

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-60/54 (29. 11. 60)

R. Evangelisti, E. Quercigh, G. Sacerdoti: RELAZIONE SUL VIAGGIO
IN GERMANIA.

Laboratori Nazionali di Frascati del C.N.E.N.
Servizio Documentazione

Relazione: VS 45
25 Novembre 1960

R. Evangelisti, E. Quercigh, G. Sacerdoti: RELAZIONE SUL
VIAGGIO IN GERMANIA.

Durante questo viaggio abbiamo visitato il Laboratorio di ricerca della AEG a Frankfurt Niederrad e il Max -
- Planck Institut für Physik und Astrophysik a Monaco.

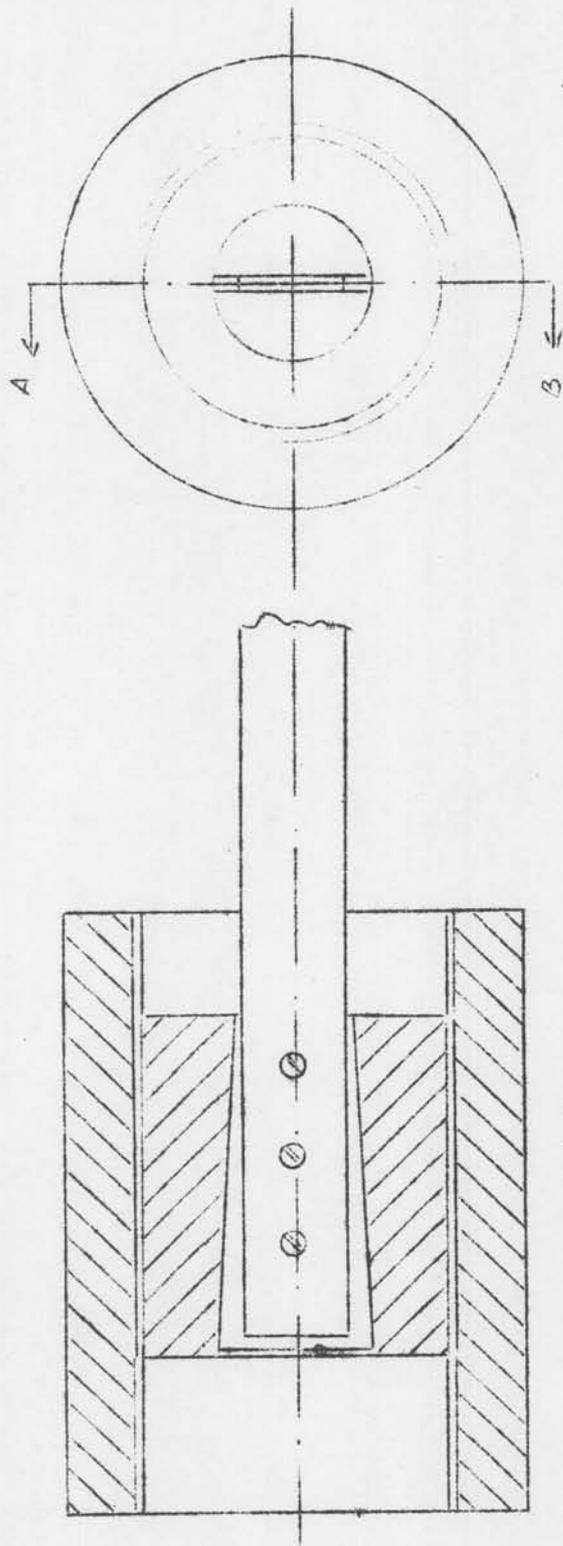
Alla AEG abbiamo parlato con il Dr. Mayr che dirige i lavori per il magnete pulsato e con il Sig. Michler che ha la responsabilità della costruzione della suddetta bobina. Questa ha un volume interno di ~ 3 litri e dovrebbe produrre un campo di 300 kGs prelevando la necessaria energia di $3 \cdot 10^6$ joule da un generatore rotante con potenza impulsiva di 10^9 W studiato e costruito dall'Hochspannungs Institut dell'A.E.G. che si trova a Kassel: il tempo di scarica è di ca. 20 msec. Prima di descrivere un pò più particolareggiatamente il magnete diremo che l'impressione generale riportata in questo colloquio, è che gli uomini interessati al problema lo abbiano affrontato con una certa leggerezza senza preoccuparsi ad esempio di istituire un procedimento di calcolo, anche seppure necessariamente approssimato, delle perdite joules per impulso. Nel magnete, che si prevede per ora di fare funzionare in modo non ciclatto, manca un sistema di

