



Zeno Martini (admin)

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTORE ASINCRONO

1 January 2004

Un trasformatore con secondario rotante..

L'asincrono può essere assimilato ad un trasformatore: il primario è costituito dagli avvolgimenti di statore, il secondario dagli avvolgimenti di rotore, nel caso di rotore avvolto, o dalla gabbia di scoiattolo.

Come nel trasformatore, il flusso magnetico concatenato con il primario può essere scomposto in un flusso di dispersione, che si concatena con il solo avvolgimento primario, ed un flusso utile, concatenato sia con il primario che con il secondario. Come nel trasformatore, occorre tener conto della resistenza ohmica degli avvolgimenti e delle perdite termiche nel ferro determinate dal flusso alternato per isteresi magnetica e correnti parassite.

Il circuito primario è dunque del tutto simile a quello del trasformatore. Occorre naturalmente osservare che i valori delle grandezze saranno diversi, soprattutto per il fatto che la presenza del traferro, che aumenta significativamente la riluttanza del circuito magnetico, richiede, a parità di flusso una corrente magnetizzante percentualmente molto più elevata.

Per il secondario si può fare un discorso analogo: oltre al flusso utile, in comune con il primario, esiste un flusso disperso che interessa il solo secondario; gli avvolgimenti (o le barre della gabbia) possiedono resistenza ohmica, ma qui, a differenza del trasformatore, la forza elettromotrice indotta ha frequenza e valore variabili in funzione della velocità relativa che il rotore possiede rispetto al campo magnetico rotante, la cui velocità è legata alla frequenza di alimentazione ed al numero di poli dell'avvolgimento primario. La velocità relativa dipende dal carico meccanico resistente applicato all'albero di rotore. Se $n_0 = 60f/p$ è la velocità del campo rotante (in giri/min) ed n la effettiva velocità del rotore, si definisce scorrimento il rapporto $s = (n_0 - n)/n_0$. Il numeratore è la velocità relativa che risulta pertanto uguale a $s \cdot n_0$.

La forza elettromotrice secondaria ha un valore efficace che dipende dallo scorrimento secondo la relazione: $\mathbf{E}_2(\mathbf{s})=\mathbf{s}*\mathbf{E}_2(\mathbf{1})$ avendo indicato con $\mathbf{E}_2(\mathbf{1})$ la forza elettromotrice secondaria che si ha a rotore fermo ($\mathbf{n}=\mathbf{0}$, $\mathbf{s}=\mathbf{1}$).

La frequenza di $\mathbf{E}_2(\mathbf{s})$ è uguale ad $\mathbf{s}*\mathbf{f}$ dove $\mathbf{f}$ è la frequenza della tensione di alimentazione. L'induttanza di dispersione secondaria dà pertanto luogo ad una reattanza funzione dello scorrimento secondo la relazione $\mathbf{X}_2(\mathbf{s})=\mathbf{s}*\mathbf{X}_2(\mathbf{1})$ essendo $\mathbf{X}_2(\mathbf{1})$ la reattanza di dispersione con rotore fermo. La corrente di rotore è dunque funzione dello scorrimento.

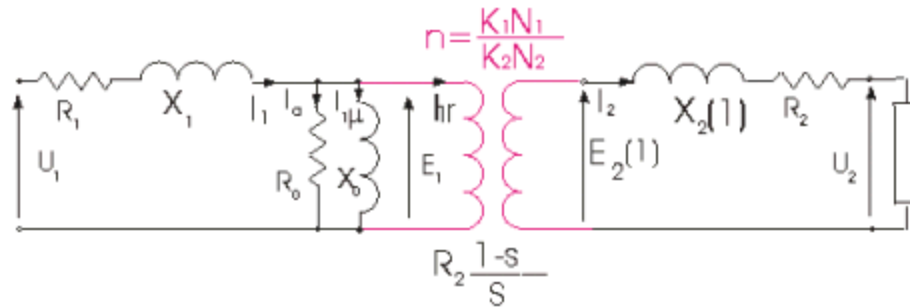
Il circuito equivalente della macchina asincrona è reso formalmente identico a quello del trasformatore, per il quale nel secondario c'è la stessa frequenza del primario, con alcuni artifici matematici:

