

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/136 (1962)

M. Ageno e al. : L'ELETTROSINCROTRONE: LA RICERCA DEL FASCIO.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 24, 334 (1962)

PARTE VIII.

Il funzionamento dell'elettrosincrotrone.

CAPITOLO I

La ricerca del fascio.

M. AGENO, A. ALBERIGI QUARANTA, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA, G. CORAZZA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, R. HABEL, C. INFANTE, A. MASSAROTTI, G. MONETTI, G. P. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, S. SIRCANA, P. G. SONA, R. TOSCHI e A. TURRIN

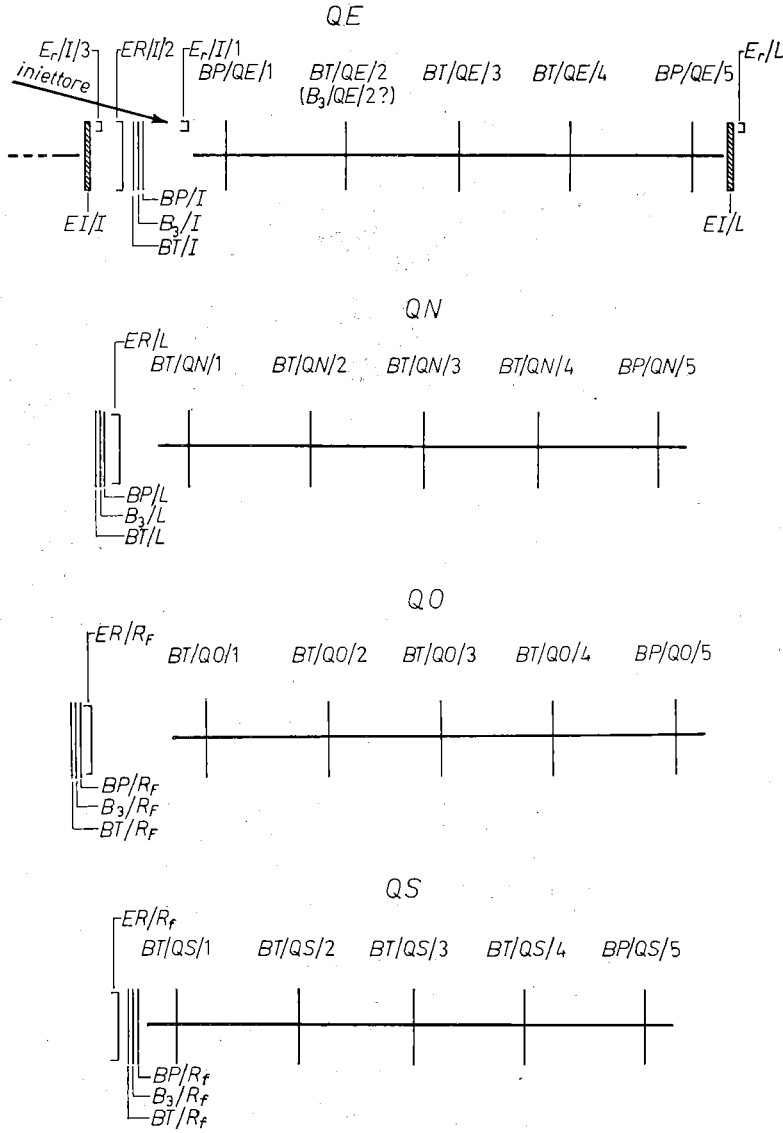
A) Alla data di completamento dell'elettrosincrotrone (e.s.) era pronto un programma di avviamento della macchina che aveva lo scopo di guidare nella ricerca delle condizioni per ottenere un fascio di elettroni soddisfacente, a 1000 MeV. Questo programma, indicato con il nome di « ricerca del fascio », si basava in grande parte sull'esperienza di altri sincrotroni; esso può oggi apparire, a posteriori, un po' sovradimensionato se si pensa che in questa fase dell'attività non si presentarono sostanziali imprevisti.

