

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 53/74

26.11.1953.

ELEMENTI DI UN PROGETTO PER IL SINCROTRONE DA  
1000 MEV (incompleto)

ELEMENTI DI UN PROGETTO PER IL SINCROTRONE  
DA 1000 MeV

Nella riunione del 9-10 Ottobre a Roma si sono assunti alcuni dati di partenza provvisori per impostare un primo progetto e preventivo del sincrotrone, in attesa di lavorare sui dati finali che verranno indicati da ulteriori informazioni tecniche e dai calcoli del gruppo teorico. I dati impiegati, decisi in quella riunione, con qualche successiva modifica sono i segg.:

Energia massima degli elettroni	1000 MeV
Raggio dell'orbita stabile	$R = 1000/3$ cm
Altezza interferro	$b = 8$ cm
Larghezza interferro (tra gli spigoli dei poli)	$a = 21$ cm
$n$	0.6
Sezioni diritte	100 cm
Induzione massima sull'orbita stabile	$B = 10\ 000$ gauss

Si è deciso di sviluppare i calcoli per le due alternative:  
Eccitazione a condensatori con frequenza di ripetizione 20 periodi/sec<sup>(°)</sup>  
Eccitazione con generatore sincrono e volano - 2 periodi/sec.

Per sviluppare il nostro progetto si è proceduto come segue: si è suddiviso lo studio fra i vari gruppi di lavoro, essenzialmente nelle parti: gruppo teorico, magneti ed eccitazione, misure magnetiche, iniezione, ciambella e vuoto, Radio Frequenza, edificio. Ogni gruppo ha circa contemporaneamente sviluppato il progetto della propria parte e preso contatto con le industrie italiane ed estere interessate.

Nel seguito di questa relazione abbiamo presentato dapprima il progetto tecnico di ogni gruppo, con allegati i disegni relativi.

---

(°) Il calcolo dei condensatori è stato fatto per 25 per/sec., ma le differenze non sono notevoli.

Questi progetti sono ancora di prima approssimazione, sia perchè manca ancora il conforto teorico, sia perchè ogni parte sarà soggetta a profonde modifiche negli scambi con l'industria interessata.

Successivamente abbiamo dato un'informazione sugli scambi avuti con l'industria e sui preventivi sin'ora pervenuti.

La struttura del progetto ripete in molti tratti quella del sincrotrone di Cornell. Ma le modifiche sono per molti riguardi così profonde che non è escluso che da quella struttura ci si debba alla fine scostare. La differenza è sostanzialmente dovuta al raddoppiamento circa delle dimensioni lineari dell'intraferro; questo ingrandisce il C dei lamierini di circa altrettanto. Nella sezione che riguarda il magnete si osserveranno le principali differenze. Ricordiamo anche le modifiche nella disposizione dei conduttori, dovute ai risultati ottenuti con la vasca elettrolitica.

Ai vari studi hanno contribuito particolarmente:

Gruppo teorico : Persico, Turrin, Bernardini, Sona

Magnete ed eccitazione: Sacerdoti, Amman,

Vasca elettrolitica: Amman, Dadda

Iniezione: Gruppo Sanità (Ageno, Querzoli) Scavini)

Ciambella e vuoto: Tagliaferri, Corazza

Radio Frequenza: Carrara, Puglisi, Quercia

Misure magnetiche: Canarutto

Edificio: Scaccia, Ageno, Amman, Quercia, Salvini

Salvini si è preoccupato del collegamento fra i vari gruppi di lavoro ed in parte del magnete e delle misure magnetiche.

Quercia - ed in parte Sona - in questo periodo hanno preparato uno schema di progetto per un sincrotrone per elettroni da 1000 MeV a foccheggiamento forte.

Questa relazione è riassuntiva: una descrizione più particolareggiata del lavoro ~~compiuto~~ compiuto si trova nelle relazioni di ciascun gruppo.-

## STRUTTURA DEL MAGNETE E SUA ECCITAZIONE

- a) In questa relazione viene sintetizzato il lavoro di progetto svolto per dimensionare il magnete e per mettere in luce le caratteristiche tecniche economiche di alcune alimentazioni possibili del circuito di eccitazione del sincrotrone.
- b) Struttura del magnete. Gli elementi caratteristici della struttura del magnete sono rilevabili dai disegni MA 25 TI MA 26 TI ; MA 27 TI., MA 34 T MA 36 TI ; MA 37 TI.

La struttura di questo magnete ha notevoli somiglianze con la struttura usata dal Prof. Wilson per il sincrotrone da 1 Bev da lui progettato per la Cornell University.

La struttura usata dal Prof. Wilson è intimamente legata alle dimensioni della gap per quel che riguarda la sezione assiale del magnete e intimamente legata al rapporto  $\beta$  tra la larghezza radiale del lamierino diviso in raggio per la disposizione azimutale dei lamierini.

Se le dimensioni della gap fossero aumentate notevolmente sarebbero scomparsi i poli, a meno di non aumentare smisuratamente il rame interno al C. Sarebbe stato conveniente eliminare gli spigoli superiori del C e la sezione del magnete avrebbe necessariamente acquistato un aspetto simile a quella del sincrotrone di Brookhaven che in tal caso sarebbe stata la più logica.

Così il rapporto  $\beta$ , fosse aumentato notevolmente forse sarebbe stato un problema complesso l'ottenere la curvatura del magnete nel modo ottenuto dal Prof. Wilson e si sarebbe forse ricaduti in una delle strutture che si ritrovano in alcuni sincrotroni e betatroni di qualche anno fa. Inoltre se le dimensioni del C fossero aumentati considerevolmente sarebbe stato giocoforza ottenere il C non come un'unica operazione di punzonatura da un unico lamierino, ma sarebbe stato necessario ottenerlo con l'assemblaggio di alcuni parti di lamierino.

Il nostro sincrotrone ha una intraferro che è notevolmente maggiore di quello di Wilson: questo perchè i coefficienti di sicurezza adottati dai teorici delle nostre macchine sono maggiori di quelli adottati dai teorici di Wilson. Ne segue che il nostro sincrotrone avrà probabilmente

struttura che dovrà essere modificata rispetto quella di Wilson. Le dimensioni del C che ne risultano sono tali che i lamierini possono essere ottenuti con un'unica punzonatura: però il problema di sostegno e di assemblaggio di detti lamierini assume aspetti più critici e bisogna ricorrere a soluzioni più accurate e più complete di quelle a cui è ricorso Wilson. Sono lasciate le guide di tela bachelizzata superiori e inferiori, la piastra superiore che col suo peso tende a mobilitare i lamierini: avvitata alle piastre frontali forma col banco di ghisa una specie di carcassa che ospita i lamierini. Pure sono lasciati i poli staccati dal C e pure è risultata ottima soluzione il riferirli l'uno all'altro (inferiore o superiore) con colonnine di vetro o plexiglass con l'aiuto di tubi in pressione posti tra il C e il polo. (I) <sup>di stabilità del sistema è ottenuta con un sistema</sup> Però una ulteriore garanzia di colonnine distanziate circa  $60 \div 80$  cm. l'una dall'altra su cui sono fissate delle asticciuole che premono i poli verso l'interno del C ove hanno per riscontro la scatola isolante dei conduttori. Per quel che riguarda l'assemblaggio dei lamierini è stata studiata la possibilità di interrompere il pacco di lamierini sciolti con colonne di ferro che si impernano sulla piastra superiore e sul banco. Queste colonne rompono la spinta esercitata dai bulloni spingenti delle piastre frontali. Si ricorda la proposta dell'Ing. Carlevaro di riprestinarla con sottile buste di pressione. Ancora da decidere è l'eventualità di incollare lamierini del C o almeno quelli dei poli. Con un sistema di bulloni passanti si formano di quando in quando pacchetti di lamierini.

Per quel che riguarda le possibilità di ottenere la curvatura si pensa di poterla ottenere nella stessa maniera in cui l'ha ottenuta Wilson. Notevoli differenze si possono riscontrare nella disposizione dei conduttori esterni ove la dimensione maggiore del conduttore è disposta radialmente, soluzione che oltre ad essere più logica in relazione all'andamento dei flussi

---

(I) - I poli staccati dal C permettono un facile montaggio dei conduttori e la possibilità di cambiare i poli senza cambiare il C.

(I)

dispersi; presenta anche notevoli van taggi nelle semplicità con cui possono essere eseguiti i collegamenti alle testate.

Risolto diversamente il problema del raffreddamento, questo per il fatto che sul mercato italiano non si trovano conduttori rettangolari forati: si è allora proposto di fare una scanalatura sul conduttore e saldarvi sopra una piastrina/ L'Ing. Carlevato dell'Ansaldo S. Giorgio ha anche proposto di saldarvi dentro addirittura un tubicino.

Dati caratteristici del magnete. Poichè le dimensioni previste dalla gap e quindi del polo sono diverse a seconda del tipo di alimentazione scinderò in tre parti l'elenco dei dati del magnete. In un elenco si trovano i dati validi per ambedue i tipi di alimentazione (volano e condensatori): in un secondo elenco si troveranno i dati validi per il tipo di alimentazione a volano (Dis. HA-26-91). In un terzo elenco si troveranno i dati validi per il tipo di alimentazione con condensatori.

I) Dati indipendenti dal tipo di alimentazione -

l = larghezza gap sincrotrone . . . . .	210 mm
a = larghezza finestra rame (interne) . . . . .	160 mm.
b = altezza " " " . . . . .	260 mm.
N = numero conduttori . . . . .	12
R = raggio dell'orbita media degli elettroni . . . . .	3330 mm.
$R_e$ = " esterno del sincrotrone (banco) . . . . .	3800 mm.
$R_i$ = " interno " " ( " ) . . . . .	2600 mm.
$A_i$ = sezione rame avvolgimento interno . . . . .	115 x 19 mm <sup>2</sup>
$A_e$ = " " " esterno . . . . .	40 x 130 mm <sup>2</sup>
$A_t$ = " " " testate . . . . .	80 x 20 mm <sup>2</sup>
$C_c$ = lunghezza rame testate . . . . .	460 mm.
$l_1$ = lunghezza sezione rettilinee . . . . .	1000 mm.
$\Delta F$ = altezza ferro concatenato delle bobine . . . . .	275 mm.
A = dimensioni massime lamierino . . . . .	812 x 710 mm <sup>2</sup>

(I) - (Come è detto nel paragrafo in appendice relativo alle misure sulla vasca elettrolitica).

$f_g$  = coefficiente di riempimento . . . . . 0,9  
 $L$  = lunghezza dell'orbita media . . . . . 24.060 mm.  
 $B$  naseo gap = 10.000 gauss

In base a questi dati si può calcolare la resistenza dell'avvolgimento (i conduttori sono in serie)  $R$

$$R = R_I + R_2 + R_3$$

ove  $R_I$   $R_2$   $R_3$  sono le resistenze, bell'ordine della parte interna della parte esterna e delle testate dell'avvolgimento.

Saranno rispettivamente uguali a :

$$R_I = \frac{N 2 \pi r_i g}{A_i} = 1,6610^{-4} \text{ Ohm.} \quad r_i; r_e \text{ raggi medi dell'avv. interno ed esterno.}$$

$$R_2 = \frac{N 2 \pi r_e g}{A_e} = 0,78810^{-4} \text{ Ohm}$$

$$R_3 = \frac{N 8 l_c g}{A_c} = 0,41 10^{-4} \text{ Ohm.}$$

Risulterà allora

$$R = 3,42 10^{-3}$$

2) Dati relativi all'alimentazione con volano (Dis. )

$Q$  = altezza gap sincrotrone = 100 mm.

(2)  $\alpha$  = pendenza scarpa polare = 68°

$\frac{\Phi_i}{\Phi_u}$  = flusso nel ferro / flusso gap ~~sincrotrone~~ = 1,84

In base a questi dati si può determinare la  $B$  (induzione magnetica nel ferro), la corrente massima necessaria all'eccitazione, la energia massima  $E$  immagazzinata nella gap.

La  $B$  è data determinata da

$$B = B_{max \text{ gap}} \cdot l \frac{\Phi_i}{\Phi_u} \cdot \frac{1}{\Delta F} = 1,4 \text{ Wb/mq.}$$

Si ritiene conto anche del coeff. di stipamento del ferro si ottiene

$$B'_{Fe} = \frac{B_{Fe}}{f_s} = 1,56 \text{ W /mq.}$$

2) Per determinare il raggio del sincrotrone e in conseguenza, dato  $B_{sat}$  ferro, l'angolo delle scarpa polare, qualora siano dati i rapporti tra le dimensioni della gap e il raggio, sono stati condotti alcuni calcoli economici dall'Ing. Amman e dall'Ing. Sacerdoti. Questi calcoli non sono stati usati nel nostro progetto perchè hanno relativa importanza in quanto non si conosce ancora il legame che esiste tra il raggio e le dimensioni della gap per sincrotroni di egual rendimento.

La corrente massima necessaria a provocare  $B_{\max \text{ gap}} = 10.000 \text{ gauss}$  è data dall'espressione :

$$I_{\max} = \frac{B_{\max}}{\mu_0 N} \quad I = 5636 \text{ Amper}$$

La energia  $E$  è data dall'espressione :

$$E = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} 2\pi R l k \frac{\pi r}{\pi d} = 3,21 \cdot 10^5$$

Si è fatta l'ipotesi che il flusso disperso sia concatenato con tutte le spire.

L'induttanza del circuito di eccitazione è data dall'espressione seguente :

$$L = \frac{2 E}{I^2} = 14,58 \cdot 10^{-3} \text{ henry.}$$

La costante di tempo del circuito se le perdite del circuito sono essenzialmente ohmiche è data da :

$$C = \frac{L}{R} = 4,22 \text{ sec.}$$

3) Dati relativi all'alimentazione con condensatori (Dis. 11A-22-2)

$$h = 80 \text{ mm.}$$

$$\alpha = 72^\circ$$

$$\frac{E_s}{E_u} = 1,73$$

Con procedimenti analoghi a quelli usati per il caso precedente si ottiene :

$$B_{Fe} = 1,32 \text{ Wb/mq.}$$

$$B_{Fl} = 1,47 \text{ Wb/mq.}$$

$$E = 2,42 \cdot 10^5 \text{ Joule}$$

$$I_{\max} = 5304 \text{ An.}$$

$$L = 17,11 \cdot 10^{-3}$$

La componente continua sarà data da

$$I_{cc} = \frac{I_{\max}}{2} = 2650 \text{ Amper}$$

La componente efficace alternata è uguale a

$$I_{a \text{ eff}} = \frac{I_{\max}}{2\sqrt{2}} = 1880 \text{ Amper.}$$

d) Alimentazione con volano.

Lo schema di alimentazione a volano ignitron si può ritrovare nei disegni n. in cui viene accennato anche l'eventuale sistema di comando degli ignitron.



Tale alimentazione richiede un motore e un volano di regolazione in generatore di c.a. polifase; un sistema di ignitron e relativi comandi (o mutatori). Il sistema di protezione del magnete deve essere particolarmente accurato.

La corrente degli avvolgimenti del sincrotrone avrà un andamento crescente linearmente per un periodo  $\tau$ , decrescente per un periodo analogo: vi sarà per un periodo di riposo  $\tau_0$  o in cui la corrente nel magnete rimane costantemente ad un valore <sup>ulteriore</sup> negativo (Vedi eccitazione in Fig. I).

Il periodo di ripetizione del ciclo è  $2\tau + \tau_0 = T$

Tale metodo di alimentazione ha la caratteristica saliente di essere economicamente sensibile ai periodi  $T$  e  $\tau_0$ . maggiore è  $T$  minore è la potenza che il motore deve fornire: maggiore è  $\tau$  o di minori dimensioni sono gli ignitron.

Il volano ha l'ufficio di impedire che la potenza fornita dalla rete abbia sensibili rapide variazioni e ha l'ufficio di mantenere la frequenza con cui gli ignitron vengono comandati. Se il motore è asincrono si ha una regolazione efficace con volani anche 3 o 4 volte minore di quelli necessari per una pari regolazione con motore sincro.

Nel caso del sincrotrone tiburtino si è stabilito  $\tau = 0,2$  sec.  $\tau_0 = 0,1$  sec.  $P = 0,5$  sec. (Due pacchetti di elettroni al secondo).

La parte più costosa di tutta l'alimentazione sono gli ignitron (circa 1/3 del costo complessivo) e il generatore di polifase, (circa 2/5 del costo complessivo).

In base al ciclo d'eccitazione stabilito si è calcolata la tensione di alimentazione del magnete che è risultata essere :

$$V = \frac{2 E}{\tau I} = 492 \text{ Volt.}$$

Le dimensioni degli ignitron sono determinate prevalentemente dalla corrente che devono sostenere più che dalla tensione.

Le  $N$  sono gli ignitron essendo  $I_{eff} = 3500 \text{ Amp.}$  nel magnete la corrente

te media per ogni ignitron sarà data da  $\frac{3500}{N}$

N sarà uguale al doppio del numero delle fasi (vedi schema ) questo anche per la regolarità delle correnti nel motore.

Per le dimensioni di ingombro delle varie componenti del sistema si possono fornire i seguenti dati :

- Motore asincrono da 600 kW. cubature 1 m<sup>3</sup>
- Generatore sincrono cubatura (per eccesso ) 2x2x2 m
- Volano raggio 1,20 m
- Asse volano lunghezza 0,70 mm.
- Spazio occupato dagli ignitron cubature 5x4x4

Per le spese si esercizio si hanno dati incerti.

