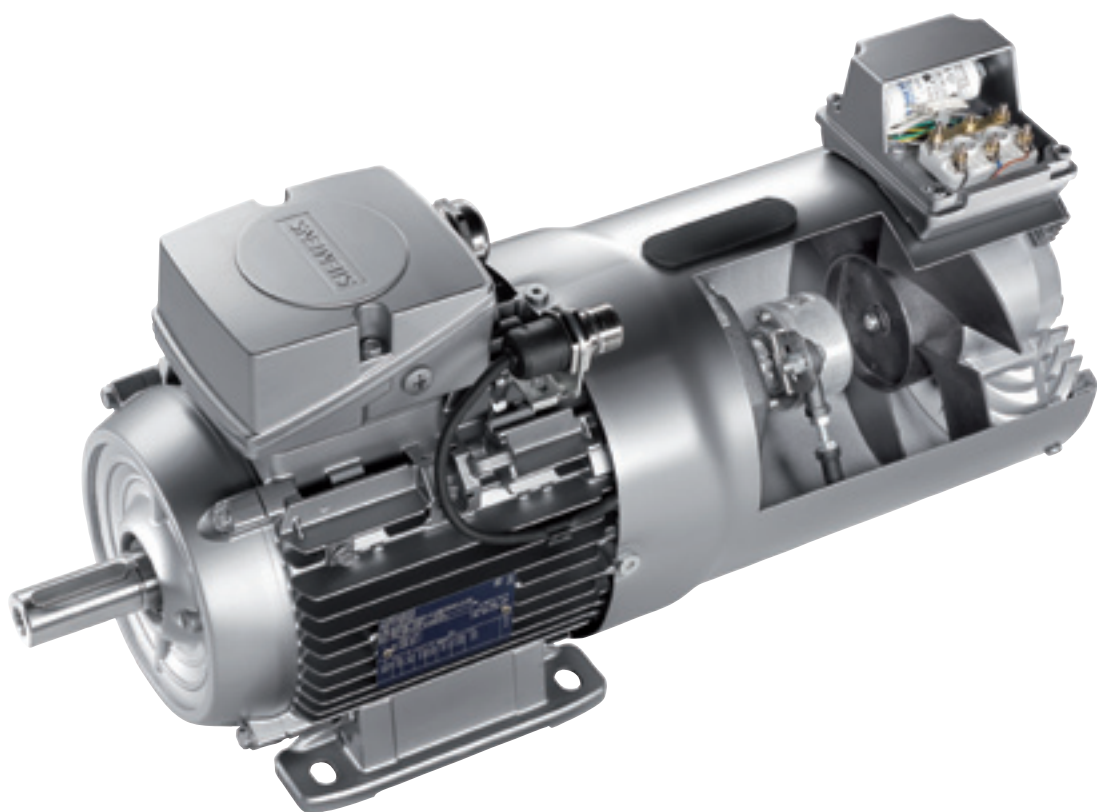


TRASFORMARE L'ENERGIA NEGLI IMPIANTI

Dalla prima presentazione del 1821 ad oggi il motore elettrico ne ha fatta di strada. Vediamo evoluzioni e possibili applicazioni di questo prodotto

Carlo Marchisio



L motore elettrico, che trasforma energia elettrica in energia meccanica, fu illustrato come principio teorico da Faraday nel 1821 ma solo nel 1873 Gramme e il socio Fontaine presentarono a Vienna una dinamo che funzionava altrettanto bene come motore. Nella storia del motore elettrico ha poi particolare importanza la figura di Galileo Ferraris (1841-1897), che nel 1885 ebbe la geniale intuizione del campo magnetico rotante generato da un induttore polifase fisso. Questo campo polifase produce correnti in un indotto mobile e l'azione elettrodinamica fra campo magnetico e correnti dà origine alla coppia meccanica (motore asincrono). Ferraris non volle però brevettare la sua scoperta. Da allora il motore elettrico si è notevolmente evoluto e oggi possiamo avere le seguenti tipologie:

