



Edmond Dantes (EdmondDantes)

## MESSA IN PARALLELO DEGLI ALTERNATORI

31 July 2018

### **Premessa**

Scrivo questa breve memoria allo scopo di arricchire il mio [blog](#), in particolar modo la trattazione della macchina sincrona, e riportare in auge un po' di elettrotecnica classica, in questo periodo trattata quasi esclusivamente da [admin](#), sperando di essere utile anche ad un solo studente in cerca di risposte.

### **Sbarre a potenza prevalente**

Un sistema di sbarre a potenza prevalente e' un sistema connesso ad un numero elevato di generatori di taglia elevata e a diverse linee di trasmissioni, tale che la tensione e la frequenza di rete subiscono al più solo piccole variazioni.

In molte applicazioni teoriche si considera che la tensione e la frequenza del sistema elettrico alimentato non subiscano variazioni. In figura 1 e' riportato un esempio di sistema a potenza prevalente.

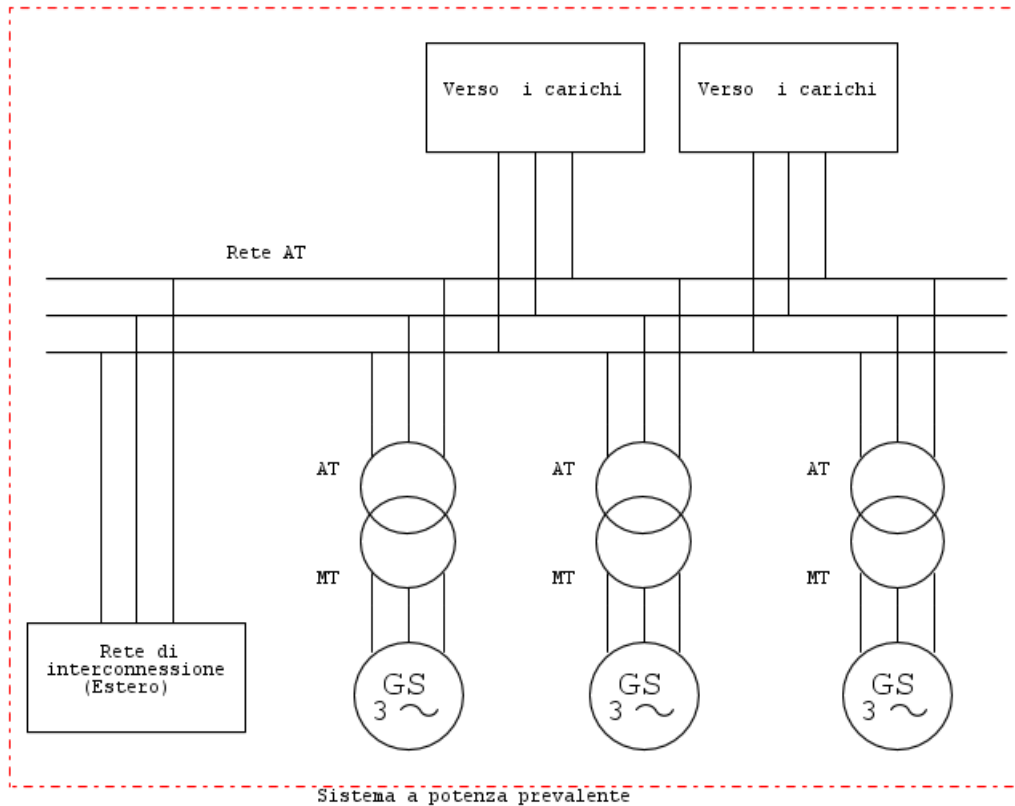


Figura 1

La tensione nominale della rete AT e' normalmente 220 kV o 380 kV. La tensione ai morsetti dei generatori sincroni, invece, e' molto più bassa (generalmente dai 10 kV ai 30 kV) e pertanto sono collegati alla rete AT tramite una linea MT e un trasformatore MT/AT. L'energia elettrica e' trasmessa in AT fino alle diverse stazioni elettriche AT/MT (esistono, comunque, carichi importanti alimentati direttamente in AT), allo scopo di essere distribuita alle diverse utenze in media e bassa tensione.

Per diversi motivi, e' necessario collegare (e scollegare) i generatori sincroni (da questo punto in poi saranno chiamati anche alternatori) alla rete a potenza prevalente. L'operazione di collegamento dell'alternatore alla rete prende il nome di *messa in parallelo dell'alternatore*.