raffreddamento, l'altezza della zona utile è di 200 mm con un ϕ interno del rame di ~ 136 . L'avvolgimento è formato da 48 spire da 1 mm con isolamento in mylar da 5/100, che sporge in corrispondenza alle testate di ~ 7 mm. Il sistema di bloccaggio radiale è costituito da spirali di piattina di acciaio inossidabile dell'ordine del mm alta 17 mm e isolata con Hostaphan (Mylar) di 0,02 mm. Sono bloccate sul diametro minore ad un anello cilindrico di acciaio inossidabile (mediate perni) naturalmente aperto e sul diametro esterno con un sistema come in fig. 1 ancorato ad un blocco di bakelite.

L'adduzione della corrente sul diametro esterno è realizzata con un anello spezzato di rame cui è ancorata con bulloni ribattuti la piattina di rame, mentre l'uscita della corrente avviene attraverso un anello raccoglitore fissato nello stesso modo alla piattina e collegato alla piastra di uscita della corrente mediante 24 doppi contatti striscianti (pezzi di rame argentato) con molle da 5 Kg ciascuno distribuiti su tutta la circonferenza. La ragione di codesti contatti striscianti sta nel fatto che devono assorbire le deformazioni notevolissime che una bobina così progettata subisce in conseguenza delle azioni elettrodinamiche. (tensione prevista sulla piattina di acciaio del contenitore = $\sigma \sim 200 \text{ Kg/mm}^2$).

L'alimentazione è effettuata mediante un generatore da 8 KV e con potenza nominale di qualche decina di MVA, trascinato da un motore da 2.000 KW. Il generatore è del tipo monopolare con una energia meccanica $1/2 J \omega^2$ di 100 MJ. In corto circuito dà una corrente efficace di 140 kA con una tensione di 4800 V per $L_{int} = L_{est} = 1,87 \cdot 10^{-4}$ Henry con una scarica che dura $\tau = 20 \cdot 10^{-3}$ sec.

Si pensa che per un eventuale funzionamento ciclatto esso possa essere in grado di dare 20 imp/min, il suo costo di impianto si aggira su di 1DM/joule come del resto per una batteria di condensatori, tenuto conto delle spese di in-



Sect. A-B

Fig. 1

stallazione:

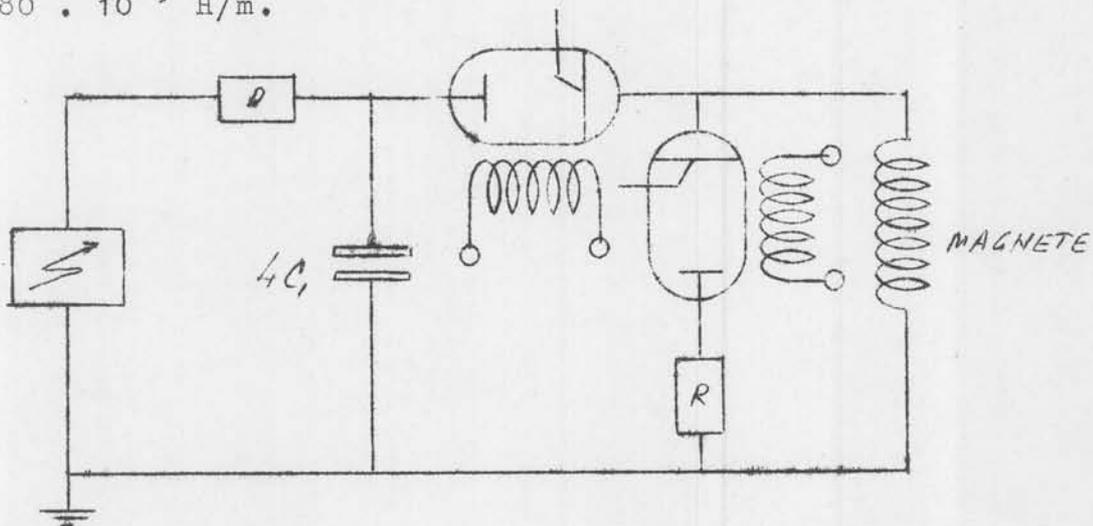
una giornata di prove a Kassel con questa macchina viene a costare ~ 5000 DM.