- a corrente continua, asincroni, sincroni, brushless, passo-passo;
- a corrente continua, a corrente alternata;
- con spazzole, senza spazzole;
- rotanti (ideali per la maggior parte delle applicazioni), lineari, alternati;
- a bassa dinamica (per ventilatori, pompe, ecc.), ad alta dinamica (per macchine utensili, robot, ecc.), per moti di tipo incrementale (per stampanti, ecc.);
- a velocità costante o leggermente decrescente al crescere del carico (vantaggiosi in molte applicazioni, ad esempio la velocità di rotazione di un mandrino di un tornio non deve dipendere dalle dimensioni del truciolo asportato);
- a velocità molto decrescente al crescere del carico (convenienti nelle applicazioni in cui il campo di variazione della coppia è molto

ampio, ad esempio nella trazione elettrica, dove l'uso di motori a velocità costante o leggermente decrescente al crescere del carico è antieconomico poiché il dimensionamento è determinato dalla coppia massima).

I servomotori sono motori generalmente di piccola potenza, funzionanti a regime intermittente, per il quale è molto importante non tanto avere un alto rendimento, quanto piccole costanti di tempo elettriche e meccaniche, elevata dinamica e alto smorzamento (in modo da raggiungere la posizione finale nel minor tempo e con assenza di oscillazioni), ridotti pesi e dimensioni (particolarmente importanti nella robotica, quando i servomotori sono situati su bracci mobili). Per quanto riguarda la scelta del tipo di motore per una data applicazione, questa è influenzata da differenti fattori, quali: costi di acquisto, costi di funzionamento (rendimento, manutenzione periodica), rapporto coppia/inerzia (per sistemi a elevate prestazioni), rapporto potenza/peso (per sistemi aviotrasportati, bracci di robot), complessità di controllo del moto, affidabilità, ondulazione di coppia, campo di variabilità della velocità, caratteristiche di avviamento e di frenatura, ambiente in cui devono operare, tipo di funzionamento (a velocità e carico costanti o selezionati tra un piccolo insieme di valori, intermittente, ciclico, vario) e grandezza da regolare (velocità, posizione, coppia), tipo di regolazione (grossolana, molto precisa).

I materiali impiegati nei motori elettrici

I miglioramenti dei motori per renderli più compatti, più leggeri e più efficienti sono dovuti, oltre che a un razionale progetto del circuito magnetico, all'utilizzo di migliori materiali magnetici, conduttori e isolanti.

• **Materiali conduttori.** Il rame è di gran lunga il conduttore più usato per la bassa resistività, le

ottime proprietà tecnologiche (trafilabilità, facilità di laminazione, saldabilità, ecc.) e le elevate proprietà meccaniche. L'alluminio rispetto al rame è meno costoso e presenta valori inferiori di peso specifico e temperatura di fusione, ma caratteristiche elettriche e meccaniche inferiori.

• **Materiali ferromagnetici.** Si suddividono in dolci e duri o magneti permanenti, a seconda che i relativi processi di magnetizzazione siano praticamente reversibili o presentino una considerevole isteresi.

- I materiali dolci sono utilizzati in forma massiccia o laminata (lamierini) a seconda che il flusso sia costante o variabile. Le loro principali proprietà sono la permeabilità relativa e nel caso dei lamierini la cifra di perdita (cioè le perdite per isteresi - proporzionali all'area del ciclo di isteresi - e per correnti parassite - proporzionali circa al quadrato dello spessore dei lamierini - in un kg di materiale nel caso di $f=50\text{Hz}$ e $B=IT$).

- I materiali duri (PM) esistono in quattro famiglie: metallici, ceramici, samario-cobalto e neodimio-ferro-boro. Pertanto nel progetto dei motori a magneti permanenti un fattore limitante è il volume per i magneti ceramici, il costo per i magneti alle terre rare (SmCo, NdFeB).

• **Materiali isolanti.** Da essi dipendono il funzionamento e la durata delle macchine elettriche,

in quanto sono gli elementi più sensibili alle sollecitazioni termiche, dielettriche e meccaniche. Le principali proprietà dei materiali isolanti sono: la rigidità dielettrica (il più alto valore del gradiente di tensione che il materiale può sopportare senza che avvenga la scarica), la costante dielettrica e la conduttività termica. Un aumento di 10°C della temperatura di esercizio produce circa il dimezzamento della durata di vita di un dielettrico. In base alle proprietà di resistenza alla temperatura vengono definite le seguenti classi di isolamento: A 105°C , E 120°C , B 130°C , F 155°C , H 180°C , C oltre 180°C .

