



Zeno Martini (admin)

CARATTERISTICA MECCANICA, TEMPO D'AVVIAMENTO, REGIME

1 January 2002

L'Applet

Avvertenza

E' bene subito precisare che l'applet ha uno scopo puramente didattico. Il tracciamento della caratteristica meccanica considera tutti i parametri circuitali costanti al variare del numero di giri, cosa che non è così in effetti.

L'intenzione è di mostrare visivamente e qualitativamente l'impostazione dei calcoli, non di fornire uno strumento universale valido per ogni tipologia di motore. Si considera ad esempio solo la gabbia semplice, non una doppia gabbia che modifica radicalmente la caratteristica meccanica.

Per calcoli validi occorrerà considerare la caratteristica reale del motore fornita dal costruttore.

Lo scopo dell'applet prodotta da Electroportal.net è di valutare le caratteristiche di avviamento e di funzionamento a regime di un motore asincrono, a vuoto ed a carico. Essa fa seguito a numerose domande di utenti del sito su come determinare il tempo di avviamento, sulla differenza esistente tra il collegamento a stella ed a triangolo nel funzionamento a regime, su come utilizzare la caratteristica meccanica in generale.

L'applet traccia la caratteristica meccanica (area rosa) del motore alimentato a 50 Hz di cui sono forniti i dati, modificabili, nei campi di testo; calcola coppia nominale, coppia massima, coppia e corrente d'avviamento e le correnti assorbite nel punto (segnato con un quadratino verde) di **funzionamento stabile** (tratto dalla caratteristica a destra del massimo), punto in cui la caratteristica meccanica del motore interseca la caratteristica resistente del carico. L'ipotesi è di motore normale, quindi con una caratteristica di classe A (coppia e corrente di spunto normali e basso scorrimento che corrisponde ad un rotore a gabbia singola di bassa resistenza). Nei calcoli si considera il circuito equivalente semplificato. I parametri resistivi ed induttivi sono considerati costanti al variare dello scorrimento.

Il carico è inizialmente nullo e si considera nulla anche la coppia di attrito meccanico: il punto di funzionamento è dunque quello che corrisponde alla velocità di sincronismo.



Tracciamento della coppia resistente di un carico qualsiasi

Scopo principale dell'applet è però vedere il comportamento del motore quando all'albero è applicato un carico.

Un click sotto il livello della Coppia di avviamento traccia una coppia di carico costante. Per inserire una caratteristica di un carico qualsiasi, portare il puntatore del mouse all'interno dell'area rosa, premere il pulsante sinistro, e trascinare il mouse verso destra fino ad intersecare la caratteristica meccanica del motore, quindi rilasciare il pulsante: viene tracciata, in giallo, la caratteristica del carico. Sono allora ricalcolati coppia media accelerante (CA) (area rosa - area gialla) ed il tempo di avviamento (t_a), nonché tutte le grandezze del funzionamento a regime: corrente assorbita (I), coppia erogata (C), potenza erogata (P), potenza assorbita (Pa), velocità (n).

Il tempo di avviamento (t_a), in secondi, è calcolato in base al momento di inerzia totale (motore + carico) $J = J_m + J_c$, valori forniti, rispettivamente, dal costruttore del motore e della macchina operatrice (carico) ed alla caratteristica di carico. Se non si dispone di questi dati, per orientarsi si consideri che il J_m di un servomotore da 22 kW è di circa $0,155 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, quello di un motore da 2,2 kW, di $0,0057 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Il momento di inerzia è il prodotto della sua massa M per il quadrato di una opportuna distanza d dal centro di rotazione: $J = M \cdot d^2$. Ad esempio per un cilindro cavo di raggio R e di spessore s piccolo rispetto ad R, la distanza è proprio R, per cui se $M = 100 \text{ kg}$ ed $R = 50 \text{ cm}$, $J = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Se, come in genere avviene, si utilizza un accoppiamento con un rapporto di velocità $K = N_m / N_c$, il momento di inerzia effettivo del carico va diviso per il quadrato di tale valore, quindi sommato a J_m . In definitiva: $J = J_m + J_c / K^2$. Con i precedenti valori numerici se il rapporto di velocità $K = 5$, e se il momento d'inerzia del motore è $0,025$, il momento di inerzia totale è $J = 0,025 + 25 / 25 = 1,025 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

