

Laboratori Nazionali di Frascati

LNf-55/9 (19. 2. 55)

G. Salvini: CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'ELETTROSINCRO-
TRONE ITALIANO. DATA 19 FEBBRAIO 1955.

I.N.F.N. - Sezione Acceleratore

Relazione : G.16

LE CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'ELETTROSINCROTRONE

ITALIANO - Data 19 Febbraio 1955.

I seguenti dati cancellano per il nostro progetto, ove diversi, quelli contenuti nelle relazioni: Gruppo teorico 16; Gruppo teorico 17, 13 G., 52 M. Si chiede che questi dati vengano indicati con la Sigla 19/2 (relativa alla data in cui sono stati fissati, 19 Febbraio 1955).

E' da sottolineare che alcuni di questi dati saranno probabilmente variati nel futuro: ad esempio noi scegliamo come distanza al centro tra i poli (altezza del transferro) mm 86, ma non è escluso che questa distanza debba aumentarsi di 5-10 mm, modificando la forma dei poli.

Noi comunicheremo la variante allofchè avremo indicazioni sufficientemente precise e non ora, mentre la questione è ancora allo studio. Le appendici a questa relazione riassumono la dimensione in corso relativa ad alcuni dati 19/2, la ragione della scelta, e le altre non improbabili alternative. Queste appendici sono fondamentali per l'intelligenza del progetto.

Come si vedrà, la base di questa relazione è ancora essenzialmente la relazione N°16 del gruppo teorico.

§1 - Dati fondamentali -

Energia finale	E_{\max}	= 1000 MeV
Induzione finale sull'orbita principale	B_{\max}	= 9260 gauss
Raggio orbita principale	R	= 360 cm
Numero dei tratti rettilinei		= 4
Lunghezza tratto rettilineo (nominale)	L	= 120,6 cm
Indice del campo ⁽¹⁾	n	= 0,61
Energia di iniezione (totale)	E_i	= 2,5 MeV
Distanza tra i poli (= altezza traferro) ⁽²⁾		= 8,6 cm
Larghezza dei poli alla base minore (= larghezza traferro) ⁽²⁾		= 22,7 cm
Iniettore:		Cockroft e Walton in gas compresso
Eccitazione del magnete: ⁽³⁾		sinusoidale a 20 pe=
riodi ($\Omega = 126 \text{ sec}^{-1}$) con componente continua (bias) regolabile tra 4170 e 4630 gauss (questi numeri possono essere leggermente modificati dalle caratteristiche del ferro scelto).		

(1) - Per questi dati vedi appendice 1

(2) - Per questi dati vedi appendice 2

(3) - Per questi dati vedi appendice 3; in essa si precisa anche il problema della spiralizzazione alla iniezione.-

Caratteristiche all'iniezione (grandezze derivate):

Velocità all'iniezione	$\beta_i = \frac{v_i}{c} = 0,9789$
Durata di un giro all'iniezione	$T_1 = 0,0935/\text{sec}$
Frequenza di rivoluzione all'iniezione	$1/T_1 = 10,69 \text{ MHz}$
Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione	$B_1 = 22,7 \text{ gauss}$

Caratteristiche della Radiofrequenza:

Armonica	$K = 4$
Frequenza finale ($v = c$)	$\nu_{\infty} = 43,70 \text{ MHz}$
Frequenza all'iniezione	$\nu_1 = 42,78 \text{ MHz}$
Ampiezza teorica della modulazione di frequenza	$2,11 \%$

§ 2. Dati di costruzione. Magnete -

(4)

Tipo : struttura a C con ciambella esterna. Cfr. fig.I.

(5)

Poli : poli mobili fissati alle ali del C . Cfr. Fig.I.

(5)

Altezza del traferro al livello dell'orbita principale 8,6 cm

(5)

Larghezza dalla base minore dei poli 22,7 cm

Struttura azimutale : 4 quadranti (cfr. § I e cfr.fig.I).

Peso del ferro (approssimato) $9,3 \times 10^4$ Kg

Numero di spire per quadrante 12

Peso del rame (approssimato) $0,8 \pm 1 \times 10^4$ Kg

Tipo di ferro usato : Lamierino al silicio spessore 0,35 mm.