Tipologie principali dei motori elettrici

• **Motori incorrente continua.** I motori a corrente continua, anche se la tendenza attuale è passare a quelli in corrente alternata, sono ancora molto diffusi nelle applicazioni in cui è richiesta la regolazione della velocità (robot industriali, apparecchiature di processo, macchine utensili), in campo automobilistico per il comando di vari accessori (tergicristalli, finestrini, ventilatori, impianto di climatizzazione, ecc.), nella trazione a filo (funivie, seggiovie) e nella trazione ferroviaria. Strutturalmente le macchine a corrente continua

sono costituite da:

- uno statore esterno di materiale ferromagnetico massiccio all'interno del quale sono fissati dei magneti permanenti di polarità alternata nord e sud oppure dei poli salienti di materiale ferromagnetico su cui sono disposte bobine connesse in serie (circuito di eccitazione) e avvolte in modo tale da realizzare poli nord e sud alternati quando sono percorse da corrente continua;

- un rotore interno di materiale ferromagnetico laminato con cave uniformemente distribuite lungo la periferia esterna nelle quali è disposto un avvolgimento (di armatura) di tipo chiuso;

- un collettore-commutatore a lamelle calettato sull'asse del rotore su cui sono disposte delle spazzole, che, attraverso i collegamenti esistenti tra le sue lamelle e le spire dell'avvolgimento di armatura, consente di collegare tale avvolgimento ad un circuito esterno fisso di alimentazione e di commutare il senso della corrente nei conduttori che attraversano il piano di commutazione (determinato dalla posizione delle spazzole), mantenendo quindi il flusso di armatura sempre ortogonale a quello di eccitazione.

• **Motori asincroni trifasi.** L'impiego delle macchine asincrone o ad induzione come generatori è da considerare eccezionale, mentre

IL PARERE DELL'ESPERTO

Motori ad elevata efficienza

Nel settore industriale i consumi elettrici assumono un ruolo sempre più importante, soprattutto per quanto riguarda gli azionamenti (motori) elettrici, vista l'enorme quota di consumo legato a queste applicazioni in qualsiasi realtà industriale (sempre superiore al 60%). Il recente quadro normativo ha ovviamente cercato di favorire interventi per il risparmio energetico fin dalla Finanziaria 2007, che aveva introdotto varie disposizioni sulle detrazioni per le spese sostenute all'acquisto e installazione di motori ad alta efficienza, prorogate con il Decreto del 9 aprile 2008 e introdotte anche a livello europeo con il regolamento 640/2009 recante le modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE in merito alla progettazione ecocompatibile dei motori elettrici. La prima osservazione è che tutta la normativa indicata (inclusa la direttiva europea) si concentra su un particolare motore, il motore asincrono a gabbia, trascurando completamente altre tipologie di motori come ad esempio i motori brushless pur anch'essi molto diffusi in ambito industriale.

La focalizzazione dei testi legislativi sull'analisi dell'efficienza esclusivamente ai motori asincroni a gabbia è facilmente riconducibile alla necessità di intervenire rapidamente nella direzione di ridurre i consumi elettrici. Il motore asincrono trifase a

gabbia è infatti un motore particolarmente usato per applicazioni quali ventilazione, pompaggio e simili, dove può funzionare direttamente connesso alla rete. Un miglioramento dell'efficienza del solo motore in queste applicazioni ha quindi un notevole impatto in termini di risparmio energetico. Nel mondo industriale le applicazioni di compressione e ventilazione coprono infatti più del 50% delle applicazioni presenti anche se la sensibilità industriale sulle problematiche connesse è ancora poco sviluppata e spesso ci si concentra esclusivamente sul costo di manutenzione e d'installazione che paradossalmente rappresenta solo il 2% del costo d'impianto nella sua vita utile, mentre ben il



Ing. Marco Mauri, PhD,
Assistant Professor
Dipartimento di Meccanica,
Politecnico di Milano

come motori rappresentano quelli di gran lunga più usati per i seguenti motivi: semplicità costruttiva, affidabilità e robustezza elevate, inerzia e costi di acquisto e di manutenzione contenuti (in particolare nel caso di rotore a gabbia), limitazioni ambientali praticamente nulle, possibilità di funzionare ad alta velocità. I motori asincroni sono costituiti da una parte fissa (statore) all'interno del quale è situata una parte libera di ruotare su cuscinetti (rotore). Lo statore ed il rotore sono due cilindrici cavi coassiali separati da un traferro di spessore trascurabile, che presentano delle cave uniformemente distribuite sulle superfici affacciate al traferro. Entrambi sono costituiti da lamierini ferromagnetici, caratterizzati da basse perdite per isteresi ed elevata permeabilità, isolati fra di loro. All'interno delle cave sono disposti degli avvolgimenti. L'avvolgimento statorico o induttore è costituito da tre fasi identiche disposte nelle cave dello statore sfasate di 120°/p gradi meccanici fra di loro (in modo da realizzare una macchina con p coppie di poli); tali fasi possono essere collegate a stella o a triangolo, permettendo così di alimentare lo stesso motore con due diversi valori di tensione. Le spire di ciascuna fase sono distribuite in modo tale da produrre, quando sono percorse da corrente, un'induzione di traferro ad andamento radiale distribuita spazialmente in modo approssimativamente sinusoidale. L'avvolgimento rotorico o indotto è costituito da tre fasi collegate a stella o a triangolo aventi lo stesso numero di coppie di poli dell'avvolgimento statorico e i cui terminali, attraverso tre anelli coassiali con il rotore su cui strisciano delle spazzole fisse, sono connessi a un reostato trifase (motori a

rotore avvolto) oppure da delle barre conduttrici cortocircuitate agli estremi da due anelli. La carcassa, che svolge un'importante funzione protettiva nei confronti sia delle parti elettriche e funzionali del motore sia degli utenti, e l'asse meccanico su cui spesso è calettato un ventilatore per aiutare il movimento dell'aria di raffreddamento. Esistono vari tipi di carcasse in relazione al tipo di apertura e al tipo di raffreddamento: quelle aperte permettono all'aria di raffreddamento di fluire attraverso le parti attive del motore. In quelle totalmente chiuse, per motori funzionanti in ambienti in cui sono presenti sporcizia, umidità e gas corrosivi, l'aria esterna non entra all'interno del motore, ma è presente un ventilatore esterno protetto da uno schermo protettivo, che asporta il calore dal motore soffiando l'aria sulle alette della carcassa.

• **Motori asincroni monofasi.** I motori asincroni monofasi sono largamente utilizzati per applicazioni quali seghe circolari, perforatrici, macchine di aspirazione e ventilazione, elettrodomestici, macchine per l'ufficio, quando non è disponibile un'alimentazione trifase. Tali motori hanno un avvolgimento rotorico a gabbia di scoiattolo e due avvolgimenti statorici (avvolgimento principale o di marcia e avvolgimento ausiliario o di avviamento) connessi in parallelo e disposti in modo tale da avere gli assi magnetici spostati spazialmente di 90° elettrici; le impedenze di tali avvolgimenti devono poi essere tali da far sì che le correnti che li attraversano siano sfasate il più possibile (idealmente 90°), in modo da creare un campo magnetico rotante così da permettere l'avviamento del motore. Se nello statore vi fosse un solo avvol-



gimento, alimentandolo la corrente statorica produrrebbe un campo magnetico alternato e la caratteristica meccanica del motore presenterebbe una coppia di spunto nulla, pertanto il rotore resterebbe fermo e vibrerebbe. Esistono differenti tipi di motori asincroni monofasi: motori con avvolgimento ausiliario e resistenza (split-phase), motori con avvolgimento ausiliario e condensatore (capacitor start), motori con avvolgimento ausiliario e condensatore permanentemente inserito (permanent split capacitor), motori con avvolgimento ausiliario e 2 condensatori (capacitor start/run), motori a poli schermati (shadedpole).