Il criterio informatore della ricerca del fascio è il seguente: gli elettroni nascono da un filamento e devono essere indirizzati ed accelerati in modo che essi passino consecutivamente attraverso quella serie di « tunnels » (nello spazio delle fasi) che caratterizzano l'acceleratore nel suo insieme. Pertanto l'operazione può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

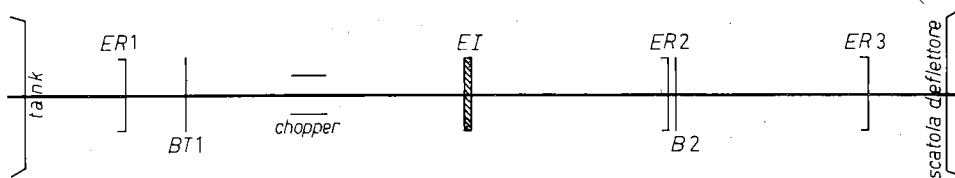
- 1) attraversamento del raccordo iniettore-deflettore;
- 2) attraversamento dei quattro quadranti;
- 3) osservazione dei giri multipli, senza accelerazione;
- 4) cattura da parte della cavità modulata (RF_1) in frequenza;
- 5) transizione RF_1 - RF_2 .

Conviene riferirsi immediatamente ad uno schema linearizzato della macchina (Fig. VIII.I.1). In esso sono raffigurati gli strumenti di rivelazione presenti all'inizio della ricerca del fascio e la loro ubicazione.

Si tratta essenzialmente di superfici fluorescenti (bandierine) che possono essere inserite per intercettare il fascio (Fig. VIII.I.2); elettrodi raccoglitori,



Rivelatori nei quadranti. Scala 1:40 (orizzontali).



Rivelatori nel raccordo iniettore-deflettore. Scala 1:10 (orizzontali).

Fig. VIII.r.1. - Disposizione dei rivelatori per la ricerca del fascio.

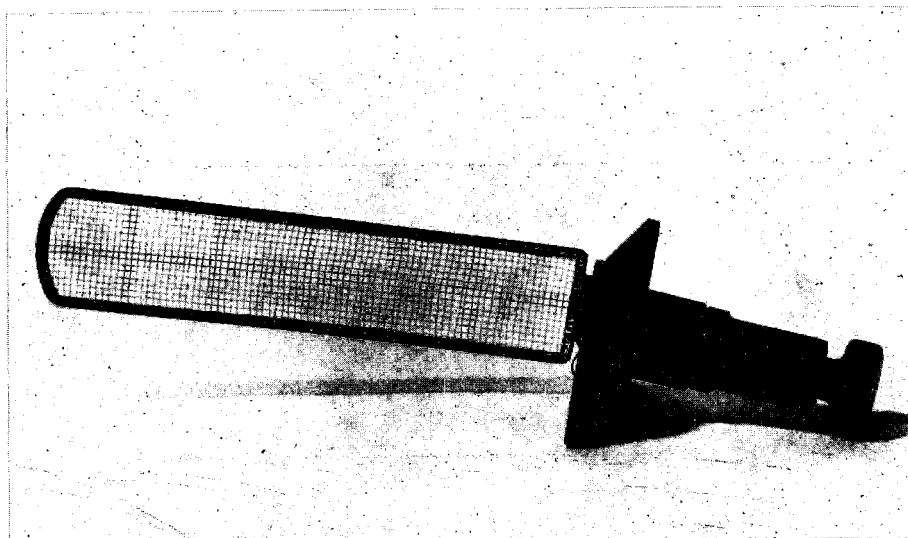


Fig. VIII.1.2. - Bandierina fluorescente trasparente con trasmissione del 90%.

anch'essi mobili in quanto misurano la carica circolante distruggendola; infine elettrodi a induzione (Fig. VIII.1.3), cioè elementi metallici che rivelano per

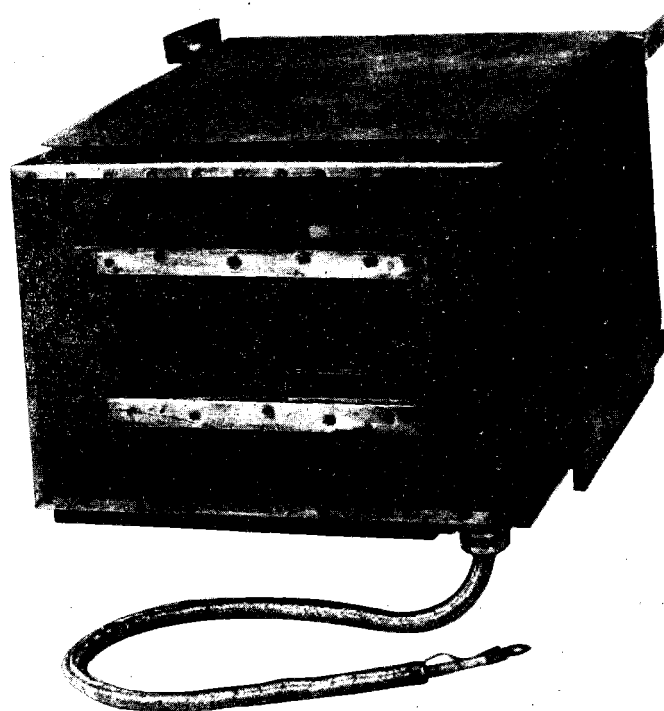


Fig. VIII.1.3. - Elettrodo ad induzione della sezione diritta libera (per disegno meccanico vedi Fig. IV.11.9).

induzione la presenza (il passaggio) di cariche elettriche nelle loro vicinanze. La nomenclatura dettagliata usata in Fig. VIII.I.1 è la seguente:

- B bandierina
- BP bandierina piena
- BT bandierina trasparente con trasmissione del 90 %
- B₃ bandierina con tre fori
- I sezione diritta dell'iniettore
- L sezione diritta libera
- R_f sezione diritta RF₁
- R_F sezione diritta RF₂
- Q quadrante (QE quadrante Est; QO quadrante Ovest, ecc.)
- ER elettrodo raccoglitore che ha sezione uguale a quella della ciambella
- E_r piccolo elettrodo raccoglitore
- EI elettrodo a induzione.

Tutti questi elementi rivelatori sono contenuti nella camera a vuoto (che include il raccordo iniettore magnete) e pertanto vengono osservati attraverso finestre (le bandierine) ed hanno connessioni elettriche o supporti meccanici in comunicazione con l'esterno (gli elettrodi). In particolare, la fluorescenza delle bandierine è osservabile da vicino essendo già eccitata da fasci di intensità inferiore al livello di sicurezza. Gli elettrodi invece mandano l'informazione alla sala di controllo.

B) Elencheremo ora le operazioni di ricerca secondo il loro svolgimento, così come può essere ricostruito attraverso il nostro giornale di laboratorio. Le date danno un'idea del tempo impiegato in ciascuna fase.

Ricordiamo qui il periodo relativo all'impiego dell'iniettore definitivo, il Van de Graaff (V.d.G.). Come si è detto al Cap. II, Parte I una prima ricerca orientativa del fascio venne fatta con il Cockcroft Walton dell'Istituto Superiore di Sanità nel settembre 1958.

Cominciamo dall'attraversamento del raccordo iniettore-deflettore: la struttura del raccordo è descritta nella Parte VI, Cap. II. Si tratta di allineare l'asse ottico della V.d.G. con quello del sistema di lenti sul raccordo in modo che esso passi inoltre al centro delle piastre del deflettore. La corrente accelerata è misurata all'uscita della V.d.G. ed all'imbocco del deflettore mediante elettrodi raccoglitori; dal confronto risulta la trasmissione del raccordo. Si dispone di un fascio continuo ($\sim 5 \mu\text{A}$) o pulsato (4 mA di picco per circa 8 μs) a 2.5 MeV. Il centraggio dura dal 29 novembre all'1 dicembre 1958.

Successivamente si passa all'attraversamento del deflettore (che non presenta alcuna difficoltà) e del primo quadrante. Il fascio può essere già rivelato dall'elettrodo ad induzione della sezione diritta che segue il primo quadrante (3 dicembre).

Il giorno 4 dicembre il primo giro è completato senza difficoltà essenziali,

con il solo aiuto di campi correttivi alle testate e di correzioni per il campo residuo. Peraltro i vari parametri non sono ancora aggiustati su un optimum e di qui in poi si deve intendere che la situazione subisca lenti miglioramenti dovuti ad un affinamento delle correlazioni tra i componenti della macchina.

L'inconveniente di maggior rilievo in questa fase è dovuto a battimenti tra le frequenze di alimentazione: il magnete ha infatti una frequenza propria di 20 Hz, mentre la rete funziona a 50 Hz. I sintomi si manifestano sotto forma di spostamenti periodici dei vari giri rivelati da una bandierina semitrasparente all'interno della ciambella. La terapia consiste nell'alimentare la V.d.G. a 60 Hz col generatore sincrono con l'alimentazione principale del magnete, e nel disinserire i ripetitori di comando della sorgente.

Allo stesso tempo viene messa a punto la correlazione tra la tensione istantanea della V.d.G., la tensione del deflettore e la polarizzazione del peaker che comanda l'istante di iniezione. In questo modo sono eliminate le instabilità dovute alla modulazione della tensione dell'iniettore (ampiezza del ripple $\sim 1\%$).

Il 15 dicembre 1958 è acceso l'impianto a R.F. della prima cavità, modulata in frequenza. La durata del treno d'onde in cavità è di 2.2 ms, corrispondenti a 57 MeV. Il fascio accelerato è rivelato alla sua morte da uno scintillatore plastico situato in prossimità del magnete.

Successivamente, prolungando il programma di tensione della RF₁ e portandola a 9500 V di picco, si riesce ad avere un fascio di (200 ÷ 220) MeV, sopra la soglia del visibile per la radiazione di sincrotrone. La tensione in cavità è appena sufficiente, tuttavia la luce emessa è osservata ad occhio (con l'aiuto di specchi che guardano le finestre della ciambella) il 19 dicembre.

Forzando l'impianto di alimentazione della RF₁ si riesce a produrre un fascio di 330 MeV, con il quale si incominciano a provare gli apparati dosimetrici per neutroni e a sistemare le targhette interne. Vengono esposte lastre radiografiche, rilevati i livelli di radiazione in sala, centrato il quantmetro, ecc.

Il periodo che va dal 20 dicembre 1958 al 6 febbraio 1959 è impiegato nello studio dei parametri della macchina in attesa dell'inserzione della cavità di potenza RF₂. In particolare, per ridurre le possibilità di imprevisti connessi con l'inserzione della grande superficie conduttrice della cavità definitiva, si saggia il comportamento dei campi nella relativa sezione diritta con l'uso di lastre di rame simulatrici.

Viene messo a punto il complesso sistema di correnti correttive (v. Parte III, Cap. VIII) del campo: queste correzioni lavorano infatti essenzialmente a bassi campi ed il loro assetto optimum può essere reso definitivo in questa fase. A titolo di esempio diamo una scheda tipo di rilevamento dei dati relativi a queste correnti correttive (Fig. VIII.1.4).

I dati della prima scheda comprendono le caratteristiche dell'alimentatore delle correnti impulsate, la durata e l'istante di inizio dell'impulso, i valori

Scheda per registrazione dati delle correcting coils

- Data: 6-2-1959
- Dati relativi alla misura no.:
- Alimentazione: $V_{\text{anod}} = 400 \text{ V}$
- Amplif. di corrente: $V_{\text{polariz. griglia}} = -70 \text{ V}$
- Ampiezza segnale del formatore di funzione: $V_s = 220 \text{ V}$
- Durata dell'impulso di correzione: $t = 2 \text{ ms}$
- Corrente di bias peaker di start: $I_b = 60 \text{ mA}$
- Anticipo inizio correzione rispetto allo 0 del c.m.: $\tau = 250 \mu\text{s}$
- Tensione riferimento del slide back: $E = 100 \text{ V}$
- Ampiezza impulso di corrente di correzione in un circuito:

$$I_{(A)} = \frac{10^{-3} E \text{ (V)}}{500 \Omega} (n_A + n_B + \dots) = 2 \cdot 10^{-4} (n_A + n_B + \dots) .$$

	Denom. circuito	No. canale e valvole relative	Lecture Helipot slide back						I (mA)	Posiz. invertitore
			n_A	n_B	n_C	n_D	n_E	n_F		
	RES-1	7 DEF	/	/	/	633	630	629	378	↑
	RES-2	6 ABC	298			/	/	/	182	↑
	RES-3	9 ABCDEF	390						469	↑
	PMS	1 D	/	/	/		/	/	60	↑
	P-1	1 C	/	/		/	/	/	40	↑
	RTV-ES	8 ABCDEF	350						420	↑
	RTV-EN	10 ABCDEF	600						720	↑
	RTV-NE	11 ABCDEF	600						720	↑
	RTV-NO	12 ABCDEF	850						1020	↑
	RTV-ON	13 ABCDEF	850						1020	↑
	RTV-OS	14 ABCDEF	200						210	↑
	RTV-SO	15 ABCDEF	200						240	↑
	RTV-SE	16 ABCDEF	250						300	↑
(Fine)	$A_2S + A_2C$	6 DEF	/	/	/	352	968	366	217	↑
(Fine)	$A_1S + A_1C$	3 C	/	/	750	/	/	/	150	↑
	RTO-ES	1 CC							8	↑
	RTO-EN	2 CC							13	↑
	RTO-NE	3 CC							13	↑
	RTO-NO	4 CC							35	↑
	RTO-ON	5 CC							35	↑
	RTO-OS	6 CC							8	↑
	RTO-SO	7 CC							8	↑
	RTO-SE	8 CC							15	↑

Fig. VIII.1.4. — Le schede si riferiscono alle condizioni di lavoro con le quali sono stati ottenuti i 1000 MeV.

dell'impulso di corrente (1 mA) circolante in ciascuno degli avvolgimenti usati, il senso della corrente, convenzionalmente indicata con la posizione dell'interruttore invertitore.

I circuiti di correzione sono individuati da una sigla, contenuta nella prima colonna, che riguarda l'avvolgimento nel magnete, e da una sigla, nella seconda colonna, che riguarda il relativo alimentatore. I circuiti di correzione indicati nella seconda scheda sono alimentati in corrente continua.

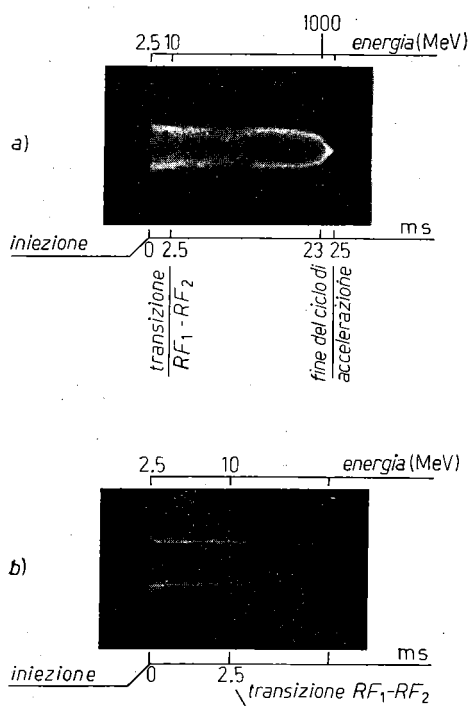


Fig. VIII.1.5. - Segnale di uscita dell'elettrodo ad induzione. a) Per un intero ciclo di accelerazione; b) dall'iniezione all'avvenuta transizione tra la RF_1 - RF_2 .

dalla Fig. VIII.1.5 a) nella quale si vede che il segnale dell'elettrodo ad induzione comincia a diminuire a partire da 21 ms dopo l'iniezione e raggiunge lo zero ad un tempo di 25 ms.

La durata del fascio γ in questo caso risulta di 4 ms centrati intorno al valore di 1000 MeV con una indefinizione di energia di circa $\pm 1\%$.

Il 6 febbraio la cavità RF_2 comincia a funzionare nella relativa sezione diritta, ma la transizione RF_1 - RF_2 non riesce immediatamente, in quanto non era ancora messo a punto l'agganciamento di fase.

Il 9 febbraio 1959 si è pronti con ogni parte, e quella sera stessa il fascio raggiunge 1000 MeV. L'osservazione della accelerazione completa è affidata ad un elettrodo a induzione; in Fig. VIII.1.5 è riportato il segnale in uscita di questo elettrodo, sul quale sono chiaramente riconoscibili le tappe del fascio circolante nel magnete.

Per una energia dell'e.s. di 1000 MeV il campo magnetico raggiunge il suo massimo valore (9260 G) 23 ms dopo l'iniezione.

Per ottenere un impulso di raggi γ di durata lunga e quindi un « duty cycle » ragionevole la seconda cavità a radiofrequenza viene modulata in ampiezza a partire da 20 ms.

Il risultato di ciò appare evidente