



Zeno Martini (admin)

REGOLAZIONE VELOCITÀ MCC

14 June 2004

Equazioni a regime stazionario

La macchina con eccitazione indipendente è la più usata negli azionamenti. L'eccitazione può essere ottenuta con magneti permanenti o con avvolgimento di eccitazione. Con i magneti permanenti si ottengono induzioni al traferro dell'ordine di 0,6 tesla . Valori superiori dell'induzione si hanno con l'avvolgimento percorso da corrente continua.

A regime la coppia motrice elettromagnetica, C_{em} è uguale alla totale coppia resistente C_R che comprende la coppia del carico applicato all'albero e la coppia d'attrito, C_{att}

$$C_{em} = C_R + C_{att}$$

mcc. 1

La coppia elettromagnetica è data da

$$C_{em} = K_w \cdot F \cdot I$$

mcc. 2

dove $K_w = \frac{pN}{2pa}$ è una costante dipendente dai parametri costruttivi (N: numero conduttori d'armatura, p: coppie polari d'eccitazione, a: coppie di vie interne dell'avvolgimento d'armatura) mentre F è il flusso magnetico di eccitazione.

La forza controelettromotrice E del motore, se ed ω la sua velocità angolare, è data da

$$E = K_w \cdot F \cdot \omega$$

mcc. 3

Per il circuito d'armatura avente resistenza R_i ed alimentato con tensione continua U si ha

$$U = E + R_i \cdot I = K_w \cdot F \cdot \omega + R_i \cdot I$$

mcc. 4

Ricavando da mcc.2 la corrente

$$\mathbf{I} = \mathbf{C}_{em} / \mathbf{K}_E, \text{ avendo posto } \mathbf{K}_E = \mathbf{K}_w \cdot \mathbf{F}$$

e sostituendola in mcc.4 si ha

$$\mathbf{w} = \mathbf{w}_0 - \mathbf{H} \cdot \mathbf{C}_{em}$$

mcc. 5

dove

$$\mathbf{w}_0 = \mathbf{U} / \mathbf{K}_E ; \mathbf{H} = \mathbf{R}_i / \mathbf{K}_E^2$$

mcc. 6

\mathbf{w}_0 rappresenta la velocità teorica a vuoto alla tensione U, cioè la velocità che si ha quando all'albero non è applicato alcun carico, nell'ipotesi che siano nulli gli attriti: $\mathbf{C}_R + \mathbf{C}_{att} = 0$.

\mathbf{H} è la costante che dipende dai parametri costruttivi della macchina: resistenza di indotto, numero dei conduttori, numero di poli, numero di vie interne, e dal flusso di eccitazione: quest'ultimo, costante per macchine con magneti permanenti, si può variare nelle macchine dotate di avvolgimento di eccitazione (o di campo) .

Quando $\mathbf{w} = 0$, cioè il rotore è fermo la \mathbf{C}_{em} assume il suo massimo valore che è la Coppia di avviamento a quella tensione

$$\mathbf{C}_{avv} = \mathbf{w}_0 / \mathbf{H} = (\mathbf{U} / \mathbf{K}_E) \cdot \mathbf{K}_E^2 / \mathbf{R}_i = (\mathbf{U} / \mathbf{R}_i) \cdot \mathbf{K}_E = \mathbf{I}_{avv} \cdot \mathbf{K}_E$$

mcc. 7

La corrente di avviamento, $\mathbf{I}_{avv} = \mathbf{U} / \mathbf{R}_i$, dipende esclusivamente dalla resistenza dell'avvolgimento d'armatura, oltre che dalla tensione, per cui assume valori elevati, anche parecchie decine di volte il valore della corrente nominale.