$$\dot{I}_2(s) = \frac{\dot{E}_2(s)}{R_2 + jX_2(s)} = \frac{s \cdot \dot{E}_2(1)}{R_2 + jsX_2(1)} = \frac{\dot{E}_2(1)}{\frac{R_2}{s} + jX_2(1)} = \frac{\dot{E}_2(1)}{R_2 + R_2 \frac{1-s}{s} + jX_2(1)}$$

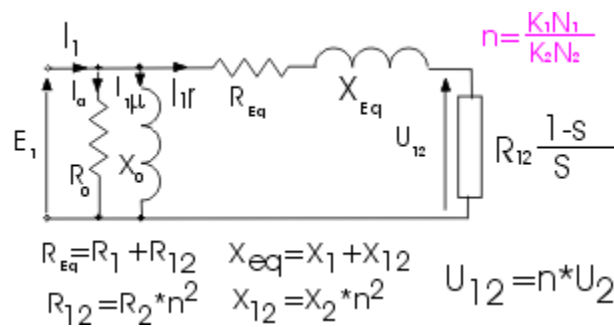
Tutto, allora, nel secondario avviene come se ci fosse un generatore di forza elettromotrice di valore pari ad $\mathbf{E}_2(\mathbf{1})$ e frequenza $\mathbf{f}$ che, attraverso l'impedenza interna secondaria costituita dalla resistenza di rotore $\mathbf{R}_2$ e dalla reattanza di dispersione $\mathbf{X}_2(\mathbf{1})$, alimenta una resistenza ohmica, variabile con lo scorrimento, di valore $\mathbf{R}_2*(\mathbf{1}-\mathbf{s})/\mathbf{s}$. La condizione $\mathbf{s}=\mathbf{1}$ che si ha a rotore fermo, annulla questa resistenza: all'avviamento il motore asincrono è come un trasformatore in condizioni di cortocircuito netto; Per $\mathbf{s}= \mathbf{0}$ (condizione ideale) la resistenza assume valore infinito e ciò corrisponde alla condizione di funzionamento a vuoto del trasformatore. Nella situazione intermedia la resistenza assume un valore finito e la potenza formalmente dissipata in essa, corrisponde alla potenza elettrica trasformata da una fase in potenza meccanica.

Le considerazioni precedenti portano al seguente

Circuito equivalente



CIRCUITO EQUIVALENTE SEMPLIFICATO



La figura riporta il circuito equivalente semplificato.

Le grandezze secondarie sono riportate al primario moltiplicando reattanze e resistenze per il quadrato del rapporto di trasformazione.

Il parallelo R_0 , X_0 dovuto alla corrente a vuoto è posto direttamente ai capi della tensione di alimentazione.

I valori delle grandezze che si ottengono per il regime della macchina con questo circuito sono meno precisi ma, in prima approssimazione, accettabili.

I parametri del circuito si determinano con la prova a vuoto e la prova con rotore bloccato.

PROVA A VUOTO (rotore libero di ruotare).

Si misurano U_0 , P_0 , I_0 e si ricavano

$$R_0 = U_0^2 / P_0$$

$$X_0 = U_0^2 / Q_0$$

con

$$Q_0 = ((1,73 * U_0 * I_0)^2 - P_0^2)^{1/2}$$

PROVA A ROTORE BLOCCATO.

Si misurano U_{cc} , P_{cc} , I_n e si ricavano

$$R_{eq} = P_{cc} / 3 * I_n^2$$

$$X_{eq} = Q_{cc} / 3 * I_n^2$$

con

$$Q_{cc} = ((1,73 * U_{cc} * I_n)^2 - P_{cc}^2)^{1/2}$$