

## COMPENSATORI SINCRONI

Come è noto la potenza attiva e reattiva erogata da un generatore sincrono è pari a

$$P=3*V_{sf}*I_s*\cos\phi=3V_{sf}*E_f*\sin\delta/X_s$$

$$Q=3*V_{sf}*I_s*\sin\phi=3V_{sf}(E_f*\cos\delta-V_{sf})/X_s$$

Dove  $\delta$  è l'angolo di carico  $V_{sf}$ ,  $I_s$  sono rispettivamente la corrente di statore e la tensione di statore di fase e  $E_f$  è la f.e.m. di fase indotta dal flusso induttore e  $X_s$  è la reattanza sincrona.

Il circuito equivalente a cui si fa riferimento è rappresentato in figura 1.

È possibile far funzionare la macchina sincrona in modo tale che la potenza attiva erogata sia nulla (ovvero  $\delta=0$ ) in modo che generi o assorba la sola potenza reattiva.

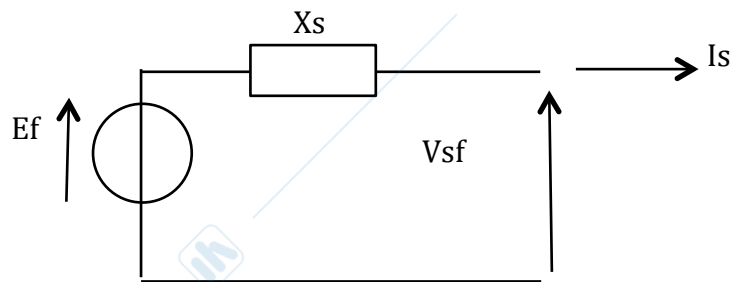


Fig. 1 circuito equivalente di riferimento

Si ipotizzi di voler mettere in parallelo alla rete il generatore sincrono (figura 2), la chiusura dell'interruttore trifase potrà avvenire solo dopo aver verificato che la fem a vuoto  $E_{fo}$  (proporzionale alla velocità di rotazione espressa in radianti elettrici e alla corrente di eccitazione) sia uguale in modulo alla tensione di linea  $V_{fn}$ , e della corretta sequenza.