Caratteristica meccanica

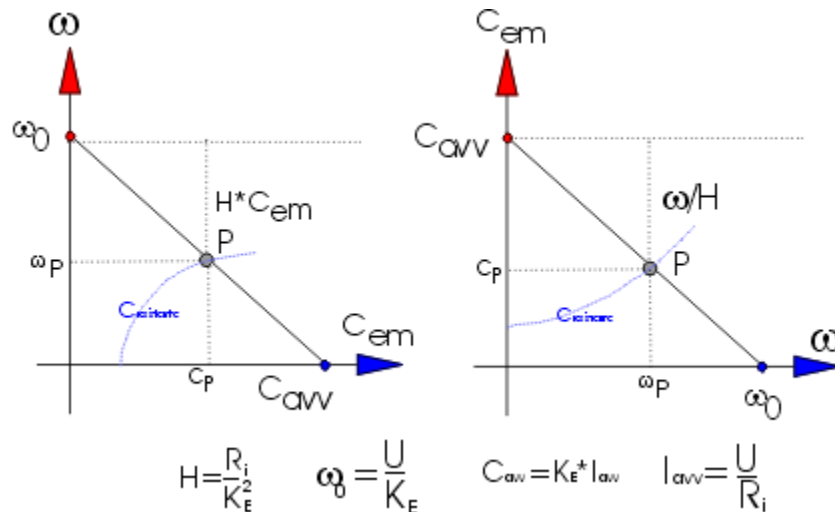
La caratteristica meccanica è il legame esistente tra la coppia motrice e la velocità di rotazione. Essa è dunque corrispondente all'equazione mcc.5, velocità in funzione della coppia. Si può ricavare l'andamento della coppia in funzione della velocità:

$$\mathbf{C}_{em} = \mathbf{C}_{avv} - \mathbf{w} / \mathbf{H}$$

mcc. 8

La fig. 1 mostra i grafici corrispondenti alle m.c.c. 5 ed m.c.c. 8, che rappresentano la caratteristica meccanica, per una data tensione di alimentazione e per un determinato flusso di eccitazione ad esempio i valori nominali U_n e F_n , valori per cui la macchina è dimensionata.

La coppia decresce al crescere della velocità. Nei due diagrammi è riportata anche la caratteristica di un ipotetico carico con coppia resistente crescente al crescere della velocità. Il punto P di intersezione rappresenta il funzionamento a regime.



Regolazione della velocità

Le equazioni considerate sono valide quando tensione di alimentazione, eccitazione e coppia resistente non variano nel tempo o lo fanno molto lentamente. Lentamente significa in tempi molto maggiori delle costanti di tempo elettriche e meccaniche del sistema che determinano la durata del passaggio da un regime stazionario ad un altro.

La caratteristica meccanica cambia modificando la tensione d'armatura, ed il flusso di eccitazione, quando ciò è possibile. Trattandosi di una retta essa è individuata dalla velocità a vuoto e dalla coppia di avviamento, le intercette sugli assi velocità e coppia. Entrambe sono proporzionali alla tensione d'armatura. Variandola con eccitazione costante, si ottiene una famiglia di rette parallele in quanto le intercette si spostano sugli assi coordinati di quantità ad essa proporzionali. Se si modifica il flusso di eccitazione, quindi K_E , quindi I_e corrente dell'avvolgimento di eccitazione, e si mantiene costante la tensione, la coppia di avviamento è proporzionale a K_E mentre la velocità a vuoto è inversamente proporzionale a K_E . Nella fig. 2 sono mostrati i due casi.

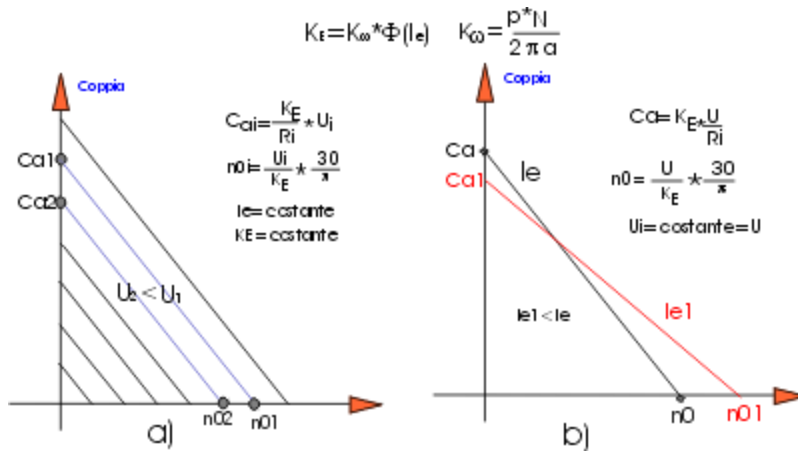


fig. 2

NB: nella figura le velocità sono in giri/min (rpm), (simbolo usato n). Si ricorda che la relazione che lega i giri al minuto alla velocità angolare (rad/s) è: $\omega = 2\pi n/60$.

La modifica della caratteristica meccanica ottenuta intervenendo sulle grandezze elettriche U ed I_e è fondamentale nella regolazione della velocità. Nella fig. 7 sono illustrati i criteri di regolazione ed i limiti entro cui essa avviene.

