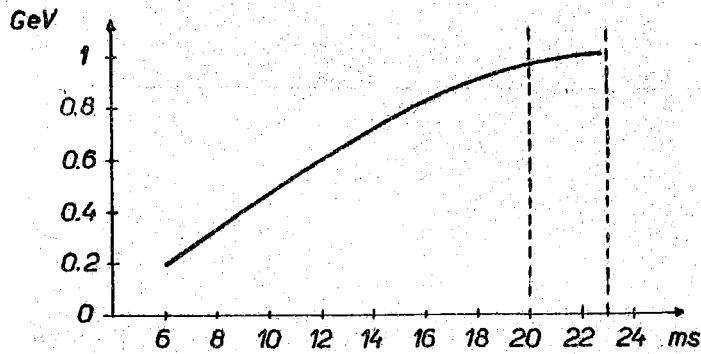


FIG. 1 - DIAGRAMMA DELL'ANDAMENTO DELL'ENERGIA DEGLI ELETTRONI DURANTE IL CICLO DI ACCELERAZIONE

La legge temporale dell'induzione magnetica nel sincrotrone si può scrivere come:

$$(2) \quad B(t) = B_c + B_a \sin 2 \pi \frac{t}{T}$$

dove B_c è il campo di bias, B_a l'ampiezza della componente alternata del campo, T il suo periodo.

Finchè si lavora nella zona lineare del ciclo di isteresi del magnete, i valori B_c e B_a sono noti dagli strumenti di misura delle correnti continua e alternata, stabilizzati al 2‰.

Il campo all'iniezione è di 29 Gauss, quando l'energia di iniezione è di 2,6 MeV; in queste condizioni lo spread accettabile in energia è dell'1‰.

Con riferimento alla fig. 2, preso come origine dei tempi l'istante in cui $B(t) = B_c$, si ha:

$$(3) \quad B_i = B_c + B_a \sin 2 \pi \frac{t_i}{T}$$

dove t_i è l'istante di iniezione.

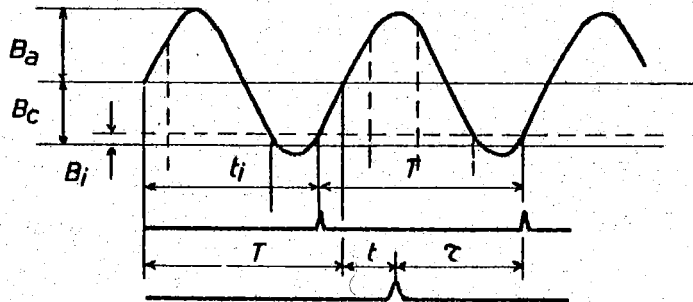


FIG. 2 - RELAZIONE FRA I PARAMETRI t , t_i E τ RELATIVI ALL'ANDAMENTO TEMPORALE DEL CAMPO $B(t)$

Sia $T + t$ la coordinata temporale di un certo evento, definiamo $\tau = t_i - t$. Si può allora riscrivere la (2) in funzione di B_a , B_c , B_i , T e τ :

$$(4) \quad B(t) = B_i + B_c \left\{ 1 - \cos 2\pi \frac{t}{T} + \left[\left(\frac{B_a}{B_i - B_c} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \sin 2\pi \frac{t}{T} \right\}$$

Ne consegue che una misura di T e τ con $\frac{\Delta T}{T} \approx \frac{\Delta \tau}{\tau} \lesssim 1\%$ consente la conoscenza di $B(t)$ con $\frac{\Delta B}{B}$ a qualche %.

Si descrive quindi un sistema elettronico che permette la misura accurata di questi tempi, e quindi della energia massima dello spettro di bremsstrahlung per ogni evento del processo in studio.

Nella fig. 3 è riportata la logica del sistema. Esso si compone di due rami, dei quali uno misura τ , l'altro T .

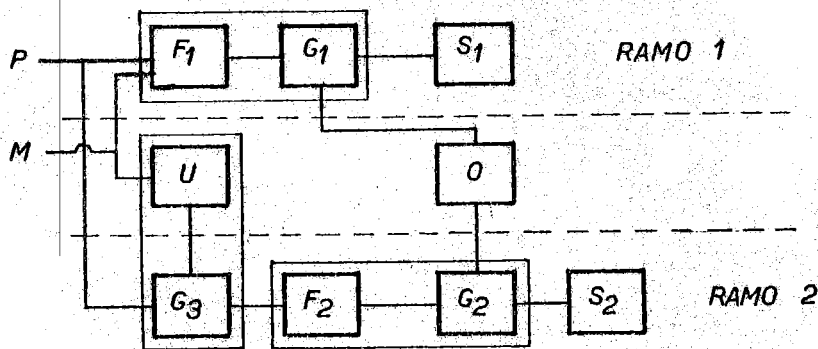


FIG. 3 - SCHEMA A BLOCCHI DELL'APPARATO DI MISURA

Lo stato iniziale del sistema è caratterizzato da una posizione dei flip-flop F_1 ed F_2 , tale da mantenere chiusi i gates G_1 e G_2 , impedendo così alle scale S_1 ed S_2 di contare gli impulsi provenienti dall'oscillatore O .

