

La Frenatura elettrica Reostatica

Bornicchia Andrea

Come è noto, la naturale reversibilità delle macchine elettriche favorisce, nei sistemi a propulsione elettrica, la frenatura elettrica: l'energia meccanica è convertita in elettrica e poi dissipata su reostati (frenatura reostatica) o addirittura reimmessa nella linea di contatto, affinché venga assorbita da altri veicoli in trazione o dal sistema di alimentazione della linea di contatto stessa (frenatura elettrica a recupero).

Nella seguente descrizione faremo soltanto una analisi elettrotecnica breve alla frenatura reostatica dei motori in c.c. eccitati in serie.

Frenatura reostatica dei motori in c.c. eccitati in serie

Le equazioni fondamentali della macchina in c.c. sono:

$$\begin{cases} C = k\Phi I \\ E = k\Phi \Omega \end{cases}$$

Equazione 1

Queste equazioni sono da considerarsi valide in grandezza e segno; se ad es. si inverte la velocità angolare del motore Ω ma si fa in modo che il segno della corrente che percorre gli avvolgimenti di campo e di armatura rimanga invariato si invertirà il transito della potenza in quanto si inverte il segno del prodotto $P=C\Omega$ per via dell'inversione di Ω e quello del prodotto $P=EI$ per via dell'inversione del segno di E . Pertanto, come in tutti i casi in cui si scrivono relazioni valide in grandezza e segno, esse vanno utilizzate fissando dei versi di riferimento convenzionali in modo che quando le grandezze sono concordi con esse il corrispondente valore numerico è positivo. Si considerino convenzionalmente positivi i versi riportanti nella fig. 37 a), e si immagini che essi siano tali che rispetto ad essi, nel funzionamento da motore, le grandezze che compaiono nella (1) sono tutte positive. Nel caso di macchina ad eccitazione in serie queste equazioni diventano, posto $k_1 = k\Phi$

$$\begin{cases} C = k_1 I^2 \\ E = k_1 I \Omega \end{cases}$$

Equazione 2

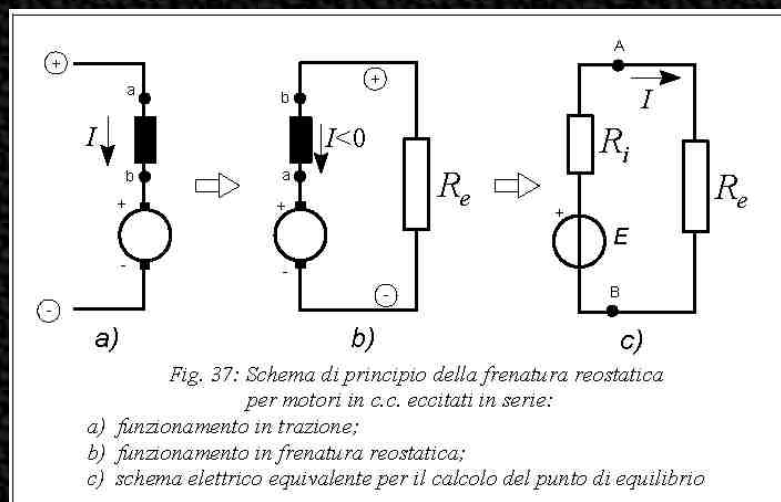
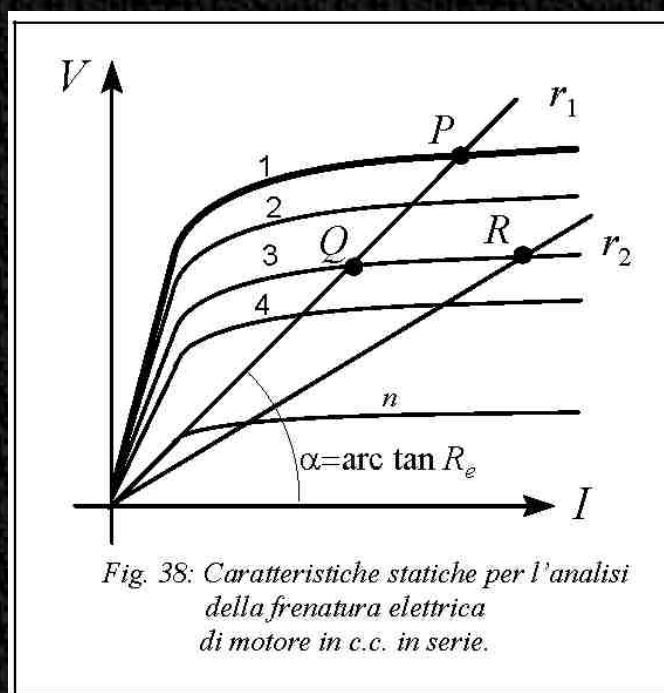