### Messa in parallelo degli alternatori

L'operazione di messa in parallelo di un alternatore e' molto delicata ed e' assolutamente necessario verificare che le f.e.m. (in modulo e fase), la frequenza e la successione delle fasi siano identiche alle relative grandezze del sistema di sbarre. In figura 2 e' rappresentato un alternatore che deve essere collegato in parallelo alla rete e pertanto l'interruttore trifase è ancora aperto.

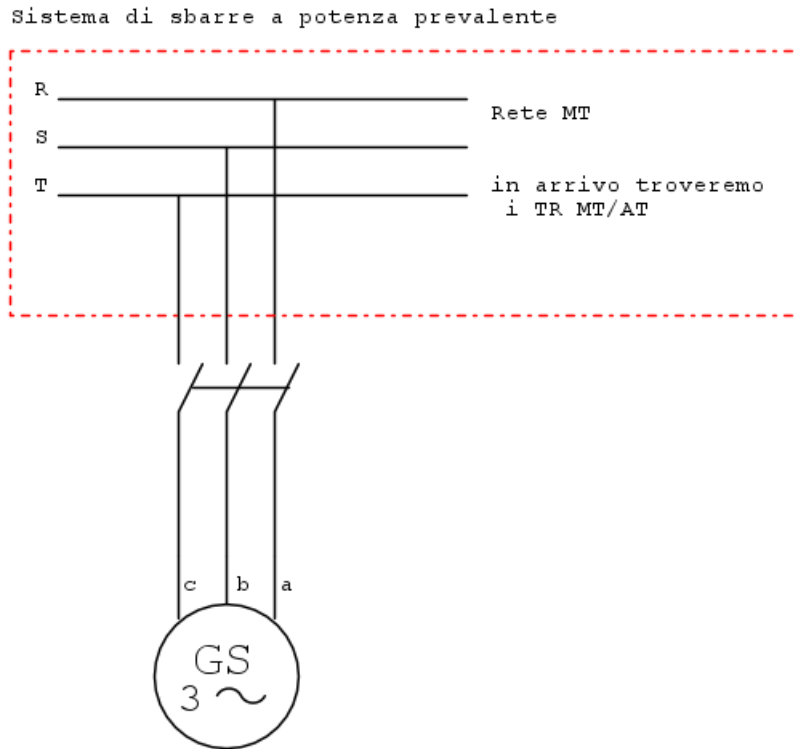


Figura 2

Innanzitutto, bisogna nominare i poli dell'interruttore e le singole barre (utile per il controllo della successione delle fasi).

Gli interruttori saranno chiusi solo dopo aver effettuato una serie di controlli preliminari trattati nel seguito.

Si eccita la macchina e si aziona il motore primo: l'alternatore ruoterà a vuoto. Mediante un rivelatore di senso ciclico (un sequenzimetro e' praticamente un piccolo motore asincrono), rappresentato nella figura 3,

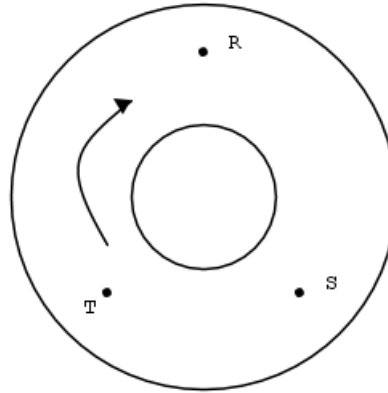


Figura 3

si controllano le successioni delle fasi delle sbarre e dell'alternatore.

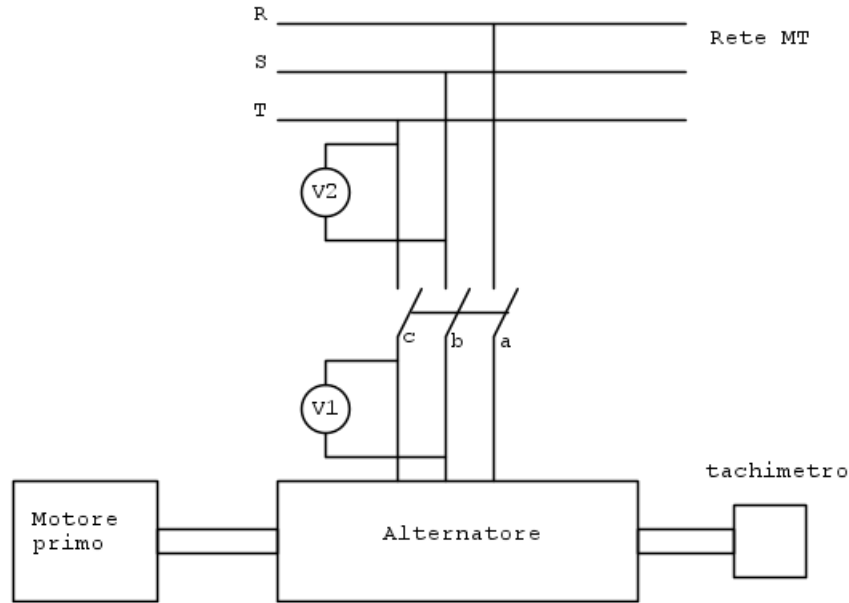
Il verso di rotazione dello strumento deve essere uguale in entrambi i lati e ruotare nel senso indicato dalla freccia (sequenza diretta).

