

Fonte immagini: dle

Recuperare l'energia durante la frenata per ricaricare la batteria. Sembra una buona idea e funziona senza problemi nei veicoli ibridi ed elettrici. Tuttavia, mantenere il campo dello statore per generare un campo magnetico per l'induzione sembra inizialmente complicato, poiché la corrente dovrebbe fluire sia dall'inverter al motore elettrico, sia viceversa. Riflettendo però sul funzionamento del motore elettrico, si capisce che non è affatto necessario.

Forza contro-elettromotrice

L'induzione si verifica quando un magnete si muove in una bobina. Ciò richiede un campo magnetico, un conduttore e un movimento (rotatorio). Quando una macchina trifase inizia a ruotare, la frequenza e quindi la velocità sono inizialmente basse. Il campo magnetico si sviluppa intensamente e la macchina genera una coppia elevata. Per mantenere la coppia, il campo magnetico e la corrente devono rimanere costanti. A tal fine, è necessario aumentare la tensione applicata. Perché è necessario? Da un lato, l'autoinduzione aumenta con l'aumentare della frequenza, dall'altro, il campo magnetico dei magneti permanenti (PSM) attaccati al lato del rotore o del rotore a gabbia di scoiattolo (ASM) interseca anche le bobine di eccitazione dello statore e induce una tensione.

Questa tensione indotta è chiamata back EMF (back electromotive force). Il termine "contro" indica che questa tensione indotta contrasta l'effetto della tensione applicata e la indebolisce. Maggiore è la velocità, più forte diventa la back EMF. Se la tensione applicata non viene più aumentata, inizia la fase di indebolimento del campo (nota anche come intervallo di indebolimento del campo - fig. 1b). La back EMF diventa sempre più forte, indebolendo così la tensione effettiva negli avvolgimenti di eccitazione. Se quest'ultima diventa più debole, anche la corrente diminuisce e con essa il campo magnetico e la coppia. Se la velocità continua ad aumentare, arriverà il momento in cui la contro tensione raggiungerà il valore della tensione applicata e la corrente scenderà quindi a zero. Ciò significa che il motore ha raggiunto la sua velocità massima. Il progettista può determinare questa velocità e progettare il motore elettrico di conseguenza. Tuttavia, questo intervallo può essere impostato anche elettronicamente. Se a questo punto il motore elettrico venisse ulteriormente azionato, la forza contro-elettromotrice continuerebbe ad aumentare, ma la tensione applicata non potrebbe più seguirlo. Si genererebbe quindi una corrente inversa, ossia una corrente di recupero o di carica.

Mappa operativa

Nella figura 1b sono rappresentati i quadranti uno e quattro del diagramma a quattro quadranti. Questi sono i quadranti in cui la macchina gira in avanti. Nella parte superiore dell'immagine (primo quadrante), la macchina elettrica funziona come motore. In questo campo, la velocità e la coppia hanno la stessa direzione (fig. 1d) e la tensione applicata (fig. 1e - gialla) è maggiore della contro tensione elettromotrice EMF (verde). Di conseguenza, rimane una tensione risultante (grigia) che mantiene la coppia e permette di trainare il veicolo. Nel motore (fig. 1f) agisce un angolo di carico positivo. Questo aumenta naturalmente se la tensione applicata viene aumentata alla stessa velocità. Poiché anche la back EMF dipende dalla velocità, non cambia in modo significativo e quindi la coppia può essere aumentata, il che si traduce anche in un maggiore angolo di carico. Inoltre, il punto di funzionamento nel primo quadrante della mappa operativa si sposta verso l'alto, più vicino alla linea di pieno carico. Se poi aumenta anche la velocità, il punto si sposta anche verso destra. La corrente scorre secondo il diagramma della fig. 1a. La tensione della batteria attraverso il convertitore DC-DC, dove viene portata al livello previsto. Quest'ultima viene nuovamente livellata nel condensatore del circuito intermedio e la corrente fluisce attraverso uno degli IGBT positivi verso la macchina e ritorna alla batteria tramite un'altra linea, attraversando un IGBT negativo, un condensatore del circuito intermedio e un convertitore DC-DC.

