

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-58/21 (1958)

G. Salvini: STATO ATTUALE DEI LAVORI PER L'ELETTROSINCROTRONE  
NAZIONALE DA 1100 MeV.

Estratto da: Nuovo Cimento, Suppl. 9, 402 (1958)

## Stato attuale dei lavori per l'elettrosincrotrone Nazionale da 1000 MeV (\*).

G. SALVINI

*Istituto di Fisica dell'Università di Roma - Roma*

### 1. - Stato attuale dei lavori.

Già in occasione dell'ultimo congresso della Società Italiana di Fisica a Torino abbiamo dato particolari sul nostro progetto [1], ed in questa relazione passiamo quindi in rassegna l'attuale situazione dei lavori, sottolineando alcuni contributi particolari su determinati problemi. Riferiamo poi brevemente sulla attuale situazione per la preparazione delle esperienze.

Nella tabella I è riportata la attuale distribuzione dei compiti tra i fisici e

TABELLA I. - Attuale distribuzione dei compiti tra i fisici

	Magnete e misure magnetiche	Radiofrequenza ed elettronica	Vuoto e ciambella	Iniettore	Gruppo teorico
	AMMAN BOLOGNA DIAMBRINI GHIGO SACERDOTI SALVINI SANNA	ALBERIGI MASSAROTTI MONTELATICI PUGLISI QUERCIA	CORAZZA SIRCANA	AGENO BIZZARRI QUERZOLI REALE	BERNARDELLI SONA TURRINI
(L)	7	5	2	4	3
(T)	7	11	2	—	—

(\*) Lavoro presentato al XLIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Padova-Venezia, 22-28 Settembre 1957.

gli ingegneri dei Laboratori di Frascati. Il personale della Sezione Acceleratore al completo si è trasferito dall'Istituto di Fisica di Roma ai Laboratori di Frascati nel mese di Giugno di quest'anno. Attualmente si può considerare superata la fase di trasloco e di primo ambientamento, anche se buona parte dei laboratori e dei servizi sono alloggiati in sedi non definitive, in attesa dell'ultimazione del laboratorio a tre piani attualmente in costruzione.

**Magnete.**

Per i dati caratteristici sul magnete rimandiamo alle nostre pubblicazioni [1].

In Fig. 1 si vede la sala dell'edificio per il Sincrotrone (SCACCIA), nella quale è posto il magnete e dove si svolgeranno le esperienze.

In Fig. 2 è riportata una sezione del nostro magnete (SACERDOTI) limitata-mente ai particolari che questa relazione permette.

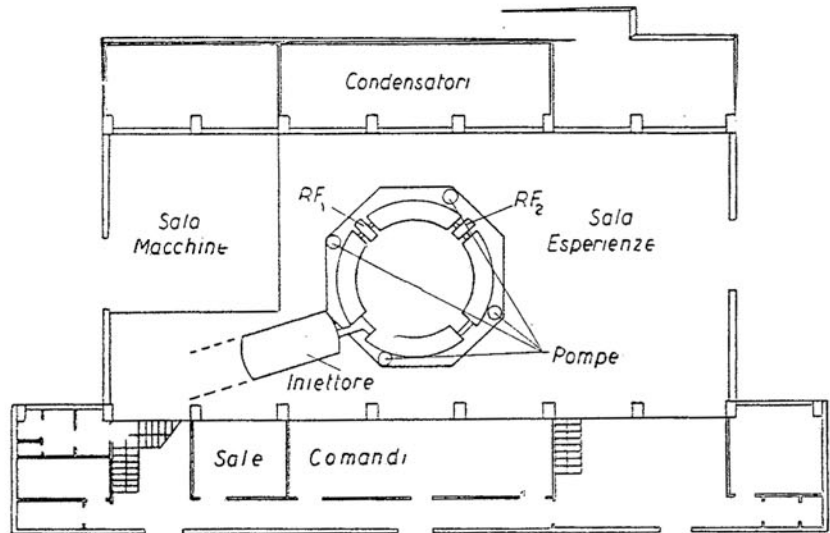


Fig. 1.

gli ingegneri dei Laboratori di Frascati.

Misura del fascio	Lavori edili e attrezzatura laboratori	Magneti per esperienze	Liquefazione idrogeno	Officina	Segreteria e servizi
CIALDEA MURTAS	CERCHIA LADU SCACCIA	BENEVENTANO TOSCHI	CARERI MONETI	—	AGOSTINI
2	3	2	2	—	1
—	2	—	1	11	11

Complessivamente: Laureati (L): 31  
 Tecnici (T): 45  
 76

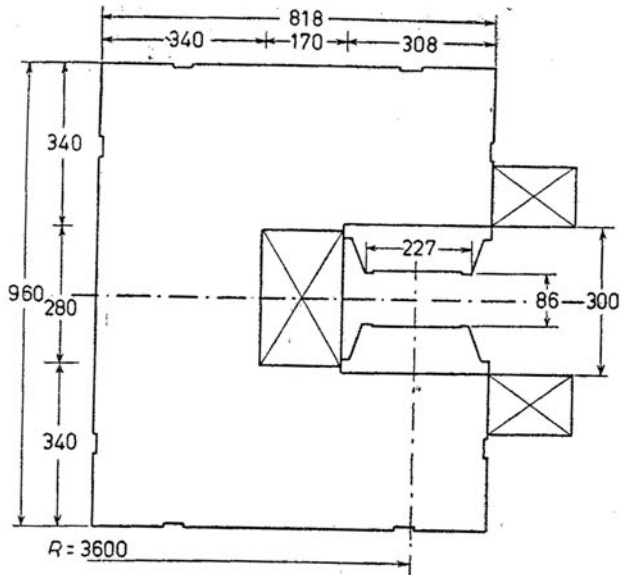


Fig. 2.

