

Energia: la soluzione viene da lontano

È vecchia di oltre 200 anni ma può risolvere la crisi energetica attuale: la tecnologia brevettata HR-SRM può ridurre la quantità di elettricità che consumiamo e rendere il mondo più pulito



Circa il 70% dei consumi di elettricità nell'industria a livello globale è legato all'uso di motori elettrici

I motori elettrici sono la spina dorsale del nostro mondo, il driver nascosto della prosperità e del comfort guadagnato attraverso il progresso tecnologico, ma sono anche il driver nascosto del cambiamento climatico. Oggi, in tutto il mondo, circa il 70% dei consumi di elettricità nell'industria è legato all'uso di motori elettrici (Fonte: 'IEC61800-9 System Standards as a Tool to Boost the Efficiency of Electric Motor Driven Systems Worldwide', J.Fong, F.Ferreira, A.M.Silva e A.T.De Almeida, Inventions, 2020 - <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/2/20/htm>).

Secondo i dati forniti dall'Agenzia Internazionale dell'Energia, gli edifici assorbono circa il 30% dei consumi energetici e generano il 28% delle emissioni di CO₂ (Fonte: UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction, 'Why buildings?', 2019 - <http://globalabc.org/media-global-advocacy/why-buildings-our-key-messages>). Una quota rilevante

di questa attività è associata ai motori elettrici. Secondo le stime, solo negli edifici commerciali, la quota di energia elettrica destinata ai motori è del 38% (Fonte: 'Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems', P.Waide e C.U.Brunner, International Energy Agency working paper, Paris, 2011). Un numero destinato ad aumentare a causa dell'aumento delle temperature che fanno crescere la domanda di nuove unità da installare, con ulteriori conseguenti consumi ed emissioni di gas serra.

Il cambiamento è alla nostra portata

I motori a induzione si basano su correnti indotte nel rotore per produrre la coppia motrice, ma queste correnti producono perdite che riducono l'efficienza e possono portare al surriscaldamento dei motori stessi. Dopo aver fatto molta strada dalla loro nascita, nel XIX secolo, i motori a induzione hanno ormai raggiunto un punto di maturità che rende estremamente difficili, se non impossibili, ulteriori miglioramenti in efficienza. E questa è una cattiva notizia per l'ambiente.

Turntide Smart Motor System, però, con la sua soluzione basata sulla tecnologia brevettata HR-SRM (High Rotor Pole Switched Reluctance Motor), basata sulla sola forza di riluttanza per la produzione della coppia motrice, ha rivoluzionato il settore dei motori a induzione convenzionali. Con la sola adozione di motori HR-SRM negli Hvac commerciali sarebbe possibile ridurre il consumo energetico annuo del 57%, equivalente a quasi 2 milioni di veicoli in meno nelle strade.

In genere, i motori a riluttanza commutata (SRM) funzionano avvolgendo una bobina di filo di rame attorno a un supporto di acciaio magne-

tico, per creare un elettromagnete che attrae il rotore (realizzato con lo stesso acciaio magnetico) ogni volta che la bobina viene energizzata, consentendo un design meccanico più semplice, privo di magneti permanenti o avvolgimenti del rotore. Possiedono anche altre qualità intrinseche, per esempio una maggiore affidabilità, costi di produzione ridotti e zero dipendenza da terre rare. Sebbene questa tecnologia sia in circolazione da due secoli, diversi inconvenienti ne hanno impedito l'adozione su larga scala: scarsa efficienza, bassa densità di potenza, rumore e vibrazioni eccessivi ed elevata ondulazione della coppia. Questi motori sono anche difficili da progettare e ancora più difficili da controllare. Tutti problemi complessi, ma non insormontabili, che hanno sfidato i migliori esperti del settore.

Decifrare il codice per alimentare il nostro mondo

Ho trascorso circa 10 anni lavorando con motori a induzione e drive a frequenza variabile (VFD) prima di spostarmi negli Stati Uniti per gli studi universitari nel 2002. Dopo molte letture e riflessioni, ho deciso di concentrare la mia ricerca sul miglioramento degli SRM, una tecnologia storicamente trascurata con il potenziale per cambiare il modo in cui gli esseri umani usano l'energia. Gli studiosi sanno da tempo che il modo per ridurre due dei problemi predominanti, ovvero rumore acustico e ondulazione della coppia, è aumentare il numero di fasi. Sfortunatamente, la logica tradizionale imponeva che aumentare il numero di fasi significasse anche aumentare il numero di poli dello statore e del rotore, il che comportava un costo inaccettabile.

Così mi sono chiesto: perché non aumentare semplicemente il numero di poli del rotore e lasciare invariato il numero di poli dello statore?

Una soluzione a prima vista controintuitiva, poiché l'aumento del numero di poli del rotore aumenta le perdite del nucleo e diminuisce il rapporto di salienza, il che significa in realtà perdere efficienza e coppia. Ora però funge da base a sistema Turntide Smart Motor. La chiave, come in tutte le cose, è trovare il giusto equilibrio e fare scelte di design intelligenti che migliorino contemporaneamente coppia ed efficienza. Alla luce della seguente equazione, non è difficile vedere che per un dato numero di fasi (m), la coppia media (Te) aumenterebbe, aumentando il numero di poli del rotore (Nr), mantenendo sotto controllo la degradazione della co-energia (dWm).

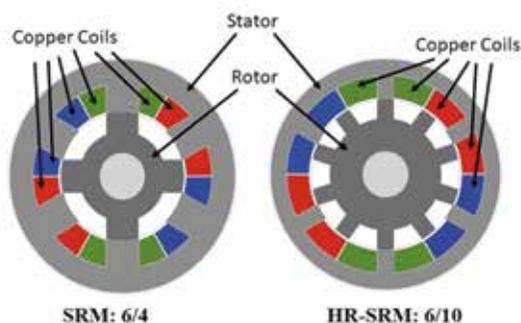
$$T_e = \frac{m \cdot N_r \cdot \partial W_m}{2\pi}$$

Ho esplorato numerose combinazioni di statore e polo del rotore e ho trovato una formula ('formula PD'), che produrrebbe una nuova famiglia di SRM con un numero maggiore di poli del rotore, dove Nr = il numero di poli del rotore e Ns = il numero di poli dello statore.

$$N_r = 2N_s - 2$$

Questa nuova famiglia di HR-SRM costituisce un'alternativa intelligente che fa pendere l'ago della bilancia a favore dell'aumento della coppia e dell'efficienza, nonostante i punti negativi che derivano dall'aumento del numero di poli del rotore. Dopo aver sviluppato la formula per calcolare quel bilanciamento, sono stato in grado di progettare un prototipo HR-SRM a 3 fasi, 6/10 poli, con studi analitici dettagliati e di analisi agli elementi finiti (FEA) e verifiche sperimentali.

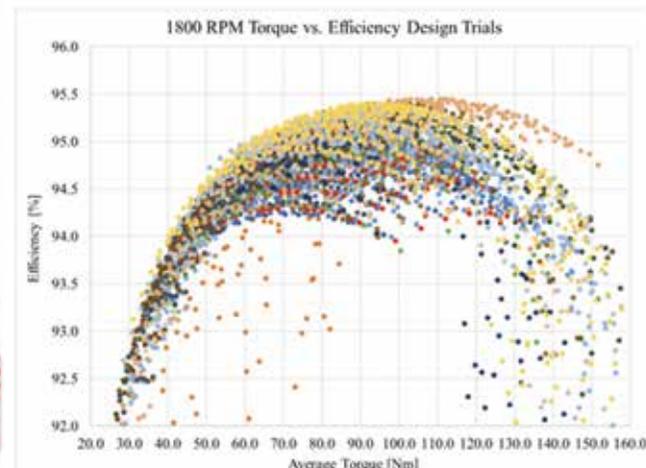
Ho avuto anche un'altra importante intuizione: gli SRM sono altamente non lineari e piccoli