Adesso bisogna verificare il modulo delle f.e.m. dell'alternatore e la frequenza.

Dato che la f.e.m. generata dipende anche dalla frequenza, e' chiaro che il secondo passo consiste nella verifica della frequenza e dunque la velocità della macchina. E' necessario installare anche due voltmetri: uno a monte e uno a valle dell'interruttore, affinché si possa misurare la f.e.m. a vuoto dell'alternatore e la tensione fra due sbarre.

### **Misura della velocità della macchina**

La misura iniziale della velocità e' eseguita mediante un tachimetro, accoppiato meccanicamente all'albero della macchina. Lo schema di riferimento e' riportato nella figura seguente:



Impostata la velocità della macchina, si regola l'eccitazione della stessa in modo tale da leggere sul voltmetro V1 una f.e.m. a vuoto pari alla tensione letta sul voltmetro V2. Solitamente, i due voltmetri sono incorporati all'interno di una sola carcassa, quindi lo strumento di misura avrà quattro morsetti.

La misura della velocità eseguita con il tachimetro è molto grossolana, ma è eseguita per impostare il valore di riferimento della corrente di eccitazione.

Impostata la corrente di eccitazione iniziale, la misura della velocità della macchina è eseguita mediante un doppio frequenzimetro a lamelle collegato sia all'alternatore sia alle sbarre. Adesso si agirà sul motore primo fino a quando la lettura del frequenzimetro installato sull'alternatore coinciderà con la lettura effettuata sul frequenzimetro installato sulle sbarre. Regolata la velocità, si imposta nuovamente la corrente di eccitazione in modo tale che far coincidere le letture eseguite sui due voltmetri.

### **Istante di chiusura dell'interruttore**

Le diverse azioni eseguite fino a questo momento hanno permesso di determinare e impostare la successione delle fasi, il modulo della f.e.m. a vuoto della macchina e la frequenza.

È necessario, però, verificare anche la fase di ogni singola f.e.m., cioè scegliere l'istante di chiusura dell'interruttore, in quanto nel momento in cui l'alternatore è collegato alla rete elettrica le due terne di tensione R-S-T e a-b-c devono essere sovrapposte. In caso contrario, fra poli omonimi si avrà un d.d.p. non trascurabile con il rischio di creare un cortocircuito.

È possibile determinare l'istante di chiusura dell'interruttore grazie all'errore, anche se trascurabile, della misura eseguita con il doppio frequenzimetro a lamelle. La frequenza delle

f.e.m. dell'alternatore e delle tensioni di sbarre sono quasi identiche, pertanto le due terne di tensioni presentano una velocità relativa diversa da zero e periodicamente le due terne di tensioni di sovrapporranno perfettamente (sfasamento nullo). L'interruttore deve essere chiuso proprio in questo istante. Esistono diversi modi per individuare l'istante sopra descritto. Nel seguito si descrivono i due metodi principali.

#### *Utilizzo del sincronoscopio trifase*

Il sincronoscopio e' uno strumento di misura e controllo molto simile al sequenzimetro. Un tipico modello e' raffigurato nella figura seguente:



*Synchroscope.jpg*

By DrDeke at en.wikipedia - Transferred from en.wikipedia., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20062392>