La sequenza cronologica dei segnali in ingresso è la seguente:

1) Il segnale M , che è presente solo quando c'è un evento fisico, comanda il flip-flop F_1 . Lo scatto di F_1 apre il gate G_1 permettendo alla scala S_1 di iniziare a contare i segnali sinusoidali provenienti dall'oscillatore.

Lo stesso segnale M comanda l'univibratore U il cui impulso derivato comanda a sua volta il gate G_3 per un intervallo di tempo di ~ 85 ms (v. fig. 2). Lo stato attuale del sistema è quindi caratterizzato da F_1 nel suo secondo stato stabile, dai gates G_1 e G_3 aperti, e dalla

scala S_1 in conteggio.

2) Il segnale p_1 della peaker successiva all'evento ha due effetti:

a) Comandare F_1 il quale, tornando nello stato iniziale, chiude il gate G_1 , interrompendo il conteggio di S_1 .

b) Comandare F_2 , attraverso G_3 aperto, il quale apre G_2 facendo iniziare il conteggio ad S_2 .

Questo stato è quindi caratterizzato dal ramo 1 (F_1, G_1, S_1) nello stato iniziale, F_2 nel secondo stato stabile, G_2 e G_3 aperti, S_2 in conteggio.

3) Dopo un tempo T (v. fig. 2) a partire da p_1 giunge l'impulso p_2 della peaker successiva. Date le condizioni del sistema tale impulso può comandare solo il ramo 2, passando attraverso G_3 ancora aperto. p_2 riporta F_2 nello stato iniziale, causando la chiusura di G_2 e interrompendo così il conteggio di S_2 .

4) Il ritorno del sistema allo stato iniziale si ha infine quando la parte negativa dell'impulso derivato fornito da U provoca la chiusura del gate G_3 .

Si noti che la durata di ~ 85 ms dell'impulso fornito da U è giustificata dal fatto che la chiusura di G_3 deve avvenire ad un istante compreso fra $\tau + T$ e $2 T$ dove $\tau \approx 20 \div 25$ ms, $T \approx 50$ ms (v. fig. 2).

I numeri N_1 ed N_2 forniti dalle scale S_1 ed S_2 sono direttamente proporzionali ai tempi τ e T :

$$N_1 = \nu \tau$$

$$N_2 = \nu T$$

dove ν è la frequenza dell'oscillatore. E' evidente che la precisione della misura è tanto più spinta, quanto più è stabile la frequenza ν e tanto più essa è elevata. Ci sono però, nella misura altre cause di errore che rendono inutile spingere la stabilità e il valore della frequenza oltre certi limiti.

Si è preferito impiegare per S_1 ed S_2 delle scale binarie che presentano il vantaggio di essere facilmente fotografabili e sufficientemente rapide oltre che essere di facile costruzione.

In particolare, nell'esperienza attuale in cui tale dispositivo viene impiegato, l'immagine delle scale compare sugli stessi fotogrammi su cui compaiono le tracce delle particelle rivelate in camere a scintille.

In sede di scanning risulta quindi agevole rilevare l'informazione additiva sui tempi T e τ .

Le scale che abbiamo realizzato per le misure di T e τ sono sufficientemente rapide (300 KHz) per i nostri scopi, infatti l'errore massimo è dovuto alla logica del conteggio ed è il doppio del periodo dell'oscillatore che si usa.

Nel nostro caso, avendo usato un oscillatore sinusoidale a 200 KHz, l'errore è di 10 μ sec. In queste condizioni i fronti di salita e i ritardi propri dell'elettro-

nica sono trascurabili rispetto a questo tempo. Il $\Delta \tau/\tau$ e $\Delta T/T$ risultano dell'ordine di 5×10^{-4} , e quindi sufficientemente piccoli.

Desideriamo ringraziare il Prof. G. Stoppini per la proposta per un tale dispositivo e per il suo ulteriore incitamento e aiuto a realizzarlo.