Generalmente da motore fermo alla velocità nominale n_n si attua una regolazione con l'eccitazione costante pari alla nominale, quindi K_E costante, e tensione variabile da 0 ad U_n . Oltre la velocità nominale, si mantiene costante la tensione, pari al valore nominale, mentre si diminuisce la corrente di eccitazione.

Nel primo caso la regolazione è a coppia disponibile costante pari alla coppia nominale: $C_n = K_E \cdot I_n$. La corrente assorbita a regime ad ogni tensione dipende dal carico e, per il buon funzionamento del motore, non può essere superiore alla corrente nominale.

Nella fig. 3 è rappresentato un carico di coppia resistente costante C_r inferiore alla nominale C_n .

Nei punti di funzionamento 1,2,3, intersezioni della caratteristica del carico con le caratteristiche meccaniche del motore per le tensioni crescenti U_1, U_2, U_3 , e corrente di eccitazione costante pari al valore nominale, le rispettive velocità sono n_1, n_2, n_3 .

La potenza erogata, prodotto della coppia per la velocità, aumenta proporzionalmente alla velocità ed è rappresentata dalla retta passante per l'origine di equazione è $P_r = C_r \cdot \omega$. La retta rossa partente dall'origine, corrispondente a $C_n \cdot n$, rappresenta il limite di potenza. Il limite della coppia è rappresentato dalla retta orizzontale verde $C = C_n$.

Quando, aumentando la tensione la velocità supera la nominale, occorre diminuire l'eccitazione (deflussaggio). I punti di funzionamento in tale zona, 4,5,6, (colore

magenta) sono rappresentati dalle intersezioni delle caratteristiche meccaniche tracciate per tensione costante pari alla nominale e per correnti di eccitazione decrescenti I_{ea}, I_{eb}, I_{ec} . Sopra la velocità nominale il limite della potenza P_n è rappresentato dalla retta orizzontale (rossa): in tale zona la coppia massima disponibile decresce proporzionalmente alla velocità (curva verde). Con la coppia resistente C_r la potenza nominale si ha alla velocità n_5 con corrente di eccitazione I_{eb} e tensione nominale. Il carico C_r può essere azionato fino alla velocità n_6 . Velocità superiori si possono avere solo per carichi con coppia resistente inferiore. Problemi di commutazione e di sollecitazioni meccaniche pongono un limite alla velocità massima ottenibile, n_{MAX} . E' importante osservare che un'interruzione dell'eccitazione, annullando il flusso, produrrebbe velocità inammissibili.

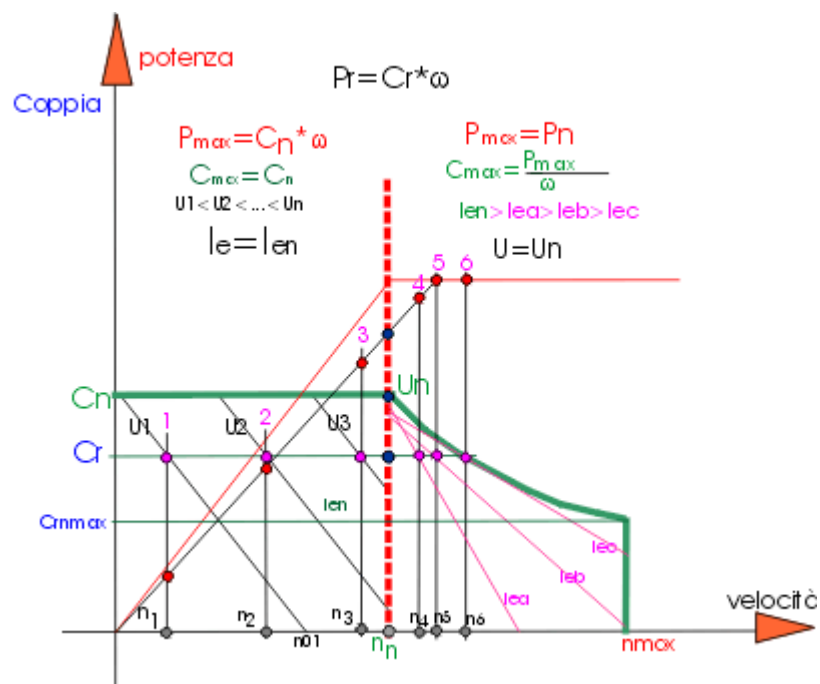


fig. 3