È stata ultimata la costruzione dei 64 blocchi di lamierini (ciascuno di 30 cm di dimensione azimutale) che costituiscono il nucleo del magnete. I blocchi sono stati collaudati geometricamente e misurati magneticamente presso la ditta costruttrice ed è iniziato il montaggio del magnete (GHIGO). È ultimata anche la costruzione delle espansioni polari.

È arrivata ai Laboratori la prima delle quattro bobine necessarie per i quattro quadranti. Essa è stata preparata con la normale tecnica di compoundatura, oltre che ulter-

riormente nastrata a freddo nell'insieme dei conduttori interni. È raffreddata ad acqua ed ha una struttura per necessità non usuale (GHIGO).

Come è noto il magnete sarà eccitato in corrente alternata (20 p/s) più corrente continua. È pertanto necessario un induttore di protezione (TOSCHI). Questo induttore è senza nucleo di ferro, in una struttura suggerita dal prof. SOMEDA dell'Università di Padova. L'induttore è attualmente in fase di impregnazione e la sua consegna è prevista entro un mese da oggi (in Fig. 3 è indicato lo schema del nostro induttore di protezione).

I banchi di condensatori per il magnete sono completamente montati.

Nei prossimi giorni si installerà il quadro

di controllo. Il gruppo convertitore è quasi completo poichè sono montati il trasformatore, i due gruppi rotanti, gli interruttori, le sbarre di collegamento ed il quadro (AMMAN). Dovranno ancora iniziare la messa a punto dei regolatori e le prove delle macchine su un carico resistivo, che dureranno presumibilmente circa tre settimane (AMMAN).

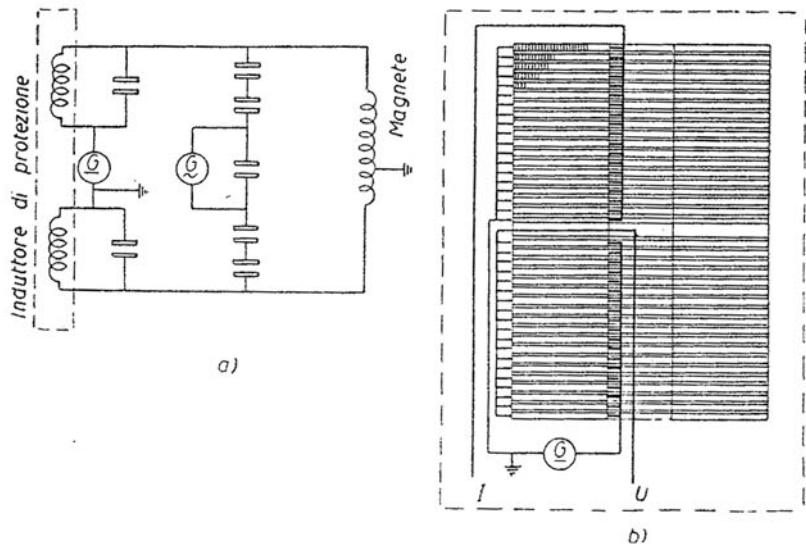


Fig. 3.

A magnete completamente montato vi sarà una ulteriore messa a punto dei regolatori sul carico reale.

### Bobine di correzione.

Si è iniziata la costruzione definitiva delle varie bobine di correzione che serviranno per la definizione fina del campo magnetico (AMMAN, CORAZZA, SANNA). Queste bobine hanno chiesto uno studio piuttosto elaborato, e per questo è stato montato a Frascati il pezzo di magnete della lunghezza di un metro costruito a suo tempo. Su questo magnete sono stati sperimentati in eccitazione continua gli effetti dei circuiti di alimentazione della regione focalizzante del campo e si è giunti, dopo numerose prove, alla selezione di una serie conveniente di fili ed a valori di correzione ormai quasi definitivi [2].

Sulla base dei risultati sperimentali ottenuti in corrente continua è stata precisata l'alimentazione di questi circuiti ed è stata quindi avviata la costruzione dell'alimentazione occorrente per tutto il magnete.

Attraverso numerose serie di misure sono state poi effettuate opportune scelte di insieme dei fili che realizzano le correzioni di  $n$  di tipo prefissato anche in corrente alternata. È stata col-

laudata con successo l'alimentazione a questo scopo progettata e costruita.

In Fig. 4 diamo i risultati delle misure in c.a. del gradiente  $n$  del campo su tutta la profondità della gap quando non vi sono bobine di correzione (curva 1), e per diverse correnti (con un sistema di 8 fili appoggiati alle espansioni polari), che hanno lo scopo di ruotare, nel modo voluto e indicato nel diagramma, il valore del gradiente.

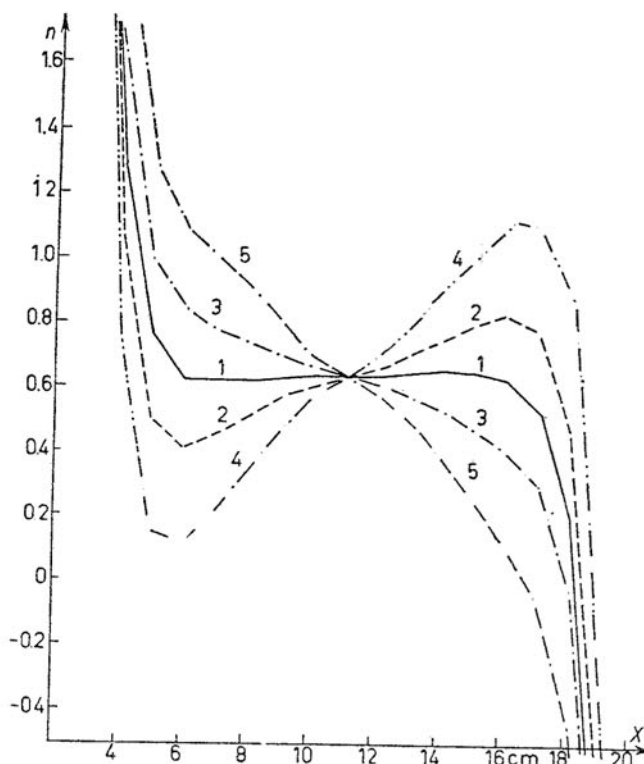


Fig. 4.

### Misure magnetiche.

È stato ultimato, come si è detto, il nostro programma di misure magnetiche su ciascuno dei 64 blocchi che costituiscono il magnete (BOLOGNA, DIAM-

BRINI, GHIGO). Queste misure sono state eseguite al campo di iniezione, a campo residuo, a campo medio ed a campo massimo.

Nella Fig. 5 è riportata la distribuzione dei valori del campo massimo tra i vari blocchi, per una determinata eccitazione.

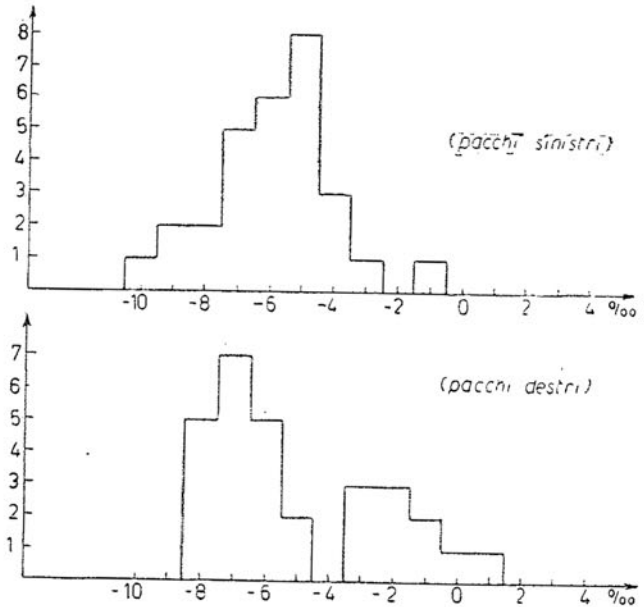


Fig. 5.

Questi risultati, considerate le nostre condizioni di eccitazione, si possono considerare soddisfacenti. I risultati così ottenuti sono stati elaborati dal nostro gruppo teorico in collaborazione col gruppo di misure magnetiche a fine di stabilire l'ordine migliore con cui i blocchi dovranno essere allineati sul Sincrotrone (BERNARDINI, SONA, TURRIN).

Si è quindi calcolata la forma dell'orbita chiusa relativa alla distribuzione dei blocchi decisa, e nell'ipotesi che le fluttuazioni azimutali di campo magnetico siano

essenzialmente dovute ai blocchi più che alle espansioni polari. La forma dell'orbita chiusa è indicata nella Fig. 6. Come si vede l'orbita chiusa si scosta dall'orbita ideale di equilibrio per non più di 2 mm a campo massimo.

Dai primi di settembre è iniziata la programmazione delle misure magne-

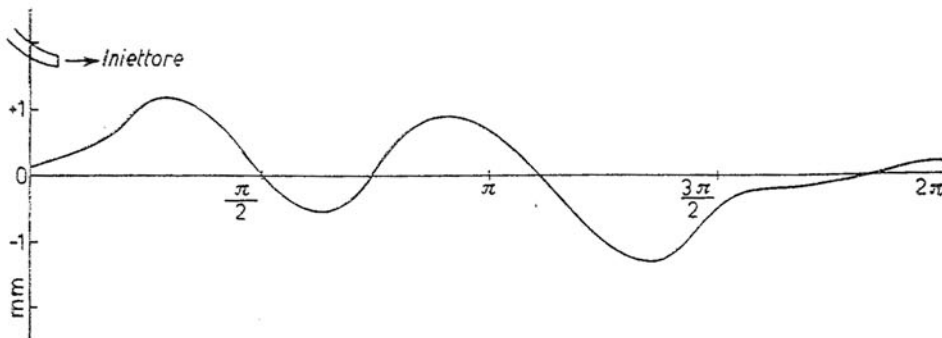


Fig. 6.

tiche sul primo quadrante del sincrotrone e si sta montando e mettendo a punto tutta l'apparecchiatura necessaria.

La nostra strumentazione per le misure magnetiche si è dimostrata soddisfacente, ed anzi può dirsi che essa è probabilmente la più avanzata oggi esistente per misure su macchine nucleari. Tra gli strumenti originali o le innovazioni apportate a queste misure, vogliamo ricordarne alcuni.

Lo strumento approntato da DIAMBRINI per le misure del piano magnetico mediano in corrente continua è ormai in uso presso di noi da più di un anno e soddisfa egregiamente alle sue funzioni. Tale strumento è già stato descritto [3].

Si è studiato un nuovo tipo di bobinetta rotante (GHIGO) per la misura del gradiente  $n$  di campo da 500 a 10 000 gauss. L'apparecchio consiste di una bobina con l'asse magnetico ortogonale al piano magnetico mediano, e che ruota intorno ad un asse anch'esso ortogonale al piano magnetico mediano, come descritto nella Fig. 7. Il moto di rotazione

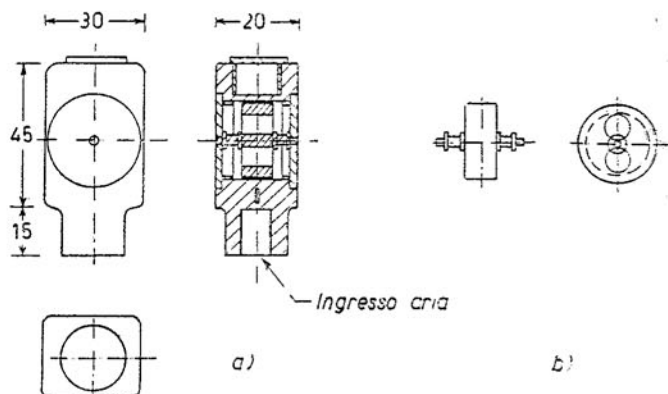


Fig. 7.

della bobina è ottenuto mediante una turbina a palette ad aria compressa. Facendo ruotare la bobina nelle condizioni di cui sopra, in un campo magnetico con gradiente  $b$  si ha una forza elettrica alternata il cui valore di picco è:

$$e = \Sigma(B_1 - B_2)2\pi v,$$

dove  $\Sigma$  è l'area spire della bobina e  $B_1 - B_2$  sono i valori del campo ad una distanza  $2r$ , essendo  $r$  la distanza tra l'asse magnetico e l'asse di rotazione. La misura di  $B_1 - B_2$ , dalla quale si risale al valore di  $n$ , può realizzarsi indipendentemente dalla frequenza  $\nu$ , integrando il segnale di uscita. Lo schema a blocchi dell'apparecchio è indicato in Fig. 8.

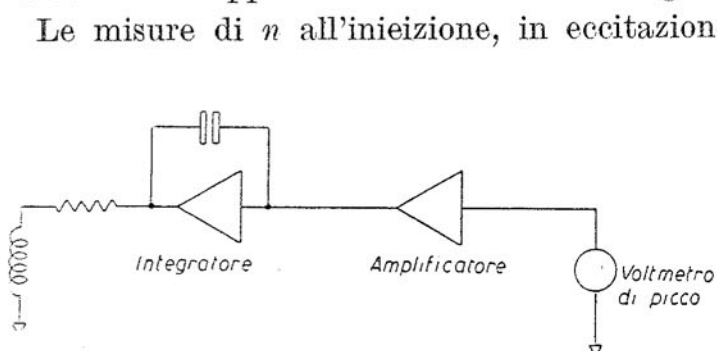


Fig. 8.

Le misure di  $n$  all'iniezione, in eccitazione alternata più continua, sono state fatte impiegando il metodo delle peaking strips [3].

Si sta studiando anche l'automazione di queste misure per guadagnare tempo intorno al magnete. Si è concluso per una ragionevole automazione che verrà a suo tempo descritta. Riteniamo infatti che sia conveniente pubblicare in una nota estesa la descrizione degli strumenti di misura da noi costruiti e le misure magnetiche effettuate.



### **Iniettore.**

L'iniettore, come già noto dalle nostre relazioni [1], (pag. 1), è del tipo di Cockroft e Walton. Esso è curato dai fisici dell'Istituto Superiore di Sanità di Roma.

Il moltiplicatore di tensione è completo in tutte le sue parti. Sono in questo periodo in corso le prove di collaudo ad alta tensione del dispositivo montato nella sua tank in azoto compresso a 12 atm. Si prevede che tali prove dureranno ancora una decina di giorni dopo di che tutto il complesso sarà trasportato a Frascati per la messa in opera. L'alimentatore a 1000 periodi stabilizzato è già stato collaudato e trasportato a Frascati.

I catodi e la sorgente ed il tubo acceleratore sono pronti; la sorgente ed i singoli elementi del tubo acceleratore sono stati collaudati alla loro tensione di lavoro su di un banco da vuoto provvisorio.

Il banco da vuoto è stato automatizzato ed il suo collaudo è ora in corso. Si sta provvedendo al montaggio su di un carrello indipendente dalla pompa a diffusione.

I circuiti per il comando da terra della sorgente di elettroni sono pronti e collaudati. È in corso il montaggio definitivo dei circuiti di comando dei filamenti del catodo di comando della sorgente destinati a stare nella parte alta tensione del moltiplicatore; anche questi circuiti sono stati collaudati in montaggio di prova.

Sono state già progettate ed eseguite le lenti di focalizzazione del fascio di elettroni ed i relativi alimentatori stabilizzati in corrente. Sono progettate o in corso di esecuzione le bobine deflettrici per la centratura del fascio.