Induzione massima nel traferro 9260 gauss

Induzione massima media nel ferro (approssimata) 14.000 gauss

Induttanza del magnete $18,5 \times 10^{-3}$ henry

Energia massima nell'aria $2,65 \times 10^5$ Joule

(4) - Vedi appendice 2 e relazione interna G.15

(5) - Vedi appendice 2, in particolare per quanto riguarda una soluzione alternativa.

§ 3. Dati di costruzione. Alimentazione del magnete.

Tipo⁽⁶⁾: corrente alternata parzialmente polarizzata con
corrente continua (cfr. fig.2).

Frequenza di alimentazione = Frequenza di ripetizione =
= 20 periodi/sec

Potenza del banco di condensatori in parallelo al ma=
gnete (calcolata a 20 periodi al secondo) = 10560 KVA

Capacità del banco di condensatori = 3420 μ Farad

Valori dell'induttanza di protezione
(approssimata; cfr. fig.2) = $5,6 \times 10^{-2}$ henry

Potenza prevista per il generatore c.a. \sim 290KW

Potenza prevista per il generatore c.c.c. \sim 270 KW

(6) - Vedi per lo schema di alimentazione le varie
relazioni del gruppo Magnete.

§ 4. Dati di costruzione. Iniettore -

Tipo : Cockroft e Walton in gas compresso.

Pressione del gas nella tank : 15 atmosfere

Tipo del gas : azoto con percentuale di
 CO_2 o Freon ($\sim 10\%$)

Dimensioni approssimative d'ingombro :

lunghezza 5 m

larghezza 3,5 m

altezza 3,5 m

Materiale della tank : lega leggera

(alternativa possibile: acciaio inossidabile)

Energia degli elettroni: 2,5 MeV (totale)

Corrente massima : 200 mA

Durata dell'impulso : da 1 a 10^{-4} sec

Capacità della colonna fissa : 1,57 m μ F

Frequenza di alimentazione : 1000 c.p.s.

Frequenza di ripetizione : 20 c.p.s.

Corrente continua : 100 μ A

Struttura elettrica : 5 stadi da 400.000 volt,
raddrizzatori al Selenio

Potenza dell'impianto : 10 KVA

Ripple : dell'ordine di 2×10^{-4}

Deflettore : elettrostatico

Stabilità richiesta all'energia d'iniezione : 2 %

Dimensioni del fascetto all'iniezione : 1 x 1 cm²

Apertura angolare del fascetto all'iniezione : $+ 3 \times 10^{-3}$ rad

§ 5. Dati di costruzione. Radiofrequenza.

Armonica (frequenza oscillazione / frequenza rivoluzione):

$$K = 4$$

Tipo di cavità acceleratrici : rientranti (coassiali)

Numero delle cavità acceleratrici : 2

Tipo di eccitazione : entrambi ad amplificatore

Energia degli elettroni al passaggio dalla prima alla
seconda cavità (7) $E_p \cong 7 \text{ MeV}$

Massima modulazione prevista sulla prima ca-
vità : $\sim 5\%$ (41,5 - 43,7 M hz)

Frequenza(fissa) della seconda cavità : 43,7 M hz

Massima tensione alla gap della prima cavità
(R F₁) : (7) 6000 - 10.000 Volt

Massima tensione alla gap della seconda cavità
(R F₂) : (8) 5×10^4 Volt

Potenza massima dell'impianto R.F. 60 KW

La cavità R.F.2 lavora sotto vuoto.

(7) - Vedi appendice 3.

(8) & Non è escluso che una tensione finale di $\sim 30 - 35.000$ volt sia sufficiente (v. rapp.19 in preparazione del gruppo teorico).

Funzionamento R F I : pulsato 20 periodi al secondo

Tempo di utilizzazione : dipende dalla spiralizzazione

Funzionamento R F 2 : pulsato 20 periodi al secondo

Tempo di utilizzazione : 50 % ($\sim 24.000 \mu$ secondi)

Raffreddamento R F 2 : acqua circolazione chiusa; aria
ciclo aperto.

§ 6. Dati di costruzione. Ciambella a vuoto.