Se il conducente riduce il carico o il veicolo si trova in discesa, la velocità o il regime del motore aumentano a parità di carico. Questo significa che la lunghezza della freccia gialla diminuisce o rimane invariata, mentre quella verde aumenta, portando le due tensioni ad annullarsi improvvisamente in un punto di funzionamento specifico. Ciò significa che la corrente non scorre più attraverso gli avvolgimenti dello statore e non si formano né campo magnetico né coppia. La velocità è ancora presente, ma la coppia è zero e nell'immagine del motore gli avvolgimenti dello statore sono diseccitati. Naturalmente le linee di campo del rotore esistono ancora e tagliano gli avvolgimenti dello statore e inducono la back EMF.

Se il gradiente diventa più ripido, la tensione applicata diminuisce, mentre la forza contro-elettromotrice rimane la stessa. Nello statore la corrente scorre nella direzione opposta (i punti e le croci nelle linee vengono invertiti - fig. 1d) e la coppia agisce ora contro il senso di rotazione. Il veicolo decelera e l'energia elettrica viene recuperata o rigenerata. Poiché la corrente di recupero non può ritornare attraverso gli IGBT passa attraverso i diodi di protezione degli stessi, che risultano essere collegati come diodi raddrizzatori.

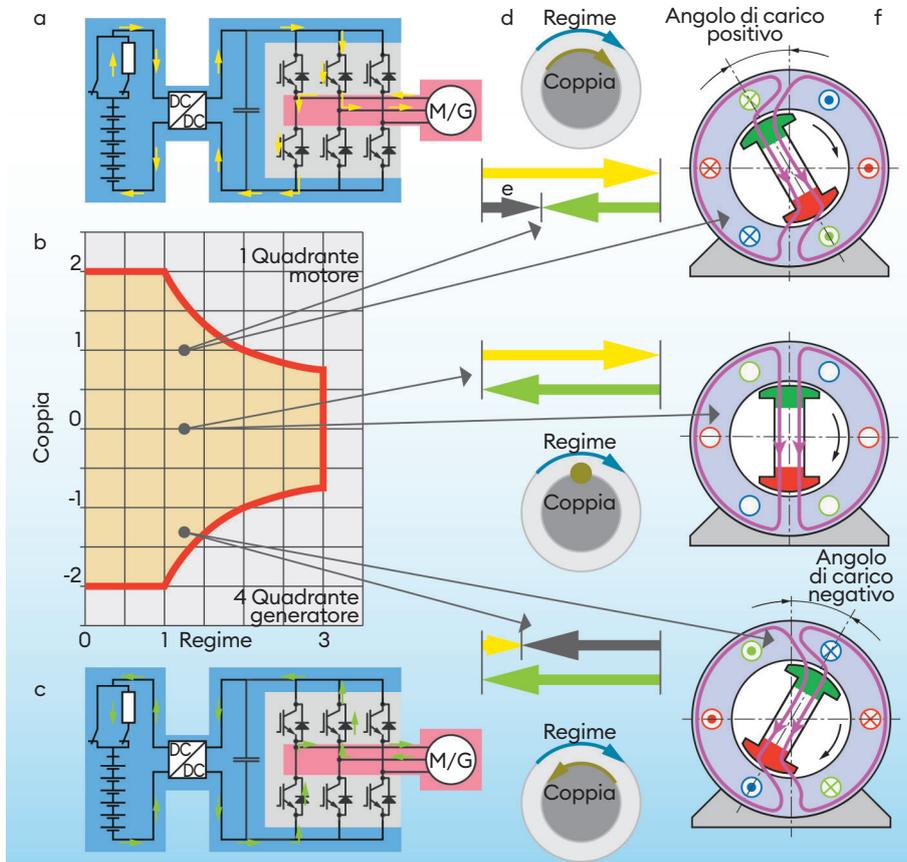


Fig. 1: alcuni fattori che interagiscono sulle caratteristiche di funzionamento dei motori elettrici; a e c: circuiti elettronici di potenza comprendenti motori elettrici - b 1 e 4: quadranti del diagramma a quattro quadranti - d: circuiti regime-coppia - e: vettori di tensione / tensione applicata in giallo / EMF in verde / tensione risultante in grigio - f: motori elettrici con angoli di carico.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch

DERENDINGER

Sponsor: