



Giovanni Schgör (g.schgor)

MODELLO MATEMATICO DEL MOTORE ASINCRONO

3 April 2015

Il titolo è quello di un recente [argomento](#) del Forum di EY.

Come spesso accade, il thread si è interrotto per la mancanza di partecipazione di chi aveva posto la domanda, ma ritenendo di interesse generale il modello di un motore asincrono trifase (MAT), riporto qui le conclusioni.

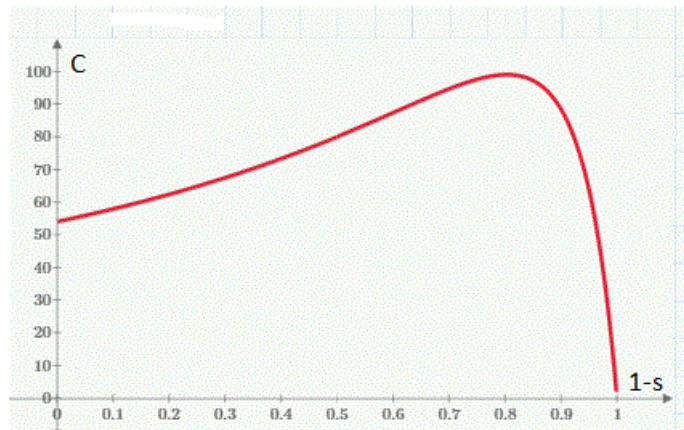
Le basi teoriche del modello sono ampiamente illustrate in [questa](#) pubblicazione universitaria a cui si rimanda per i dettagli.

Caratteristica Coppia%-Scorrimento

Assumendo di conoscere i parametri relativi ad un dato motore (si è scelto come esempio un motore a 4 poli, tensione nominale $V = 400V$ e coppia massima $C_{Max} = 8 \text{ Nm}$ a 50 Hz), si è tracciata la curva oppia-scorrimento con la seguente formula:

$$C = K \cdot \frac{\frac{R_{21}}{s}}{(R_1 + \frac{R_{21}}{s})^2 + X_T^2}$$

con $R_1=0.1$, $R_{21}=0.02$, $X_T=0.02$ e $K=3.217$ (moltiplicato per $100/8$ per avere C in %).
ottenendo la tipica curva dei MAT:



Si noti che la curva è ribaltata verticalmente ($1-s$, invece di s) per rendere più facile l'interpretazione:

0 (per $s=1$) rappresenta il motore fermo e 1 ($s=0$) rappresenta il sincronismo.

Caratteristica Coppia-Velocità angolare

Nella pratica è però più utile il tracciamento della coppia C (Nm) in funzione della velocità angolare N , normalmente espressa in g/min.

Per queste trasformazione si ricorre alla definizione di scorrimento: $s = \frac{N_0 - N}{N_0}$

con $N_0 = 60 \cdot \frac{f}{p}$ (velocità di sincronismo)

dove f è la frequenza di alimentazione e p il numero di *coppie* di poli.

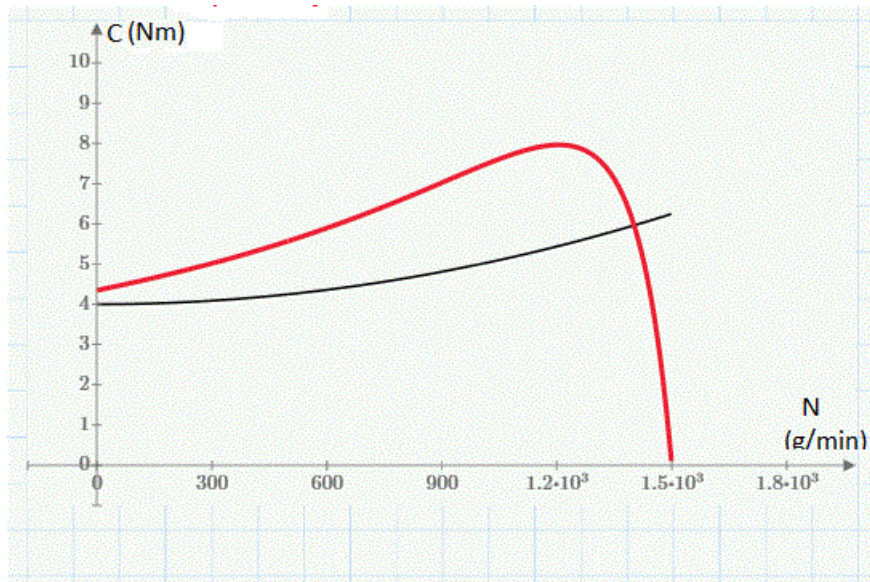
Nel caso considerato (50 Hz e 4 poli) si ha quindi $N_0 = 1500$ g/min.

A questo punto è utile tracciare anche l'andamento della coppia resistente C_r normalmente crescente esponenzialmente con la velocità.

