

ESM o EESM è l'acronimo di macchine sincrone a eccitazione elettrica. Oggigiorno sono utilizzate con la stessa frequenza delle macchine sincrone a eccitazione permanente (PSM), delle macchine asincrone (ASM), delle macchine a riluttanza (RM) o dei motori a flusso assiale, per le trazioni dei veicoli. Per poter installare diversi sistemi di trazione, BMW ha dotato la Serie 7, lanciata nel 2022, di un'architettura del tipo modulare. Ciò rende possibile l'installazione di una tecnologia mild hybrid a 48 volt, di un sistema ibrido plug-in o di un sistema di trazione completamente elettrico sulla stessa linea di assemblaggio presso lo stabilimento del BMW Group a Dingolfing.

Le ESM sono eccitate elettricamente. Ciò significa che nel rotore non ci sono dei magneti permanenti, ma bensì degli avvolgimenti elettrici. Grazie a un'alimentazione di energia elettrica gestita in modo molto accurato, questi avvolgimenti creano un campo magnetico che reagisce con il campo magnetico rotante dello statore. Da un punto di vista ambientale ed economico ha certamente senso non affidarsi ai magneti permanenti, poiché l'estrazione e la produzione del rame sono meno problematiche di quelle di alcuni metalli delle terre rare.

Statore

Lo statore viene prodotto in BMW con il processo hair-pin. Ciò significa che i singoli avvolgimenti vengono spinti attraverso lo statore (vedi articolo: macchine elettriche; statore). Con questa tecnologia, il rame può essere sfruttato al meglio ottenendo una maggiore conducibilità elettrica e quindi un campo magnetico più elevato, anche con un volume inferiore. Lo svantaggio di questa tecnologia è il maggior numero di punti di saldatura necessari. Poiché la corrente alternata trifase scorre attraverso gli avvolgimenti dello statore, è necessario collegare almeno tre circuiti. Di norma, non ci sono solo tre circuiti, ma un multiplo di tre.

Rotore

BMW mantiene un profilo basso riguardo al rotore e inoltre non si vede molto dalla foto. Tuttavia, come mostra la rappresentazione semplificata nella figura 4,

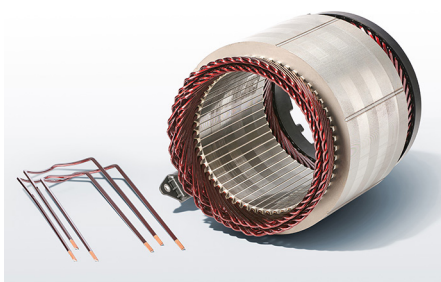


Fig. 2: lo statore è prodotto da BMW con la tecnologia hair-pin.

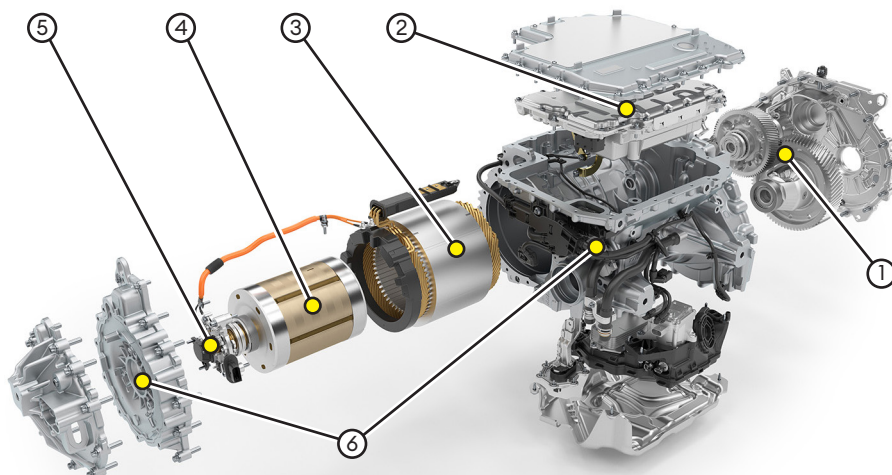


Fig. 1: il motore elettrico della BMW Serie 7.1. 1. Rotore - 2. Elettronica di potenza - 3. Statore - 4. Anello di scorrimento e sensore di posizione - 5. Carter - 6. Riduttore.

si tratta di un rotore a poli lisci e non a poli salienti. I rotori a poli lisci sono generalmente utilizzati per le alte velocità. Gli avvolgimenti non si trovano in superficie, ma sono sepolti come i magneti permanenti nella PSM, e consentono quindi di combinare l'effetto Lorentz e la forza di riluttanza.