Ogni punto nella figura rappresenta un'iterazione di simulazione

Parameters	SRM 6/4	HR-SRM 6/10
Stator OD (mm)	247.40	247.40
Rotor OD (mm)	135	160
Stator pole arc angle (degree)	30	12
Coil area per slot (mm ²)	662.72	909.32
Coil area comparison	100%	137.21%
Ratio of stator back-iron to stator pole width	0.71	0.98
Ratio of rotor OD to stator OD	0.546	0.647

Studio di confronto tra il convenzionale 6/4 SRM e il nuovo 6/10 HR-SRM



cambiamenti di progettazione possono avere grandi conseguenze. Ho sviluppato quindi un modello di simulazione dettagliato, che è stato eseguito sui migliori strumenti di simulazione FEA Ansys per progettare HR-SRM pratici. Questo modello era dinamico, realistico e capace di alta fedeltà e ha fatto la differenza nell'ottimizzare il design del motore per prestazioni superiori. Il modello esegue migliaia di simulazioni per esplorare lo spazio di progettazione e convergere verso pochi candidati alla progettazione di motori ottimali.

In uno studio di confronto tra il convenzionale 6/4 SRM e il nuovo 6/10 HR-SRM, l'HR-SRM offriva in realtà il 37% in più di area di rame, un rapporto del 38% più alto tra il retro-ferro dello statore e la larghezza del polo e un aumento del 18% del diametro del traferro, miglioramenti che hanno anche aumentato la coppia e l'efficienza complessive.

Perché ora è il momento dei motori a riluttanza commutati

La convergenza di diverse tendenze globali nell'ultimo decennio, tra cui silicio e potenza di calcolo più economici, impatti ambientali negativi dell'estrazione di metalli delle terre rare, rischi geopolitici associati alla catena di approvvigionamento e limiti dei motori a induzione convenzionali, ha rafforzato la redditività degli SRM, non solo negli impianti Hvac ma per tutti gli usi.

Nel 2014 ho stretto una collaborazione con imprenditori della Silicon Valley per co-fondare Software Motor Company, ora Turntide Technologies, e commercializzare questa tecnologia per un uso diffuso. Lungo questo

viaggio, abbiamo reso matura la tecnologia per la commercializzazione, sviluppato la produzione a costi contenuti, eliminato il sensore di posizione nel motore per migliorare i costi, l'installazione e l'affidabilità. Inoltre, abbiamo sviluppato un algoritmo per controllare il motore con efficienza ottimale in un'ampia gamma di condizioni operative e diffuso la conoscenza di questa tecnologia. Abbiamo superato molte sfide investendo in capacità tecniche, costruendo un team di persone appassionate e intelligenti, collaborando con esperti sui problemi del mercato.

Nel 2021 Turntide ha lanciato soluzioni di sostenibilità per i settori immobiliare, trasporti, prodotti lattiero-caseari, agricoltura, edilizia e aerospaziale e ha ricevuto investimenti da fondi di varia natura. Questa tecnologia ha un potenziale commerciale quasi illimitato, ma ha ancora più potenziale a livello puramente umano. Mentre il progresso renderà disponibili percentuali sempre maggiori di energia pulita, gli SRM avranno la capacità di ridurre notevolmente la quantità di elettricità che consumiamo, anche al di là dei sistemi Hvac, il che significa che l'energia pulita potrà alimentare il mondo ancora di più.

Gli SRM potrebbero non essere la soluzione per raggiungere l'obiettivo delle zero emissioni di CO₂, ma potrebbero essere la chiave che sblocca la vera sostenibilità a lungo termine.

Turntide Technologies/Software Motor Company - <https://turntide.com>

(*) Traduzione a cura di Angelo Rivolta, country manager di Future Motors Italia