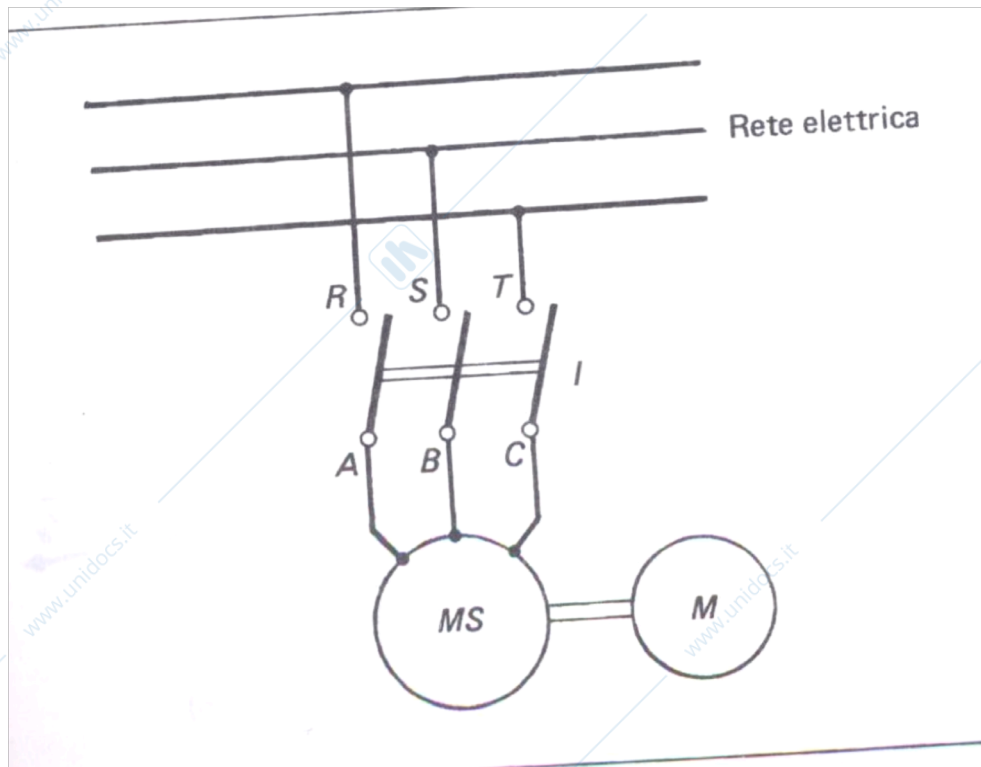


Figura 2 Messa in parallelo del generatore sincrono

In seguito alla chiusura di tale interruttore si avrà'  $V_{fn} = E_f$ , di conseguenza la corrente  $I_s$  sarà nulla e la macchina funzionerà ancora a vuoto. Si ipotizzi di trascurare le cadute di tensione resistive, ora se si aumenta la  $E_f$  agendo sull'eccitazione della macchina (aumentando la corrente di eccitazione) avremo  $E_f > V_{fn}$ , di conseguenza si verificherà la situazione rappresentata in figura 3 (dove si è indicato con  $E_0$  la  $E_f$  e con  $V$  la  $V_{fn}$ ).

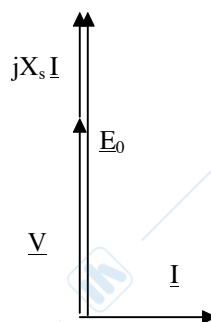


Figura 3 diagramma fasoriale nel funzionamento da condensatore rotante

Questo vuol dire che vi sarà una corrente statorica in ritardo di  $\pi/2$  sulla tensione, dovendo essere rispettata l'equazione fasoriale  $V_{fn} + jX_s I_s = E_f$ . Di conseguenza la macchina sincrona erogherà la sola potenza reattiva verso la rete con potenza attiva nulla. In questa condizione di funzionamento l'angolo di carico  $\delta$  è nullo, la macchina

lavora in sovraccitazione (perchè la corrente di eccitazione è maggiore di quella richiesta nel funzionamento a vuoto essendo  $E_f > V_{fn}$ ) e il generatore sincrono si comporta come un condensatore rispetto alla rete la cui capacità può essere variata a piacere semplicemente variando la corrente di eccitazione, la potenza reattiva erogata è pari a  $Q = 3V_{fn} \cdot (E_f - V_{fn}) / X_s$ .

Viceversa diminuendo la corrente di eccitazione si porta la macchina a funzionare in sottoeccitazione con  $E_f < V_{fn}$  e la macchina assorbe potenza reattiva dalla rete (si veda la figura 4). Il tutto avviene come se la macchina fosse un induttore rotante la cui induttanza viene variata agendo sulla corrente di eccitazione della macchina.

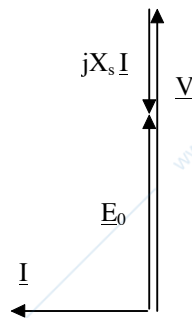


Figura 4 Diagramma fasoriale nel funzionamento da induttore rotante

L'andamento della potenza reattiva in funzione della f.e.m. di fase indotta dal flusso induttore è rappresentata in figura 5 dove si è indicato con  $E$  la  $V_{fn}$ .