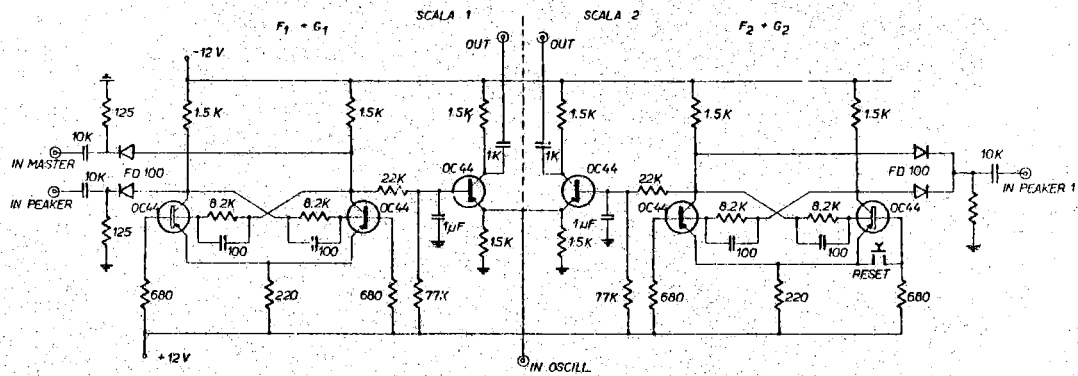


FIG. 4 - SCHEMA ELETTRONICO DEL GRUPPO $F_1 + G_1$ E $F_2 + G_2$

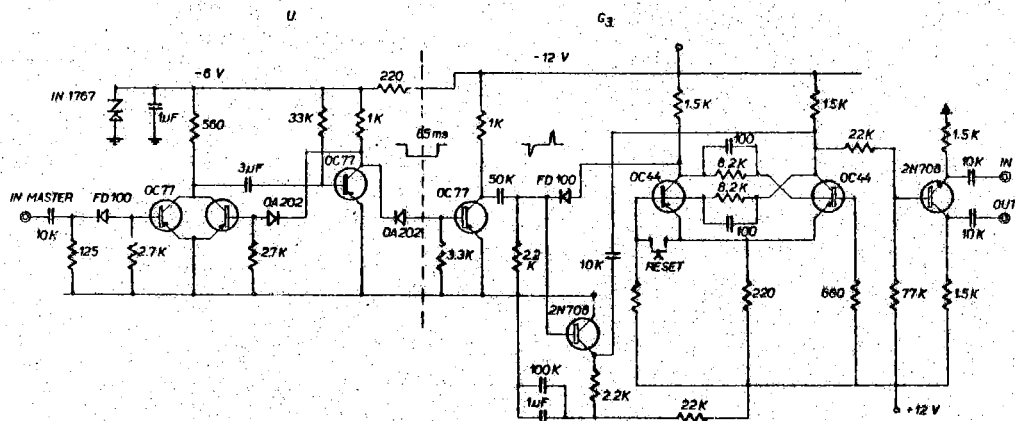


FIG. 5 - SCHEMA ELETTRONICO DEL GRUPPO $U + G_3$

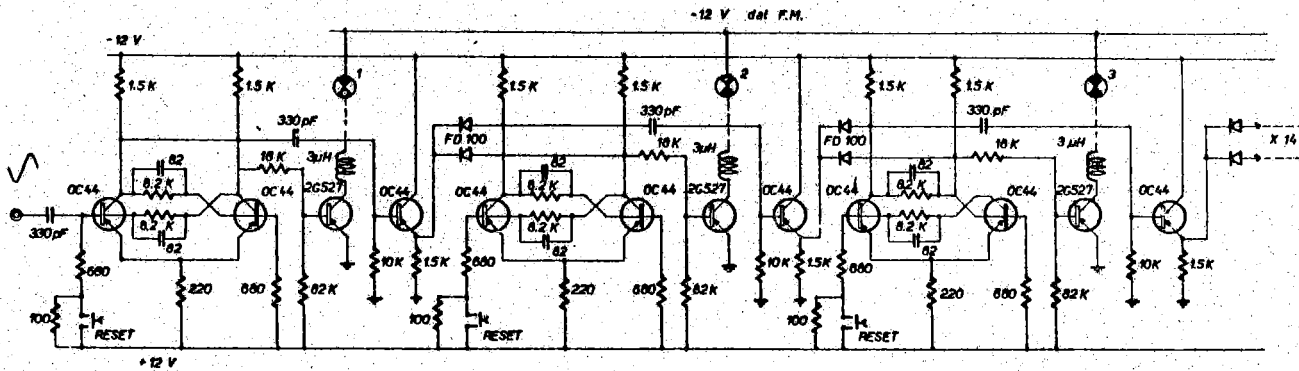


FIG. 6 - SCHEMA ELETTRONICO COMUNE ALLE SCALE S_1 E S_2