Riepilogando, i dati modificabili nei campi testo sono:

1. **Un**: tensione nominale (V)
2. **Pn**: Potenza meccanica nominale, (kW)
3. **n**: numero di giri nominali in giri al minuto (rpm)
4. **f.p.**: il fattore di potenza
5. **h%**: rendimento
6. **io%**: il valore percentuale della corrente a vuoto
7. **po%**: le perdite percentuali a vuoto
8. **J** : il momento di inerzia in ($\text{Kg}\cdot\text{m}^2$)

Premendo il pulsante OK i dati eventualmente modificati sono accettati e viene ridisegnata la caratteristica meccanica. Si devono inserire dati attendibili, quelli di un motore reale, quindi provare piccole variazioni di qualcuno per vedere le conseguenze.

I dati nominali del motore sono riferiti a funzionamento con collegamento a triangolo degli avvolgimenti di statore.

Premendo il pulsante ->Y gli avvolgimenti del motore sono collegati a stella. Il motore funziona a tensione ridotta secondo il fattore 1,73 (radice quadrata di tre). La caratteristica meccanica, è tracciata sempre in rosa, mentre in cyan continua ad essere visualizzata la caratteristica del motore con gli avvolgimenti a triangolo (piena tensione). La coppia, variando con il quadrato della tensione applicata agli avvolgimenti, si riduce ad 1/3 di quella nominale. Gli avvolgimenti di statore sono percorsi, a parità di scorrimento, da una corrente pure ridotta ad 1/3. Nel campo testo della corrente è mostrata la corrente nominale dell'avvolgimento, che ora è la corrente di linea: corrisponde a quella di linea del motore collegato a triangolo diviso la radice di tre.

Si può osservare che, se si traccia una caratteristica meccanica identica, con il collegamento a piena tensione e con il collegamento a stella, in quest'ultimo il motore avrà un punto di funzionamento a scorrimento più elevato e la corrente può superare il valore nominale dell'avvolgimento. Si veda in proposito in il [quesito della rubrica D&R](#).

Osservazioni

La corrente nominale è calcolata. Sono necessari i valori del rendimento che può variare dal 75% (motori di piccola potenza) al 95% (motori di grande potenza) ed il fattore di potenza nominale che può andare da 0,7 a 0,94 sempre andando da motori di piccola a quelli di grande potenza. Reattanza e resistenza longitudinali (resistenza avvolgimenti di statore e di rotore, reattanze di dispersione) sono determinate in base ai dati introdotti. Se questi non sono realistici, i parametri del circuito equivalente assumono valori impossibili e la caratteristica meccanica aspetto e valori improbabili. Occorre tener presente che il circuito equivalente è calcolato in base ai dati. Se

ad esempio si diminuisce la tensione e si dà l'OK, mantenendo inalterati tutti gli altri dati si noterà un aumento della coppia massima, cosa che appare sorprendente, poiché sappiamo che la coppia varia con il quadrato della tensione, quindi dovrebbe diminuire. Ciò è vero se i parametri del circuito equivalente sono costanti. In questo caso invece, avendo mantenuto costante la corrente, l'applet ha calcolato i parametri in modo da avere una impedenza longitudinale ridotta che fa aumentare la coppia massima più di quanto la tensione l'abbia fatta diminuire.

Se non si dispone dei valori di $i0\%$ e $p0\%$ ci si può orientare tenendo presente che $i0\%$ può andare dal 30% per motori di qualche kW al 15 % di motori superiori ai 100 kW, mentre $p0\%$ può essere del 10% per motori di qualche kW e dell'2% per motori di 100 kW. Se si pongono uguali a zero i due valori (basta uno, l'altro è azzerato automaticamente) il circuito equivalente comprende solo i parametri longitudinali. Si possono anche azzerare (è sufficiente azzerarne uno dei due): in questo caso il circuito di riferimento è quello ulteriormente semplificato, che considera i soli parametri longitudinali.