Le perdote vanno distribuite nel magnete negli ignitron, nel generatore e nel volano (albero)

Le perdite nel magnete sono date da

$$I_{eff}^2 R. = 3,42 \cdot 10^{-3} \frac{0,4}{1,5} 6630 \cdot 6630 \text{ Watt.} = 50 \text{ Watt.}$$

Le perdite nel generatore che funzioni ad un rendimento del 97% saranno date da : La potenza media del generatore sarà Potenza media del nostro generatore data da circa

$$\frac{3,21 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,2} = \frac{E}{2T} = 8 \cdot 10^5 \text{ Watt}$$

Le perdite saranno circa quindi di 24 kW

Negli ignitron se immaginiamo che vi sia una caduta di 30 Volt (circa 11% della tensione di alimentazione complessiva) si ha che le perdite saranno circa

date da 50 kWatt  $\left[ \frac{E}{2T} \frac{V_i}{V_{alimantazione}} = \text{Potenza dissipata} \right]$

Aggiungiamo 50 kW per le altre perdite.

Il motore dovrà fornire circa 200 KW.

Sarà bene prevederlo da 500 K W.

3) Alimentazione con condensatori.

Per schema di alimentazione con condensatori è il rapporto in fig. I

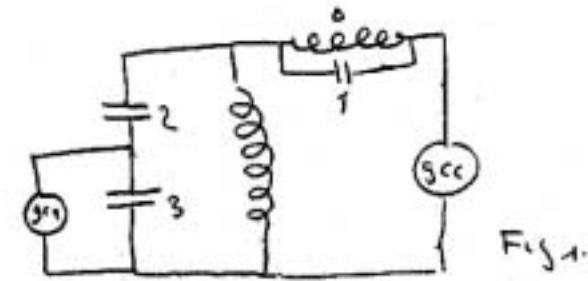


Fig. I.

I componenti necessari al sistema sono :

- 1) Tre banchi di condensatori
- 2) Una induttanza di protezione per il g.c.c. (0)
- 3) Un generatore a c.a.
- 4) Un generatore a c.c.
- 5) Un motore alimentato con un raddrizzatore

La frequenza per la c a è di 25 p/sec. ( $\omega = 2\pi f$ )

La potenza che si trasmetterà attraverso A A' è data

$$\frac{\omega E}{4} = \frac{0,28 \cdot 25 \cdot 2,42 \cdot 10^5}{4} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ K Watt}$$

I valori della capacità complessiva 2-3 in serie sarà di

$$C = \frac{I}{\omega^2 L} = \frac{I}{(6,28 \cdot 25)^2 \cdot 17,1 \cdot 10^{-3}} = \frac{I}{2,46 \cdot 10 \cdot 17,1} =$$

$$= \frac{1000.000}{420} \quad \text{PF} = 2380$$

Il valore dell'induttanza 0 è stato stabilito nel valore di II L<sub>magnete</sub>  
 Il banco di condensatori I costerà I/II il banco di condensatori 2+3

L'induttanza così dimensionata ha una corrente magnetizzante massima di 3000 Ampere.

Da un calcolo di minimo costo si è determinato che le spire di rame devono essere (350) 400, che la densità di corrente deve essere scelta nella misura di I,488 Amp. prima, che la gap del magnete affinché non si abbia saturazione risulta di II80 mm., la sezione del ferro I,17 mq. la sezione rame risulta di 2050 mm.

63 tonn. di ferro risultano e 40 tonnellate di rame circa.

Le dimensioni d'ingombro sono circa 2,5 x 4,5 x 3,8 mm<sup>3</sup>.

Il generatore a c c è dimensionato soprattutto dal valore della corrente che deve fornire e non dalla tensione.

Il generatore a c.a. fornisce le perdite che si hanno per corrente alternata nel magnete e nei condensatori. Possiamo per il computo delle per-

dite ~~ricorrere ad alcune ipotesi~~ <sup>dare dati informativi</sup> (il calcolo sarà evolto con precisione una volta che sia deciso definitivamente il tipo di sincrone e di ali=

~~mentazione). Che le correnti di Foucault nel magnete, le perdite per isteresi nel ferro e nei condensatori siano dello stesso ordine delle perdite ohmiche per correnti alternate nel magnete. Che le perdite per corrente continua nel choke coil siano dello stesso ordine delle perdite per corrente continua nel magnete.~~

~~Da queste ipotesi possiamo calcolare le seguenti potenze per il motore a (P<sub>cc</sub>) e per quello a c a (P<sub>ca</sub>)~~

~~P<sub>cc</sub> = P<sub>i</sub> + P<sub>ccm</sub> ≈ 110 kW.~~

*P<sub>cc</sub> = perdite corrente continua*

~~P<sub>ca</sub> ≈ P<sub>cam</sub> = 5 ÷ 600 kW.~~

*P<sub>i</sub> = perdite nel choke coil*

*P<sub>ccm</sub> = perdite cc nel magnete*

Potenza di esercizio circa 800 kW.

*P<sub>ca</sub> = perdite corrente alternata*

*P<sub>cam</sub> = perdite corrente alternata nel magnete*

Prendiamo infine le dimensioni d'ingombro delle varie componenti del sistema.

Condensatori (Energia massima 60.500 Joule)	8 x 7,6 x 3,8 m <sup>3</sup>
Moto coil	2,5 x 4,5 x 3,8 m <sup>3</sup>
Altri motori	1 x 2 x 1
Cavi tensione	-

Se si lavora a frequenza 30 p/sec. utilizzando solo 1 ogni 10 (cioè tre al secondo) si può ridurre il costo dei condensatori ad 1/3 di quello che costerebbero a piena utilizzazione.

NOTA

Le disposizione delle bobine di eccitazione nel caso dei condensatori può essere vantaggiosamente cambiata nel senso di MA. 40-T I. che differisce dal disegno M A -27 T I per le dimensioni dei conduttori. Diminuzandone l'altezza (circa) le perdite per correnti parassite vengono ridotte ad  $1/8$ ; le perdite per corrente alternata raddoppiano.

Come effetto complessivo si ha che le perdite diminuiscono e diminuisce il peso del rame.

In tal caso le perdite per c.a. vengono ridotte ad  $1/3$  circa e in valore a 200 kW (diminuisce il peso del rame)

Da notare come invece nel caso del volano sia invece necessario mantenere la costante di tempo del circuito elevata (per la linearità delle  $\delta(t)$ ) quindi mantenere la sezione degli avvolgimenti del motore elevata come in M.A. 36 T 1

SCHEMA DI PROGETTO PER IL RAFFREDDAMENTO DEL MAGNETE

Supponiamo che le perdite nelle bobine interne assommino a 150KW ed altrettanto in quelle esterne e che tutto il calore prodotto debba essere asportato dall'acqua circolante nei tubicini a contatto dei conduttori.

Vi sono 20 tubicini, Ø 5 mm, nelle bobine interne, e 24 tubicini, Ø 5 mm, nelle bobine esterne.

Differenza di temperatura dell'acqua tra entrata ed uscita: 10°C. Se per ogni quadrante supponiamo di alimentare in parallelo i tubi delle bobine interne, la portata complessiva Q in essi sarà:

$$Q = \frac{1}{4} \frac{150.000 \text{ W}}{10 \text{ }^\circ\text{C} \times 4.185 \text{ J/}^\circ\text{C g}} = 0,9 \text{ Litri/sec.}$$

sezione di un tubo : 0,197 cm<sup>2</sup>

sezione complessiva di 20 tubi : 3,94 cm<sup>2</sup>

velocità media  $v = \frac{900 \text{ cm}^3/\text{sec}}{1.94 \text{ cm}^2} = 2,27 \text{ m/sec.}$

perdita di carico per ~~xxxxxxx~~ m di tubo (formula di Flamant)

$$J = 6 \times 10^{-4} \frac{v^{3/4}}{D^{5/4}} = 1.895$$

perdita di carico per ogni quadrante: Δp = 10 m d'acqua

Per tener conto delle perdite di carico nei gomiti, nella pompa e nei raccordi, moltiplichiamo per un fattore 2; quindi Δp = 20 m.

Portata per ogni tubicino :  $q = \frac{0,9}{20} = 0,045 \text{ litri/sec.}$

Potenza della pompa :  $P = Nq \times \Delta p \times \rho \times 9,81 \frac{1}{\eta}$

dove N numero complessivo dei tubicini  $N = 4 \times 20 + 4 \times 24 = 176$

ρ densità dell'acqua ρ = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

η rendimento del gruppo motore - pompa η = 0,5

Si ha quindi:

Potenza  $P = 3,5 - 4 \text{ KW}$

Portata totale  $Q = 176 \times q = 7,92 \text{ litri/sec}$

Prevalenza 20 m d'acqua

V A S C A E L E T T R O L I T I C A

Sulla vasca elettrolitica vennero effettuati rilievi di campo e misure di flusso disperso. Si ricorse all'analogia coniugata, l'unica applicabile quando si debbano esaminare porzioni di campo a rotore non nullo: tale analogia è rigorosamente valida nel caso di campi piani, e recentemente l'ing. Dadda ne ha dimostrato la rigorosa validità anche nel caso di campi con simmetria di rivoluzione.

Nella vasca viene studiato un campo di corrente: si rilevano le linee equipotenziali, che corrispondono alle linee di flusso del campo e.m.; i conduttori, nei quali si ha  $\text{rot } \underline{H} \neq 0$ , vengono rappresentati da sorgenti di corrente (si ha così  $\text{div } \underline{I} \neq 0$ : all'operatore rot viene a corrispondere l'operatore div; tale corrispondenza è, come già detto, possibile solo per campi piani e campi a simmetria di rivoluzione); alle superfici equipotenziali del campo e.m. corrispondono nell'analogia superfici di flusso (e quindi pareti isolanti).

Nella vasca venne sempre rappresentata soltanto una metà di un settore di magnete compreso tra due piani meridiani; vi è infatti un piano di simmetria normale all'asse, che è superficie equipotenziale nel campo e.m. e viene quindi rappresentato con una parete isolante.

I conduttori vengono rappresentati da un numero finito di elettrodi, alimentati da una sorgente di corrente; nelle prove non si tiene mai conto della disuniforme distribuzione della corrente nei conduttori, e quindi si tiene uguale la corrente in tutti gli elettrodi.

Determinati i punti di indifferenza del campo (punti in cui si hanno i potenziali massimo e minimo), per un rilievo di campo si portano gli estremi di un potenziometro ai potenziali di detti punti: indi portando il cursore a determinati valori intermedi di potenziale si tracciano le linee lungo le quali il potenziale assume questo valore; le linee così ottenute corrispondono alle traccie delle superfici di flusso del campo e.m.

L'uso dell'analogia coniugata ci permise anche il rilievo del campo all'interno dei conduttori; si osservò che la disposizione delle bobine esterne del magnete, quale fu adottata da Wilson ed altri, non era la più conveniente per ridurre le correnti parassite; in conseguenza di ciò nel progetto del Tiburtino III° i conduttori della bobina esterna sono previsti con la dimensione maggiore normale all'asse del magnete.

Il rilievo dei coefficienti di flusso disperso è anch'esso assai semplice quando si ricorra all'analogia coniugata. Definito flusso utile il flusso che attraversa il piano di mezzeria entro il contorno definito dalla proiezione sullo stesso piano dell'estremità del polo, la misura viene effettuata misurando la d.d.p. tra i punti di indifferenza (proporzionale al flusso totale) e la d.d.p. tra le proiezioni dei punti esterni del polo sulla mezzeria (proporzionale al flusso utile).

Di queste misure ne vennero fatte molte, per diversi tipi di espansioni polari; si fecero anche due serie complete di rilievi per un calcolo di minimo costo partendo da due diverse ipotesi sulla dipendenza dal raggio delle dimensioni della gap. Dato che è difficile dire quale sia l'ipotesi giusta, tali calcoli vanno interpretati come puramente orientativi, e portano al risultato che il costo della macchina non varia molto quando il suo raggio varia nel campo di  $3,5 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$ .



L'impianto di vuoto per la macchina da 1 BeV. é adatto ad ottenere una pressione nell'interno della donut minore di  $10^{-5}$  mm Hg.

Per vuotare la ciambella sono adoperate quattro pompe a diffusione distribuite alle quattro sezioni diritte in modo da ottenere una pressione abbastanza uniforme in tutto il sistema.

Le pompe sono divise in due gruppi completamente indipendenti.

Ciascun gruppo comprende due pompe a diffusione da 1500 l/sec. e due pompe meccaniche da 60 mc/h. Le due rotative sono collegate ad un unico sistema di purificazione per l'olio.

Ogni pompa a diffusione é raccordata alla ciambella attraverso un grosso rubinetto da 300mm il cui comando verra' fatto a distanza con un sistema pneumatico o con servo-motore. Sara' scelto fra questi due metodi quello di piu' sicuro funzionamento.

I rimanenti rubinetti eccettuati quelli necessari ~~per~~ per la riammissione dell'aria sono di tipo elettromagnetico.

Ciascun rubinetto ha dei contatti elettrici di fine corsa che serviranno per il controllo della loro regolare apertura o chiusura.

Il collegamento dell'alto al basso vuoto é realizzato con tubatura da 100mm di diametro.

Ogni pompa ad olio é sormontata, prima del rubinetto di chiusura, da una baffle di raffreddamento ad una temperatura di circa  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Questa baffle é tale da non lasciare nessun interstizio attraverso il quale possa fluire del vapore di olio che si andrebbe a deporre nell'interno delle ciambella.

L'olio adoperato in questo sistema é della serie Octoil a bassissima tensione di vapore.

Le pompe rotative funzioneranno in parallelo e saranno accese entrambe solo nel primo periodo di vuotatura cioé fino a che non sara' raggiunta la pressione di adescamento delle pompe ad olio.

Una sola sara' sufficiente per il normale funzionamento del gruppo a cui appartiene quando siano accese le pompe ad alto vuoto.

L'altra restera' di riserva e potra' essere adoperata in caso di cattivo funzionamento delle prima.

I purificatori di olio in ciascun gruppo si rendono necessari per il buon rendimento del sistema. Ogni purificatore serve per entrambe le pompe del gruppo essendo connesso in parallelo a queste.

La conduttore di collegamento delle pompe meccaniche é tale che la ~~www~~ inserzione dell'una o dell'altra non porta una diversita' di tiraggio alla bocca di uscita delle due pompe a diffusione.

Per la solidita' del sistema é prevista un corto collegamento, dall'alto al basso vuoto, con tubo tombax in modo da evitare che le vibrazioni del motore e pompa meccanica si trasmettano a tutto il gruppo.

I misuratori di vuoto preliminare sono posti nel nodo di congiunzione delle pompe meccaniche con le pompe a diffusione. Tali vacuometri, uno per gruppo, sono di tipo Pirani, con doppia scala graduata in frazioni di mm Hg. fino ad una pressione di  $10^{-4}$  mmHg.

Vacuometri ad ionizzazione con quattro scale graduate per misure fino a  $10^{-7}$  mmHg. sono posti sulla flangia di ciascuna pompa a diffusione per il controllo del loro regolare funzionamento.

Altri misuratori di pressione dello stesso tipo sono posti nel centro di ciascun quadrante della ciambella per controllare la pressione nei punti piu' critici.

Ciascuno di questi vacuometri ha dei contatti di massima e di minima per i meccanismi di sicurezza e di asservimento delle manovre.

Una vista d'insieme dell'impianto é data nel disegno DO-2-V. La ciambella é costruita in Pirex. La sua forma é ovale con diametri esterni 76mm e 210mm. Lo spessore delle pareti da 5 a 8 mm.

Ogni pezzo della donut ha una lunghezza di 52,2cm. e le testate inclinate di  $9^{\circ}$  in modo da completare un intero quadrante con 10 di questi pezzi.

I diametri interni utili sono 60mm e 194mm. Data la grandezza delle dimensioni non é possibile ottenere dei pezzi con spessore piu' uniforme.

Per vista d'insieme della donut vedi disegno DO-4-C.

Il raggio medio di curvatura di ciascun settore é di 333cm.

L'ovale é stato ottenuto, per la parete esterna, raccordando archi di cerchio di 30mm e 400mm. (vedi disegno DO-6-C)

Sono stati scelti questi due raggi di curvatura per il fatto che, con buona approssimazione, i due archi nel punto di raccordo sono fra loro tangenti contribuendo cosi' alla maggior solidita' della struttura.

L'altezza della ciambella di 76mm lascia liberi, nell'interno della gap, 4mm in modo da poter inserire le coils si correzione del campo magnetico.

I pezzi di donut (vedi disegno DO-6-C) sono raccordati fra loro tramite una flangia in Araldit saldata alla parete esterna del vetro.

I pezzi di fusione in Araldit sfruttando lo spazio libero nella gap ai lati del polo trasformano la sezione della ciambella ai bordi da ovale a rettangolare. Una volta flangiati i pezzi vengono messi a contatto attraverso una guarnizione in neoprene dello spessore di 1 o 2mm e fissati rigidamente tramite bulloni in ottone la cui sede é nella guancia saldate.

La scelta del neoprene é dovuta al fatto che fra le guarnizioni é quella che ha maggior resistenza meccanica con tensione di vapore sufficientemente bassa.

La piccola superficie di gomma esposta al vuoto non influenzerá certamente la pressione finale che vogliamo raggiungere anche in considerazione del fatto che il vuoto é dinamico.

Nelle sezioni diritte esclusa quella che comprende il deflettore si passa dalla sezione ovale alla sezione circolare con raggio uguale al diametro massimo della ciambella; questo per dare la possibilita' di un buon raccordo con le pompe a vuoto ed in modo da lasciare spazio per poter esplorare nell'interno della ciambella quando si renderá necessario.