Abbiamo quindi fatto una breve visita al reparto che si è dedicato allo studio di un ciclotrone da 50 MeV. Il magnete è formato da 2 semigioghi la cui dimensione massima è di 5 metri. Sia teoricamente con l'ausilio di una IBM sia sperimentalmente hanno studiato un nuovo sistema di iniezione. Con uno schermo di fili fluorescenti riescono a controllare la posizione del fascio che, nel primo giro, è circa indipendente dalla fase iniziale del beam. Riescono a controllare la distribuzione spaziale del beam in funzione della fase in un diagramma circolare: usando un riduttore elettronico di frequenza da 1 MHz ad 1 KWz, controllano il cambiamento di fase da un giro all'altro. Con una bandierina fluorescente di fili sottili viene poi controllata giro per giro la collimazione del beam (fori di dimensione decrescente all'aumentare del raggio). La radiofrequenza, che lavora sulla 3^a armonica, è sistemata nelle 'valli' dell'FFAG.

Al Max Planck Institut di Monaco abbiamo inizialmente conferito con fisici e ingegneri che lavorano con camere a bolle e che sono direttamente interessati al problema dei campi magnetici pulsati.

Essi sono il Dr. Bergman (capo del gruppo), Ing. Klüber (che si interessa dei problemi impiantistici e magnetici), Dipl Phys. Hahn (fisico ricercatore), Dip Ing. Mustafà (che cura la parte elettronica di comando dell'impianto e la circuitistica delle camere a bolle). Ne è attualmente in costruzione una a propano ($h = 10$ cm $\phi = 7$ cm) che dovrebbe servire da modello per una ad H_2 ($h = 40$ cm $\phi = 20$ cm). Il campo magnetico è realizzato con una unica spira di Cu - Be che dà 300 KGs per un tempo utile di 3 μ sec con un tempo di salita $\tau/2 = 16$ μ sec. È interessante notare come la parete di que

sta camera a bolle sia costituita dall'avvolgimento stesso (1 spira) del magnete pulso. Il campo si ottiene scaricando un banco di condensatori di 300 KJ a 18KV: questo è costituito da 240 unità Bosch aventi ciascuna una capacità di $7,7 \mu\text{F}$ e a 18 KV una energia di 1250 Joule. Sono condensatori in carta metallizzata con un gradiente di tensione nel dielettrico molto elevato ($89 \text{ V}/\mu$), del tipo autoestinguente in quanto una scarica innescata si estingue per evaporazione del deposito metallico. La frequenza di risonanza è di 350 KHz e il prezzo unitario è di 560 DM. La vita media garantita in assenza di tensione inversa (con una tolleranza del 5%) è di 100.000 scariche. I condensatori sono riuniti in gruppi di 4 e ciascun gruppo è dotato di 2 ignitron comandati da un pul-
se transformer immerso in un blocco di araldite: i 4 condensatori sono collegati in parallelo da una bandella di rame o i collegamenti fra i diversi gruppi e la bobina sono effettuati con cavi della Aldermaston (England) con induttanza di $80 \cdot 10^{-9} \text{ H/m}$.



L'induttanza dispersa dei collegamenti è stata calcolata da Kluber in $L_{\text{disp}} = 3 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ H}$. I tubi non sono stati ancora approvvigionati: le ditte in ballottaggio sono Westinghouse, Philips e AEG. Sono stati comunque richiesti

ignitron che portino 100.000 A con 20.000 V. Per quanto riguarda la progettazione della bobina, dai calcoli eseguiti è risultata una potenza dissipata per impulso di 10 kJ. Bergmann ha insistito poi sul fatto che, pur essendo a temperatura ambiente, secondo la teoria, trascurabile l'effetto $\frac{dS}{S} = f(B)$ c'è da attendersi (come ha trovato Post) una certa discrepanza all'atto pratico rispetto alla teoria.

Per quanto riguarda la vera e propria costruzione della bobina, si è ancora una volta affermato che il problema più difficile consiste nel trovare, sperimentando, l'isolante che non si polverizzi e non si estruda. A tale scopo consigliamo:

- 1) di non operare saldature fra spira e spira confidando per il contatto nella pressione meccanica; si evitano pericolose estrusioni del materiale d'apporto nella saldatura.
- 2) Non usare fibre di vetro araldizzate perchè il vetro lentamente con le sollecitazioni presenti al momento dell'impulso si polverizzerebbe e quindi si avrebbero archi.

Il programma di lavoro del gruppo di Bergmann prevede a partire dall'aprile 1961 (data presumibilmente di entrata in funzione completa del banco) una serie di prove a funzionamento non ciclati, poi si pensa di arrivare ad ottenere 20 impulsi/min.

Se i risultati saranno soddisfacenti si porterà la energia del banco a 2 MJ e si studierà meglio il sistema di raffreddamento (per ora si pensa solo di raffreddare forando i bulloni di tenuta della camera a bolle, che sono stati all'uopo molto sovradimensionati).

Abbiamo fatto poi una breve visita al laboratorio dei plasmi.

Le esperienze che si stanno preparando sono:

- 1) Stellarator (Wendelstein) il diametro interno della ciambella è di pochi centimetri. Il campo magnetico assiale è di

3000 gauss, ottenuti con due avvolgimenti di cui uno giacente nel piano perpendicolare all'asse del toroide, per i diversi azimut, mentre le spire dell'altro si trovano in un piano formante col precedente un certo angolo.

2) Simplicius (Mirror effect) : altezza $\sim 1,2$ metri, campo magnetico di 3000 gauss. Studio con microonde delle densità del plasma. Rapporto $\frac{B_{\text{assiale}}}{B_{\text{esterno}}} = 1/2$

3) Zeta: è montata ma non ci lavora nessuno.

4) Esperienza di Wulff: usa campi magnetici pulsati lenti (qualche μsec) di 150 kGs. E' montata ma si esperimenta ancora senza campo magnetico (le bobine sono ancora in costruzione). Wulff assicura di avere ottenuto, senza intervento del campo magnetico, una temperatura di 50.000°C con una densità di 10^{16} p/cm³.

Sta sorgendo nelle vicinanze di Monaco, a Garching, un altro centro di studio della fisica del plasma: durante una breve visita a questo istituto abbiamo parlato con il Dipl. Ing. Lindberg e con il Dipl. Physiker Neppendörfer che ci hanno illustrato sommariamente le attrezzature che stanno montando in vista di future esperienze sul plasma. Abbiamo notato come qui a Garching gli ingegneri impiantisti abbiano preferito comprare meno condensatori che non al Max Planck Institut ma di qualità migliore (carta-olio a 50 V/ μ).

Per comodità riportiamo i nomi delle persone che presso il Max Planck Institut partecipano alle principali esperienze di fisica del plasma.

- Dipl. Ing. Lisitano (diagnostica)

Dr. Lotz, Dipl. Ing. Schmitter (esperienza Simplicius)

- Dr. Eckhart, Dipl. Ing. Stangl (esperienza Wendelstein)

- Dr. Boeschoten, Dr. Schwirzke, Dipl. Phys. Wobler (diffusione del plasma nel campo magnetico e sorgenti di plasma)

- Dr. Remy, Dr. Witkowski, Dipl. Phys. Labuhn (esperienza Drehfeldtorus)

- Ing. Baumlor (Interruttori a plasma).