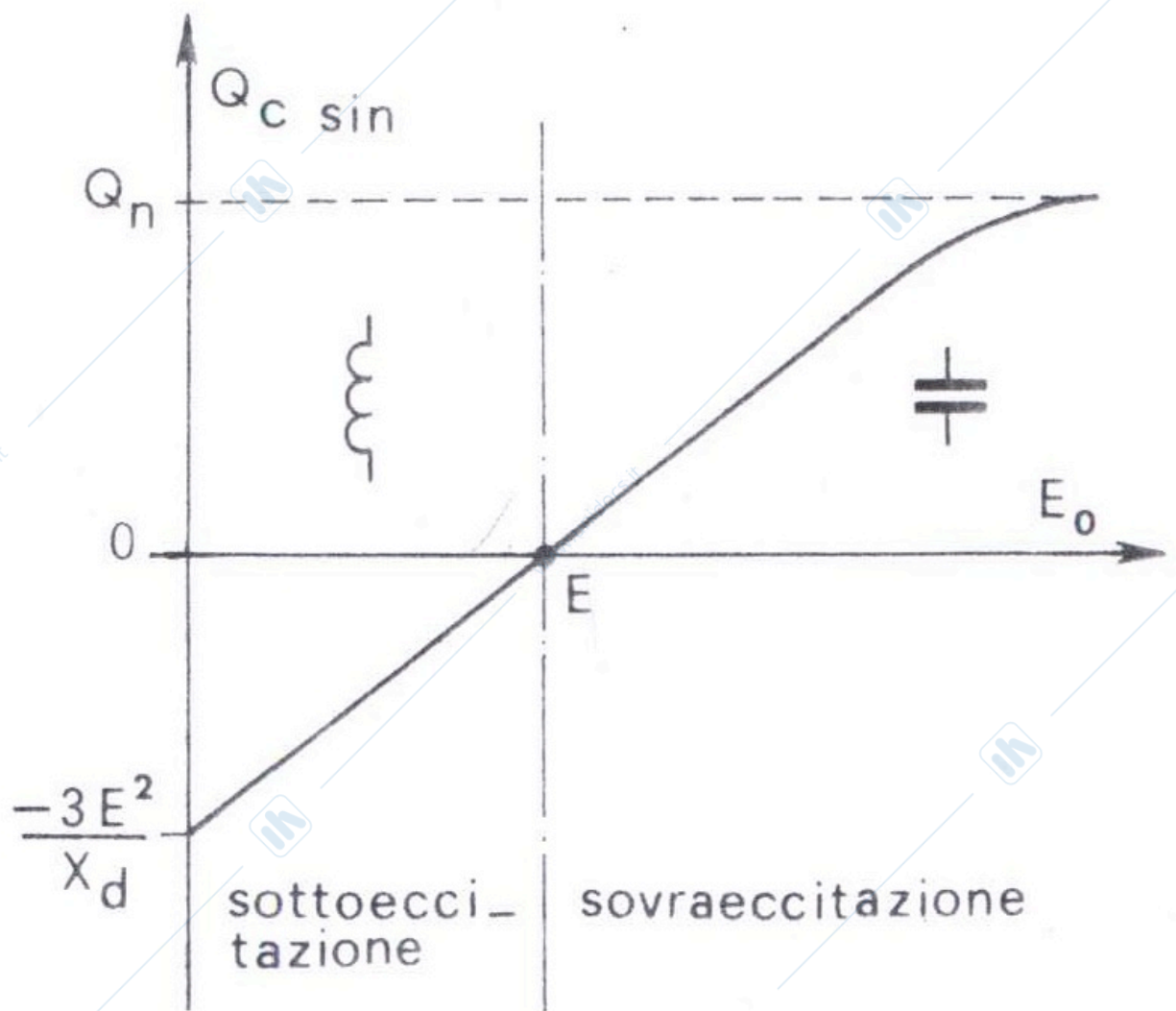


Fig. 5.7.3-1

### Figura 5 Zone di funzionamento del compensatore sincrono

I compensatori sincroni sono normalmente utilizzati per regolare la potenza reattiva (e quindi la tensione) nelle reti di distribuzione, sono dotati di regolatori automatici che agiscono sulla tensione di eccitazione della macchina.

Si osservi che è chiaro che per far sì che la macchina eroghi potenza attiva verso la rete è necessario agire sulla potenza meccanica fornita dal motore primo accoppiato al generatore. Se si agisce sulla sola eccitazione la macchina eroga la sola potenza reattiva verso la rete a cui è collegata, assorbendo una potenza meccanica nulla.

E' possibile utilizzare tali macchine anche per rifasare i carichi collegati alla rete, in tal caso si calcolerà la potenza reattiva che la macchina deve erogare, procedendo con il noto bilancio di potenze.