Il deflettore, insieme a tutti i meccanismi che ne permettono i movimenti è già costruito. È quasi ultimato il pannello che contiene tutti i relativi comandi. È iniziata la costruzione del giunto mobile di collegamento fra il deflettore e l'iniettore. È stato costruito in montaggio di prova un alimentatore altamente stabilizzato a 50 kV per il deflettore, che è attualmente in collaudo; contemporaneamente è stato cominciato il suo montaggio definitivo.

### **Vuoto e ciambella.**

L'impianto di vuoto dell'elettrosincrotrone sarà pronto per il montaggio entro questo mese.

Presso i nostri laboratori è ora in via di realizzazione il pannello dei telecomandi dell'intero impianto di vuoto da montarsi sulla consolle di comando generale del Sincrotrone.

Dal 1° Settembre 1957 si è cominciata la costruzione della ciambella nelle



sue dimensioni definitive apportando al vecchio modello alcune modifiche che la rendono meccanicamente più resistente e di maggiore semplicità di montaggio (CORAZZA, SIRCANA).

Da prove fatte in un compressore idraulico la ciambella resiste senza rompersi ad una pressione di 2.5 atm. La rottura avviene a circa 3 atm od oltre.

Ogni quadrante di ciambella sarà composto di tre settori uniti fra loro

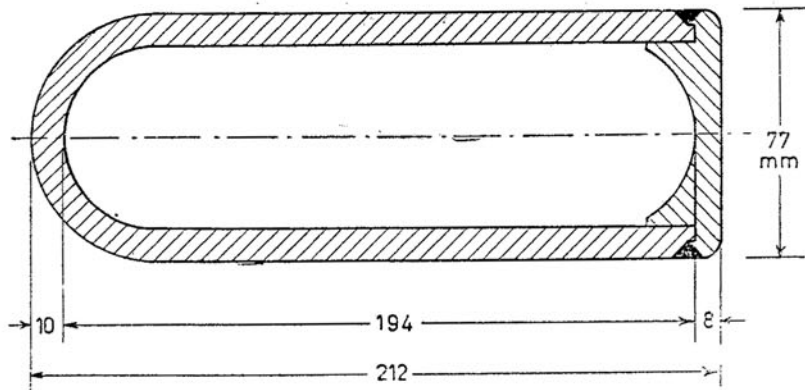


Fig. 9.

con una guarnizione a tenuta di vuoto tipo « O » ring alloggiata sulla testata di ogni settore in una gola ricavata per mezzo di un pantografo.

In ogni quadrante la ciambella ha cinque finestre trasparenti che permettono di esplorare l'interno. In prossimità di tali finestre sono sistemate bandierine fluorescenti normalmente tenute in posizione tale da non disturbare il percorso degli elettroni. Le bandierine per mezzo di un sistema meccanico a tenuta di vuoto possono essere poste in direzione normale al fascio in modo da individuarne la posizione. Tali bandierine serviranno principalmente alla ricerca del fascio nel periodo di messa a punto dell'elettrosincrotrone.

In Fig. 9 è illustrata la sezione della ciambella. La ciambella è coperta all'interno con uno strato di acciaio inossidabile dello spessore di  $5/100$  di mm in striscie di 12 mm distanti tra loro  $3/10$  di mm.

### Radiofrequenza.

È stata ultimata la costruzione, messa a punto e collaudo della catena di amplificazione per la radio frequenza ( $RF_1$ ) (ALBERIGI, LEPRI, PUGLISI, QUERCIA). Si sta ora precisando l'inserimento della cavità risonante nella sezione dritta della macchina ad essa riservata, ed il passaggio della ciambella attraverso di essa. Sono in costruzione i dispositivi di sicurezza e gli apparati per la messa in funzione automatica di ogni parte di questo impianto. È già stata

pubblicata in una delle nostre relazioni la descrizione particolareggiata della parte elettronica della  $RF_1$  [4].

È stato risolto (QUERCIA [5]), con un dispositivo elettronico del quale diamo qui il principio di funzionamento, il problema di controllare la frequenza della cavità  $RF_1$ , mentre essa varia rapidamente nel tempo: come è noto questa variazione è necessaria perchè gli elettroni all'iniezione (2.5 MeV totali) hanno una velocità iniziale inferiore del 2.1% alla velocità della luce.

La misura della frequenza deve essere fatta in un tempo sufficientemente

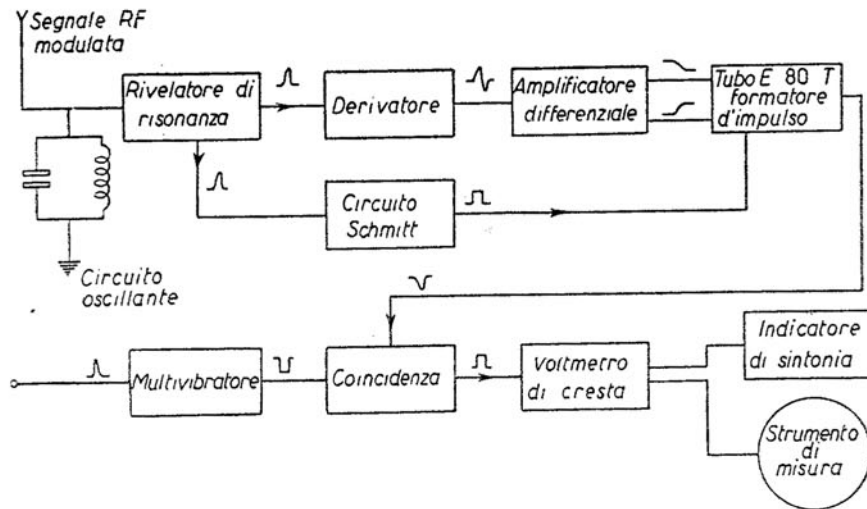


Fig. 10.

breve affinchè il valore di frequenza sia sufficientemente definito (almeno entro l'uno per mille).