• **Motori sincroni trifasi.** Vengono chiamate sincrone tutte le macchine elettriche a corrente alternata la cui velocità di funzionamento è rigidamente legata alla frequenza della tensione generata o applicata ai morsetti. Le macchine sincrone sono principalmente utilizzate come generatori; la quasi totalità di energia elettrica prodotta è infatti dovuta ad esse. I motori sincroni sono costituiti da uno statore, identico a quello dei motori asincroni, all'interno del qua-

98% è rappresentato dal consumo di energia elettrica. È quindi evidente come un intervento di sensibilizzazione in questa direzione può portare a immediati benefici. Che cosa vuol dire ottenere un motore ad alta efficienza? In questo senso tutti i quadri normativi vanno a identificare un valore minimo di rendimento (inteso come rapporto tra potenza elettrica assorbita e potenza meccanica fornita all'asse secondo la normativa IEC 60034-2) atto a definire il motore ad alta efficienza, che si traduce dal punto di vista tecnico sulla progettazione del motore, in quanto gli interventi di miglioramento del rendimento sono tipicamente rivolti al miglioramento dei materiali attivi (ferro e rame) utilizzando, ad esempio, lamierini con caratteristiche di magnetizzazione migliori, aumentando la sezione delle cave, aumentando la classe di isolamento dei conduttori e migliorando i sistemi di raffreddamento. È evidente come questi interventi rendano sicuramente più costoso un motore ad alta efficienza rispetto un motore a bassa efficienza,

ma vista l'incidenza preponderante del consumo elettrico, è altrettanto evidente che, a fronte dell'investimento maggiore, il ritorno dell'investimento iniziale sia estremamente veloce (minore di un anno in molti casi), persino più rapido del tempo richiesto nel caso di un motore "tradizionale".

Ovviamente questi interventi sul motore sono sicuramente importanti, ma un ulteriore incremento dell'efficienza si può ottenere con l'accoppiamento del motore elettrico ad un sistema di conversione statica dell'energia (inverter). Studi in questo senso hanno dimostrato che per le applicazioni esistenti i potenziali risparmi ottenibili sono di circa dal 2 al 8 % se ci si limita all'uso di motori ad alta efficienza; un'ulteriore riduzione del 10% si può ottenere con un corretto dimensionamento d'impianto e l'uso di sistemi di trasmissione più efficienti, mentre l'inserimento di un convertitore statico può incidere fino al 50%, soprattutto in sistemi di ventilazione e pompaggio, in quanto consentirebbe di adattare la

le, separato da un traferro di piccolo spessore, è situato un rotore di materiale ferromagnetico massiccio. Sul rotore sono presenti dei poli, in numero pari a quelli dell'avvolgimento statorico, che possono essere realizzati mediante magneti permanenti o conduttori percorsi da corrente continua posizionati su espansioni polari o nelle cave. Gli estremi del circuito di eccitazione sono connessi a due anelli, montati sull'albero di rotazione, sui quali strisciano le spazzole per l'adduzione della corrente. Una macchina sincrona connessa in parallelo su una rete di potenza prevalente può essere fatta funzionare da generatore o da motore a seconda che si applichi al suo asse una coppia motrice o una coppia frenante. I motori sincroni sono caratterizzati dalle seguenti proprietà: ruotano a velocità rigorosamente costante $n=60f/p$ per qualsiasi condizione di carico compresa entro i limiti della potenza di targa e la loro caratteristica meccanica è quindi rappresentata da un segmento di retta parallelo all'asse delle coppie. Non sono in grado di autoavviarsi; quando vengono alimentati infatti, mentre il campo rotante statorico assume immediatamente la velocità di sincronismo, il rotore, a causa dell'inerzia, non riesce a seguirlo e rimane fermo. Per avviarsi necessitano quindi di un motore ausiliario di lancio o di una gabbia di scoiattolo sul rotore, oppure devono essere alimentati tramite un inverter; possono inoltre funzionare come dispositivi di rifasamento aumentando il valore della corrente di eccitazione rispetto al suo valore nominale.