Ciascuna sezione diritta della lunghezza di 1m viene ridotta a circa 65 cm. dalle coils di alimentazione. Per questo i pezzi terminali di ciascun quadrante, sempre esclusi quelli che si collegano con il deflettore, hanno la forma del disegno DO-7-C e DO-11-C.

Nella Straight-section contenente il deflettore é stato preferito mantenere ancora la forma ovale in modo da lasciare il maggior spazio possibile alla scatola che lo contiene. (vedi disegno DO-9-C).

Per questa sezione la flangia di raccordo all'impianto di vuoto verro' fatta direttamente sulla parete della scatola detta.

I pezzi di giunzione per la R.F. (disegno DO-11-C), circolari, hanno un diametro interno di 21 cm. in modo da poter inserire in queste le guide per lo smorzamento del campo lasciando fra le pareti di queste ultime e la ciambella spazio sufficiente perché l'aria non venga imprigionata.

Ognuno dei pezzi delle sezioni diritte ha una flangia ricavata direttamente sul vetro. Il collegamento dei diversi componenti viene realizzato con morsetti di alluminio di cui al disegno DO-8-C.

PROGETTO DI IMPIANTO A R.F. PER UN SINCROTRONE  
DA 1 BeV.

---

Parte riguardante la prima fase della accelerazione.

Si sono fatti i calcoli per far funzionare una cavità risonante tale da avere al gap. una tensione variabile tra i 6000 e i 20.000 Volt alla frequenza di 48,1 MHz (4° armonica della frequenza di lavoro).

Questa tensione opportunamente modulata tra 6.000 e 20.000 Volt può accelerare gli elettroni fino alla energia di circa 600 mev.

I) Cavità risonante -

La cavità risonante è sul modello di quella di "Wilson".

Dimensioni riguardanti il funzionamento elettrico - (fig.1)

raggio esterno	m. 0,66
raggio interno	m. 0,21
larghezza parte induttiva	m. 0,37
larghezza al gap	m. 0,04

La cavità sarà costruita in lamiera di acciaio da 8 mm. ramata internamente e rinforzata con costoloni (4 per ogni faccia) come è indicato nel disegno costruttivo. La cavità è smontabile in due parti scatola e coperchio. La tenuta di vuoto è realizzata per una guarnizione in tubo di acciaio deformabile elasticamente. (fig.2).

Entro la parte "capacità" non è possibile introdurre dielettrici tipo resine artificiali e ciò solamente per ragioni tecniche.

Questo giustifica il fatto di aver previsto tutta la cavità sotto vuoto.

Entro la cavità risonante sono previsti ancora due accordi, una regolazione grossolana, entro il 5% della frequenza fondamentale fatta agendo su un prisma metallico posto entro la gap, una regolazione fina entro l'1% ruotando una lamiera di rame che si trova nella zona "induttanza".

Entro la cavità arrivano ancora : la spina di eccitazione e la spina sonda entrambe nel tubo di rame del diametro esterno di 2 cm. , sono previste ancora due flange di attacco al sistema di vuoto.

Il fattore di merito della cavità montata insieme all'amplificatore terminale è previsto intorno a 3.500.

L'impedenza caratteristica è stata fatta pari a circa  $11 \Omega$  e ciò per ragioni di adattamento all'amplificatore che alimenta la cavità. Con questi valori la massima potenza di alimentazione si aggira sui 6 kW.

#### L'amplificatore terminale -

L'amplificatore terminale deve fornire la potenza necessaria ad alimentare la cavità risonante, poichè la frequenza di lavoro è piuttosto elevata, si cerca di ridurre al minimo le connessioni, ciò fa sì che si debba lavorare con un solo tubo finale e non con due valvole in contro fase. Il tubo finale può essere uno dei seguenti, particolarmente adatti a funzionare come amplificatori di classe "C".

R C A - 7 C 24                      Marconi B R I29 -B R I28.

Nelle condizioni di funzionamento al massimo regime qualora si usi come tubo finale la 7 C 24 si avrebbe :

Tensione di alimentazione		5000 V
Tensione di polarizzazione	= -	260 V
Tensione segnale		580 V
Corrente di picco		6 A
Componente I armonico		2,95 A

La modulazione avviene "per griglia" variando solamente la polarizzazione e di questo si parlerà successivamente. Tra griglia e placca dell'amplificatore terminale è previsto un circuito serie induttanza e capacità (la capacità è variabile) tale che trovandosi in parallelo quella capacità griglia-placca formi un circuito parallelo risonante alla

L 049

frequenza di lavoro ciò può dare una neutralizzazione perfetta dell'amplificatore ovvero con lieve disaccordo può fare sì che la cavità entri in risonanza (sotto eccesa) alimentata dal prefinale che così viene a funzionare da Ticler. Tutto questo facilita una salita rapida della tensione ai capi della gap (quando si accende il finale) nel tempo voluto.

La catena a raggio frequenza che pilota il finale è sempre accesa e funziona quindi continuamente. La griglia del finale è invece tenuta sotto l'interruzione. All'atto della partenza la griglia viene sbloccata (modulazione veloce di avvio).

Per avere una rapida andata a regime è stato previsto di mandare un impulso positivo sulla griglia del finale, impulso che governa tutto il fenomeno della salita della tensione ai capi della gap. Quando la tensione ai capi della gap ha raggiunto il valore voluto cessa l'impulso positivo mentre la griglia incomincia a essere pilotata dalla contro polarizzazione del modulatore. La potenza pilota necessaria per un amplificatore di questo tipo si aggira sui 300-400 W.

La catena a radiofrequenza a bassa potenza.

Per il comando dello stadio finale è stata prevista una catena a radiofrequenza, si parte da un generatore a quarzo (tipo Standard) con gli opportuni stadi di moltiplicazione, poi dopo 2 amplificatori in classe "C" si raggiunge la potenza voluta (300-400 W) con circa 600 W di segnale. L'uscita deve essere data da un circuito accordato che facendo parte integrante del circuito di griglia del finale è accoppiato a trasformatore al prefinale.

Per questa catena a radiofrequenza non vi sono esigenze particolari :

Il Modulatore

La modulazione (lenta) può avvenire per griglia o per placca e la scelta per l'uno o l'altro sistema è ancora oggetto di studio. Occorre comunque che l'impulso veloce (da un Blocking oscillator) e la successiva

modulazione lenta giungano all'ingresso di un amplificatore di tipo video. Questo amplificatore dovrà avere comunque una banda passante di 20 Hz - 2 MHz tra i punti a metà potenza e sarà inserito nel circuito di griglia del finale (modulazione di griglia) ovvero comanderà la griglia della valvola modulatrice che si trova in serie con l'amplificatore terminale (modulazione di placca).

#### Controlli e Comandi

Risuonatore. Regolazione accordo.

Si osserva che per avere una riduzione di tensione al gap del 10% basta uno scarto di frequenza  $\frac{\Delta F}{F} = \frac{0.25}{Q}$

Per  $Q = 3500$

$$\frac{\Delta F}{F} = 10^{-5}$$

La regolazione deve quindi essere abbastanza fine da consentire  $\frac{\Delta F}{F} = 10^{-5}$  con spostamenti apprezzabili degli organi di regolazione.

La variazione di temperatura (supposta uniforme) capace di produrre un  $\frac{\Delta F}{F} = 0.7 \cdot 10^{-4}$  è di circa 0.25°C. Si ritiene quindi sufficiente una regolazione manuale dell'accordo della cavità dato che, a regime raggiunto, le variazioni di temperatura dovrebbero essere molto piccole e a carattere secolare rispetto al periodo fondamentale del magnete.

Occorre provvedere una regolazione doppia: a) grossa 5% b) fine 1%.

Si noti che l'accordo dovrà farsi in condizioni di sotto eccitazione, non funzionando la cavità come carico sufficiente per l'amplificatore terminale se non quando è in perfetto accordo.

Risuonatore. Controllo di tensione.

Una piccola spira preleverà il segnale di controllo. Tale spira alimenta l'asse y di un oscillografo, per l'esame della forma d'onda a radio frequenza, e un voltmetro di cresta (di tipo non elettrostatico) per la misura del valore massimo della tensione ai capi del gap un ciclo di modulazione.



Durante il procedimento di accordo in sottoeccitazione tra la spira e lo strumento si inserirà un amplificatore opportuno.

Taratura della spira per la misura della tensione al gap. La tensione al gap si misurerà una volta per tutte in condizioni di sottoeccitazione, mediante voltmetro elettronico con sonda a vite opportunamente prevista. Contemporaneamente si misurerà la tensione ai capi della spira per confronto con un generatore di segnali campioni. Si avrà così la taratura della spira alla frequenza voluta.

Controlli amplificatore finale R.F.

a) Amperometro di placca sulla alimentazione anodica; munito di relais che stacchi l'alimentazione in caso di eccessivo assorbimento. (Protezione contro disaccordo del carico).

b) Voltmetro di A.T. sulla alimentazione anodica.

c) Amperometro di griglia (montato in serie sul circuito di griglia).

d) Voltmetro e amperometro di filamento.

e) Voltmetro per la misura della polarizzazione continua (negativo di griglia) per fornire il segnale di pronti.

Controlli catena R.F.

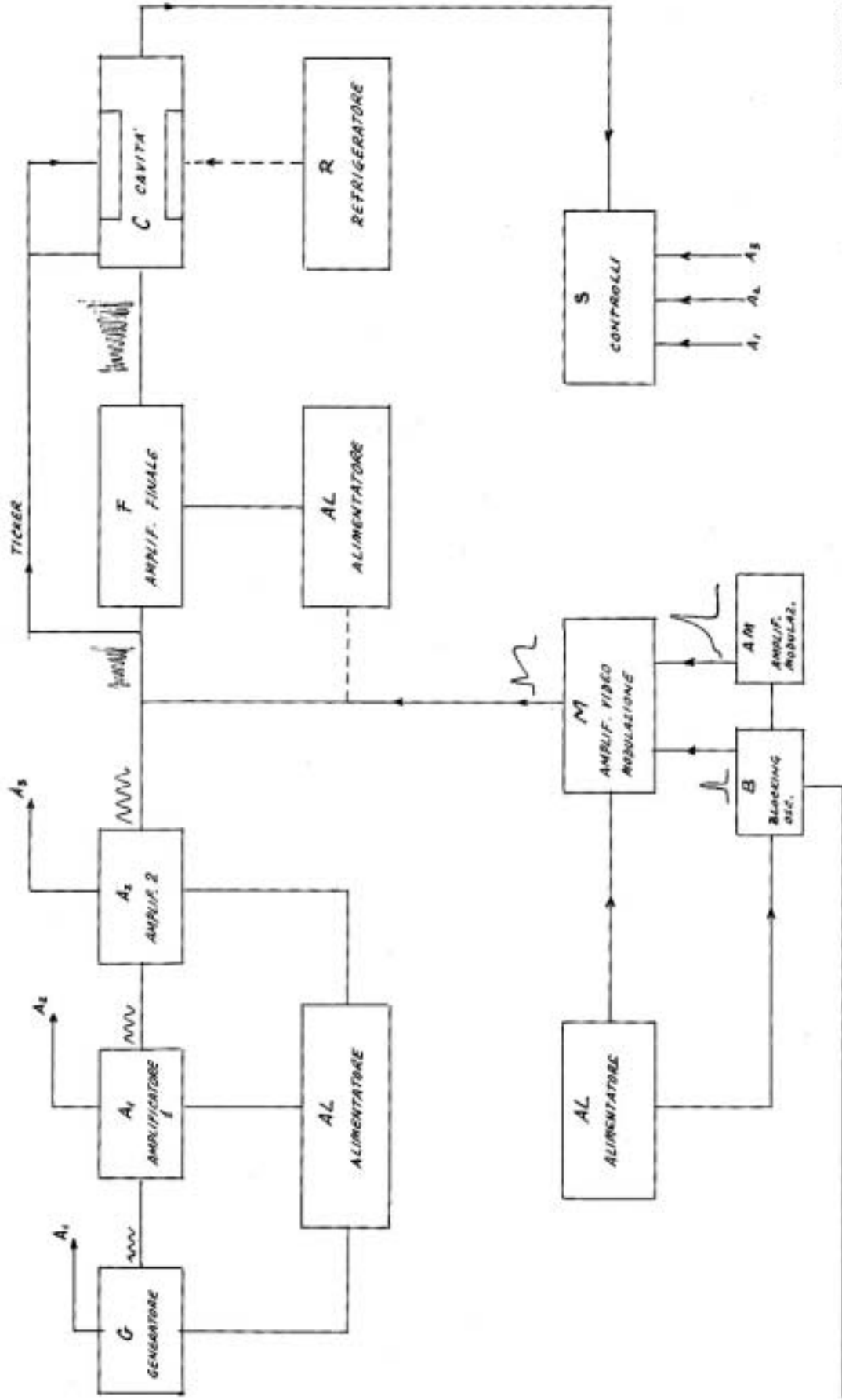
a) Voltmetro per la misura della tensione a R.F. alla uscita del prefinale.

b) Amperometri di placca e la normale strumentazione.

Piano Funzionale della R.F.

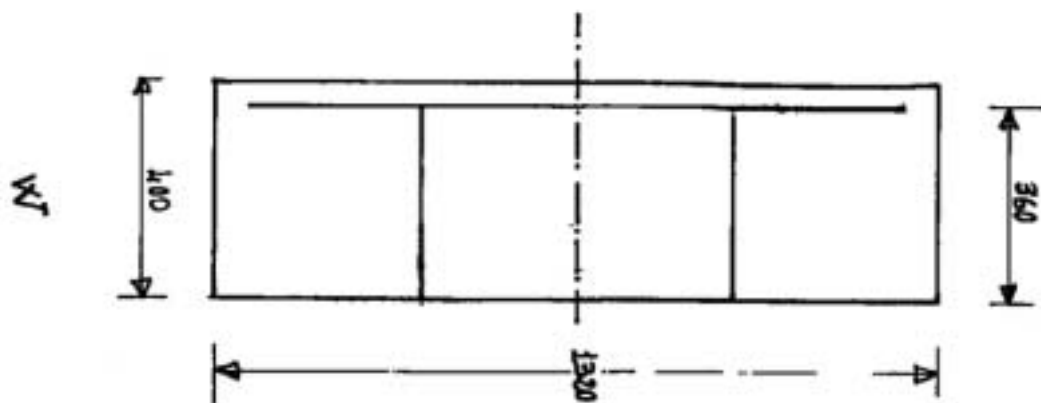
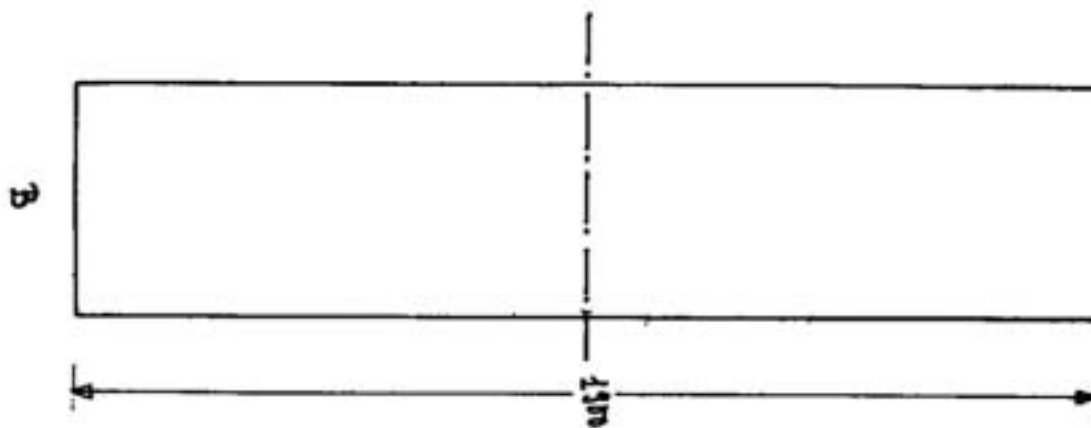
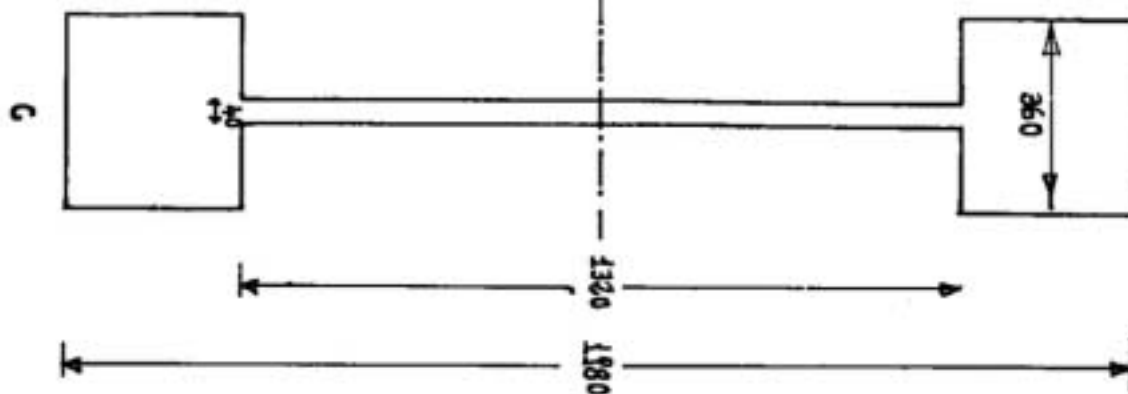
- G. - Generatore a quarzo con catena di moltiplicazione fino alla frequenza voluta (48,1 MHz).
- A<sub>I</sub> - Prima amplificazione (potenza di uscita 10 W.)
- A<sub>2</sub> - Seconda amplificazione (pilotaggio del finale 300-400 W.)
- F - Finale (sulla griglia del finale è prelevato il segnale di ticler).
- C - Risuonatore a cavità.
- AL - Alimentatori.
- M - Amplificatore a larga banda di modulazione.
- R - Refrigeratore della cavità risonante, contiene anche i ventilatori per il prefinale ed il finale.
- S - Banco dei controlli della catena a R.F. e dell'uscita del modulatore.
- B - Circuito del bloking monostabile triggerato dal magnete.
- A M - Amplificatore della modulazione lenta.