Questo è stato realizzato confrontando ad ogni tempo voluto, con un sistema di coincidenze, l'istante  $T_1$  in cui la frequenza  $\nu_1$  della cavità raggiunge un certo valore e l'istante  $T_2$  in cui il campo magnetico ha il valore che a quella frequenza deve corrispondere. I due istanti devono essere in coincidenza. La frequenza  $\nu_1$  viene direttamente prelevata mediante un segnale captato con una piccola antenna ed iniettato entro un circuito risonante avente l'opportuno fattore di merito ed accordato sulla frequenza  $\nu_1$ .

Diamo in Fig. 10 lo schema a blocchi di questo strumento.

$RF_2$  (cavità risonante ad alta tensione).

Gli elettroni vanno portati da circa 10 MeV a 1000 MeV per mezzo di una cavità risonante ad alta tensione (circa 60 000  $V_{max}$  alla gap), della quale è terminata la progettazione nelle sue linee generali ed è stata iniziata la costruzione e messa a punto delle varie parti della catena (PUGLISI, MASSAROTTI).

Lo stadio pilota (uscita 300 W alla frequenza finale) è stato costruito e collaudato; così pure il 1° stadio (uscita 1.3 kW) che però non è ancora in veste definitiva.

Lo stadio prefinale (10 kW) è parzialmente costruito e sarà provato in questi giorni; lo stadio finale (40 kW) è ancora in fase di modello in scala 1:1.

Si è costruita una cavità risonante con la regione elettrica sotto vuoto e su di essa sono stati sperimentati i metodi per evitare il multipacting elettronico. Con queste cavità preliminari si sono ottenuti circa 25 000  $V_{max}$ .

È attualmente in costruzione la cavità di tipo definitivo. Diamo in Fig. 11 lo schema in sezione di questa cavità.

In un primo tempo si era considerato sufficiente una tensione massima di (30 000 ÷ 40 000) V. Questa cifra è stata oggi portata a 60 000 V sulla base delle esperienze fatte recentemente presso altri sincrotroni e dei risultati teorici di vari autori [6].

Il nostro gruppo teorico (C. BERNARDINI) ha calcolato la tensione di R.F. massima necessaria per la nostra macchina. La situazione è illustrata nel diagramma di Fig. 12. In questo diagramma si dà l'ampiezza massima di oscillazione di Sincrotrone, per varie tensioni massime della cavità, in funzione dell'energia degli elettroni.

Affinchè non si perda una elevata percentuale degli elettroni è necessario che l'ampiezza massima delle oscillazioni permesse sia abbastanza più grande

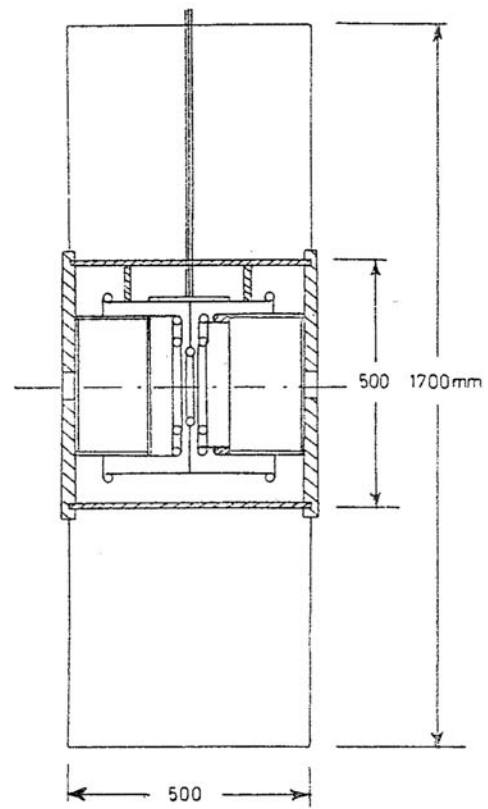


Fig. 11.