Pompe a diffusione	n° 4
Capacità di ogni pompa a diffusione	3000 l/sec
Rotative	n° 4
Capacità di ogni pompa rotativa	60 mc/h
Pressione finale	10^{-5} - 10^{-6} mm Hg
Materiale ciambella (probabile)	vetro p-y-rax
Sezione ciambella :	(cerchi raccordati)
(9)	
Dimensioni ciambella (esterni)	220 x 80 mm
Spessore ciambella	~ 10 mm
Lunghezza sull'orbita principale di un settore della ciambella	565 mm

(9) - La ciambella avrà le dimensioni massime compatibili con il traferro scelto. Vedi quindi anche appendice n°2.

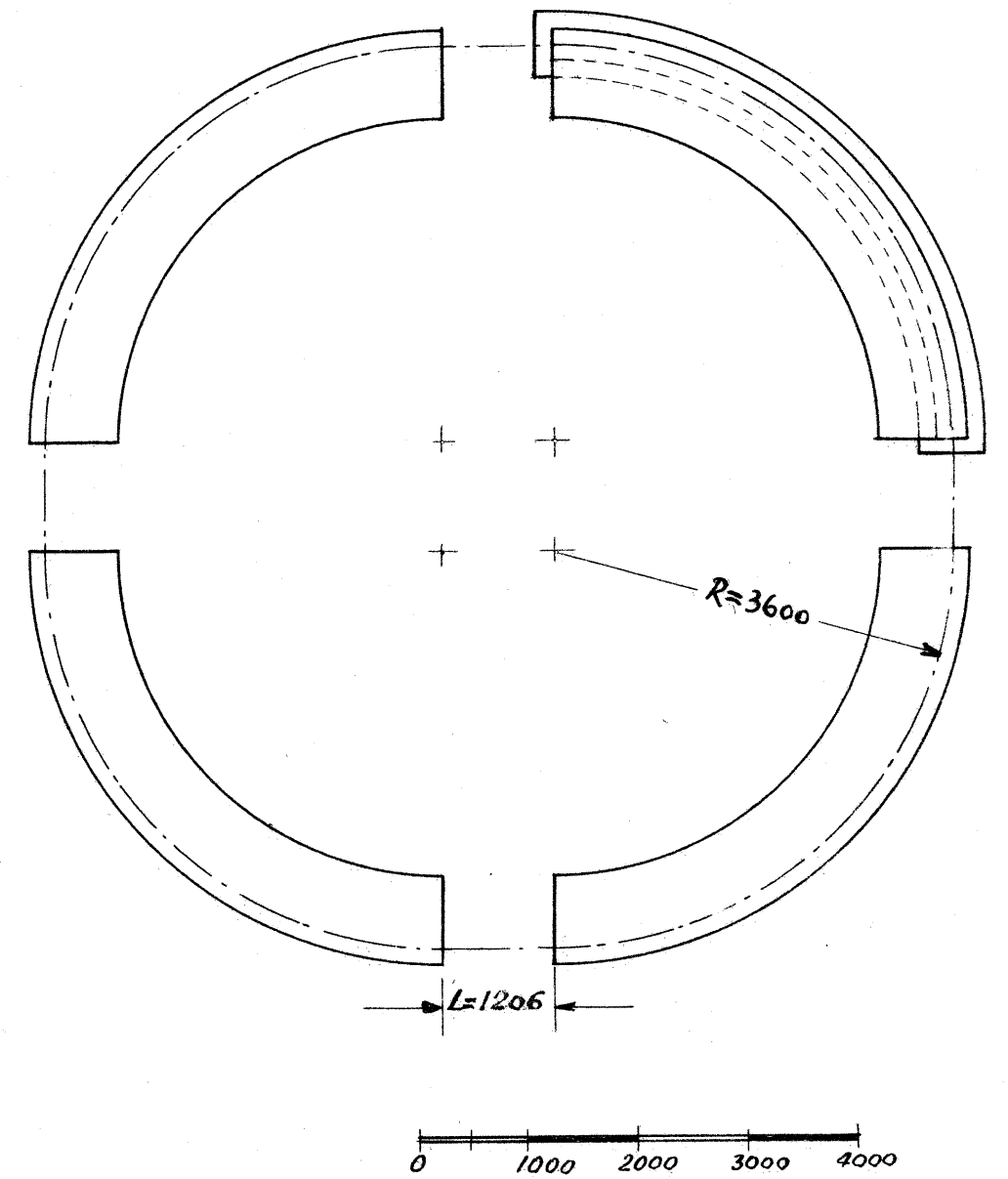
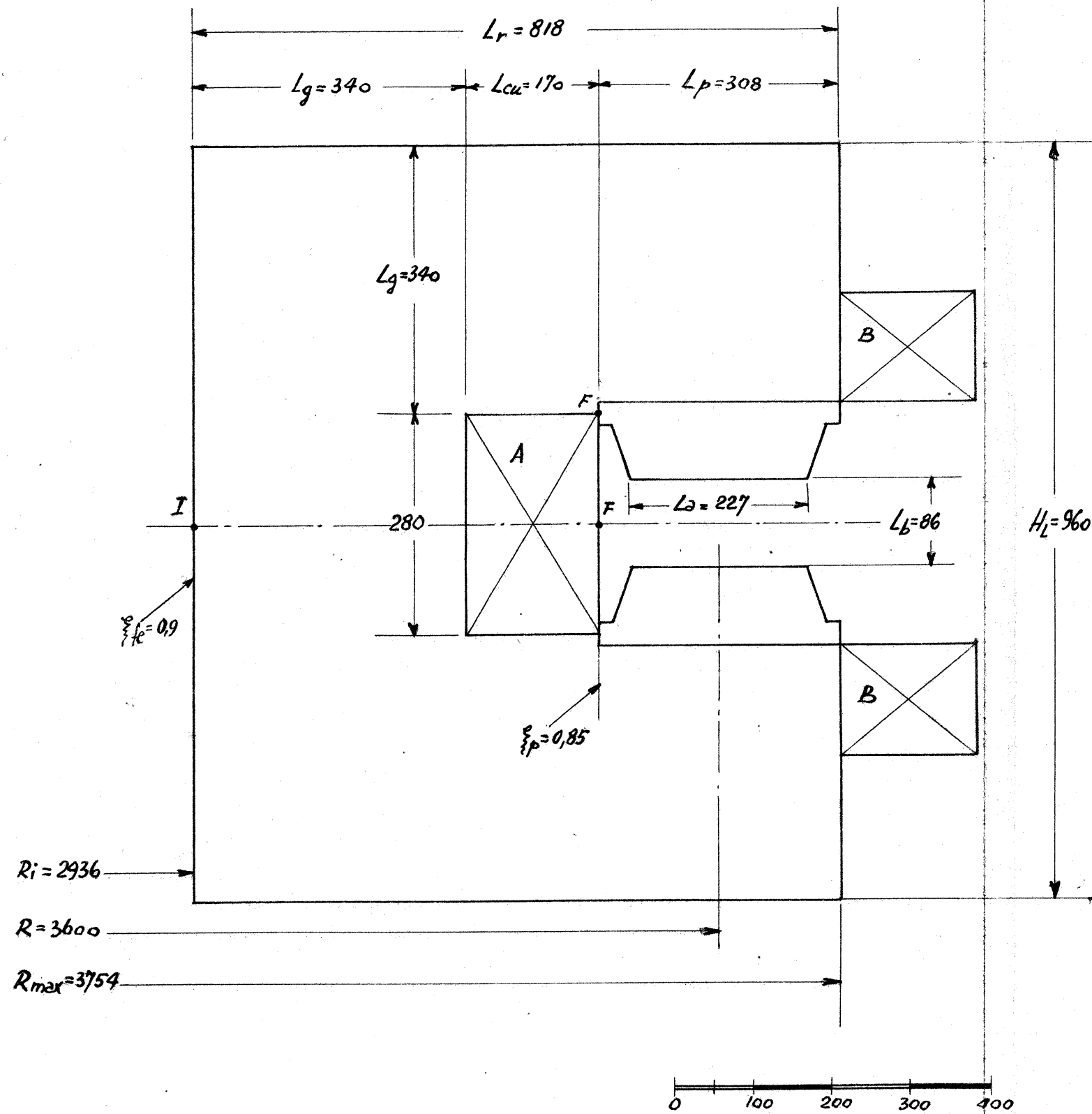


FIGURA I. SEZIONE VERTICALE ED ORIZZONTALE DEL MAGNETE

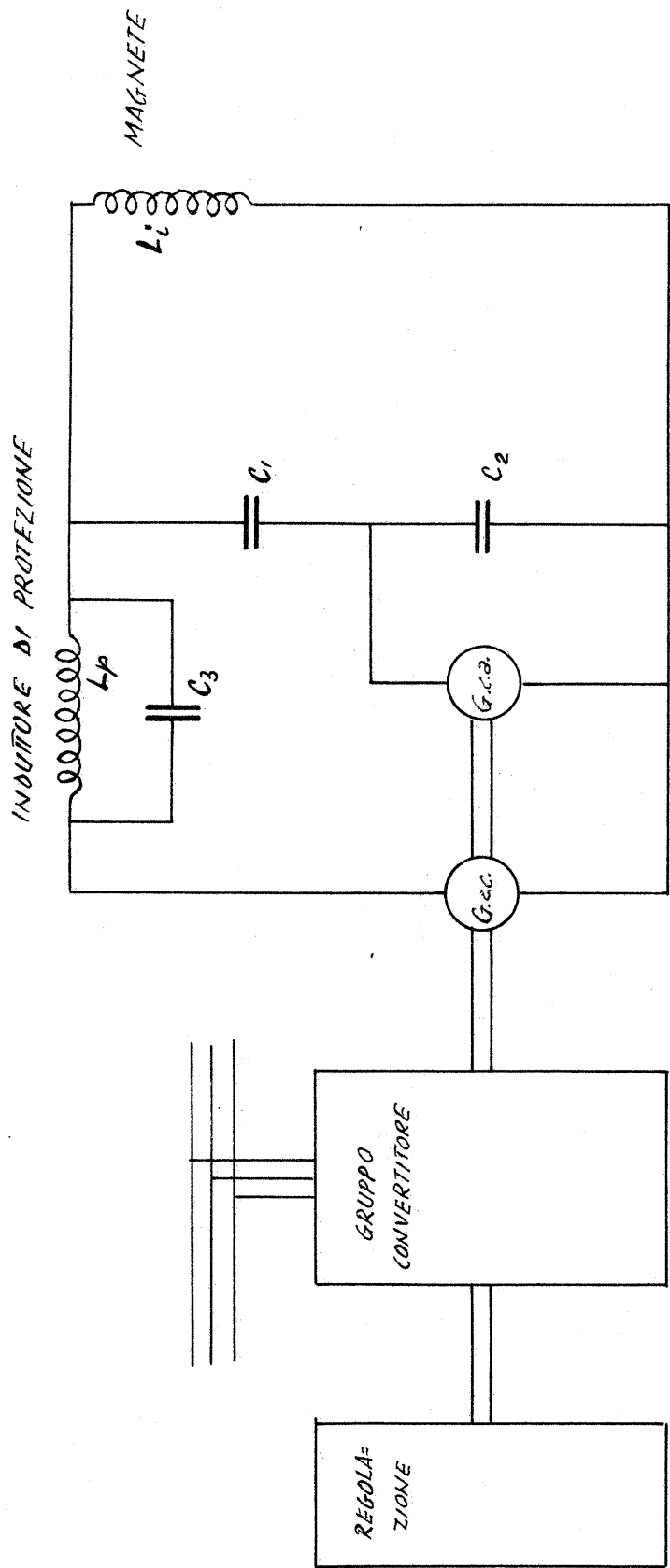


FIGURA 2.

Appendice n° 1.-

Per quanto riguarda la scelta di n , vedi rapporti teorico n° 16, p.2, e rapporto 13 G, pag.2. Il gruppo teorico studierà l'effetto dell'risonanza indicat@ nel rapporto n° 16.

Appendice n° 2.-

E' probabile che le dimensioni del traferre vengano ulteriormente modificate. Infatti i risultati teorici indicano che, con la ipotesi fatte sull'iniettore e sulla inomogeneità del campo, è conveniente disporre di un traferro utile (interne della ciambella) di $66 \times 177 \text{ mm}^2$ (ved. rapporto teorico n° 17, pagg. 5, 8, 10, 11), ed è incerto che queste dimensioni interne siano compatibili con quelle esterne date in questa relazione tra i dati fondamentali ($227 \times 86 \text{ mm}^2$).

D'altra parte appare difficile fissare sino da ora la modifica eventuale a queste dato, in quanto che si debbono ancora approfondire gli studi e le prove sulla ciambella, sulle qualità focali dell'iniettore e sulle inomogeneità del campo magnetico. La situazione è stata discussa particolarmente in una riunione del 20 Gennaio 1955 tra i Proff. Agno, Persico e Salvini (I risultati della discussione sono anche condivisi dagli altri ricercatori, in particolare il Prof. Quercia e l'Ing. Sacerdoti).

Nel rapp. G. 15 si trova
~~Si riparte nel seguito~~ la relazione della discussione. Il punto più significativo è che le leggere variazioni sull'intraferro si possono fare variando la forma dei poli e senza mutare il disegno fondamentale del magnete, sin che si mantiene la struttura del magnete da noi scelta (poli mobili).

Per fissare la situazione noi abbiamo pertanto dato

nel teste le dimensioni di $227 \times 86 \text{ mm}^2$, mentre diamo in appendice questa alternativa alle suddette dimensioni:

altezza traferre 92 mm

larghezza traferre 280 mm

(Questa variante porterà ad un calo dell'energia massima degli elettroni).

I lavori di realizzazione del magnete non dovranno divenire ~~irre~~ ^{irre}versibili, rispetto alla scelta tra queste due alternative, se non si è prima ridiscussa la scelta dell'intraferre in modo analogo a quanto si è fatto il 20 Gennaio 1955. Le Ditte commissionarie del magnete saranno naturalmente informate di queste alternative.

Chiarimenti ulteriori al nostro punto di vista si trovano nella relazione G. 15 (verbale della suddetta riunione del 20-21 Gennaio; risposta ad alcuni quesiti).

Appendice n° 3.-

Sull'ampiezza della componente continua di alimentazione del magnete; sul rallentamento del campo \bar{B} nell'intraferre durante e dopo l'iniezione.-

a) Notizie sino ad ora arrivate dall'Università di Cornell indicano che può risultare non facile il funzionamento con un bias troppo spinto, ad esempio come quelle che avevamo fissate nei mesi scorsi e che è data nel rapporto n° 16 del Gruppo Teorico.

Pertanto noi abbiamo cambiate questi numeri e chiediamo alle Ditte committenti una alimentazione con le caratteristiche indicate in questa relazione tra i dati fondamentali (componente continua tra 4170 e 4630 gauss). Faremo inoltre presente che non è esclusa una alternativa come la seguente:

Eccitazione del magnete: sinusoidale a 20 periodi ($\frac{\Omega}{2\pi} = 126 \text{ sec}^{-1}$) con componente continua (bias) regolabile tra 3700 gauss e 4630 gauss.

In queste condizioni, volendo garantire la possibilità di spiralizzazioni basse ($G' = 0,2 \pm 1 \text{ cm}$) intorno all'iniezione, occorre prevedere sin d'ora la possibilità di "rallentare" il campo a valori bassi di B , cioè di avere nell'intervallo circa $- 50 \pm 100$ gauss valori di $B \approx dB/dt$ inferiori a quelli che un bias non molto spinto automaticamente ci darebbe (per la definizione di G e grandezze derivate ved. rapporto teorico n° 16).

Questi limiti piuttosto ampi del rallentamento sono anche imposti dalle esigenze della RF_1 , in quanto che le difficoltà tecniche e la potenza richiesta dalla cavità aumentano rapidamente se si chiedono una troppo rapida modulazione di frequenza (cioè troppo alti valori di $d\nu/dt$), ed un troppo elevata ampiezza massima di tensione.

Pertanto si è iniziate le studie del rallentamento del campo; allo scopo di stabilire se e come è possibile soddisfare le richieste dell'iniezione e della RF_1 .

1) Esigenze dell'iniezione:

Durante il processo di iniezione dobbiamo conservare la possibilità di spiralizzazioni comprese tra $G' \approx 1 \text{ cm}$ e $G' = 0,2 \text{ cm}$, pari, all'iniezione, a $\dot{B} = 250000 \text{ gs/sec}$ e $\dot{B} = 53000 \text{ gauss/sec}$ rispettivamente.

2) Esigenze della RF (per la cavità RF_1):

Le richieste per la RF_1 sono indicate nel grafico di figura 4. In esse si è date il valore massimo di \dot{B} tollerato, in funzione del valore di B al centro del trasferre.

Nelle stesse grafico con il segmento IM si è indicata la condizione imposta dalla iniezione (In particolare nel grafico il punto I indica la condizione più severa: $G' = 0,2 \text{ cm}$).

Il rallentamento del campo B deve essere studiato dai magnetisti in modo che \dot{B} in funzione di B possa restare al di sotto della spezzata IMN nell'intervallo 22,7 - 120 gauss, salva restando la possibilità di variare ξ all'iniezione da 0,2 a 1 cm qualora ciò fosse conveniente.

In vista di questi requisiti, si enuncia il problema del rallentamento ai magnetisti nel seguente modo (enunciato ancora provvisorio da chiarire ulteriormente in base ai risultati che si otterranno):

Studiare le soluzioni pratiche che permettono di realizzare una eccitazione del magnete con abbassamento della pendenza del campo intorno alla iniezione (rallentamento). Con questo rallentamento dovrà essere possibile non superare la spezzata IMN che indica i massimi di $\dot{B}(t)$ tollerati. Inoltre dovrà potersi variare $\dot{B}(\xi)$ a piacere per tutti i valori compresi nel segmento IM (spiralizzazione ξ tra 0,2 e 1 cm).

Questo rallentamento va sovrainposto alla eccitazione prevista in corrente alternata + corrente continua (alternata con bias).

Si chiede di studiare il problema per una eccitazione del tipo:

$$B_0 = B_b - B_a \cos \Omega t$$

per i casi: I° - $B_b = 4170$; $B_a = 5090$ gauss

II° - $B_b = 3700$; $B_a = 5560$ gauss

La soluzione indicata dovrà contenere:

- a) la descrizione degli apparati necessari nell'alimentazione del magnete per ottenere il rallentamento;
- b) stima della potenza assorbita per il rallentamento;
- c) stima dei costi;

- d) indicazione (per quanto è possibile approssimata) della curva $B = B(t)$ del campo nel trasferre in conseguenza del rallentamento;
 - e) discussione delle difficoltà in funzione del bias (cioè del valore di B);
 - f) proposta di dispositivi simulatori e di modelli per lo studio del problema.
- b) Per quanto riguarda il modo di soddisfare questi requisiti, ricordiamo brevemente quanto segue:
- 1) Il problema è in alcuni riguardi analogo a quelle risolte dal sincrotrone 300 Mev Cornell, in quanto che essi accelerano a betatrone nella prima fase (ved. rapporti della Università di Cornell).
 - 2) Una soluzione possibile sembra esser quella di porre in serie al magnete una induttanza saturabile. Si possono considerare naturalmente altre soluzioni a induttanza variabile. Un'altra soluzione può essere quella di usare circuiti addizionali interne ai poli che diano opportuni impulsi di corrente.
- c) Il Professor Persico ha proposto di "lavare" il campo residuo che rimane quando si hanno eccitazioni con polarizzazioni troppo spinte, inviando opportuni impulsi di corrente mentre il campo magnetico è negativo e comunque sotto il valore di iniezione.
- Il Gruppo Magnete dovrà studiare questa possibilità, che potrebbe permettere di impiegare alte polarizzazioni della alimentazione, e quindi di risolvere il problema del rallentamento per altra via.
- d) Occorrerà calcolare di quanto aumentano le perdite di scattering nel gas per effetto dei ~~XXXXXXXXXXXX~~ considerati rallentamenti. Una prima stima può farsi assumendo

i dati della fig. A (limite inferiore delle perdite). La curva $B = B(t)$ per una stima più precisa verrà inviata al Gruppo Teorico appena possibile.

- e) Non si riportano in questa appendice le relazioni tra le grandezze B_b , B_a , B_{max} , B_{min} , spiralizzazione ζ , poiché queste relazioni già sono date nel rapporto teorico n° 16 (pag. 2).

Ancora nel rapporto teorico n° 16 (pagg. 2 e 3) si trovano le relazioni tra la spiralizzazione ed il bias nel caso che il campo magnetico non venga artificialmente rallentato, ed i valori della velocità di salita del campo magnetico e della velocità di variazione dell'energia all'istante di iniezione.

Naturalmente restano ancora valide le tavole e le figure della suddetta relazione, a parte il fatto che i tempi riportati nelle figure 2, 3, 4, 5, 6, si riferiscono al caso di una eccitazione del magnete senza rallentamento, e con bias corrispondenti ai due particolari valori della spiralizzazione $\zeta = 0,2$ cm; $\zeta = 0,6$ cm.-

G. Salvini

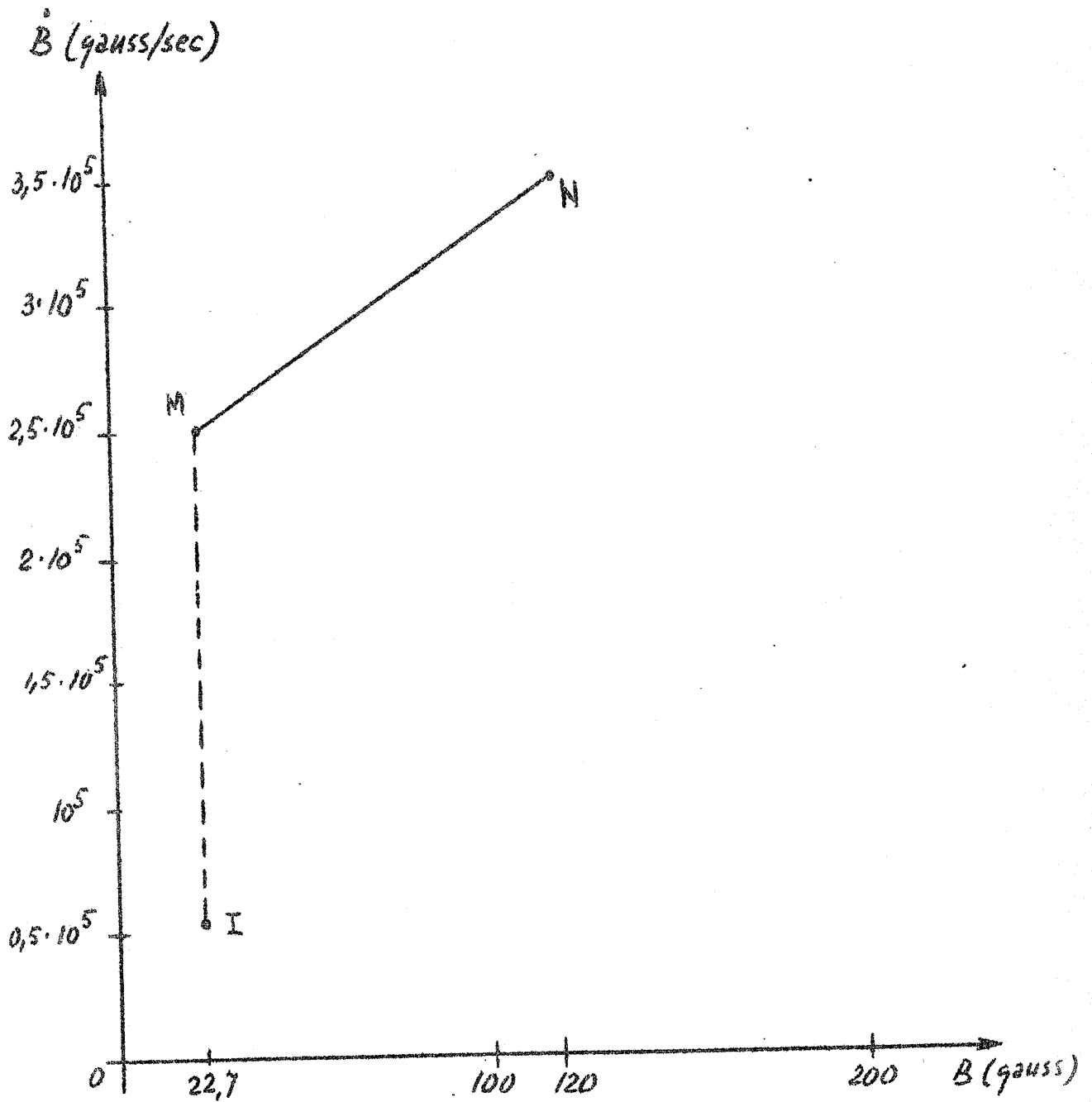


FIGURA 1 A-Curva dei massimi valori di \dot{B} consentiti all'eccitazione del magnete nell'intervallo 0 - 120 gauss dalle esigenze dell'iniezione e della R.F.-