

Gli statori dei vari motori trifase hanno tutti un design molto simile. A differenza dei motori in corrente continua a commutazione meccanica, in cui il campo magnetico alternato è sempre generato nel rotore grazie al collettore, i motori a corrente continua a commutazione elettrica (motori brushless) e i motori a corrente alternata situano il campo magnetico nello statore, in modo che la corrente (molto elevata), non debba passare dalla parte stazionaria al rotore tramite le spazzole di carbone.

Compiti

I motori di trazione dei veicoli elettrici sono motori trifase il cui statore ha il compito di convertire la corrente alternata trifase in un campo magnetico rotante e quindi di trascinare il rotore (anch'esso magnetico). Per amplificare i campi magnetici, sono necessari nuclei di ferro, i quali conducono molto bene il magnetismo e quindi lo intensificano.

Struttura

Nella progettazione di base dei motori elettrici, si distingue tra rotori interni (figg. 1 e 3) e rotori esterni (fig. 2). I rotori esterni sono spesso installati negli ibridi di tipo P2.

Materiale

Gli statori delle macchine a rotore interno sono dei cilindri cavi. Sono realizzati in ferro dolce. I nuclei di ferro dolce devono assorbire molto rapidamente il campo magnetico generato elettricamente, ma rilasciarlo altrettanto rapidamente. Per un nucleo di ferro dolce teoricamente ideale, la curva caratteristica di isteresi segue la nuova curva x (cfr. "Macchine elettriche", Magnetismo). Poiché questo non è possibile, in ogni processo di magnetizzazione e smagnetizzazione occorre tenere conto delle perdite magnetiche che si manifestano sotto forma di energia termica (perdite caloriche). Il nucleo in ferro dolce delle macchine elettriche è solitamente costituito da lamiere elettriche. Si tratta di una lega di acciaio con il 2-4% di silicio e una parte di alluminio. Esso ha una densità di 7,87 kg/dm³, una resistenza elettrica specifica di 0,1 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$), una conducibilità termica di 80 W/(m·K) e una polarizzazione di saturazione fino a 2,2 T (Tesla).

Correnti indotte

A causa delle perdite dovute alle correnti parassite, lo statore è costituito da una pila di fogli elettrici isolati elettricamente l'uno dall'altro. La corrente parassita è una forma particolare di induzione (cfr. "Motori elettrici", Forza magnetica): quando un conduttore elettrico si muove in un campo magnetico, in esso viene indotta una tensione. Poiché anche il nucleo di ferro dolce è un conduttore elettrico, anche in esso viene indotta una tensione. A causa della tensione e della resistenza elettrica del ferro dolce, una corrente scorre all'interno del nucleo e trasforma la sua energia in calore (perso). Per ridurre le perdite causate dalle correnti parassite, i nuclei di ferro dolce sono formati da fogli sottili sovrapposti e isolati tra loro. Per i motori di trazione, si è dimostrato efficace uno spessore della lamiera di 0,35 mm.

Forma

Le pile di fogli elettrici donano la forma di base dello statore (nucleo), mentre le scanalature e gli spazi vuoti sono riempiti con i fili di rame che, quando vengono eccitati, magnetizzano il nucleo dello statore in modo appropriato.

Tipi di avvolgimento

L'avvolgimento distribuito o avvolgimento ad albero (fig. 1) mostra i suoi vantaggi con un'elevata densità di coppia, basse vibrazioni e un buon flusso di calore dall'avvolgimento al nucleo laminato dello statore, fino ai condotti dell'aria di raffreddamento o del refrigerante. Poiché i tre avvolgimenti sono fatti passare attraverso cave diverse sulla circonferenza dello statore, devono essere avvolti fino alla successiva cava all'estremità del cilindro che forma lo statore. Naturalmente, devono anche essere isolati tra di loro. In queste estremità (dette teste di avvolgimento), sono presenti molti fili sotto tensione che ne aumentano il volume e di conseguenza si possono formare dei punti caldi pericolosi per l'isolamento e quindi per il buon funzionamento della macchina elettrica. Tuttavia, si stanno sviluppando nuovi metodi di intreccio per gli avvolgimenti degli alberi, che non rendono le teste di avvolgimento troppo grandi e ne migliorano le proprietà.

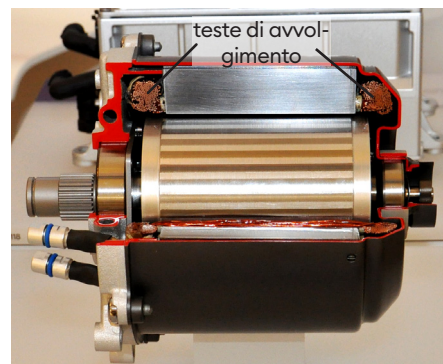


Fig. 1: gli avvolgimenti ad albero sono convenzionalmente costruiti con fili di rame a sezione circolare con molte spire.



Fig. 2: al posto dei fili a sezione circolare, nell'avvolgimento Hair-Pin (a forcina) vengono inserite parti in rame prefabbricate a sezione rettangolare.

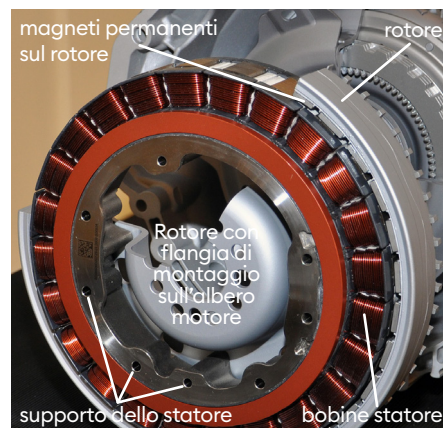


Fig. 3: nell'avvolgimento a dente singolo, molte bobine singole sono distribuite sulla circonferenza per generare il campo rotante. Con l'avvolgimento a forcina (fig. 2) o Hair-Pin, le teste dell'avvolgimento vengono ulteriormente ridotte di dimensioni. Nelle scanalature formate alle estremità del pacchetto di lamiere, vengono inserite delle aste di rame a forma di U o di forcina, con sezione trasversale rettangolare e poi saldate. Tuttavia, i numerosi punti di saldatura rappresentano una sfida per la tecnologia di produzione. Nel caso di avvolgimento concentrato o a dente singolo (fig. 3), le singole bobine sono integrate nel pacco di ferro sulla circonferenza dello statore. Dato che i motori sono a corrente alternata trifase, il numero di bobine deve essere divisibile per tre. I vantaggi di questo tipo di costruzione si ottengono soprattutto con macchine elettriche che devono essere molto corte, ad esempio quelle installate tra il motore e il cambio (ibrido P2).

	Avvolgimento concentrato		Avvolgimento distribuito	
	Dente singolo	Avvolgimento Hair-Pin	Avvolgimento ad albero	
Fattore di riempimento del rame	+	++	+	
Utilizzo del materiale	0	+	+	
Perdite dipendenti dalla frequenza	+	-	+	
Riscaldamento dello statore	-	+	++	
Dimensioni delle teste di avvolgimento	++	0	0	
Numero di punti di saldatura	+	--	++	
Flessibilità nella produzione	++	-	0	