

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 53/32  
14.7.1953.

G. Sacerdoti: ESAME DELLA CONVENIENZA O MENO DI COSTRUIRE  
IL CHOKE-COIL DI PROTEZIONE DELLA DINAMO DI ECCITAZIONE  
CONTINUA-ALTERNATA DI UN SINCROTRONE PARTE IN LAMIERINI  
E PARTE IN FERRO MASSICCIO.-

**ESAME DELLA CONVENIENZA O MENO DI COSTRUIRE IL CHOKC-COIL DI PROTEZIONE DELLA DINAMO DI ECCITAZIONE CONTINUA-ALTERNATA DI UN SINCROTRONE PARTE IN LAMIERINI E PARTE IN FERRO MASSICCIO .** =====

**Introduzione.-**

Le dimensioni della bobina di protezione della dinamo di cui alla relazione n.5, parte IV, sono determinate, oltre che dalla necessità di realizzare una induttanza di un dato valore, anche dal fatto che è necessario mantenere un valore di B (campo magnetico) inferiore alla saturazione (  $NS = \frac{LI}{B}$  ove L = valore dell'induttanza; I = valore della corrente continua, B = valore massimo permesso nel ferro; N = numero di spire; S = sezione del ferro).

Se B potesse aumentare, NS, che ci fornisce un indice delle dimensioni della bobina, potrebbe diminuire, e con esso il prezzo della bobina. Il Prof. Salvini faceva notare come, essendo che la saturazione del ferro (lamierini) è quasi esclusivamente provocata dalla corrente continua, si dovrebbe cercare di smistare il flusso dovuto alla corrente continua in un materiale magnetico massiccio di minor costo, e di far sì che il laminato servisse soprattutto ad accogliere il flusso alternato. Egli proponeva un circuito avente lo schema di fig.1 e mi dava l'incarico di vedere se con tale circuito era possibile risparmiare nel costo del ferro.

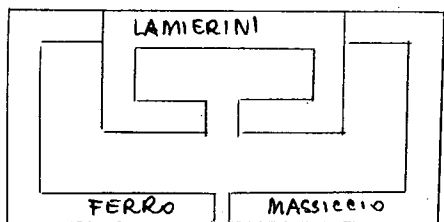


FIG.1

**b) Esame del comportamento di un chokc-coil di schema di fig.1 rispetto quello di schema ordinario come in fig.2 .-**

Per esaminare come la disposizione di fig.1 possa essere vantaggiosa dal punto di vista economico, partiamo da una configurazione solita del magnete, e vedremo come modificandola nel senso di fig.1 si possa avere una idea dei vantaggi e svantaggi che ne conseguono. Abbiamo un magnete del tipo di fig.2, calcolato come quello di maggiore convenienza tra quelli con nuclei a solo lamierino.

Se noi aggiungiamo un nucleo massiccio avremo la configurazione di fig.3 . Il nucleo massiccio, aggiunto, M, avrà l'effetto, a parità di amperspire, di aumentare il flusso per  $B_0$  e diminuire di poco il campo  $B_1$  (vedi per i simboli la fig.3).

Per evitare la saturazione in S possiamo pensare di staccare una striscia di P e di aggiungerla ad S.

Ammettiamo che M sia saturo o, ciò che è quasi lo stesso agli effetti della penetrazione del flusso alternato, ammettiamo che abbia  $\rho = 0$  ( $\rho$  = resistività elettrica del ferro).

Allora la nostra induttanza, agli effetti di I alternata, sarà quella offerta da un nucleo nuovo di fig.4 (dedotto dalla struttura in lamierini di fig.3 col trasporto di lamierini). Abbiamo aggiunto M, e  $L_0$  è diminuita per il trasporto della fetta di lamierini. Abbiamo speso nel ferro massiccio. La quantità di lamierini è rimasta la stessa, e le condizioni sono peggiorate.

e) Esame del comportamento di un chok-coil di schema di fig.6 rispetto quello di schema ordinario (fig.5).-

Diversamente invece la questione sarà se invece della disposizione di fig.1 si tiene lo schema di fig.6  $l_1 \gg l_2 \quad l_2 > l_3 \approx 0$

In tal caso si parte dallo schema di fig. 5. Ragionando come prima, aggiungendo la parte in ferro massiccio se  $l_2$  è sufficientemente lungo rispetto a  $l_3$ , si affatica meno il materiale in P e si affatica di poco di più in S ( $l_1 \gg l_2 > l_3$  ).

