

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-54/24 (29. 5. 54)

F. Amman: SUL TIPO DI ECCITAZIONE PREVISTO PER IL MAGNETE  
DELL'ELETTROSINCROTRONE DA 1 BeV.

Sul tipo di eccitazione previsto per il magnete dell'elettrosincrotrone da 1 BeV

Generalità

Nel traferro del magnete occorre vi sia un campo magnetico variabile nel tempo in modo periodico, che presenti un tratto regolarmente crescente col tempo. Considerazioni energetiche suggeriscono di scegliere un campo variabile nel tempo con legge sinusoidale.

La corrente circolante nella bobina sarà quindi anch'essa variabile con legge sinusoidale, e così pure la tensione, potendosi considerare normale l'induttore costituito dal magnete, dato il suo grande traferro; con grande approssimazione si potrà anche ritenere essere lo sfasamento tra tensione e corrente di  $90^\circ$ .

La soluzione più immediata è quella con eccitazione con corrente alternata sinusoidale; essa verrà esaminata nel paragrafo 1).

Altra soluzione che, fatti i calcoli, si è rivelata più economica della prima, è quella in cui la corrente è una sinusoida polarizzata, il cui minimo è sull'asse dello zero (o poco al di sotto); questa seconda soluzione, descritta nel paragrafo 2), è quella scelta per l'alimentazione del magnete dell'elettrosincrotrone italiano da 1 BeV.

Gli schemi di eccitazione considerati, ed in particolare quello previsto nel nostro caso, sono già collaudati nell'alimentazione di macchine analoghe alla nostra negli U.S.A.

1) Eccitazione con corrente alternata sinusoidale:-

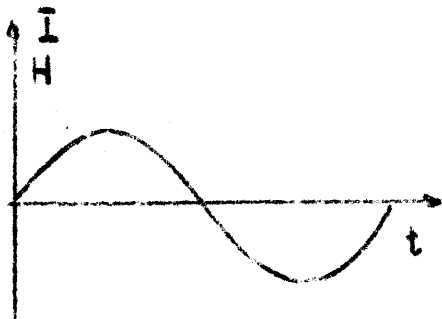


FIG. 1

In fig.1 è rappresentata la corrente  $I$  (o il campo magnetico  $H$  nel traferro) in funzione del tempo  $t$ , nel caso di eccitazione alternata sinusoidale. Poichè il tempo utile di eccitazione è quello in cui il campo è crescen-

te e dello stesso segno, in questo caso esso vale un quarto del periodo della sinusoidale.

Gli schemi di circuiti di alimentazione per un'eccitazione alternata sinusoidale, sono diversi, riducibili però in pratica a due: o alimentazione diretta con un alternatore che funziona erogando un'enorme potenza reattiva (e quindi come compensatore sincro), oppure alimentazione con un piccolo alternatore, che fornisce solo la potenza attiva perduta nel circuito, connesso con un circuito anti risonante formato dal magnete e da una batteria di condensatori statici in parallelo ad esso.

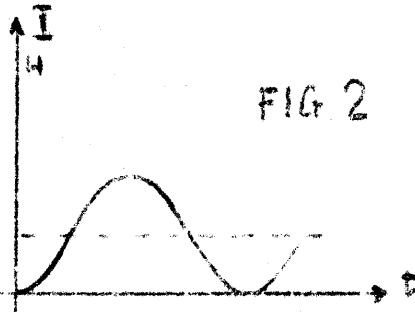
Le due soluzioni sono teoricamente equivalenti, se si considera di avere nella prima un condensatore rotante e nella seconda dei condensatori statici. Tra le due (come è ben noto alle aziende distributrici di energia elettrica, per le quali importantissimo è il problema del rifasamento delle linee, a cui è connesso poi anche quello della regolazione della tensione) è ormai più economica la seconda, poiché recentemente si è avuto un progresso nella tecnologia dei condensatori statici.

Si può comprendere come sia, a maggior ragione, più conveniente nel nostro caso la soluzione dei condensatori statici, soprattutto nell'esercizio, perchè ci evita di dover disporre del personale specializzato ed addetto particolarmente al sincro, problema che si pone in modo ben diverso ad un'azienda distributrice, per la quale la manutenzione del sincro significa soltanto un certo numero di ore lavorative aggiunte dei propri operai addetti ad altre macchine.

Si sono anche considerate delle varianti a questa soluzione, come, ad esempio quella proposta dal Prof. Someda (alimentazione attraverso un trasformatore); questa variante cambia semplicemente i valori dei fattori della potenza reattiva da generare (tensione e corrente), non il loro prodotto, e cioè appunto la potenza reattiva, aggiungendo il costo del trasformatore.

Lo stesso scopo può essere raggiunto disponendo le batterie di condensatori secondo uno schema a divisore di tensione, senza con ciò aumentare il costo dell'apparecchiatura.

2) Eccitazione con corrente sinusoidale polarizzata.-



In fig. 2 è rappresentata la corrente di eccitazione  $I$  (o il campo magnetico  $H$  nel traferro) nel caso di eccitazione con corrente sinusoidale polarizzata.

La frazione di periodo utile passa da un quarto ad un mezzo.

Il valor massimo della corrente dovrà essere uguale a quello che si ha nel caso di alimentazione con corrente alternata pura; si avrà quindi una componente alternata di valor massimo uguale alla componente continua, ciascuna di queste uguale alla metà del valor massimo della corrente alternata pura. (In realtà può convenire che il campo assuma piccoli valori negativi: il valor massimo della componente alternata sarà un po' maggiore del valore della componente continua, e la somma di questi due valori sarà maggiore del valore massimo della corrente alternata sinusoidale considerata nel paragrafo 1 )

La potenza reattiva dovuta alla componente alternata, che è quella che passa alternativamente dal magnete ai condensatori, si riduce ad un quarto, e quindi pure ad un quarto si riduce la batteria dei condensatori.

Contro questo grande risparmio, dall'altro lato vi è la necessità di disporre di un generatore di corrente continua e di una impedenza che impedisca il corto circuito del magnete.

Esaminando infatti il circuito, rappresentato nel modo convenzionale in fig. 3, ed in maniera più comoda, per le considerazioni che seguono, in fig. 4, si vede che il generatore di corrente continua è in parallelo al magnete.

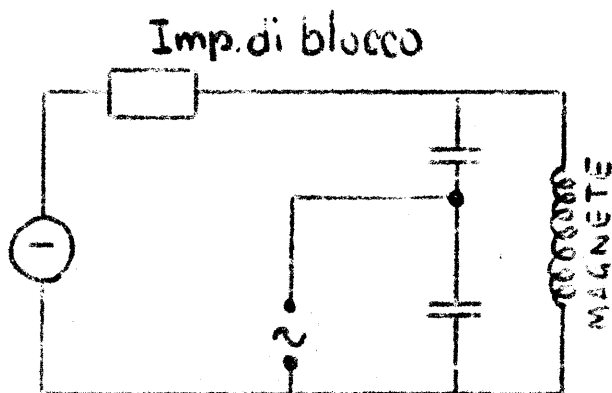


FIG. 3

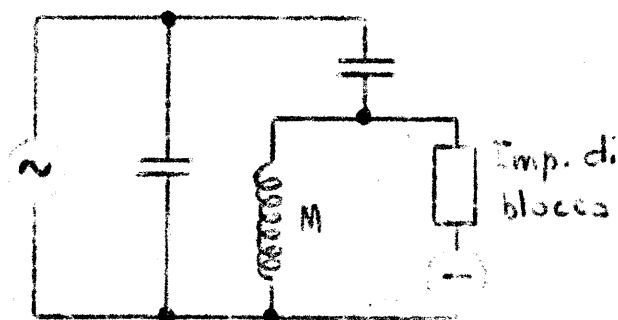


FIG. 4

E' noto che per un funzionamento normale un generatore a corrente continua non può essere percorso da una componente alternata che superi certi valori (dipendenti dalla sua costruzione), perchè la commutazione diviene altrimenti assai difficile; quand'anche si pensasse di poter disporre di un generatore a corrente continua che sopporti il passaggio di una componente alternata di qualunque valore, dato che l'induttanza di un generatore a corrente continua è dell'ordine di alcuni centesimi di millihenry contro i circa 15 millihenry del magnete, la corrente alternata in esso sarebbe alcune centinaia di volte superiore a quella circolante nel magnete; bisognerebbe allora provvedere una batteria di condensatori maggiore di quella prevista secondo uno stesso fattore, con quegli effetti sulla economia della macchina che sono facilmente immaginabili.

E' necessario quindi disporre di un'impedenza di blocco o di protezione: e non ci si lasci ingannare dal termine; si può dire che essa protegge il generatore a corrente continua o che essa protegge il generatore a corrente alternata, in realtà essa è una necessità del circuito.

L'impedenza più economica è un circuito anti risonante: un'induttanza, nella quale oltre alla componente alternata passa anche tutta la componente continua necessaria al magnete, ed un piccolo banco di condensatori tale che il complesso sia accordato sulla frequenza di lavoro.

Con un calcolo di minimo costo si trovano i valori ottimi dell'induttanza e dei condensatori; l'impedenza del circuito dipende poco da questi valori, ma piuttosto dal fattore di merito del circuito anti risonante.

E' da notare che il magnete costituente l'induttanza dell'impedenza di blocco, può essere progettato in modo da prevederne l'utilizzazione per altri scopi durante il funzionamento della macchina; il rapporto tra induttanza e condensatori dell'impedenza di blocco dovrebbe allora tener conto di questo impiego, piuttosto che del calcolo di minimo costo.

Perchè poi le alte frequenze dovute alla commutazione nel generatore a corrente continua non passino nel circuito principale, l'impedenza di blocco ha, in serie ai condensatori, una piccola induttanza, poco costosa perchè in essa deve passare solo la componente alternata e non la continua.

Si potrebbe ancora pensare ad un generatore a corrente continua posto in serie al generatore a corrente alternata, ma in tal caso il generatore a corrente alternata diverrebbe difficile se non irrealizzabile.

Sino ad ora per l'eccitazione del magnete del sincrotrone abbiamo avuto contatti essenzialmente col Tecnomasio Italiano Brown Boveri e con la Ercole Marelli; la prima di queste ditte ha già eseguito un calcolo di minimo costo per determinare i valori dell'induttanza e della capacità dell'impedenza di protezione.

Ferdinando Amman

Pisa, 29 Maggio 1954