Fig. 37: Schema di principio della frenatura reostatica per motori in c.c. eccitati in serie:

- a) funzionamento in trazione;
- b) funzionamento in frenatura reostatica;
- c) schema elettrico equivalente per il calcolo del punto di equilibrio

Per passare dal funzionamento come motore al funzionamento in frenatura, fermo restando il senso di rotazione, è necessario che la coppia C cambi di segno. Questo può essere ottenuto soltanto agendo sul segno della costante k_1 , la quale dipende dal senso delle connessioni dell'avvolgimento di eccitazione. Si può quindi procedere come schematicamente rappresentato in fig. 37: intendendo di aver marchiato i due morsetti dell'avvolgimento di eccitazione con i simboli a e b , prima di connettere il motore al reostato di frenatura l'avvolgimento di eccitazione viene disconnesso dal circuito e riconnesso in posizione opposta a quella precedente. L'inversione del segno di k_1 provoca l'inversione del segno della coppia C , e quindi della potenza $C\omega$ ma non della f.e.m. E , in quanto oltre al k_1 , nell'attuazione della frenatura reostatica secondo lo schema riportato in figura si ha anche l'inversione del segno della corrente I . La potenza elettrica quindi, essendo pari a EI , si inverte, in quanto il segno di E rimane invariato mentre cambia quello di I . Il motore quindi invece di assorbire potenza la eroga sul resistore R_e . Il funzionamento dello schema di fig. 37 b) può essere compreso considerando il circuito equivalente elettrico, rappresentato nella fig. 37 c) nella quale, solo per ragioni pratiche, si è invertito segno di riferimento dalla corrente



Il punto di funzionamento di equilibrio di questo circuito può essere ottenuto dall'intersezione delle caratteristiche statiche VI rispettivamente della parte di circuito a valle e a monte della coppia di morsetti A-B: la prima, caratterizzata staticamente dal solo resistore di frenatura R , è una retta di pendenza R passante per l'origine. La seconda è invece la caratteristica magnetica della macchina in c.c. Si ha quindi la situazione schematizzata nella fig. 38. Una volta effettuata l'inversione dei collegamenti per la presenza del magnetismo residuo la macchina si autoeccita e si porta al punto di funzionamento P (si intende che la caratteristica 1 di figura sia quella relativa alla velocità del motore ω_0 all'inizio della frenatura). Questo comporta la presenza di una coppia resistente pari a (trascurando le perdite all'interno della macchina) $C_r = VI/\omega_0$ che causa un rallentamento del veicolo, con conseguente riduzione di ω e relativo abbassamento della caratteristica $V-I$ a monte di A-B. Ci si sposterà quindi progressivamente sulle caratteristiche indicate in figura con 1, 2, 3, ecc. fino al raggiungimento della caratteristica n , in corrispondenza della quale la frenatura elettrica perde efficacia, ed è necessario procedere con la frenatura combinata e poi quella ad aria compressa. Per avere una maggiore efficacia della frenatura ad un certo punto, ad esempio il punto Q in figura, commutare il carico su un valore minore di resistenza in modo che il punto di lavoro giaccia su una retta di pendenza minore, ad esempio la retta r_2 in figura, cosicché la frenatura procede come prima, ma con potenze aumentate rispetto a quelle ottenibili usando la retta r_1 .