

Nelle macchine sincrone, un campo magnetico statico nel rotore agisce su un campo magnetico rotante le cui bobine si trovano nello statore. Se i tre campi magnetici del campo rotante, sfasati di 120° si muovono, trascinano con sé nella stessa direzione i poli corrispondenti del rotore. Naturalmente, a carichi più elevati, il rotore rimane un po' arretrato. Questo viene indicato come angolo della ruota polare ϑ (in greco: piccolo theta). Questo ritardo non deve comportare il salto dei poli, altrimenti il motore perderà il suo ritmo e potrebbe danneggiarsi. Pertanto, il carico sul motore deve essere controllato, in modo tale che questo effetto non si verifichi in nessun caso.

La velocità di questi motori è controllata con la frequenza del campo magnetico rotante, la coppia con l'intensità dello stesso, oppure con l'ampiezza della corrente trifase.

PSM

Nelle macchine sincrone ad eccitazione permanente (PSM), il campo magnetico costante è formato da forti magneti permanenti. Questi hanno una forza magnetica costante, che deve essere presa in considerazione nella tecnica di gestione. Il recupero di energia è semplice, ma la tensione risultante deve essere adattata alla tensione di carica della batteria. Il funzionamento a vuoto è invece problematico, poiché il campo magnetico permanente provoca in ogni caso un'induzione negli avvolgimenti dello statore.

I PSM sono utilizzati, ad esempio, da VW nei modelli ID.3, nella Porsche Taycan e nei veicoli ibridi P2.

Macchine a rotore esterno

Le macchine sincrone sono tipicamente a rotori interni o esterni. Le tipiche macchine a rotore esterno (fig. 1) sono spesso macchine multipolari a poli salienti. Queste macchine hanno generalmente delle classiche bobine singole come poli sulla circonferenza dello statore. Poiché queste sono alimentate in corrente alternata trifase, anche il numero totale delle spire è divisibile per tre, spesso anche per sei, poiché sul lato diametralmente opposto ad una certa spira è presente una seconda spira, con senso di avvolgimento inverso che viene alimentata dalla stessa fase. Questo crea un polo

nord da un lato e un polo sud dall'altro. Le bobine collegate alla corrente trifase devono essere installate direttamente nello statore, poiché le elevate correnti che scorrono nei motori di trazione difficilmente possono essere trasferite ad un rotore. Tuttavia, se i forti magneti permanenti sono incollati a un rotore interno, devono essere assicurati contro le forze centrifughe con dei nastri. Se invece il rotore è a forma di tamburo attorno allo statore, la forza centrifuga spinge i magneti verso l'esterno, cioè contro il tamburo stesso e quindi non è necessario fissarli in alcun modo.

Macchine a rotore interno

In molte di queste macchine, il rotore si presenta come un cilindro lamellare, cioè un cilindro costituito da un pacco di lamierini isolati elettricamente. Il pacco lamellare riduce le perdite dovute alle correnti parassite (vedi articolo: macchine elettriche, statore). I magneti permanenti sono interrati in questo pacco lamellare in varie forme e posizioni. Ciò rende difficile distinguere una macchina PSM da una ESM o da macchine asincrone con rotori interni. Tuttavia, con un cacciavite può essere rilevata la presenza di un campo magnetico in un'armatura PSM.

ESM

Le macchine sincrone ad eccitazione elettrica (ESM) sono solitamente costruite con rotori interni. Il rotore può essere progettato come rotore a poli salienti (figura 3a) o cilindrico. Nel caso della struttura cilindrica, le bobine sono poste nelle scanalature delle lamiere di acciaio elettrico o - analogamente ai magneti permanenti - interrate. In questo caso, è ovvio che anche le bobine del rotore debbano essere alimentate. Poiché i campi magnetici non devono variare allo stesso modo del PSM, le bobine devono essere alimentate con una tensione continua tramite un collettore. I collettori sono noti dal rotore dell'alternatore. Poiché l'intensità del campo magnetico può essere influenzata anche dal numero di spire, è possibile determinare esattamente il flusso di corrente e quindi il carico sulle spazzole.

Nelle macchine ESM, sia il campo rotante che il campo statorico possono essere gestiti e controllati. In questo modo è possibile riprodurre con estrema preci-

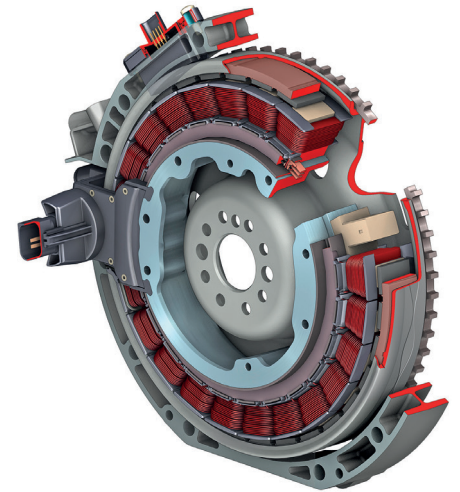


Fig. 1: tipica macchina sincrona multipolare a magneti permanenti a rotore esterno, per un ibrido P2.



Fig. 2: molti motori di trazione nella trasmissione hanno magneti interrati (sepolti) e assomigliano a macchine a poli interi.

sione la coppia desiderata. Le macchine sincrone ad eccitazione elettrica sono presenti, ad esempio, nella Renault Zoe o nella Kangoo E-Tech.

Tipi di rotore

A seconda della struttura del rotore, le macchine sincrone non utilizzano solo la coppia prodotta della forza di Lorentz, ma anche una coppia di riluttanza (vedi articolo: E-macchine, forza magnetica). Includendo la forza di riluttanza, è possibile sfruttare meglio la gamma superiore di regime e di carico dei motori.

La figura 3 mostra degli esempi di rotori interni a quattro poli. Tuttavia, nelle macchine di trazione sono comuni da sei a otto poli.

Nel caso della macchina sincrona ad eccitazione permanente con una certa componente di riluttanza, i magneti interrati agiscono come traferri allargati influenzando in tal modo la resistenza magnetica. Non appena il campo magnetico viene influenzato attivamente, cambia anche la riluttanza. Nelle ibride in parallelo, le macchine sincrone multipolari accoppiate al motore a combustione, lavorano con una bassa componente di riluttanza. Questo migliora la precisione nel mantenimento della coppia erogata.

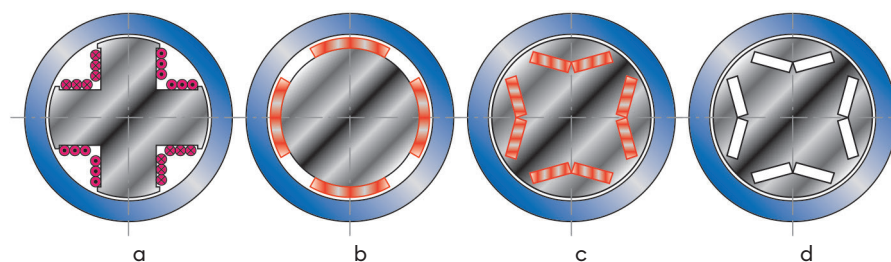


Fig. 3: diversi tipi di rotore: a) motore sincrono ad eccitazione elettrica - b) motore sincrono a eccitazione permanente senza riluttanza - c) motore sincrono ad eccitazione permanente con riluttanza - d) macchina sincrona a riluttanza.