SCHEMA A BLOCCHI R.F.



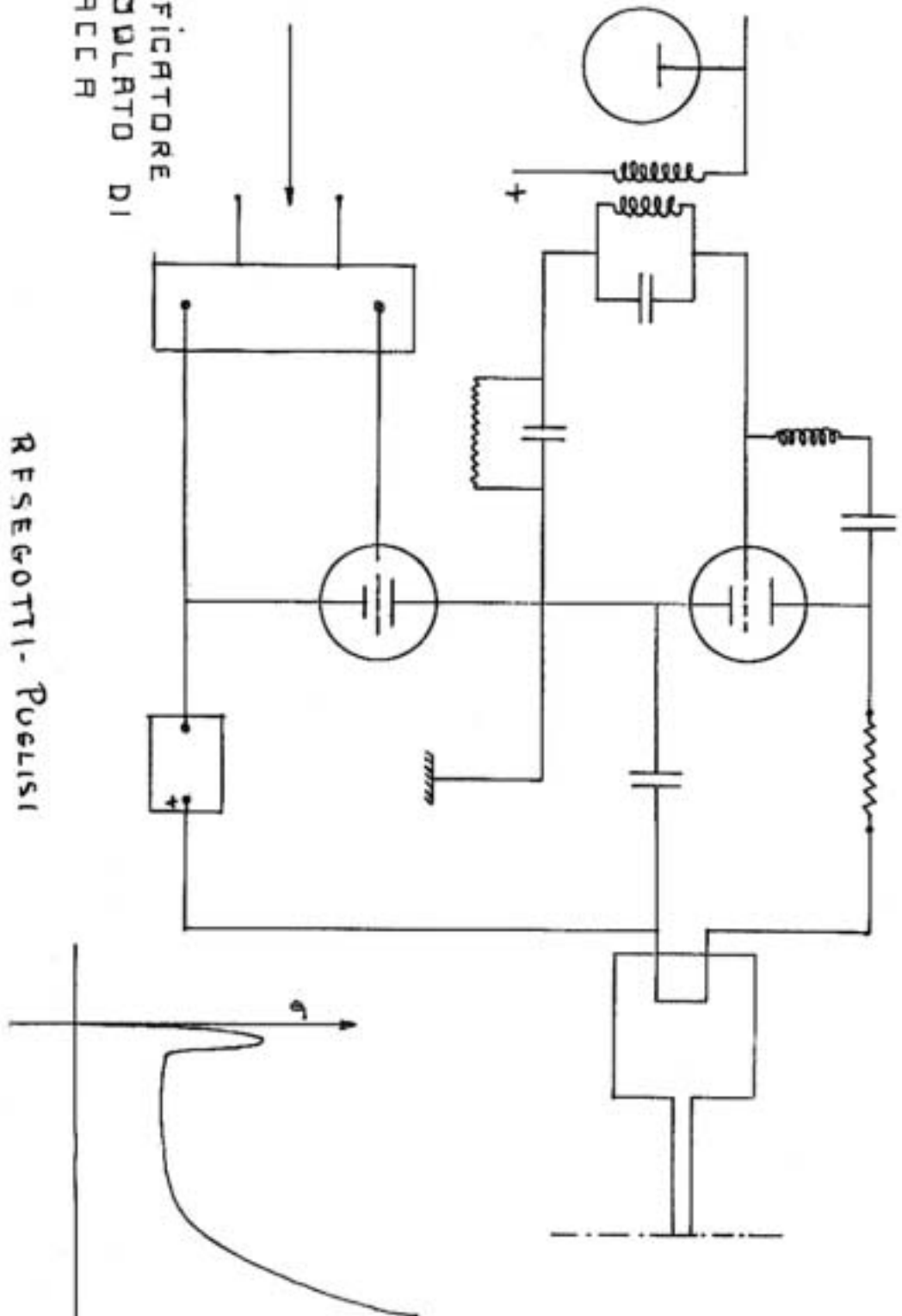
RESEGOTTI - PUGLISI  
23 NOV. 1953

SCHEMI FUNZIONALI  
DI RISONATORI

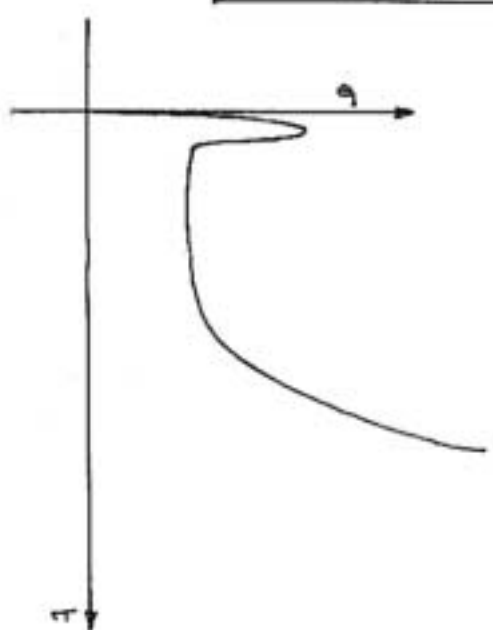


RESEGOTTI-PUGLISI  
23-11-53

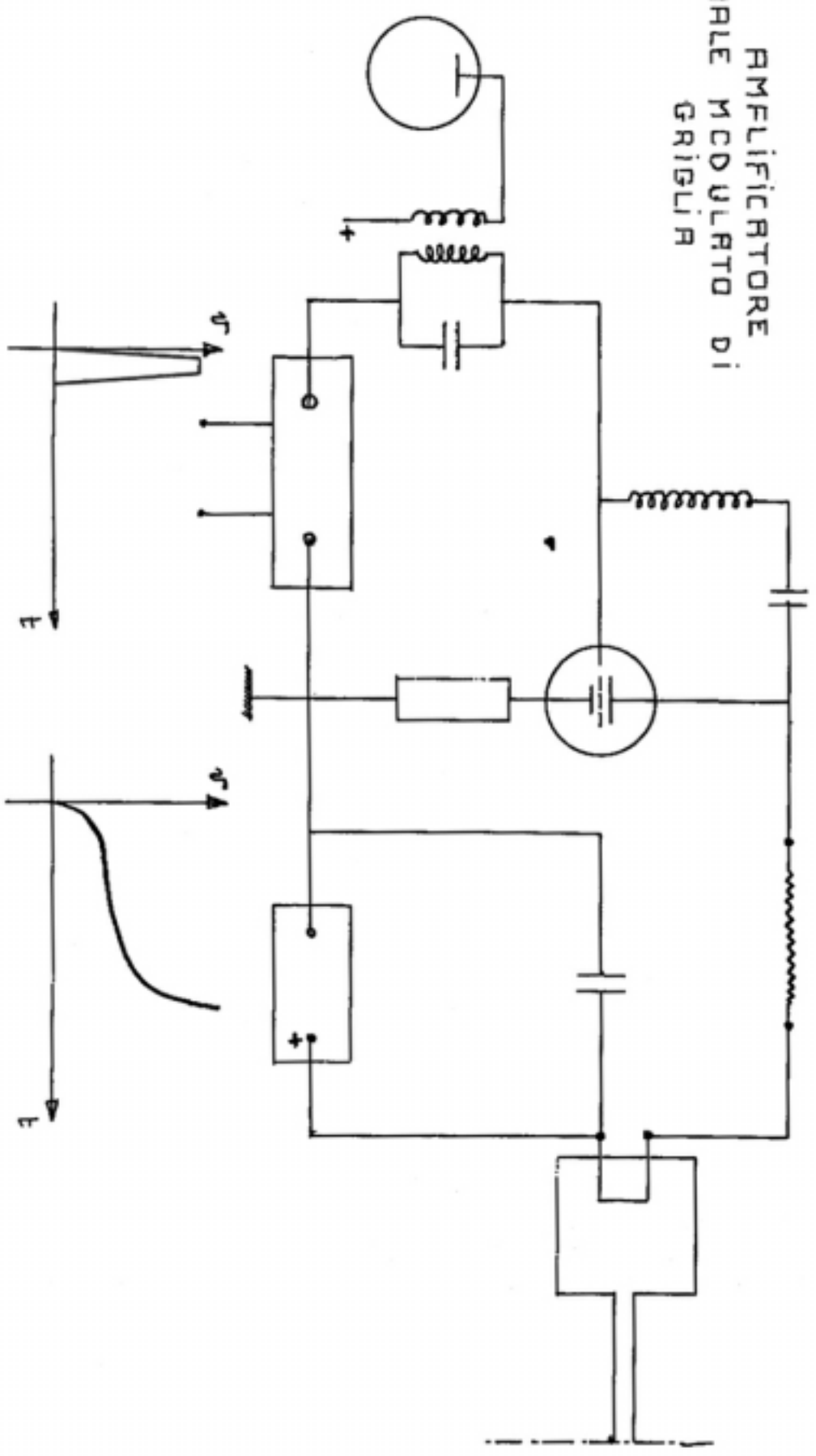
AMPLIFICATORE  
 FINALE MODULATO DI  
 PLACCIA



RESGOTTI - PUELISI

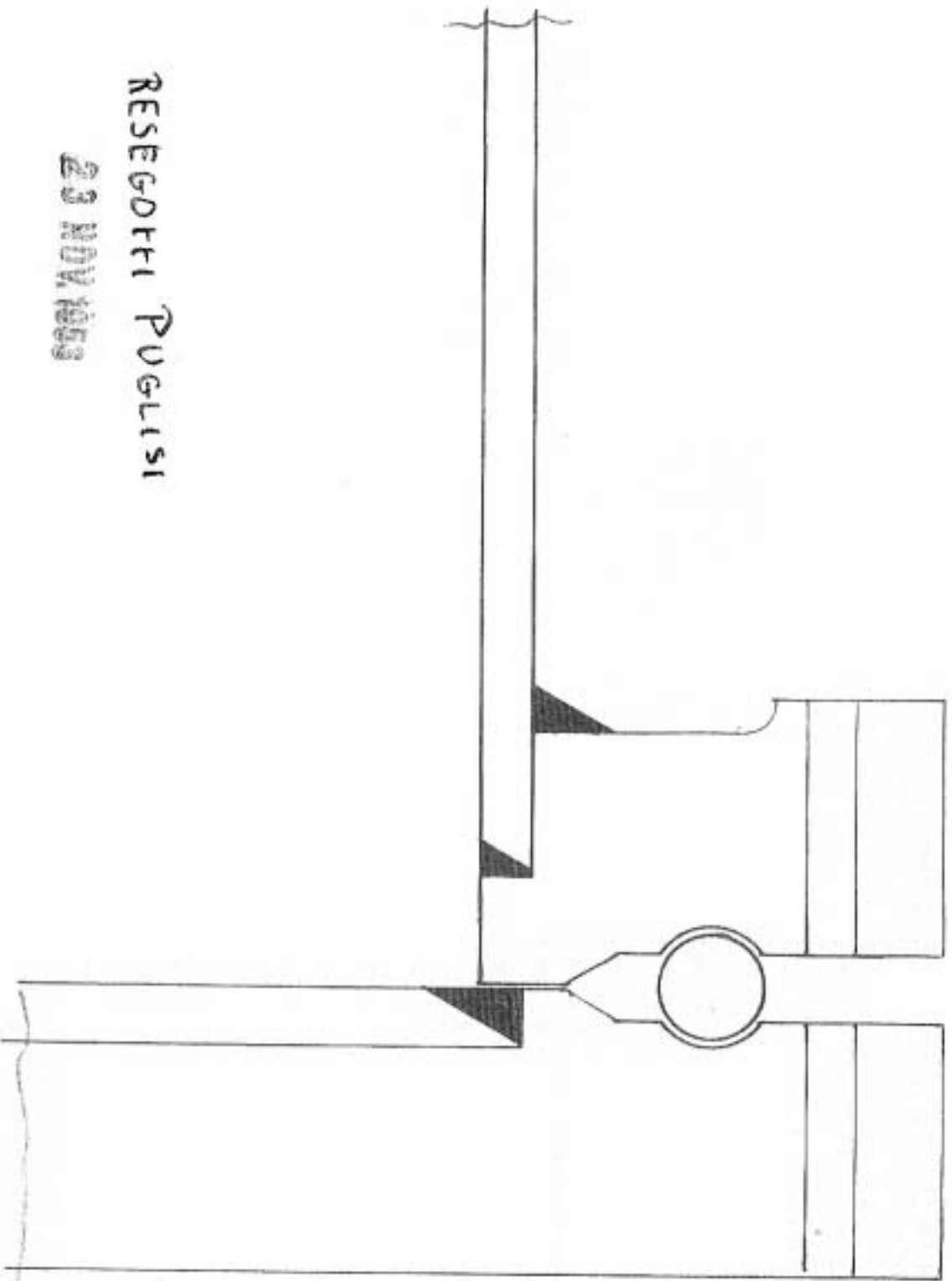


AMPLIFICATORE  
FINALE MODULATO DI  
GRIGLIA



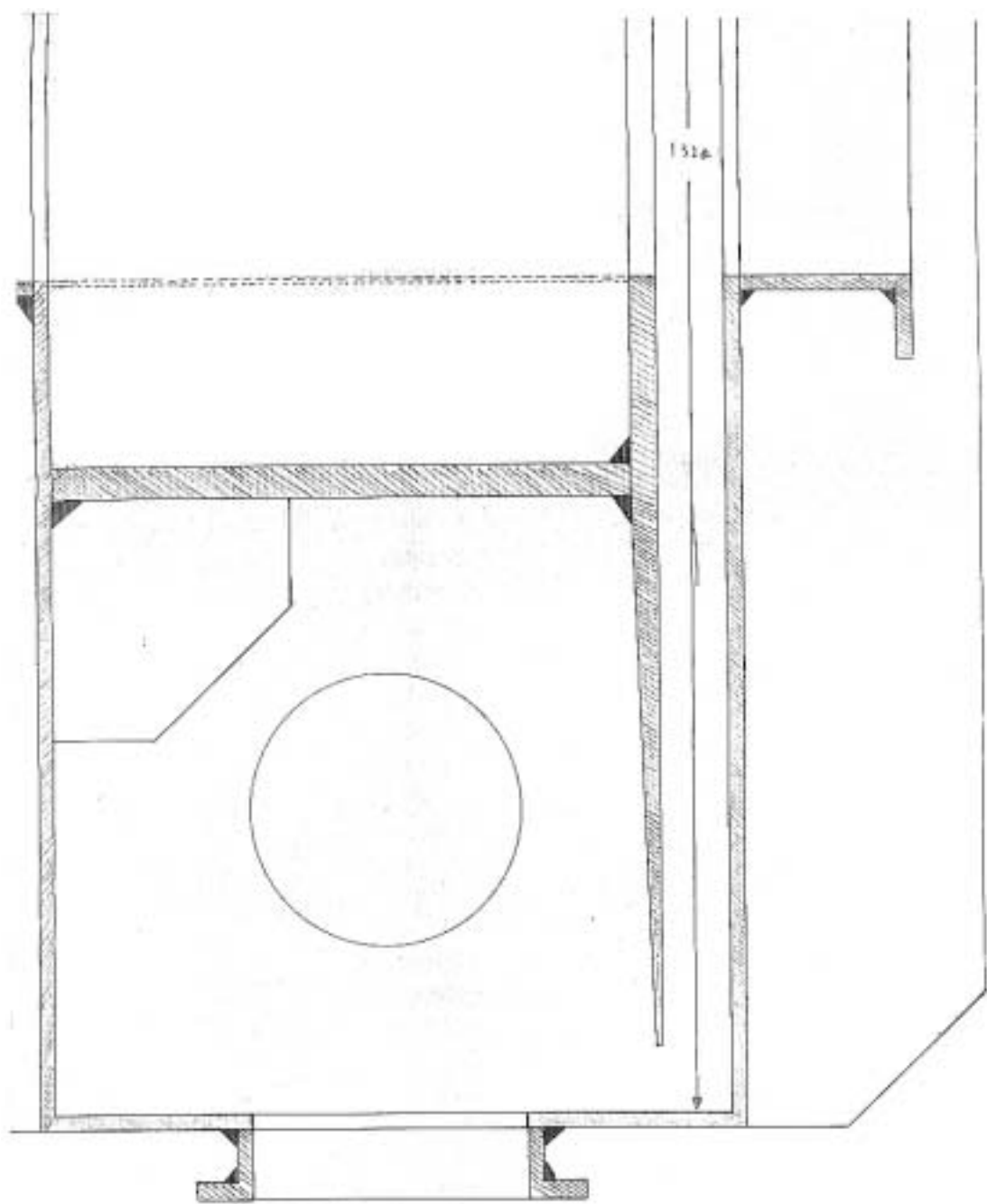
RESEGOTTI - PUGLISI

*PARTICOLARE DELL'AVELLO DI TERRA*



RESEGOFFI PUGLISI

23 NOV 1883



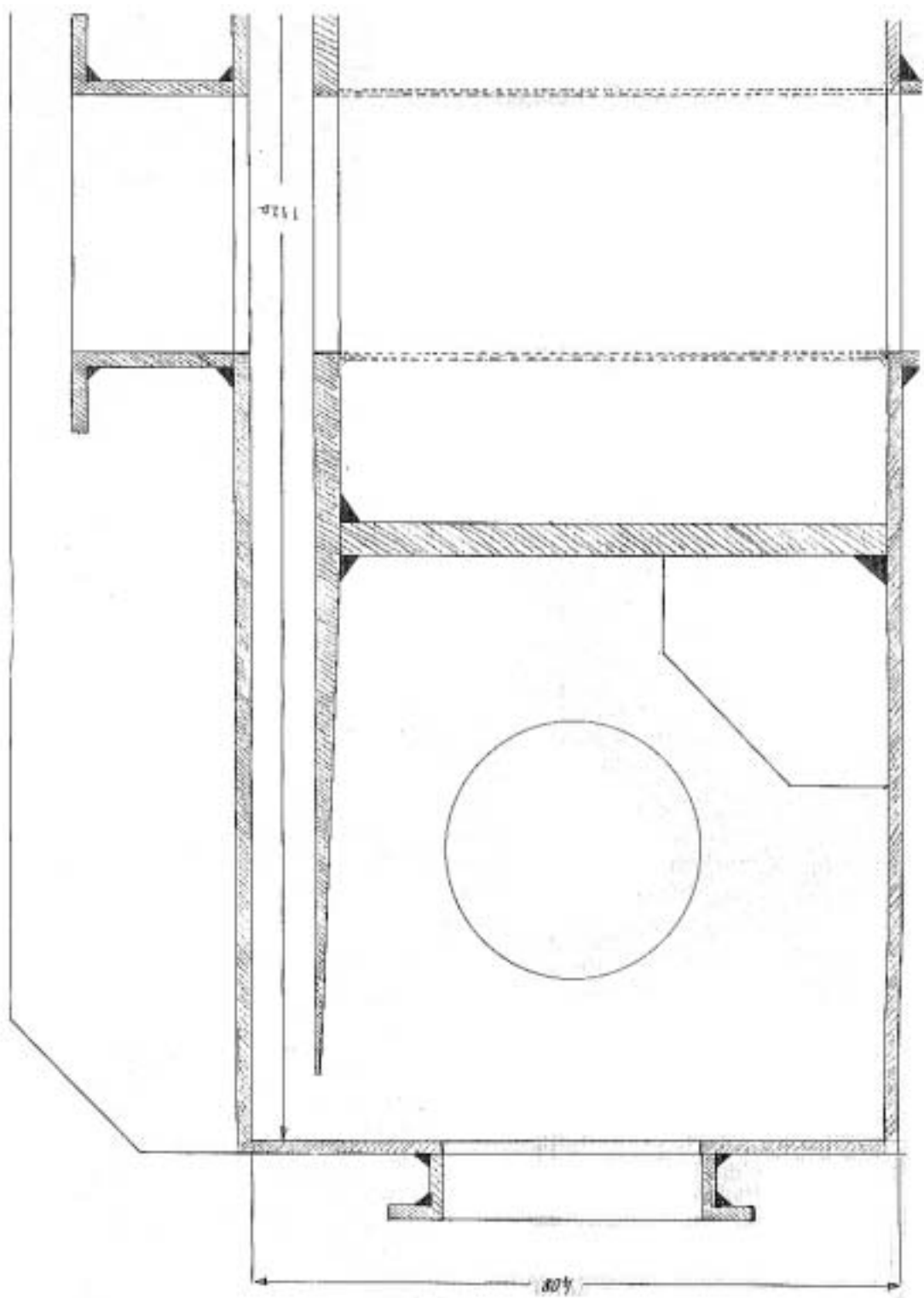
RISUONATORE  
TIPO WILSON

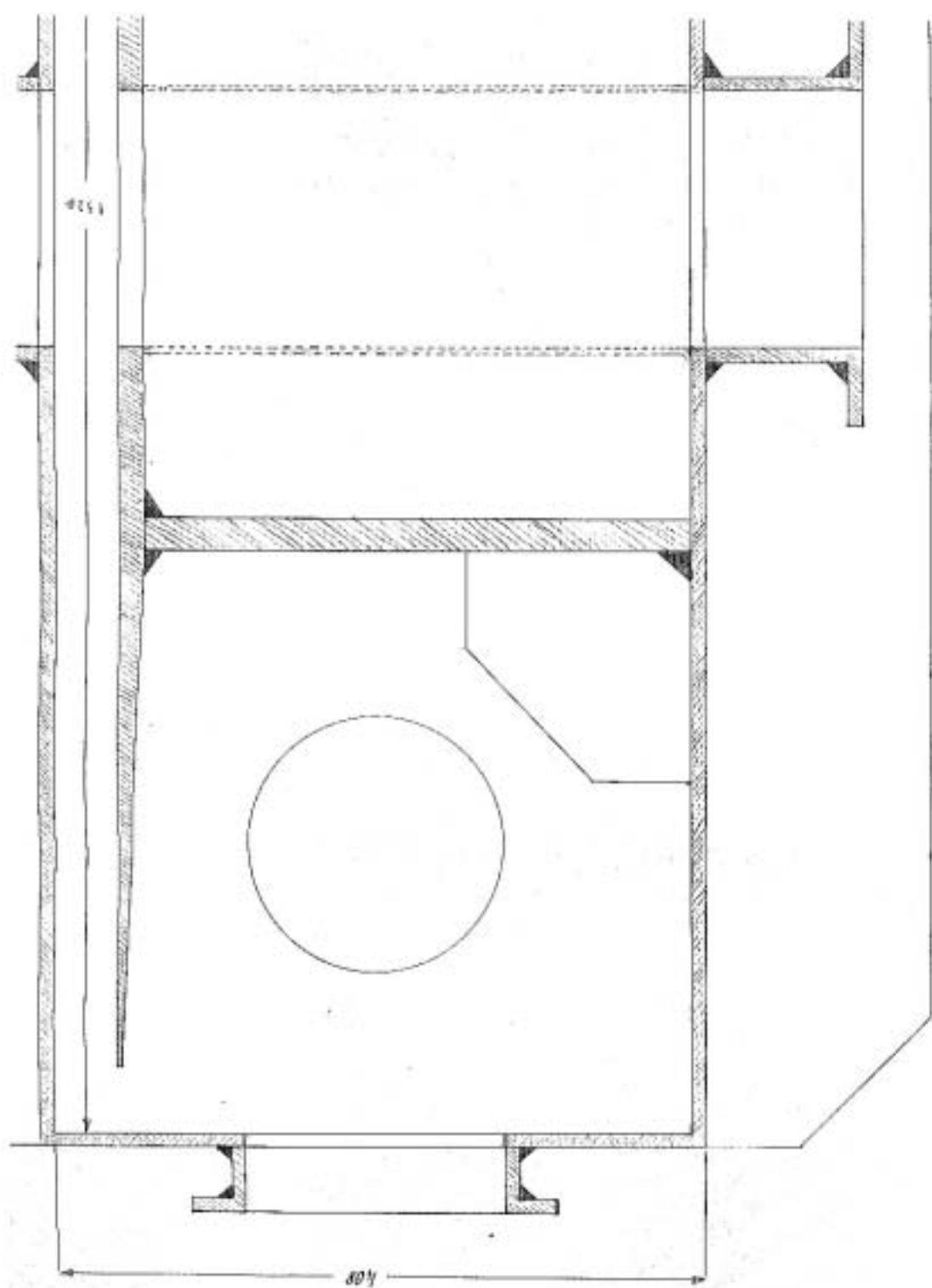
SCALA 1:3

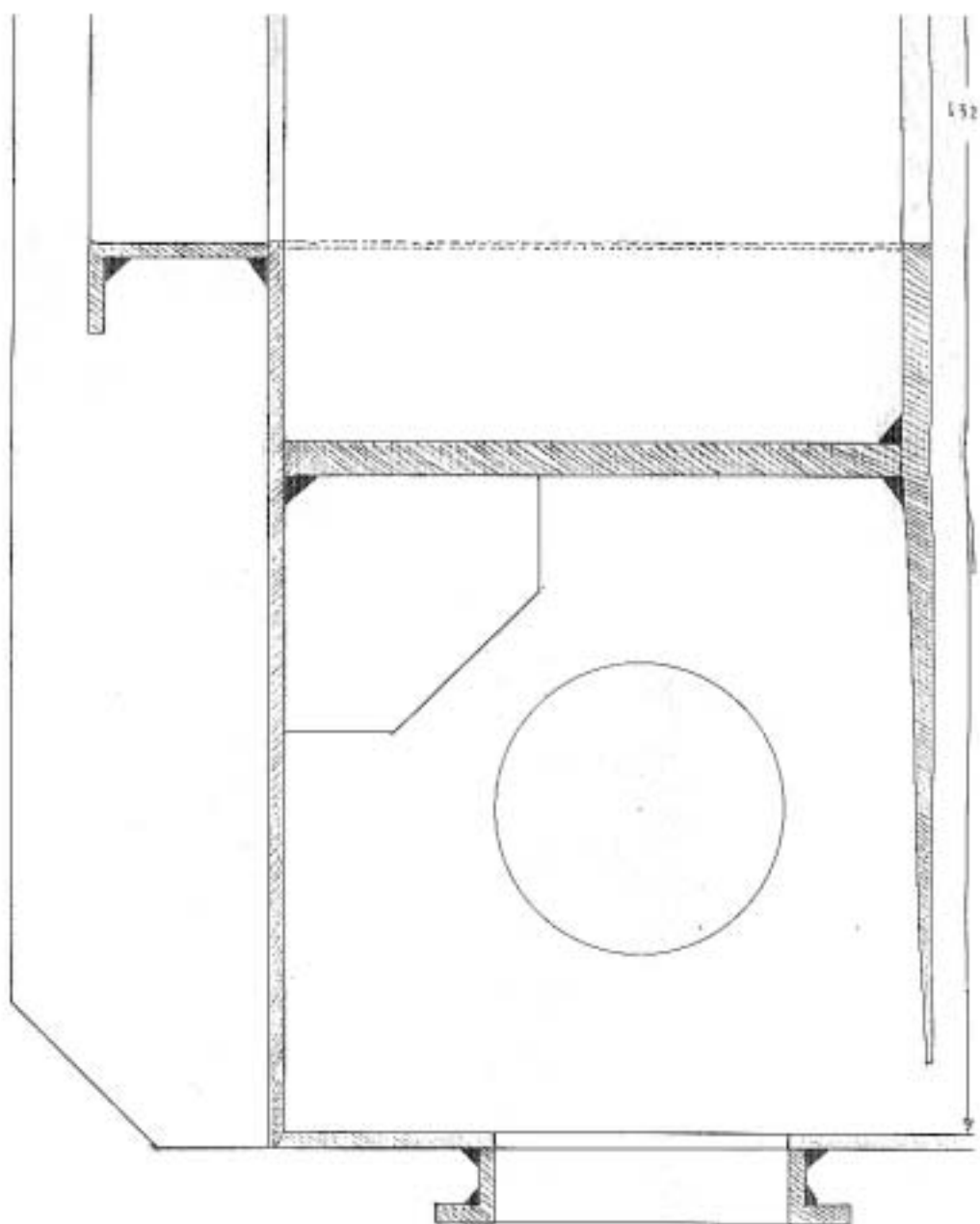
FIG. 5.

RESEGOTTI - PUGLISI  
23 NOV. 1953









RISUONATORE  
TIPO WILSON

SCALA 1:2

FIG. 1.

PROGETTO DI MISURE DEL CAMPO MAGNETICO NEL SINCROTRONE0 - 1) Generalità.-

L'intensità del campo magnetico  $B$  nell'interferro del sincrotrone è una funzione che potremo scrivere in forma sintetica:

$$B = B(i, P, t) \quad (1)$$

indicando con:

- $i$  la corrente di magnetizzazione
- $P$  il punto nel quale vengono compiute le misure
- $t$  il tempo.

Potremo scorporre inoltre in ogni punto  $B$  secondo tre assi ortogonali tra loro:

- $B_z$  componente parallela all'asse di simmetria del sincrotrone il cui effetto principale è di far ruotare in orbite circolari gli elettroni;
- $B_r$  componente radiale con effetto focalizzante
- $B_\theta$  componente tangenziale, presente essenzialmente in corrispondenza delle sezioni diritte e tale da generare sugli elettroni, che hanno una componente radiale della velocità, forze parallele all'asse di simmetria del sincrotrone.

Nella (1) si sono tenute come indipendenti le variabili  $i$  e  $t$  per indicare che  $B$  dipende non solo dalle condizioni istantanee della corrente, ma anche dalla storia precedente del circuito magnetico (essenzialmente ciclo d'isteresi, saturazione e magnetismo residuo del ferro del magnete principale e di corpi ferromagnetici - per esempio il banco del basamento - interessati al circuito magnetico).

Q - 2) Scopo delle misure.-

Scopo delle misure di campo magnetico è quindi quello di misurare le tre componenti di  $B$  al variare di  $i$  e di  $t$  in un certo numero di punti dell'interferro del sincrotrone.

Esiste una legge di  $B_z$  che deve essere soddisfatta. Essa è - come è noto:

$$B_z = B_{z_0} \left( \frac{r_0}{r} \right)^n \quad ; \quad a < n < b \quad \text{con} \quad 0 < a < b < 1$$

indicando con l'indice  $\circ$  le quantità che si riferiscono ad un punto  $P_\circ$  di riferimento.

Pertanto gran parte delle misure da compiersi nel campo magnetico saranno misure dell'indice  $\underline{n}$ , essendo esso indicativo della bontà o meno del campo stesso.

Si dovrà misurare ancora l'induttanza  $L$  del magnete al variare di  $\underline{i}$ . Inoltre sono da determinare  $B(i, P, t)$  essenzialmente nelle sezioni diritte e la superficie sulla quale

$$B_r = 0$$

Questa è infatti la superficie attorno alla quale si innescano le oscillazioni verticali di betatrone.

Riassumendo si pensa di compiere i seguenti tipi di misure:

- a)  $L = L(i)$
- b)  $n = n(P, i, t)$
- c) Determinazione della superficie  $B_r = 0$
- d)  $\left. \begin{array}{l} B_z = B_z(P, i, t) \\ B_r = B_r(P, i, t) \\ B_\theta = B_\theta(P, i, t) \end{array} \right\}$  in corrispondenza delle sezioni diritte.

0 - 3) I tipi di misure di cui in 0-2 si intendono compiute sia su un modello (arco di magnete di sincrotrone - lungo circa 1 metro - ed in scala 1:1), sia sul sincrotrone stesso. Dalle misure sul modello si pensa di poter ricavare tutte quelle indicazioni necessarie per modificare la forma del campo magnetico fino a renderlo conforme ai desiderata teorici - a meno delle tolleranze prestabilite come ammissibili.

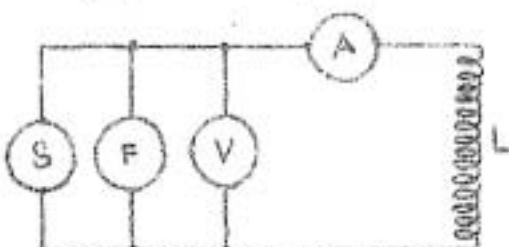
#### 1 - 0) Misura di $L(i)$ .-

Per misurare  $L(i)$  si pensano i seguenti metodi:

- a)  $i$  corrente alternata
- b) in corrente continua

1 - 1) Metodo in c.a.-

Si alimenta il magnete con tensione alternata con un generatore di cui si può regolare la tensione. Il circuito usabile è quello di fig.1 e consta di:



- a) un Generatore G in c.a.
- b) un frequenzimetro F
- c) un Voltmetro V elettrodinamico
- d) un Amperometro A elettrodinamico

Sarà evidentemente:

$$V = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} I$$

con R comprensivo della resistenza dell'avvolgimento del magnete, della resistenza equivalente dovuta alle perdite nel ferro e delle resistenze dei collegamenti. Questa resistenza può essere determinata una volta per tutte con un ponte - per esempio di Maxwell - alimentato a 50 periodi. *o comunque alla frequenza di lavoro del sincrotone.*

Nota R si ha evidentemente:

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{V}{I}\right)^2 - R^2}$$

I valori di V ed I sono determinati con strumenti elettrodinamici, quindi sono la media quadratica dei valori assunti dalle tensioni e correnti nel periodo. Anche il valore di L, quindi, che ne risulta, è un valore medio lungo tutto il periodo.

1 - 2) Metodi in c.c.-

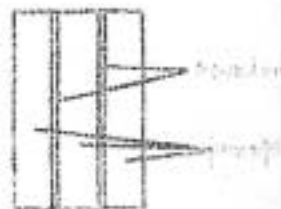
Teoricamente il metodo migliore di misurare l'autoinduzione sarebbe in c.c. provvedendo il magnete di un avvolgimento secondario avvolto assieme a quello primario in modo tale che con ottima approssimazione si possa dire che il flusso concatenato col primario sia identico a quello concatenato col secondario. Si misura allora la mutua induttan

za che è certamente di pochissimo differente dalla autoinduttanza del sistema.

Metodi di questa natura sono stati infatti impiegati per esempio a Cornell - alla costruzione del primo sincrotrone - nella misura di L in un modello. Nel nostro caso il metodo è meno preciso che a Cornell, per la particolare forma dei conduttori, di sezione molto elevata. Ciò è evidente per il sincrotrone, ma è valido anche per il nostro modello, che è previsto semplicemente come una fetta di macchina in scala 1:1 e quindi anche con i conduttori uguali (ad eccezione per la lunghezza) a quelli definitivi.

1 - 21) Nel modello una soluzione di compromesso in questo senso potrebbe essere adottata dividendo ciascun conduttore effettivo in due parti uguali delle quali una serve in queste misure da primario e l'altra da secondario. Per le ulteriori misure e studio del comportamento della macchina occorrerebbe predisporre la possibilità di fare il parallelo fra i due conduttori originati dallo stesso conduttore del sincrotrone definitivo. Svantaggio evidente di questo metodo è di non poter usare nel modello conduttori uguali a quelli del sincrotrone (mentre ciò è molto utile per studiare il sistema di raffreddamento) e di essere completamente impraticabile sul sincrotrone definitivo.

1 - 22) Un secondo sistema di compromesso si pensa essere quello di predisporre - almeno nel modello - dei fogli di rame isolati (di spessore da alcuni decimi fino ad un millimetro) tra conduttore e conduttore, in modo tale da costituire ancora un secondario che segue molto da presso il primario. In sezione la dimensione maggiore del foglio dovrebbe essere uguale a quella del conduttore (vedi Fig.2).



1 - 23) Infine, ove si pensassero troppo complessi questi due metodi ora descritti, si potrà sempre avere un'idea della variazione dell'induttanza in funzione della corrente di eccitazione e ma non una

valutazione assoluta dell'induttanza stessa - semplicemente usando come secondario un avvolgimento che abbracci tutto il flusso che attraversa l'interferro.

1 - 24) I metodi descritti in 1-21, 1-22, 1-23 ammettono tutti che da una valutazione della mutua induttanza si possa risalire al valore dell'autoinduttanza del primario. Ciò può ritenersi sufficientemente vero nei primi due casi ove praticamente moltissimi piccoli possono ritenersi i flussi concatenati col primario e non col secondario; non così nel terzo caso ove i flussi dispersi - secondo indicazioni abbastanza indicative - possono ritenersi dello stesso ordine di grandezza dei flussi concatenati tra entrambi i circuiti. Nei tre casi comunque i circuiti di misura da approntare sono identici. Si pensano i due circuiti seguenti:

A) Vedi fig.3



Questo circuito consta di:

- a) Un generatore c.c. (G)
- b) Un Amperometro (A)
- c) Un potenziometro (R)
- d) Un flussometro (F)

Se  $L_1$  ed  $L_2$  sono le autoinduttanze dei circuiti primario e secondario, rispettivamente sarà:

$$M = K \sqrt{L_1 L_2} \quad \text{con } K \leq 1$$

Nei casi 1-21 ed 1-22 si può ritenere:

$$L_1 = L_2 = L \quad ; \quad K = 1$$

perciò

$$M = L$$

In ogni caso

$$\phi = \frac{R_1}{R} MI \quad (2)$$

ove  $\phi$  è il flusso letto dal flussometro (F)

R è la resistenza somma delle resistenze del potenziometro, tra A e B, di quella dell'induttanza  $L_2$  e di quella dei collegamenti.

$R_1$  è la resistenza tra C e B

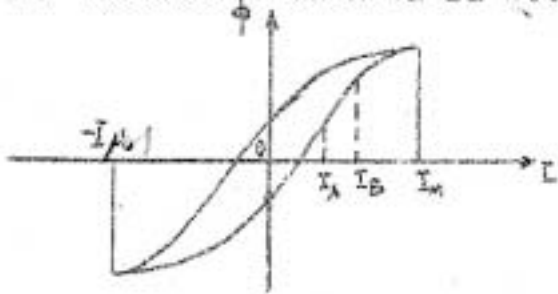


I è la corrente primaria.

Dalla (2) si ha:

$$M = \frac{R}{R_1} \frac{\phi}{I} \quad (3)$$

La variazione di I si fa secondo il seguente ciclo (vedi fig.4)



Si parte da I=0; si aumenta fino ad I<sub>A</sub> e si misura il flusso  $\phi_A$  dovuto alla corrente I<sub>A</sub>.

Si aumenta I fino ad I<sub>M</sub>

Si inverte I fino a -I<sub>M</sub>

Si ritorna a I = 0

Si fa un nuovo punto misurando il flusso  $\phi_B$  dovuto alla corrente I<sub>B</sub>. Si procede così per tutti i punti di I necessari. Si traccia infine in funzione di I la curva di M. A mezzo del coefficiente moltiplicativo

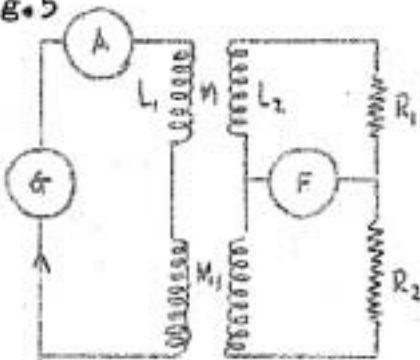
$$\frac{I}{K} \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

Con N<sub>1</sub> numero di spire primarie

N<sub>2</sub> numero di spire secondarie

la curva esprime anche L = L(I)

B) Vedi fig.5



Il circuito consta di:

- a) un generatore c.c. G
- b) un amperometro A
- c) una mutua induttanza M, campione
- d) due cassette di resistenze di precisione R<sub>1</sub> R<sub>2</sub>.
- e) un flussometro o galvanometro balistico F

Valgono i simboli di cui in A). Si variano R<sub>1</sub> ed R<sub>2</sub> fino a che per una data I l'indicazione di F rimane nulla. In questa condizione è:

$$\frac{M}{M_s} = \frac{R_1}{R_2} \quad ; \quad M = \frac{R_1}{R_2} M_s$$

dalla quale leggendo  $R_1$ ;  $R_2$  ed  $M_1$ , si ricava  $M$  che ancora come in A) va moltiplicato per

$$I/K \cdot N_1/N_2$$

per ottenere  $L$ .

La variazione di  $I$  viene compiuta secondo un ciclo analogo a quello descritto in fig.4. Si traccia infine la curva  $L=L(I)$

## 2 - 0) Misura di "n": generalità:

Come abbiamo detto  $\underline{n}$  è definito dalla

$$B_z = B_{z_0} \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \quad (4)$$

e risulta essere funzione di;

- P) ossia di ciascun punto dello spazio della gap;
- i) ossia della corrente di magnetizzazione ed in particolare della forma della corrente e dell'istante nel periodo in cui viene compiuta la misura;
- t) ossia della storia precedente del materiale ferromagnetico nell'intorno di P. In particolare occorre tener presente gli effetti di isteresi, saturazione e magnetismo residuo dei poli e della massa compatta di ferro nelle vicinanze di P; tipico l'effetto del banco di acciaio che serve di basamento.

Nei ragionamenti che seguano - relativi alla misura di  $\underline{n}$  - supporremo che questi effetti siano costanti nel tempo, per cui misureremo solo  $\underline{n}$  in funzione di P e di i. Da qui innanzi  $t$  indicherà semplicemente il tempo - essenzialmente in fenomeni periodici.

Ricordiamo che dalla (4) si ricava:

$$n = - \frac{r}{B} \frac{dB}{dr} \quad (5)$$

tenendo conto della variazione di B nel tempo la (5) diventa:

$$n = - \frac{r}{B} \left( \frac{\partial B}{\partial r} + \frac{\partial B}{\partial t} \cdot \frac{dt}{dr} \right) \quad (6)$$

$dt/dr$  è lo sfasamento di B tra due punti costanti  $dr$  rapportato a  $dr$  stesso.

Questa quantità è dovuta essenzialmente alle correnti parassite nelle espansioni polari e nello strato di metallizzazione della ciambella.

Il termine  $\partial B / \partial t \cdot dt / dr$  è variabile nel periodo.

Supponendo una eccitazione sinusoidale essa è certamente nullo in corrispondenza di B massimo, mentre è grande per piccoli B. Ciò è evidente nel caso di alimentazione solo in c.a. perchè per B=0 si ha  $\partial B / \partial t$  massimo, ma è anche vero per alimentazione con choke coil in quanto, se è vero che per B=0  $\partial B / \partial t$  sarebbe piccolo, è pur vero che  $dt / dr$  può raggiungere in quell'intorno valori sufficientemente grandi da variare in modo sensibile il valore di n.

Convieni scindere la misura di n in due parti:

- a) misura di  $\partial B / \partial r$  e di  $r / B$
- b) misura di  $\partial B / \partial t \cdot dt / dr$

Questa suddivisione ha una sua ragion d'essere in quanto si pensa di cercare di ottenere nel sincrotrone una n che risulti determinata soltanto da parametri geometrici e cioè solo dalla componente  $r / B \cdot \partial B / \partial r$ , mentre si vuol annullare con opportuni circuiti di correzione l'effetto della componente variabile  $r / B \cdot \partial B / \partial t \cdot dt / dr$ .

Naturalmente ciò si riuscirà ad ottenere solo in parte, ma il metodo continua ancora a mantenere i suoi vantaggi, perchè permette di tener conto da vicino delle cause che determinano n (cause spaziali quali la forma dei poli, e cause temporali - variazioni in un periodo) e quindi permette di correggere le deformazioni di n secondo le cause che le hanno create.

Passando dai valori infinitesimi ai valori finiti la (6) si scrive:

$$n = \frac{r}{B} \left( \frac{\Delta B}{\Delta r} + \frac{\partial B}{\partial t} \frac{\Delta t}{\Delta r} \right) = n_r + n_t \quad (7)$$

che è valida fino a che le variazioni di  $\Delta B$  e di  $\Delta t$  con  $\Delta r$  non sono troppo rapide.

Nella (7) si è posto:  $n_r = -\frac{r}{B} \frac{\Delta B}{\Delta r}$  ;  $n_t = -\frac{r}{B} \frac{\partial B}{\partial t} \frac{\Delta t}{\Delta r}$

L'errore percentuale nella valutazione di  $\underline{n}$  - se si suppone (come deve, in quanto si tende a fare  $n_t = 0$ )  $n_t \ll n_r$  - è dato da:

$$\frac{\Delta n}{n} \approx \frac{\Delta n_r}{n_r} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta(\Delta B)}{\Delta B} + \frac{\Delta(\Delta r)}{\Delta r} + \frac{n_t}{n_r} \left( \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta(\frac{\partial B}{\partial t})}{\frac{\partial B}{\partial t}} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta r)}{\Delta r} \right)$$

$$= \left(1 + \frac{n_t}{n_r}\right) \left( \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta(\Delta r)}{\Delta r} \right) + \frac{\Delta(\Delta B)}{\Delta B} + \frac{n_t}{n_r} \left( \frac{\Delta(\frac{\partial B}{\partial t})}{\frac{\partial B}{\partial t}} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} \right) \quad (8)$$

Dalla (8) si ricava così che l'errore percentuale nella valutazione di  $\underline{n}$  diminuisce al diminuire di  $n_t$ , per cui tanto più avremo ridotto  $n_t$  tanto più non solo ci saremo avvicinati al valore ottimo di  $\underline{n}$  ma anche tanto più sicuramente noto è il valore di  $\underline{n}$  stesso. Come è del resto ovvio quando  $n_t = 0$  l'errore dipende solo dalla valutazione dei fattori determinanti  $n_r$ .

2 - 1) Determinazione di "n<sub>r</sub>".

Ricordiamo che per definizione è:

$$n_r = -\frac{r}{B} \frac{\partial B}{\partial r}$$

B ed r sono rispettivamente il campo ed il raggio del punto P, in cui si vuol conoscere n

$\Delta B$  è la differenza di campo tra il punto P, ed un punto P<sub>0</sub> di riferimento distante di  $\Delta r$  da P, stesso.

$n_r$  è una quantità che dipende solo dalla conformazione spaziale del campo per cui è bene venga misurata in c.c. per evitare deformazioni ed errori dovuti a correnti parassite ecc.

Osserviamo intanto che fra gli infiniti modi di misurare  $\Delta r$  e quindi  $\Delta B$ , due modi fondamentali si presentano:

Nel primo il punto P<sub>0</sub> è fisso essendo il punto di intersezione dell'orbita stabile con il raggio sul quale si misura  $\underline{n}$ . P, è variabile naturalmente lungo il raggio. Quindi  $r_{P_0}$  può essere determinato una volta per tutte con grande precisione.

Nel secondo caso invece è fissa la distanza  $\Delta r = P_1 - P_0$  in quanto i sistemi di misura del campo in  $P_1$  e  $P_0$  sono rigidamente collegati e la loro distanza può quindi venire valutata con grande precisione una volta per tutte. Trattandosi di bobine occorre stabilire cosa si intende per distanza fra di esse e per campo da esse misurato.

Definiremo distanza delle due bobine la distanza tra i loro assi di simmetria e come campo il campo medio da esse abbracciato ossia il rapporto

$$\phi/NA = B \quad (9)$$

ove  $\phi$  è il flusso misurato ai morsetti ed  $NA$  il prodotto area spire determinato per taratura, per esempio, in un solenoide.

In ogni modo è logico ammettere che  $r$  possa essere determinato a meno di 1 mm per cui sarà:

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1}{3000} = 3,310^{-4}$$

$\Delta r$  può supporre dell'ordine del cm e potrà essere noto a meno del 1/10 mm se  $\Delta r$  variabile. Per  $\Delta r$  fisso la precisione può raggiungere anche il centesimo di millimetro (a temperatura costante) per cui si hanno nei due casi rispettivamente:

$$\frac{\Delta \Delta r}{\Delta r} = \frac{1}{100} \quad \text{e} \quad \frac{\Delta \Delta r}{\Delta r} = \frac{1}{1000}$$

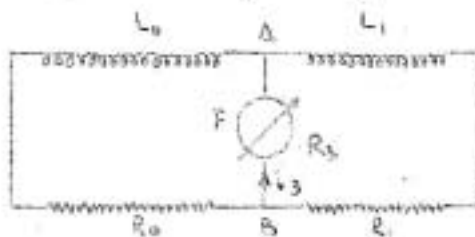
Come si vede dalla (9) per determinare  $B$  occorre conoscere  $\phi$  e  $(NA)$ . Con alcuni accorgimenti si pensa di poter raggiungere per  $NA$  una precisione migliore dell'1 per mille. A Brookhaven hanno ottenuto una precisione nella differenza nelle misure di  $NA$  tra due bobine uguali dell'ordine di alcuni  $10^{-5}$ .

$\phi$  viene misurato con un flussometro. Per  $B = 20$  gauss con una sezione  $(NA)$  di  $0,5 \text{ m}^2$ ,  $\phi = 10,10^{-4} \text{ Wb} = 10^5 \text{ Maxwell}$ . Per una precisione dell'1/1000 dovranno potersi leggere  $10^2 \text{ Maxwell}$  che è una quantità abbastanza piccola. Non sembra facilmente raggiungibile una sensibilità maggiore, ossia a campi così bassi non si può ridurre la sezione  $(NA)$

Per poter misurare con sezioni più piccole si lavora a campi dell'ordine di alcune migliaia di gauss. In tal caso la sezione (NA) si riduce ad alcune decine di centimetri.<sup>2</sup>

Un altro metodo per misurare campi bassi (alcune decine di gauss) in sezioni piccolissime è quello di usare peaking strips opportunamente biasate eccitate con una corrente alternata dell'ordine di alcuni Kilo cicli/sec. Se il filino è in un campo esterno nullo allora ad un avvolgimento secondario non apparirà alcuna armonica di ordine pari dell'onda fondamentale. In caso apparisse l'armonica stessa si regola il campo ausiliario costante fino ad annullare questa armonica. Il valore di questo campo è uguale ed opposto a quello misurato a meno di un errore dell'ordine del 1/10 di gauss.

Per misurare infine il  $\Delta B$  si dispone il circuito a ponte come in fig.6 con  $L_0$  ed  $L_1$  le bobinette in  $P_0$  e  $P_1$ . ( $R_2 =$  resistenza di junc.)



La corrente tra A e B è data da:

$$i_3 = \frac{R_0 (N_1 A_1) \frac{\partial B_1}{\partial t} - R_1 (N_0 A_0) \frac{\partial B_0}{\partial t}}{R_0 R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_0}$$

integrando è

$$Q = \frac{R_0 (N_1 A_1) B_1 - R_1 (N_0 A_0) B_0}{R_0 R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_0}$$

Se  $Q = 0$   $\frac{B_1}{B_0} = \frac{R_1}{R_0} \frac{N_0 A_0}{N_1 A_1}$

quindi :  $\Delta B = B_1 - B_0 = B_1 \left( 1 - \frac{R_1}{R_0} \frac{N_0 A_0}{N_1 A_1} \right)$

per cui allora si ha anche in valori assoluti:

$$n_2 = \frac{r_1}{B_1} \frac{\Delta B}{\Delta r} = \frac{r_1}{\Delta r} \frac{\Delta B}{B_1} = \frac{r_1}{\Delta r} \left( 1 - \frac{R_1}{R_0} \frac{N_0 A_0}{N_1 A_1} \right)$$

Da ciò si ha che la precisione con cui si determina  $n_r$  dipende solo dalla precisione di  $r$  e  $\Delta r$ , delle cassette di resistenze  $R_1$  ed  $R_2$  oltre che dalla precisione con cui sono tarate le bobinette, ed è indipendente dal valore di B.

La (11) vale se nella (10) è  $Q=0$ . Una imprecisione nella conoscenza della stessa significa ovviamente una aumentata imprecisione nella conoscenza di  $n_r$ . Naturalmente la sensibilità del sistema aumenta all'aumentare di B. La variazione di B è ottenuta con cicli di corrente analoghi a

quelli indicati nel paragrafo 1-24 (Fig.4).

## 2 - 2) Determinazione di $n_t$

Ricordiamo che:

$$n_t = - \frac{1}{B} \frac{\partial B}{\partial t} \Delta t$$

$r$ ,  $\Delta r$ , e  $B$  sono determinati come detto in 2-1. Occorre determinare  $\frac{\partial B}{\partial t}$  e  $\Delta t$ .

Si pensa di determinare  $\frac{\partial B}{\partial t}$  misurando la tensione ai capi della bobinetta posta in  $P_1$  con uno oscillografo. Se sullo stesso schermo si leggono dei segnali calibrati in tensione e se l'asse  $z$  del raggio è modulato con segnali ad intervallà di tempo vicini e ben noti, fotografando il segnale  $(NA) \frac{\partial B}{\partial t}$  come appare sull'oscillografo, assieme agli altri segnali ora detti, avremo un metodo sufficientemente preciso per ottenere  $\frac{\partial B}{\partial t}$  per ogni istante. Questa lettura è particolarmente utile intorno all'istante dell'iniezione, perchè allora la forma dell'onda è ad arte modificata per renderla diversa dalla sinusoidale. La quantità  $\Delta t$  che è il ritardo con cui appare in  $P_1$  il segnale già apparso in  $P_0$  può venir determinata a bassi campi (ossia negli istanti in cui è più necessario conoscere  $n_t$ ) con peaking strips (opportunamente biasate), con tubetti di Kerst (solo in corrispondenza del campo nullo) o con altri metodi ancora allo studio, come diodi che funzionano sul principio del magnetron.

Si ha fiducia di ottenere con un buon lavoro una precisione nella valutazione di  $n$  dell'ordine di alcuni per cento (2-3%).

## 3 - 0) Determinazione della superficie a $B_r = 0$

Questa è la superficie attorno alla quale sono nulle le oscillazioni verticali di betatrone. E' necessario che essa coincida quanto più è possibile col piano mediano della ciambella perchè ogni scostamento da esso costituisce una virtuale riduzione dell'altezza della ciambella.

Si ricorda che si ha nell'interferro:

$$\frac{\partial B_z}{\partial r} = \frac{\partial B_r}{\partial z}$$

Perciò:

$$n = -\frac{r}{B_z} \frac{\partial B_z}{\partial r} = -\frac{r}{B_z} \frac{\partial B_r}{\partial z}$$

Integrando ambi i membri si ottiene:

$$-B_z \sim z = n B_r$$

per cui:

$$-B_z/B_r = n \frac{z}{r}$$

Al nostro caso,  $n = 0,6$ ;  $r = 3300$  mm, non volendo che la superficie a  $B_r = 0$  si discosti di più di  $z = 3$  mm dal piano medio, si ha

$$-\frac{B_z}{B_r} = 0,6 \cdot \frac{3}{3300} \approx \frac{1}{2000}$$

Dovremo cioè essere capaci di sentire dei  $B_r$  pari a un duemillesimo di  $B_z$  con uno strumento insensibile a  $B_z$ .

A Brookhaven sono state usate bobinette speciali, di costruzione accuratissima poste con l'asse loro in direzione radiale con un sistema particolare a liquido. Sono riusciti a raggiungere un parallelismo dell'asse delle bobinette col piano orizzontale dell'ordine di alcuni secondi di grado.

#### 4 - 0) Misure di B in corrispondenza delle sezioni diritte.-

La misura può essere compiuta con i sistemi descritti precedentemente sia in c.c. che in c.a. Potrà essere utile conoscere per esempio la totalità del flusso disperso nel piano parallelo ai lamierini e nel piano dell'orbita. Basterà per queste misure predisporre un avvolgimento a sezione abbracciante la sezione in studio e fare la misura del flusso concatenato.



## CONSIDERAZIONI ECONOMICHE E RAPPORTI CON L'INDUSTRIA

Magnete.-

La fornitura del lamierinò, se la costruzione sarà affidata ad una ditta italiana, sarà fatta probabilmente dalla Terni. Questa Ditta fornisce lamierini di dimensioni massime 812x1600 mm. Se questa dimensione non bastasse è possibile avere dagli Stati Uniti lamierino di dimensioni maggiori (per esempio 900x3600 mm), ma si tratta di lavorazioni speciali.

I conduttori di rame possono essere forniti dalla ditta Delta (Genova), od anche da altre ditte. E' da notare che si presenta difficile realizzare in Italia conduttori analoghi a quelli impiegati alla Cornell University, con foro centrale per il raffreddamento ad acqua.

Per le varie parti in materiale isolante si sono interpellate la Rhodiatoce (Milano), Res Chimica (Milano), Isola (Milano) ed altre ditte.

Per la realizzazione del magnete abbiamo avuto sin'ora i maggiori scambi con l'Ansaldo - S.Giorgio (Genova) la quale si è mostrata in questa fase più interessata delle altre, e ci ha dato, più che le altre, efficaci consigli e suggerimenti. Questa Ditta si è offerta in un primo tempo di prepararci un modello, cioè un pezzo lungo circa un metro del sincrotrone in scala 1:1, e di prepararci il magnete ~~Ma~~ senza caricarci il costo di lavorazione, (informazione ufficiosa). Successivamente, e proprio quando si doveva concretare un preventivo, le trattative sono state interrotte, in conseguenza della campagna di stampa iniziata a Milano.

Si può dire che l'Ansaldo San Giorgio non ha fatto obiezioni sostanziali al nostro disegno. Per quanto riguarda la loro offerta non si può dire nulla di preciso: le cifre delle quali si è parlato oscillano tra le 800 e le 1000 £/Kg per il magnete complessivo. Per il magnete del nostro progetto questo significa 90 - 110 milioni di lire.

Ancora sul magnete abbiamo preso contatti con la Ditta Tecnomasio Italiano Brown Boveri, la quale ci manderà un preventivo tra circa un mese. Come dato assolutamente indicativo può dirsi che il costo si aggirerà sulle £.1100/Kg, quindi un costo del nostro magnete di circa 120 milioni di lire.

I contatti con la Ditta Marelli sono stati più lenti che con le altre per il loro complicato meccanismo di chiedere consiglio alla consociata americana.

Altre ditte che a tutt'oggi sembrano interpellabili sono, tra le altre, la Galileo (Battaglia), la C.G.E. (Milano), la Clerici (Legnano)).

Per quanto riguarda il basamento del magnete, si pensa per ora a un banco di acciaio simile (ma più ampio) a quello di Cornell. Delle ditte interrogate, la Brown Boveri e la Ansaldo S.Giorgio si sono dichiarate capaci della costruzione.

#### Eccitazione del magnete con condensatori e polarizzazione.-

Si tratta di una fornitura nella quale il costo totale non si allontana dalla somma dei costi unitari.

Per quanto riguarda il costo unitario dei condensatori sono state interpellate: Passoni & Villa (Milano), ICAR (Monza), Ducati (Bologna) Ansaldo S.Giorgio (Genova), Tecnomasio Italiano Brown Boveri (Milano).

a) I costi totali dei soli condensatori per il nostro progetto con polarizzazione secondo le diverse ditte sono:

Passoni & Villa	50	milioni	lire
ICAR	94	"	"
Ducati	55	"	"
Ansaldo S.Giorgio	mancano		
Tec.It. Brown Boveri	"		

Le differenze tra questi prezzi dimostrano anche che queste industrie sono impreparate al problema e si dovrà ulteriormente discuterne.

La Ditta Passoni & Villa si è offerta di iniziare prove di durata a queste insolite frequenze.

In riguardo ai condensatori è da dire che è possibile cominciare a lavorare con una fornitura minore di condensatori o raggiungendo dapprima una energia minore (p.e. 500 milioni di elettroni volt) o pulsando il magnete ad intermittenza.

Se si lavora senza polarizzazione il costo dei condensatori va moltiplicato per quattro.

b) Per quanto riguarda il magnete di interdizione a corrente continua (choke coil) la ditta Ansaldo S.Giorgio ha stimato corretto un costo di circa 85 milioni. Si attendono maggiori informazioni, dalla Brown Boveri ed altre ditte.

c) In riguardo al generatore c.a ed al generatore c.c., in base a un preventivo di massima dell'Ansaldo S.Giorgio si può indurre un costo complessivo di circa 20 milioni.

Eccitazione del magnete con il volano.-

Sono state interpellate, richiedendo un preventivo con dati abbastanza precisi, le ditte Ansaldo S.Giorgio, Tecnomasio Italiano Brown Boveri, C.G.E., Marelli.

Queste ditte si erano impegnate ad una risposta entro 15-20 giorni il 20 Ottobre, ma non si ha finora nessuna risposta. Questo è da dire a proposito dello scarso rispetto delle date da parte delle nostre industrie. E' anche da notare che la C.G.E. conosce gli ignitrons ma non quelli dalle caratteristiche da noi richieste; la Marelli e la S.Giorgio non ne erano molto informate; la Brown Boveri è piuttosto orientata sulla tendenza europea dei raddrizzatori a griglia comandata polianodici (mutatori). A Baden il Sig. Wasserhab della Brown Boveri pare molto competente sull'argomento.-

Non abbiamo ancora dati nostri sufficienti per un preventivo. Ricordiamo che il sistema a volano dell'Università di Caltech è co stato circa 150 milioni di lire, per una energia immagazzinata almeno doppia.

E' ragionevole pensare che il costo del ~~xxxxxx~~ sistema a volano non supererà i 100 milioni di lire. E' da osservare che l'impiego del sistema a volano tende a ridurre il costo del magnete.

Radio Frequenza.-

Il gruppo Radio Frequenza ha preso contatti con:

Ditta Marconi (sede di Roma)

Ditta Brown Boveri (sede di Roma e Milano)

Ditta Terni (Roma) ed OTII (Roma)

Sono in vista contatti con le ditte R.C.A. (Milano) e General Radio (Milano); Asler (Baden); Philips (Milano).

Quanto segue si riferisce agli studi su una cavità di 48.1 megacicli, di massima tensione 20.000 Volt. Non si hanno ancora dati per la cavità finale di circa 100.000 Volt, che è stata affidata al Prof. Carrara.

a) Amplificatore finale e cavità. La parte elettronica potrebbe essere affidata alla Marconi in stretta collaborazione con noi. La parte meccanica alla Terni o ad altre ditte.

Si attendono informazioni sui prezzi dalle ditte interessate.

b) Catena R.F., catena modulazione. Ancora si potrebbe affidare a ditte che impiantano trasmettitori tipo T.V., quindi Marconi, R.C.A., General Radio, Brown Boveri.

La Brown Boveri, se incaricata, farebbe anche la cavità, in Milano.

Si attendono informazioni sui prezzi dalle ditte interessate.

Per il sistema di vuoto sono stati presi contatti scritti ed orali con diverse industrie italiane e straniere.

L'industrie consultate sono: Leibold-Edwards-Comp. Gen. de Radiologie, Metropolitan Vickers, Stokes, Galileo, Cacciari, Basi.

Avendo giudicato che la produzione dell'industrie italiane é soddisfacente al nostro scopo non abbiamo ritenuto opportuno insistere con quelle straniere anche in considerazione del fatto che dalle industrie nazionali potremo avere con maggiore facilità l'appoggio tecnico in ogni eventuale caso di necessità.

Per un preventivo dell'impianto a vuoto del sincrotrone da 1 BeV. la Ditta consultata é la Basi. Ci siamo rivolti a questa Ditta poiché da un precedente abboccamento era stata giudicata molto seria ed i suoi dirigenti persone competenti.

Inoltre si é sempre dimostrata molto interessata ai nostri problemi di vuoto e si dichiara felice di mettersi a nostra disposizione per qualunque problema dovremo risolvere nel loro campo specifico.

E' stato discusso l'impianto con pompe a diffusione da 1500 l/sec e stabilito che il costo complessivo si aggira su 13,5 milioni di lire con una approssimazione del 15% così distribuito:

Vuoto preliminare (pompe rotative, motori, purificatori olio)	..... L	4 10 <sup>6</sup>
Alto vuoto	....."	4,5 10 <sup>6</sup>
Tubatura da 100mm e rubinetteria	..... "	1 10 <sup>6</sup>
Vacuometri (4Pirani, 8 a ionizzazione)	..... "	4 10 <sup>6</sup>

A questo si deve aggiungere una spesa di 4,5 milioni di lire per l'acquisto di un Leak Detector che deve essere considerato parte essenziale per il sistema di vuoto.

Nel caso di un impianto con pompe a diffusione di olio della velocità di 700 l/sec come potrebbe essere quello per un sincrotrone da 600 Mev. il costo non diminuisce proporzionalmente e con buona approssimazione si aggira intorno a 9 milioni di lire.

Per la costruzione della ciambella i primi passi furono fatti presso la Richard Ginori la quale Soc. ci fece presente l'impossibilita', per diverse ragioni tecniche, della realizzazione in porcellana.

Furono ~~Katt~~ presi contatti con la Quarz et Silice per una possibile realizzazione dei pezzi in Quarzo. La risposta fu positiva. L'inconveniente pero' risulta dal fatto che pezzi di forma ellittica possono essere da loro costruiti con sensibile riduzione dello spessore agli estremi del diametro maggiore.

Tale riduzione di spessore é tanto piu' grande quanto piu' grande é il rapporto fra i diametri. Con diametri uguali a quelli del progetto per 1 BeV. questa riduzione sarebbe proibitiva.

La fabbrica che fin dai primi contatti ci ha dato speranza per una soddisfacente risoluzione del problema é stata la Ditta MIVA dalla quale avemmo gia' assicurazione per la costruzione della ciambella per il sincrotrone da 600 MeV.

Nel primo progetto, sulla realizzazione in Pirex, del quale interpellammo la MIVA la ciambella aveva forma ovale con diametri 5 e 12 cm.

Per la Bonut del sincrotrone da 1 BeV il problema si é complicato in quanto le dimensioni sono approssimativamente raddoppiate.

Anche in questo caso la detta Soc. si é impegnata per la fabbricazione di pezzi di una lunghezza non superiore a 52 cm. ed oggi ha in corso di costruzione un primo stampo di fortuna in legno mediante il quale provvedera' ad allestire 4 o 5 pezzi di prova nella forma del disegno DO-6-C. Lo spessore da loro previsto per le pareti variera' da 5 a 8mm.

Ci é stato assicurato pero' che essi tenteranno il possibile per una soluzione piu' soddisfacente cioe' con minore tolleranza nello spessore e maggiore lunghezza.

Per la fornitura di questi primi pezzi di prova hanno chiesto un rimborso spesa a forfait di L. 70.000.

Tali settori ci serviranno per le prove di laboratorio fra le quali la loro giunzione a tenuta di vuoto. Inoltre decideremo con essi se lo spessore detto é sufficiente perché essi resistano alla

pressione da cui sono sollecitati.

Dall'allestimento di tali pezzi potremo poi meglio stabilire la linea di condotta da seguire per una seconda fase di lavoro da cui derivera' la fabbricazione dei settori piu' conformi a quelli definitivi con un apposito stampo in ghisa per il quale é prevista una spesa di L. 200.000.

E' stato fissato che il prezzo dei tubi definitivi a sezione ellittica in Pirex di una lunghezza di 520mm é di L. 14.000 ciascuno.

In base a questa si puo' preventivare per la donut della macchina da 1 BeV. una spesa di 1,5 milioni di lire.

La MIVA si sta anche interessando presso la Corning, con la quale é in relazione di lavoro, al fine di ottenere il segreto riguardante il tipo di metallizzazione che la Ditta americana ha applicato alla donut del sincrotrone della 'Cornell' University.

Riassunto si puo' prevedere che il costo per la Ciambella e Vuoto della macchina da 1 BeV. sara' di circa  
30 milioni di lire.



Misure magnetiche.-

Un ppimo compute approssimato del costo di apparecchi necessari per l'attrezzatura del laboratorio di misure magnetiche (con alcuni strumenti da usare in unione col gruppo elettronico e con quello della Radio Frequenza) porta ad una spesa dell'ordine dei 16 milioni di lire.

A questa cifra dovrà essere aggiunta una spesa di circa 5 milioni per minuta attrezzatura, e di altri 10-15 milioni per attrezzatura che si rendessero necessarie nel prosieguo dei lavori.-

Si sta preparando una lista degli strumenti che allo stadio attuale degli studi si ritengono necessari; un calcolo più accurato sarà possibile non appena saranno pervenuti i preventivi richiesti ~~alle~~ ditte.

DATI DI MASSIMA DEL SINCROTRONE DA 1000 MeV  
(Alimentazione con condensatori e polarizzazione)

Energia finale degli elettroni	1 000 MeV
Raggio dell'orbita stabile	3,33 m
Apertura: dimensioni del traferro	8 x 21 cm
dimensioni utili della ciambella	6 x 17 cm
Frequenza dell'oscillatore (4a armonica)	48,1 Mc
Lunghezza delle sezioni diritte	1 m
Frequenza di ripetizione dei cicli di accelerazione	25 p/sec.
Indice del campo	0,6
Induzione massima sull'orbita	10 000 gauss
Perdite per irraggiamento a 1000 MeV	26 580 Volt/giro
Energia di iniezione	1      1,5      2 MeV
campo alla fine dell'iniezione	14,1   19,3   24,5 gauss
Percentuale di modulazione RF $\{(\delta - \beta) \times 100\}$	5,98   3,32   2,11
Q della cavità                    approssimato	3000
Z <sub>0</sub> della cavità                    "	11 ohm
Induttanza del magnete	17,1 mh
Peso del magnete: ferro	90 tonn.
rame	10 tonn.
Energia massima immagazzinata nel campo magnetico	242 K joule
Perdite totali "magnete"	150+200 kW
Tensione alternata al magnete val.max.	5.050 Volt
Corrente alternata                    "    "	1880 Amp.
Tensione del generatore di c.c.                    circa	50 Volt
Corrente continua	1860 Amp.
Perdite choke coil	120 kW

QUADRO APPROSSIMATIVO D'INSIEME DELLE SPESE  
PER LA REALIZZAZIONE DEL SINCROTRONE ITALIANO

	Spesa in milioni di lire
Iniettore	60
Magnete	120
Eccitazione del magnete	200
Banco di sostegno	20
Radio Frequenza	60
Vuoto	30
Controlli elettrici <sup>on</sup>	50
Officina ed elettronica	60
Edificio e suoi servizi generali	200
Misure magnetiche	20
Stipendi	90
<b>TOTALE</b>	910

210  
 250  
 620  
 1,8  
 4560  
 620  
 1,116,0  
 1,11  
 1,227  
 + Stipendi

Questo è uno schizzo ancora approssimativo delle spese previste per arrivare alla realizzazione del Sincrotrone Italiano da 1000 MeV. Con questa spesa si arriverà ad avere il Sincrotrone nel suo edificio e con annesso un edificio laboratorio e studi. Il Sincrotrone sarà fornito dei servizi generali necessari al suo funzionamento, non delle apparecchiature particolari necessarie alla esecuzione delle esperienze.

QUESTIONE DELLA DOTAZIONE.- E' difficile precisare quale dotazione annua occorrerà per il funzionamento del Sincrotrone. E' conveniente assicurare sin d'ora la massima dotazione per gli anni futuri da parte dei finanziatori. Il consumo di energia è previsto in circa 7000 Kilewatt/ora al giorno ma questa non è che una delle spesa di mantenimento. (25 milioni £).

APPENDICE Ia - MAGNETE

In questa nota viene illustrato brevemente il lavoro eseguito per la progettazione del sincrotrone dopo il 26 Novembre '53 dal gruppo Magnete, sino al 20 Dicembre 1953.-

I problemi studiati in questo periodo sono principalmente:

- 1) Struttura azimutale del magnete;
- 2) Sezione del magnete;
- 3) Avvolgimento.

Inoltre in questo periodo sono stati presi contatti con le Ditte; principalmente: a) per avere notizie sui conduttori di rame; b) per avere notizie sulla tranciatura dei metalli (costo e precisione possibile).

Per la struttura azimutale del magnete sono state proposte varie soluzioni. Una soluzione - che è una modificazione di quella già precedentemente proposta nel disegno MA 36 TL - si può vedere nel disegno MA 47 TI. Questa soluzione differisce dalla precedente per quel che riguarda il riferimento radiale dei lamierini e per la forma delle colonne di fissaggio che si incuneano nel pacco dei lamierini e vengono imbullonate alla piastra superiore e a quella inferiore.

Altra soluzione è quella che si può vedere in MA 49 TI ed MA 50 TI. In questa soluzione ci si preoccupa soprattutto di evitare la inclinazione dei lamierini mediante colonne e tiranti diagonali.

Nella terza soluzione, che si può vedere nel disegno MA 51 TI, si eliminano le colonne di metallo massiccio e le funzioni che esse esercitavano vengono affidate invece a pacchi di lamierini imbullonati. Questi pacchi, sporgenti infuori dalla massa dei lamierini, vengono collegati con dei tiranti.

Queste proposte presentano vantaggi e svantaggi e la soluzione definitiva ne sarà probabilmente un compromesso.

A P P E N D I C E

L'appendice che segue riassume parte della  
nostra attività dalla fine di Novembre al  
20 Dicembre 1953.- -----

Pisa 23 Dicembre 1953

Per quel che riguarda la sezione del magnete, le proposte sono sostanzialmente due:

la prima presenta una sezione quasi ottagonale (dis. MA 4 TI); la modificazione più notevole rispetto alle proposte precedenti che si trova in questa soluzione è il riferimento radiale dei poli: i poli poggiano su uno strato sottile di isolante (tela bachelizzata) che poggia a sua volta sui lamierini dei poli. La sezione del rame risulta ridotta: in seguito al calcolo delle perdite per correnti parassite e ohmiche si era trovato utile diminuire il rame se si voleva tenere lo stesso numero di spire. Gli avvolgimenti esterni di rame vengono fissati con grappe alle colonne frontali. Queste colonne servono anche a chiudere come in una gabbia il magnete con la lastra superiore e inferiore e le colonne di riferimento azimutali dei lamierini ed a sostenere dei puntoni che spingono radialmente i poli contro i loro riferimenti di isolante sottile: anche questo è un particolare della struttura che risulta nuovo rispetto alle proposte precedenti.

Una seconda proposta (dis. MA 49 TI) presenta rispetto alla proposta precedente un ritorno alla forma a C del lamierino.

Nel caso degli avvolgimenti si sono fatte alcune prove per incastrare e saldare entro la piattina di rame un tubicino di raffreddamento; tali prove hanno dato risultato positivo nel caso di piattine spesse 1 cm. Altre prove sono in programma per incastrare e saldare il tubicino di raffreddamento in lamine spesse 5mm.

Prove sono state fatte per la giunzione ad angolo retto delle testate delle lamine, anche con riferimento ai collegamenti dei tubicini di raffreddamento: altre dello stesso tipo sono in corso.

Contatti economici per i conduttori di rame sono stati presi con le seguenti ditte:

PIRELLI - Stabilimento Bicocca - Via Sarca 210 - Milano

SOCIETA' METALLURGICA ITALIANA - Via Leopardi 18 - Milano e Borgo Pinti 99  
Firenze.

IMPORTAZIONI METALLI - Via Carducci n.5 - Milano

METALNUOVA - Via Cremona 27 - Milano

Le notizie più interessanti sono state raccolte in una visita al Prof. Lombardi della S.M.I., che non ha escluso la possibilità di fare piattina forata. Il prezzo del rame forato sarebbe di 600 - 700 lire/Kg, e quindi anche questo dato si accorda con il preventivo di prima approssimazione dato già precedentemente.-

Alla Pirelli è stato proposto di usare come conduttore trefolo con fili sottili, intrecciato e refrigerato da fluido che scorre entro l'involucro isolante nel quale si trova il trefolo.

I contatti principali per la tranciatura del lamierino sono stati presi con la Ditta Corrada di Milano. Questa ditta; che si presenta come una ditta ben preparata al problema, sta collaborando con noi per definire le possibili precisioni di lavorazione. Questa ditta è specializzata nella realizzazione di punzoni e matrici.

La prima porzione-modello del sincrotrone sarà realizzata o con una ~~industria~~ ~~xx~~ elettromeccanica o con la collaborazione di una ditta specializzata in tranciatura.

----- o -----

23 Dicembre '53

A P P E N D I C E IIa

MISURE MAGNETECHE ED APPROVVIGIONAMENTO DEGLI STRUMENTI

Durante il mese di Dicembre si è concretato tra Quercia, Canarutto, Checcacci e Puglisi una prima lista di strumenti necessari per l'attrezzamento dei laboratori di misure magnetiche e di elettronica, nonché per quelle di Radio Frequenza. Gli strumenti dei quali si è discusso riguardano l'attrezzatura di base dei suddetti laboratori; attrezzatura quindi che tien conto delle necessità generali, ma non ancora delle singole misure ed esperienze particolari.

In conseguenza di questo esame generale si sono intensificate le richieste di preventivi alle ditte interessate (per quelle estere interessando della questione, in modo indipendente, sia i rappresentanti in Italia delle stesse - nel caso che gli strumenti fossero pronti per la consegna su suolo nazionale - sia l'ARAR per il caso contrario).

Si è già proceduto all'ordinazione di alcuni strumenti per i quali si avevano a disposizione le offerte e le notizie tecniche assieme ai tempi di consegna.

Una valutazione di massima, compiuta in parte su preventivi già esistenti degli apparecchi in questione, prevede un costo complessivo di circa 17 milioni di lire.

Modello ed eccitazione dello stesso.-

Si è proseguito dello studio del modello del sincrotrone. Il concetto informatore dello stesso è quello di avere un sistema sul quale si possano compiere delle misure quanto più possibile simili a quelle che si dovranno compiere nel sincrotrone effettivo, ed il quale dica quante più informazioni possibili sul modo più opportuno di costruire il magnete.

Da ciò risulta che il modello deve insegnare a costruire il sincrotrone dal punto di vista:

- a) meccanico;
- b) elettrico (per quanto riguarda il sistema di eccitazione)
- c) magnetico (per quanto riguarda, per es., l'induttanza, lo studio del profilo dei poli per ottenere il miglior "n", circuiti di correzione etc.)



E' risultato evidente che per ottenere informazioni attendibili e quanto più possibile complete del modello stesso, la via più diretta era di avere a disposizione un pezzo di magnete di sincrotrone in scala 1:1. Si è pensato che una lunghezza di un metro (ossia un ventesimo del sincrotrone) potrebbe essere sufficiente. Pur non essendosi presa alcuna decisione in proposito, proseguendo il lavoro sulla base delle indicazioni emerse nella riunione del 20 Novembre, si è posta allo studio la possibilità di montare il modello nei nostri locali. Ciò significa che le Ditte ci fornirebbero il lamierino tranciato, il rame in barre rettangolari, un pezzo di bancor di sostegno, mentre noi procederemmo, con l'ausilio di personale esperto, al montaggio.

Sono inoltre in corso contatti con le ditte interessate per i preventivi relativi alla fornitura del gruppo di eccitazione del modello e per quelli relativi alla fornitura del banco di condensatori. Varie ragioni suggeriscono che conviene decidersi abbastanza presto circa la ditta fornitrice dei condensatori; E' con questo obiettivo in mente che sono state visitate le ditte costruttrici di condensatori ed in particolare la PASSONI & VILLA, l'ICAR, e la DUCATI. A tutt'oggi la situazione appare in questi termini:

- a) La PASSONI & VILLA ha un impianto antiquato in via di rimodernamento, costruisce essenzialmente condensatori in olio, benchè asserisca di essere in grado di fornire condensatori in clofene per i quali occorre un alto vuoto ( $10^{-2}$  -  $10^{-3}$  mm Hg). (Costo circa lire 3100 per KVA a 50 Hz).
- b) L'ICAR ha impianti moderni, costruisce condensatori in clofene. Costo circa lire 5400 per KVA a 50 Hz.
- c) La DUCATI ha impianti moderni per produzione in clofene. Costo circa lire 3320 per KVA a 50 Hz.

I vantaggi principali nell'uso del clofene sono:

- a) ingombro ridotto nel rapporto di 1:1,6 con riferimento ai condensatori in olio;
- b) ininfiammabilità.

L'unico svantaggio consiste nel fatto che le unità che vanno in corto circuito se non sono rapidamente disinserite dal circuito (il che del resto si può ottenere

con un opportuno sistema di protezione) per effetto della dilatazione del liquido, dovuta al suo riscaldamento eccessivo, tendono a scoppiare.-

----- o -----

23 Dicembre '53

APPENDICE IIIA - CIAMBELLA E VUOTOVuoto

Riguardo al progetto di cui al disegno D0-2-V, nell'impianto di vuoto per il sincrotrone da 1 BeV si è ritenuto opportuno collegare in parallelo alle due pompe a diffusione di ciascun gruppo la pompa rotativa del sistema di purificazione dell'olio delle pompe meccaniche. Questa modifica è stata ritenuta opportuna dopo un colloquio avuto con il Dott. Jahier della "SAES", esclusivista della Ditta W. EDWARDS & C., in quanto durante il periodo che le pompe meccaniche impiegano per fare il vuoto preliminare nella ciambella le pompe ad olio, data la loro grande capacità, calerebbero di pressione se una piccola pompa non provvedesse alla espulsione dei gas aspirati e a mantenere la pressione di adescamento. Per tale uso, la pompa meccanica dei depuratori ha una portata sufficiente (circa 5 mc/h).

La Ditta EDWARDS, da noi interessata al progetto, invierà un preventivo per la fornitura dell'impianto. Sappiamo che essa, non costruendo pompe rotative di grande portata, ne fornirebbe di tipo Kinney - della quale società è depositaria per l'Europa.

Fin da ora possiamo dire che il costo di una pompa a diffusione Edwards tipo 903 da 1500 l/sec misurati alla flangia di attacco è di L. 384.000. La portata di questa viene ridotta a 900 l/sec quando si colleghi la "baffle valve" - il cui costo è di L. 283.000. Questo prezzo si riferisce però alla baffle normale. Le pompe rotative Kinney da 100 mc/h costano L. 700.000 ciascuna.

Sono stati anche tenuti contatti con la Ditta Basi ed ultimamente anche con la Edwards, tramite il Dott. Jahier, al fine di attrezzare il laboratorio del vuoto con un impianto di piccola portata. Per un gruppo di pompe da circa 100 l/sec abbiamo già i preventivi sia della Edwards che della Basi. La ditta Edwards ci ha informati che, qualora lo si volesse già montato in una incastellatura con pannello di comando, richiederebbe un termine di consegna dai 6 ai 9 mesi. Al contrario

se provvedessimo a montarcelo in laboratorio, eventualmente con l'aiuto dei tecnici della Soc. SAES, potremmo avere tutti i componenti nel giro di due mesi.

La ditta Basi ha già gruppi di pompe del tipo da noi richiesto, montati in una propria incastellatura, e potrebbe fornircelo a 30 giorni dall'ordinazione. In previsione di adoperare questo stesso gruppo per prove su di un modello di Radio Frequenza e per metallizzazione in questi giorni è stato richiesto un preventivo per un sistema di vuoto di portata maggiore e adatto a quest'ultimo scopo:-

Per il primo piccolo impianto da 100 l/sec. il costo si aggira intorno a lire 1,510<sup>6</sup>. Per l'impianto adatto a metallizzare siamo in attesa dei preventivi.

Fin da ora possiamo dire che se questo impianto venisse ordinato alla Edwards essendo questi di normale produzione, il Dott. Jahier ci ha comunicato verbalmente che il termine di consegna si aggirerà sui 60 giorni, ed il prezzo per un tipo da 900 l/sec sarà circa di lire 2,810<sup>6</sup>, per un tipo da 50 l/sec sarà di circa L.1,210<sup>6</sup>. La Edwards invierà anche un preventivo per la fornitura di Leak detector a barre di palladio di loro costruzione il cui costo si aggira sulle lire 2,210<sup>6</sup>.

#### Ciambella

Il progetto per la ciambella rimane, nelle sue linee generali, lo stesso? Si prevede però che esso dovrà essere variato alle sezioni diritte sia per la difficoltà di realizzazione dei pezzi a T con diametro di 210 mm, sia per il fatto che per rendere più facile il disassemblamento dei gruppi componenti si sta pensando ad una soluzione nella quale la sezione della donut rimane ovale anche nelle sezioni diritte. La ditta MIVA ci ha già consegnati 4 pezzi diritti di tubo a sezione ovale uguale al progetto D0-6-C della lunghezza di circa 25 cm e spessore variabile da 5 a 8 mm. Provandoli sotto vuoto si sono schiantati ad una sovrappressione di circa 50 cm. Esaminando uno di questi pezzi al polarimetro sono state rilevate, massimamente nei punti di maggior curvatura ed ai bordi, tensioni interne non molto forti ma che potrebbero essere la causa della rottura. Di questo è stata informata la fornitrice MIVA, la quale in questi giorni provvederà alla fabbricazione di altri pezzi con lo stesso spessore dei precedenti e lo spessore variabile

da 7 a 10 mm, procedendo però ad un raffreddamento molto più lento. Questi nuovi pezzi dovranno pervenirci entro i primi giorni di gennaio.

Per la realizzazione dei settori di donut definitivi si pensa che la MIVA, qualora sia incaricata della loro realizzazione, <sup>non</sup> potrà essere incaricata dell'attestatura perchè non è attrezzata per ottenere le precisioni che noi si richiedono. Una ditta che eventualmente è adatta per tale lavoro è la VIS di Pisa.

Concludendo si può dire che il preventivo di spesa per ciambella e vuoto non è variato da quello precedentemente previsto.

— • —

23 Dicembre '53

APPENDICE IVa - INIETTORE

L'iniettore per il sincrotrone è allo studio presso l'Istituto Superiore di Sanità. Tra qualche giorno sarà pronta una relazione particolareggiata da parte del gruppo della Sanità. Riassumiamo intanto brevemente la situazione a tutt'oggi.

Si stanno considerando essenzialmente due tipi di iniettore: il trasformatore di impulsi ed il raddrizzatore Cockroft e Walton.

a) Il trasformatore d'impulso.

Questo iniettore è stato progettato seguendo i criteri dell'Istituto di Tecnologia della California, che nel proprio sincrotrone per elettroni impiega un trasformatore d'impulsi di un milione di volt. Anche noi puntiamo ad un milione di volt, ma nel nostro caso le esigenze sono più severe, e quindi si sono imposte alcune notevoli varianti: ad esempio un diverso tipo di spinterogeno, una diversa sistemazione dei filamenti.

L'Istituto di Sanità ha studiato a fondo, con un contributo di nuovi elementi teorici, il problema del deflettore elettrostatico. Il costo di questo deflettore è stimato in 6 milioni di lire.

Il costo del trasformatore di impulsi, incluse le pompe, è stimato in 9 milioni di Lire.

Tenendo conto delle altre spese e degli imprevisti appare ragionevole preventivare per questo tipo di iniettore, includendo ogni parte, una somma di

20 milioni di lire

b) L'iniettore tipo Cockroft e Walton.

E' allo studio con la Ditta Passoni e Villa, ed in particolare con il consulente della stessa, Prof. Cisotti.

Il Cockroft e Walton verrebbe realizzato in gas compresso, con una corrente massima di 200 milliampère ed una tensione di 2 milioni di volt.

Si attendono offerte precise dalle Ditte. Intanto può dirsi in prima approssimazione che il costo di massima del puro Cockroft e Walton si aggira sui

20 milioni di lire.

— o —

23 Dicembre '53