$(B_0 \approx B'_0 = \frac{NI \mu_0}{l_1})$  (3) l'apice indica i campi in presenza di M.

Possiamo perciò togliere una grossa fetta nei lamierini P rimanendo così costante la induttanza L.

Sarà  $l_{ez} S \times B_0 = S_{ez} M \times B_m$  e ai nostri fini dovrà essere  $\frac{S_{ez} S}{S_{ez} M} \times B_0 \approx B_{sat} M$  (1)

(di poco maggiore se non si ricarica completamente P.

La situazione migliora avendo sostituito una quantità di lamierini  $Q_{lam}$  con una quantità di ferro massiccio  $Q_{mass}$ , di poco maggiore od addirittura uguale o minore.

La sezione di M ha dei limiti nella (1). La fetta di lamierini che si può togliere ha dei limiti nel fatto che la caduta magnetica in P deve, perchè abbia senso l'affermazione (3), rimanere trascurabile rispetto a quella attraverso nel caso di  $B_{max}$  alternata.

d) Conclusioni.-

Da ciò che si è detto appare evidente come si possa vantaggiosamente (dal punto di vista dell'emenomia dell'impianto) sostituire del lamierino con del ferro massiccio ove sia abbastanza grande (cioè le amperspire assorbite dai traferri siano molto maggiori - più di 100-500 volte - le amperspire assorbite sul ferro).

Per poter fare il calcolo esatto bisogna servirsi della caratteristica di magnetizzazione del materiale massiccio: infatti bisogna solocentare sulla saturazione del ferro massiccio affinchè il flusso alternato preferisca la via dei lamierini a quella del ferro; essendo a mio parere la resistività del ferro troppo alta per fare sì che le correnti di Foucault siano esse ad impedire detta penetrazione (si avrebbero cioè perdite molto notevoli).

Nel caso del progetto dell'ing. Canarutto eseguito per il choke coil si potrebbe tentare di modificarlo come si vede in fig. 7

Si può credo, senza approfondire la questione, avere la possibilità di sostituire circa  $1/2 - 1/3$  dei lamierini con ferro massiccio. Non si può dire, senza approfondire ulteriormente la questione e avere di preciso le dimensioni geometriche adottate costruttivamente, quali saranno le dissipazioni nel ferro massiccio. La questione è delicata ed andrà studiata.