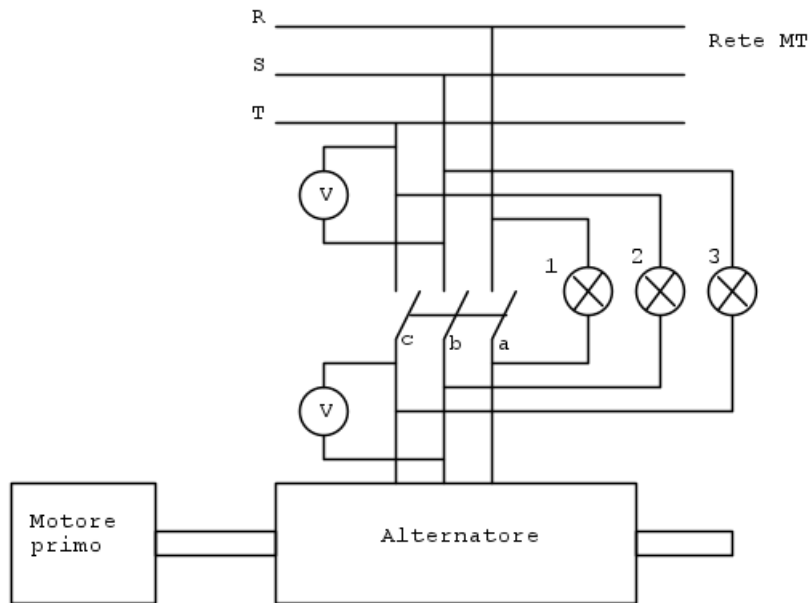
Lo strumento e' alimentato dalle differenze fasoriali dei poli omonimi dell'interruttore di parallelo (R-a, S-b, T-c). Quando le due terne di tensioni (dell'alternatore e delle sbarre) sono sovrapposte, la terna di tensioni che alimenta lo strumento e' nulla e pertanto l'indice dello strumento e' fermo: questo e' l'istante in cui si chiuderà l'interruttore.

In [questo](#) video e' possibile osservare il funzionamento di questo strumento installato in una centrale idroelettrica.

### Sistema a lampada spenta rotante

E' necessario abbassare la tensione delle sbarre e dell'alternatore al valore di 230 V (400 V).

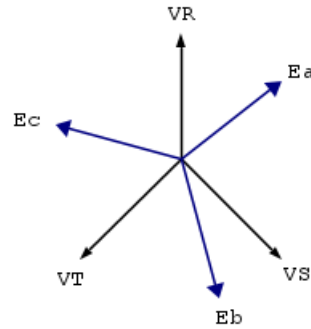
Si collegano tre coppie di lampade (a due a due in serie) a monte e a valle dell'interruttore, come raffigurato nella figura seguente:



Per semplicità le due lampade in serie sono raffigurate come una sola lampada in grado di sopportare fino il doppio della tensione nominale delle sbarre. Una coppia di lampade e' collegata fra poli omonimi del sistema, le restanti due coppie sono collegate fra i poli eteronomi.

Consideriamo due piani di Gauss-Argand sovrapposti: in un piano disegniamo la terna delle tensioni di sbarra e la consideriamo fissa, nel secondo piano disegniamo la terna delle f.e.m. dell'alternatore ruotante alla velocità relativa fra le due terne stesse.

E' necessario considerare due piani Gauss-Argand diversi in quanto su ogni piano e' possibile riportare solo fasori isofrequenziali.



La figura precedente fotografa un istante ben preciso. In tale istante, verosimilmente, la lampada 1 e' spenta, dato la d.d.p. ai suoi capi e' troppo piccola. Le lampade 2 e 3 sono accese, ma l'intensità luminosa della lampada 3 e' maggiore rispetto a quella della lampada 2.

Per ipotesi, la velocità dell'alternatore e' minore rispetto a quella di sincronismo (a 50 Hz), pertanto la terna delle f.e.m. ruota in senso orario.

Considerando un istante successivo, la lampada 1 si accende, la lampada 2 riduce la propria intensità luminosa e la lampada 3 aumenterà la propria e cosi' via. In pratica si e' creato un sistema a *lampada spenta rotante*.

L'istante in cui bisogna chiudere l'interruttore e' quello in cui la lampada 1 e' spenta e le lampade 2 e 3 hanno la stessa intensità luminosa, dando luogo alla messa in parallelo dell'alternatore.

## Conclusioni

In una centrale elettrica moderna, la messa in parallelo di un alternatore e' governata da un sistema di controllo in grado di decidere l'istante di chiusura dell'interruttore in modo da collegare la macchina stessa alla rete elettrica. Le azioni descritte in questa memoria, pero', non sono inutili, perché sono in grado di spiegare il principio di funzionamento del sistema automatico stesso.

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Edmonddantes:messa-in-parallelo-degli-alternatori>"