Poiché la polarità magnetica della macchina sincrona a eccitazione elettrica e permanente non può essere modificata (il campo rotante è nello statore), il rotore deve essere alimentato con corrente continua. Ciò significa che i rotori delle macchine sincrone eccitate elettricamente non devono necessariamente essere laminati, perché il campo magnetico del rotore rimane più o meno costante e le perdite per correnti parassite sono appena percettibili.

Gli avvolgimenti del rotore sono alimentati dalle spazzole in carbone attraverso gli anelli del collettore (fig. 3). Le spazzole in carbone sono sinterizzate. Durante questo processo, è possibile incorporare una certa quantità di polvere metallica per ridurre la resistenza elettrica. In questo modo è possibile tenere sotto controllo la caduta di tensione e la temperatura in quest'area. Tuttavia, la temperatura non dipende solo dalla resistenza di contatto, ma anche dall'attrito meccanico tra la spazzola di carbone e il collettore rotante. Poiché le superfici di entrambe le parti presentano una certa rugosità, la superficie di contatto effettiva è costituita da molti piccoli punti di contatto.

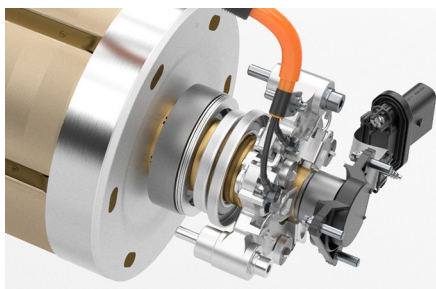


Fig. 3: il cavo arancione trasporta la corrente continua al rotore attraverso le spazzole.

Purtroppo, BMW non specifica la quantità di corrente che fluisce al rotore, a quale tensione e in quali stati di funzionamento. In ogni caso, la macchina può essere controllata con precisione e con un'efficienza ottimizzata regolando la corrente dello statore e quella del rotore. Ciò significa che anche il minimo e il recupero possono essere gestiti in modo molto preciso, poiché è possibile influenzare anche la corrente continua del rotore. Tuttavia, la ESM presenta ancora uno svantaggio in termini di efficienza rispetto alla PSM, poiché in quest'ultima non deve scorrere nessuna corrente di eccitazione.

Funzionamento

Se una macchina sincrona funziona a vuoto, il polo nord dello statore è sempre di fronte al polo sud del rotore (e viceversa) (fig. 4a). Il nome sincrono indica che la velocità del rotore è sempre sincronizzata con il campo rotante, cioè che non c'è slittamento.

Quando la macchina è sotto carico, il rotore rimane leggermente indietro rispetto allo statore. In particolare, il polo nord dello statore non è più esattamente di fronte al polo sud del rotore. Il rotore, e quindi il suo polo sud, sono leggermente rallentati dal carico. Questo sfasamento è indicato come angolo del polo. Ciò dipende dal carico o dalla coppia. Se il carico è quindi l'angolo del polo diventano troppo grandi, il motore perde la sincronizzazione (coppia di rottura) e si ferma.

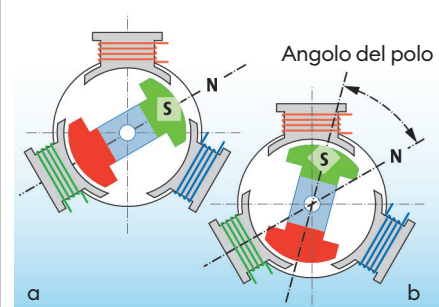


Fig. 4: a) motore al minimo e b) motore sotto carico.