Giancarlo Sacerdoti  
*Giancarlo Sacerdoti*

Pisa 14 luglio '53

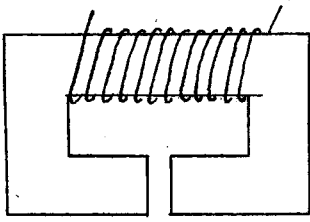


FIG. 2

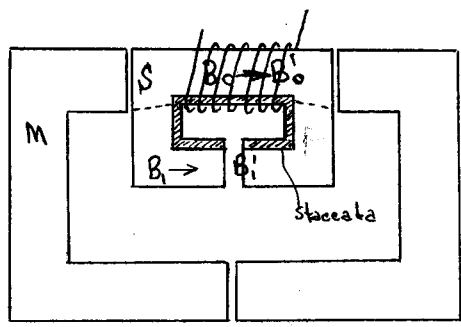


FIG. 3

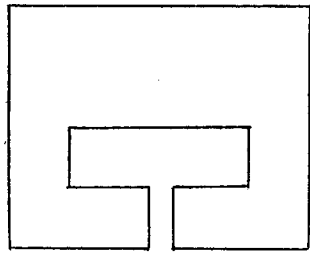


FIG. 4

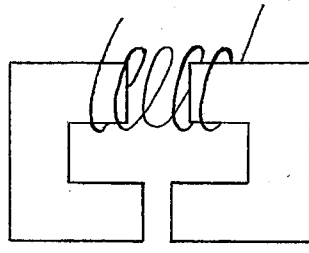


FIG. 5

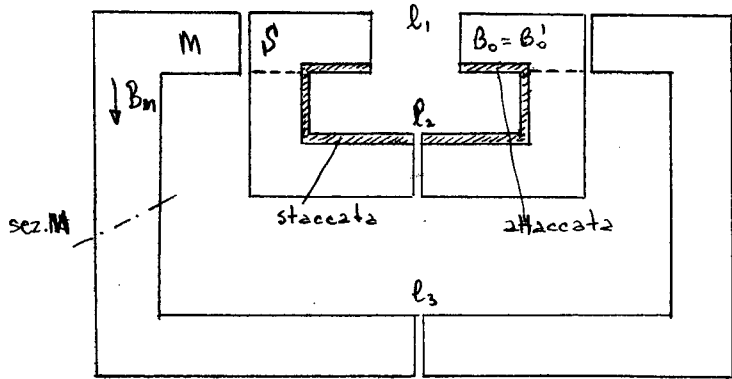


FIG. 6

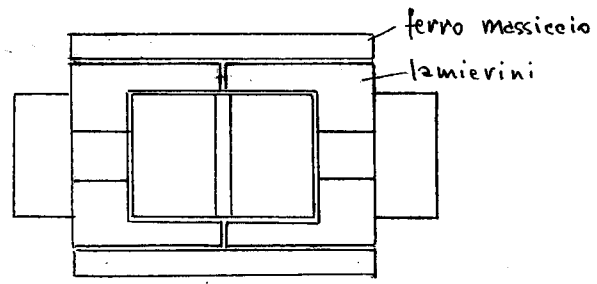
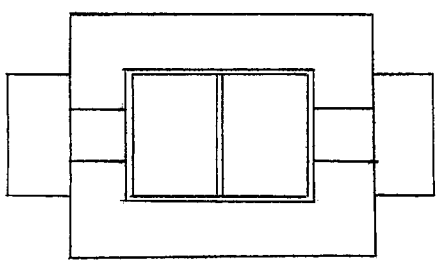


FIG. 7

**APPLICAZIONE DEI CONCETTI ESPOSTI NELLA RELAZIONE N°6, NELL'AD PROGETTAZIONE DI UNA BOBINA AVENTE GLI SCOPI E LE CARATTERISTICHE DI QUELLA GIA' ESAMINATA NELLA RELAZIONE DELL'ING. CANARUTTO SUL CHOKC-COIL .**

Sulla base del chokc-coil progettato dall'ing. Canarutto e delle conclusioni della relazione n.6, noi daremo le seguenti dimensioni per una bobina parte in lamierini parte in ferro massiccio, atta a potersi sostituire a quella progettata dall'ing. Canarutto.

$h_1 = 21 \text{ cm } X^2 \quad S_1 = 0,8281 \text{ m}^2 = 0,910 \times 0,910$ $h_2 = 0,5 \text{ cm } X^2 \quad S_2 = 0,207 \text{ m}^2 = 1/4 S_1$ $h_3 = 0,035 \text{ cm } X^2 \quad S_3 = 0,630 \text{ m}^2 = 3,22/4 S_1$	$h_{1e} = 21 \text{ cm } X^2 \text{ intraferri equivalenti}$ $h_{2e} = (0,5 \times 2) \text{ cm}$ $h_{3e} = 0,135 \times 2 \text{ cm}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N = numero spire dei conduttori di rame = 250  
 Finestra rame = 0,531 x 0,586

e = lunghezza di un cammino nell'aria equivalente magneticamente al cammino magnetico reale dei vari circuiti i cui numeri appaiono evidenti in fig.1 .-

Per il significato dei simboli vedere fig.1 .-

$$(0,135 = 2 \cdot 0,35 \cdot 0,65)$$

$$(0,65 = \frac{2000}{3000} = \frac{\mu_{\text{ferro}}}{\mu_0})$$

La corrente continua (per i valori vedere paragrafo precedente) produrrebbe, se non ci fosse saturazione, campi magnetici nelle varie sezioni di valori (essendo  $\mu = 3000$  con tale valore si possono trascurare i cammini magnetici nel ferro ad eccezione di quello nel tratto C equivalente a 0,035 cm nell'aria)

$$B_{1c} = 1,358 \text{ Weber/m}^2$$

$$B_{2c} = 0,4179 \quad -1-$$

$$B_{3c} = 1,539 \quad -4-$$

$$B_{3c} > 1,4 \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2} = \text{valore di saturazione magnetica per il ferro}$$

Ricalcolando i valori tenendo conto della saturazione troveremo i seguenti risultati:

$$B_{1e} = 1,371$$

$$B_{2e} = 0,930$$

$$B_{3e} = 1,4$$

( $B_1$ ) può anche diminuire ( $\Delta B_1 = \frac{1,539 - 1,4}{1,539} \cdot 1,358 = 0,1328$ ) senza che vari il valore di  $B_{3e} = 1,4$  .-

L'induttanza offerta alle correnti alternate essendo che B non può variare nel ferro massiccio sarà data dall'induttanza che si ha se al posto del ferro massiccio si mette aria, e avrà il valore (se non si raggiunge la saturazione nel laminato) :

$$L = \frac{N^2 \mu_0 S_1}{h_{12} + h_{22} \frac{S_1}{S_2}} = 0,1413 \text{ henry}$$

Il B alternato nelle varie sezioni assumerà il valore , essendo V alt max = 4530, (vedi Canarutto) :

(IN)<sub>max</sub> = 42.500  
 B<sub>12max</sub> = 0,1146  
 B<sub>22max</sub> = 0,4584  
 B<sub>32</sub> = 0

essendo |B<sub>12max</sub>| ≤ 0,1228 valore che se raggiunto ~~desaturerebbe~~ ~~smagnetizzerebbe~~ il ferro massiccio

Il B max = B<sub>c</sub> + B<sub>a</sub> nelle varie sezioni assumerà il valore:

B<sub>1max</sub> = B<sub>cmax1</sub> + B<sub>amax1</sub> = 1,4856  
 B<sub>2max</sub> = B<sub>cmax2</sub> + B<sub>amax2</sub> = 1,3884  
 B<sub>3max</sub> = B<sub>cmax3</sub> + B<sub>amax3</sub> = 1,4

Il peso del ferro che così si dovrà impiegare sarà:

ferro massiccio = 2,408 x 0,8281 x 2 x 7,8 = 32,2/4 = 24,0000 tonnellate  
 ferro lamierino = 35,39 = 2,408 x 0,8281 x 2 x 7,8 x 3/4 = 12 tonnellate

tonnellate totali 36

Il costo sarà dato da:

Ferro lamierino = 12 x 600.000 = 7.200.000 lire  
 Ferro massiccio = 24 x 250.000 = 6.000.000 -"  
 costo totale = 13.200.000 - lire

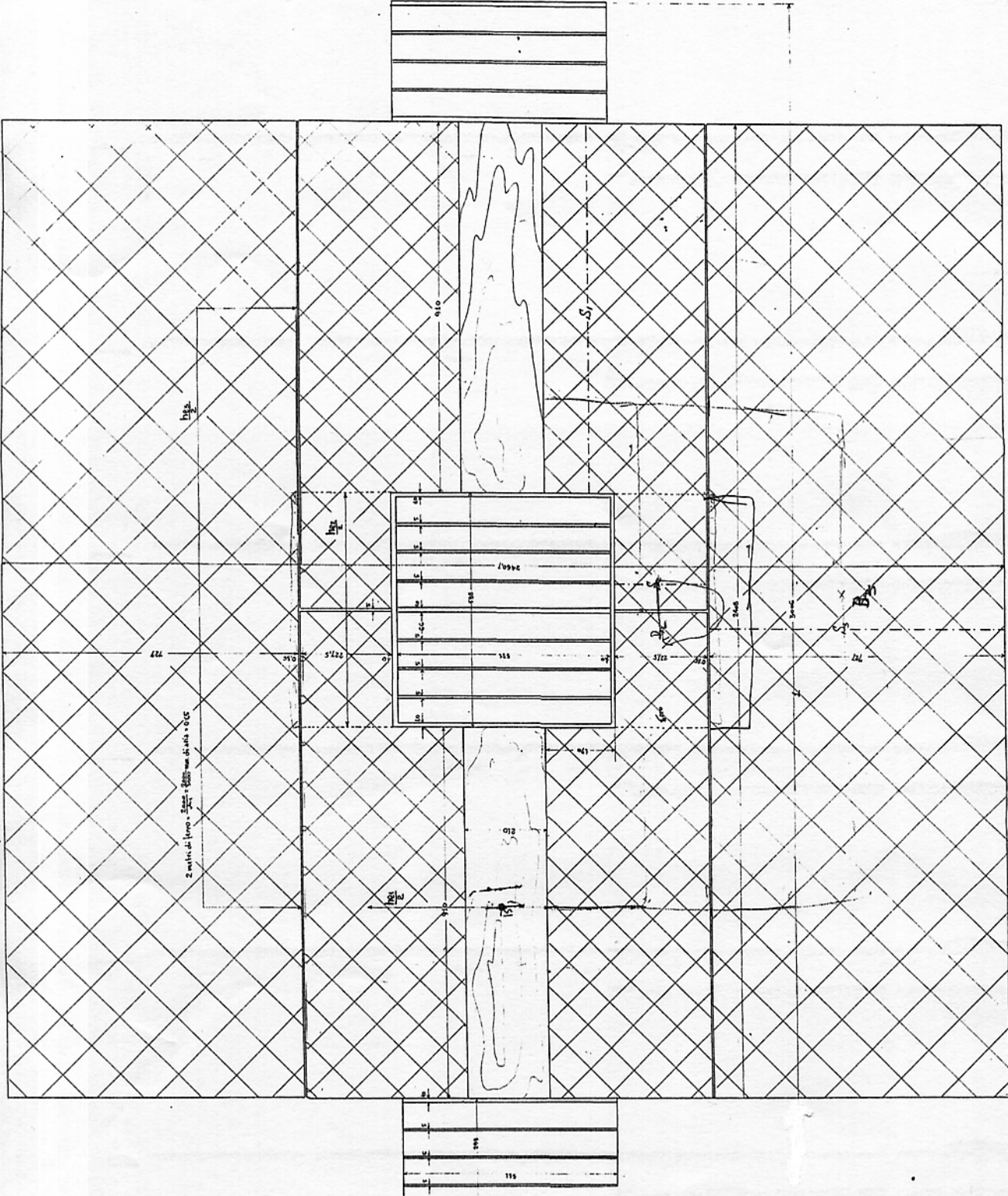
Il costo <sup>del ferro</sup> del magnete del choke-coil progettate dall'ing. Canarutto era di 21.000.000

Il costo del magnete così modificato è : 13.200.000 -

Si fa espressamente notare che si è risparmiato ~~un~~ <sup>max</sup> nella qualità del materiale magnetico, sia nel peso complessivo di dette materiale (36 tonnellate invece di 35) nell'applicare l'artificio della relazione n.6 -

Se Biat f. mass. fosse 0,774 si risparmierebbe anche nel peso complessivo del ferro.

Giancarlo Sacerdoti  
 per an Sacerdoti



scala 1:5  
 SCHEMA DI COILE COIL  
 di Laminato e Ferro magnetico  
 data 9/10/95  
 FIG. 1