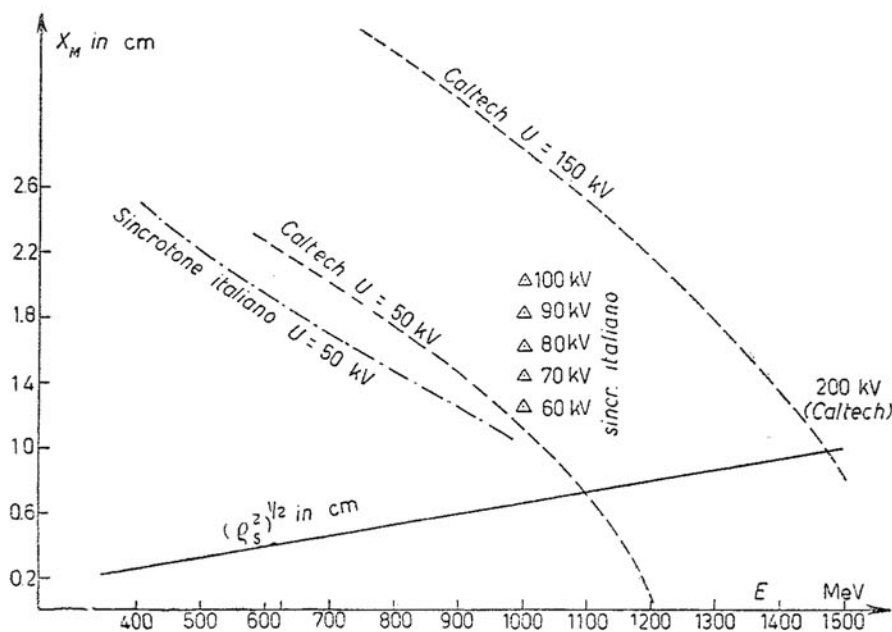


Fig. 12.

delle dimensioni quadratiche medie che il fascio raggiunge per effetto delle fluttuazioni nella perdita di irraggiamento degli elettroni.

Come si vede, questa condizione è rispettata sino a 1000 MeV solo se la cavità ha una tensione massima di almeno 50 000 V. Si stima che per il nostro elettrosincrotrone sia conveniente una cavità di almeno 60 000 V.

In questi mesi si è calcolato [7] (PUGLISI, QUERCIA) il calo di tensione massimo della cavità RF<sub>1</sub> per diverse correnti di elettroni circolanti entro la ciambella. Le cavità da noi costruite e la potenza dei nostri impianti permetteranno certamente di accelerare un fascio di  $10^{11}$  elettroni senza apprezzabili perdite di tensione della cavità.

### **Estrazione del fascio di elettroni.**

Si è fatto uno studio preliminare della possibilità di estrarre il fascio di elettroni dalla macchina allo scopo di fare esperienze con esso, oltre che con il normale fascio di fotoni. Queste ricerche hanno già indicato che questa operazione presenta varie difficoltà e non si è ancora trovata una via di sicuro successo.

In particolare (DIAMBRINI) si è esaminata l'eventualità di migliorare il rendimento di estrazione del fascio di elettroni disponendo due zone di campo magnetico alternato, una interna e l'altra esterna all'orbita stabile. In tal modo gli elettroni potranno entrare in queste regioni già con fase di risonanza e ad ogni giro. Questo meccanismo dovrebbe diminuire lo sparpagliamento degli elettroni stessi, che potranno così raggiungere il campo magnetico in maggior numero che non nel caso del metodo tradizionale di una sola regione alterata.

## **2. - Preparazione delle esperienze con l'elettrosincrotrone.**

Lo sviluppo della preparazione delle esperienze ha proceduto secondo le indicazioni già contenute nel verbale della riunione svoltasi a Roma nel Gennaio 1957 [8].

Non riteniamo pertanto opportuno riportare in questa sede i particolari progetti in corso e ci limitiamo ad alcune osservazioni generali.

### **Strumenti per la misura del fascio.**

Si tratta di fare una misura assoluta dell'intensità del fascio dei  $\gamma$  e di misurare sperimentalmente la distribuzione in energia dei fotoni che lo costi-

tuiscono. Per la misura dell'intensità si stanno costruendo (CIALDEA) gli opportuni calorimetri, che misurano l'energia totale del fascio che in essi si estingue completamente.

È inoltre in corso di progetto una camera a ionizzazione del tipo già costruito presso l'Università di Cornell [9].

Per lo spettro del fascio  $\gamma$  è in progetto uno spettrometro a coppia (BENEVENTANO, RISPOLI, SANNA). Il progetto del magnete per esso è particolarmente oneroso e si sta tentando una soluzione che permetta di impiegare questo magnete nelle esperienze, una volta che il suo impiego con lo spettrometro a coppie sia esaurito.

### Magneti per le esperienze.

Sono attualmente in costruzione due magneti deflettori, illustrati in Fig. 13. Come si vede si è scelto un magnete con giogo a C per lasciare liberi tre lati del traferro, poichè si ritiene che questo permetta una maggior latitudine di impiego. Per questi magneti è previsto un campo massimo di 16 000 gauss, e l'area del traferro di  $80 \times 40 \text{ cm}^2$  permetterà deflessioni apprezzabili sino a 1000 MeV.

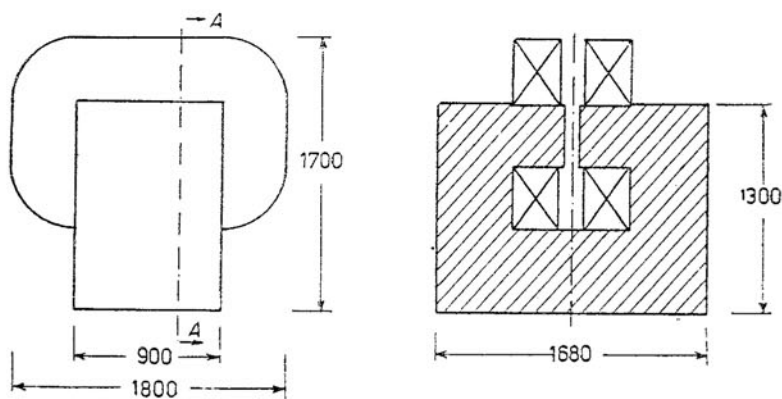


Fig. 13.

Si sono studiate le più convenienti forme polari per il foccheggiamento delle particelle cariche. Sono previste espansioni polari a campo medio ed espansioni polari a foccheggiamento forte.

È sempre conveniente appoggiare le attrezzature generali a determinati progetti di esperienze, anche se questi progetti, per il tempo che intercorre tra il progetto e la possibile esecuzione delle misure, dovranno essere notevolmente mutati. Pertanto, i magneti ora in costruzione sono quelli adatti ad una esperienza di fotoproduzione di mesoni carichi con un fascio  $\gamma$  di energia massima di 1000 MeV [10].



### **Alcune osservazioni sulla distribuzione dei lavori.**

È importante tener presente che il Sincrotrone produrrà scientificamente non quando sarà finito ma solo quando sarà pronta insieme ad esso l'attrezzatura generale per le esperienze, oltre all'elettronica, ed ai rivelatori di varia natura relativi a determinate esperienze.

Come si è visto (cfr. tabella I) è ormai sufficiente il numero di fisici e di ingegneri che lavorano alla macchina propriamente detta, ma è certamente troppo ristretto il numero di fisici che preparano le attrezzature generali o determinate esperienze.

Dobbiamo tener presente che il nostro elettrosincrotrone è stato costruito per permettere di svolgere ricerche nucleari nel campo delle alte energie ai fisici interessati di tutte le Università italiane, e che a questa macchina, perchè la costruzione sia giustificata, dovranno avvicinarsi con continuità diversi gruppi di ricercatori per diverse esperienze.

È difficile dire quando la macchina sarà funzionante poichè inizierà tra poco quella fase di messa a punto, sulla cui durata non ci si può impegnare. Debbo dire però che è opinione anche degli esperti con i quali abbiamo scambiato che, al punto in cui oggi siamo, noi dovremmo avere un numero di fisici che si dedichino alla preparazione delle attrezzature generali e delle esperienze non molto inferiore al numero di fisici che si dedica direttamente alla macchina. Attualmente invece i fisici che dedicano la loro maggiore attività alla preparazione delle attrezzature e delle esperienze non supera il numero di sei.

È a mio parere possibile, ma non nel breve tempo ancora rimasto per questa relazione, dimostrare che i limiti di precisione della sperimentazione nucleare almeno con un elettrosincrotrone, non sono oggi tanto costituiti dalla precisione e ripetibilità della macchina quanto dalla precisione degli strumenti calibratori del fascio e dei rivelatori delle interazioni nucleari.

Sotto questo punto di vista si può dire che un elettrosincrotrone merita uno sforzo sulle attrezzature generali e sui rivelatori di ogni esperienza, maggiore di quanto non si faccia anche oggi in ogni laboratorio ove sono funzionanti elettrosincrotroni. La nostra situazione in questo senso rischia di essere anche peggior di quella di altre macchine già funzionanti.

### **Elettronica per le esperienze.**

Da circa sei mesi è in funzione (RISPOLI) un Centro di elettronica che si occuperà particolarmente di realizzare sia gli strumenti elettronici per le esperienze, come i rivelatori propriamente detti (contatori di Čerenkov, scintillatori, ecc.).

Si è considerata questa iniziativa necessaria, dato l'alto livello di specializzazione raggiunto dall'elettronica. D'altra parte questo Centro dovrà realizzare alcuni prototipi che possano essere dati all'industria italiana per la loro moltiplicazione.

Considerato l'attuale stato dei lavori, è da augurarsi che ben presto inizi a Frascati la preparazione delle esperienze con la nostra macchina, da parte dei fisici delle nostre Università.

Uno stretto contatto tra chi fa la macchina ed i fisici che preparano esperienze è ormai, a mio giudizio, necessario.

---

#### RIFERIMENTI

- [1] A. ALBERIGI, F. LEPRI, M. PUGLISI e I. F. QUERCIA: *Suppl. Nuovo Cimento*, **7**, 430 (1957); vedi anche: *CERN Symposium Proceedings*, **1**, 480 (1956); G. SALVINI: *INFN, Sezione Acceleratore, Relazione G 19* (1955).
- [2] G. SALVINI e G. SANNA: *CERN Symposium Proceedings*, **1**, 458 (1956).
- [3] G. DIAMBRINI: *CERN Symposium Proceedings*, **1**, 471 (1956).
- [4] A. ALBERIGI, F. LEPRI, M. PUGLISI e I. F. QUERCIA: *INFN, Sezione Acceleratore, Relazione R 12* (1957).
- [5] I. F. QUERCIA: *INFN, Sezione Acceleratore, Relazione R 14* (1957).
- [6] M. SANDS: *Phys. Rev.*, **97**, 470 (1955); A. A. KOLOMENSKY e A. N. LEBEDEV: *CERN Symposium Proceedings*, **1**, 447 (1956).
- [7] M. PUGLISI e I. F. QUERCIA: *INFN, Sezione Acceleratore, Relazione R 13* (1957).
- [8] INFN, SEZIONE ACCELERATORE: *Esperienze in progetto con l'Elettrosincrotrone*, **2** (1957).
- [9] R. R. WILSON: *Nuclear Instruments*, (1957) Vol. **1**, p. 101.
- [10] M. BENEVENTANO e L. TAU: *INFN, Sezione Acceleratore, Esperienze in progetto con l'elettrosincrotrone*, **2** (1957).