Supponendo che tale andamento sia rappresentabile da

$$C_r = 4 + \left(\frac{N}{1000}\right)^2,$$

ecco il tracciamento delle due curve:



Il risultato è immediato: con quel carico il motore ruoterà a 1400 g/min con una coppia di 6 Nm, quindi la potenza utile è: $P = C \cdot \omega = C \cdot N \cdot \frac{2\pi}{60} = 880$ (W).

Effetto della variazione di frequenza

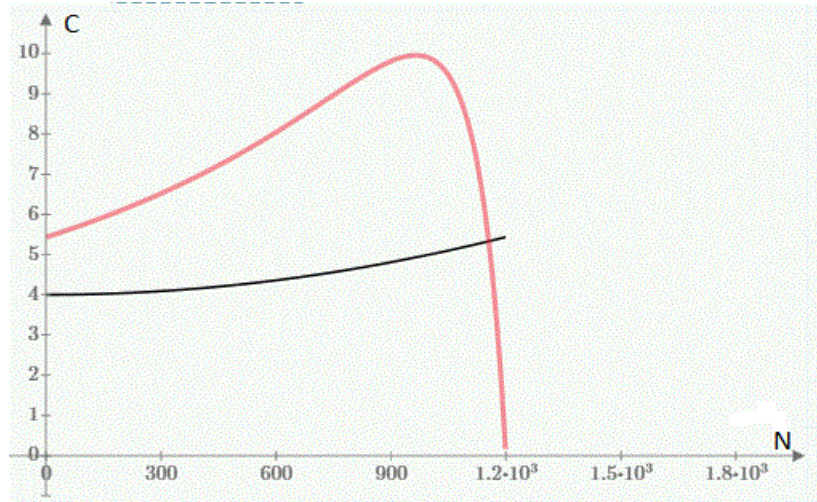
Abbiamo visto il comportamento del motore a 50Hz, ma se alimentiamo il motore con un inverter a frequenza variabile cosa dobbiamo aspettarci?

Abbiamo già visto che la velocità di sincronismo N_0 dipende dalla frequenza, ma anche K dipende da questa.

Per la verità, K dipende anche dalla tensione di alimentazione e la relazione è:

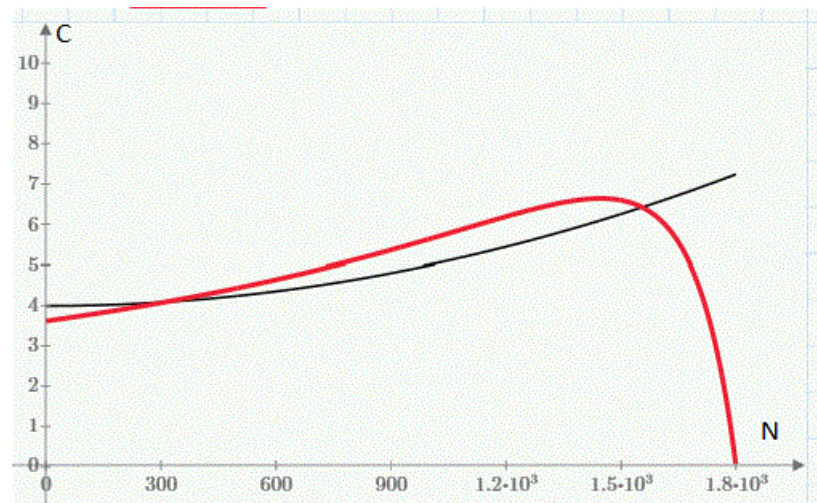
$$K = K(50) \cdot \frac{50}{f} \cdot \left(\frac{V}{400}\right)^2$$

Mantenendo la tensione al valore nominale di 400V, variamo solo la frequenza, esaminando ad es. come varia la caratteristica a **40 Hz** :



La coppia massima è salita a 9 Nm, mentre la velocità di sincronismo è scesa a 1200 g/min, comportando ovviamente una diversa velocità di lavoro del carico.

Ecco invece la caratteristica a **60 Hz**:



La coppia massima è scesa a 7 Nm mentre la velocità di sincronismo è salita a 1800 g/min e la condizione di lavoro è giunta quasi al massimo.

Altra osservazione importante è che a 60 Hz la coppia motrice di spunto è inferiore a quella resistente iniziale (quindi il motore non si avvierebbe).

Strategie di controllo

Dalle poche osservazioni fatte si capisce come sia possibile con inverter a frequenza variabile prefissare il punto di lavoro del motore, cioè in pratica prefissare la velocità. Si tratta di trovare la frequenza che a quella velocità fornisce la coppia motrice uguale alla resistente.

Si è anche visto che è opportuno far partire il motore con frequenza bassa (maggior coppia di spunto) e poi elevare la frequenza (maggior velocità).

Aggiungendo anche il controllo della tensione si possono avere accelerazioni più "dolci" e limitazioni di coppia.

Si evidenzia il fatto che la differenza della coppia motrice fornita ad una certa velocità e la coppia resistente costituisce la coppia accelerante del motore per raggiungere la velocità di lavoro.

Per approfondimenti in questo senso, segnalo [questa pubblicazione](#) che illustra bene i vari aspetti del controllo di un MAT.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:G.schgor:modello-matematico-del-motore-asincrono>"