• **Motori brushless.** I motori brushless diversamente dai motori classici, che sono caratterizzati da un ben determinato punto di lavoro,

sono in grado di funzionare naturalmente in ampi campi di condizioni operative erogando piena coppia anche a velocità nulla (es. macchine utensili, nelle quali il pezzo da lavorare deve essere tenuto fermo durante la lavorazione, contrastando la spinta dell'utensile) e di adeguare rapidamente il proprio stato alle variazioni imposte dalla legge di controllo; la loro taglia viene pertanto espressa in termini di coppia, anziché di potenza. Dal punto di vista strutturale i motori brushless sono motori sincroni trifasi a magneti permanenti, i cui avvolgimenti sono alimentati da un inverter lo stato dei cui tasti viene commutato dal sistema di controllo, in base ai segnali logici forniti da un sensore di posizione coassiale al rotore in modo tale da cercare di ottenere che la distribuzione delle correnti statoriche si modifichi in sincronia con la posizione del rotore e quindi che, in qualsiasi condizione di

funzionamento, il campo magnetico rotante statorico sia sempre in anticipo di 90° elettrici rispetto a quello rotorico. Tali motori quindi non possono mai perdere il passo a seguito di brusche variazioni della coppia di carico e/o del riferimento di velocità. Le caratteristiche dei magneti permanenti incidono notevolmente sulle dimensioni, sul costo e sulle prestazioni della macchina. Nei motori brushless l'adozione dei più costosi magneti alle terre rare (SmCo, NdFeB) consente di ottenere a parità di dimensioni coppie più elevate oppure a parità di coppia sviluppata motori di dimensioni, peso e momento d'inerzia minori, giustificando così il loro uso per quelle applicazioni dove alte velocità di risposta, elevati rendimenti, massima compattezza e ridotte dimensioni e peso sono importanti.

• **Motori passo-passo.** I motori passo-passo sono trasduttori elettromeccanici che conver-



caratteristica meccanica del motore al carico consentendo un funzionamento ottimo del sistema. Ovviamente l'inserimento di sistemi di questo tipo consentirebbe anche di ampliare lo spettro di motori disponibili per l'applicazione andando a poter scegliere non solo motori asincroni, ma sincroni brushless o a riluttanza che a differenza del motore asincrono non possono essere direttamente connessi in rete. È però interessante notare come, nonostante gli evidenti vantaggi, solo grazie ad un'azione volontaria dei costruttori di motori e agli interventi legislativi è stato possibile diminuire la quota di mercato di motori a bassa efficienza e cominciare ad introdurre sistemi "intelligenti". Le ragioni sono molteplici, ma sicuramente una delle principali motivazioni è l'incremento notevole del costo iniziale (che paradossalmente frena molto di più dell'evidente miglioramento dell'investimento) e nella percezione di complessità del nuovo sistema. Inoltre nel caso di sostituzione dell'esistente si aggiunge la naturale resistenza a modificare un

sistema che "funziona" con un nuovo sistema di cui non si conoscono eventuali problematiche e affidabilità. A conclusione sorge quindi spontanea la domanda se l'uso di motori e sistemi ad alta efficienza faccia risparmiare veramente energia e denaro o costi di più al nostro pianeta in termini di sfruttamento delle risorse. Dal punto di vista dell'utente finale, motori o sistemi ad alta efficienza fanno sicuramente risparmiare molta energia e molto denaro con un impatto positivo sull'ambiente. Dal punto di vista del costruttore la fabbricazione di questi sistemi è invece sicuramente più costosa e complessa rispetto a motori "tradizionali" visti anche solitamente i minori numeri di produzione, ma sicuramente l'incremento di energia e risorse per produrre sistemi di questo tipo è notevolmente inferiore al risparmio ottenibile dal loro utilizzo e quindi ben vengano quindi tutte le azioni che possano portare ad una maggiore penetrazione nel mercato di sistemi di questo tipo.



tono direttamente un'informazione numerica, costituita da un dato numero di impulsi elettrici, in uno spostamento angolare incrementale, costituito da un numero equivalente di spostamenti unitari o passi, sincronizzati con gli impulsi di comando. La loro tipica caratteristica, che li differenzia da tutti gli altri tipi di motori elettrici, è quella di poter mantenere fermo l'albero in una determinata posizione angolare di equilibrio stabile senza necessità di freni meccanici. L'applicazione di treni d'impulsi provoca la rotazione del motore a una velocità che dipende solo dalla frequenza degli impulsi. I vantaggi fondamentali dei motori passo-passo sono: possibilità di controllare il moto in modo digitale e ad anello aperto, eccellente dinamica, elevata robustezza e affidabilità, semplicità costruttiva e di controllo e costo non elevato, limitazioni ambientali e manutenzione praticamente nulle, in quanto brushless, elevate coppie a bassa velocità, quindi assenza della necessità di riduttori meccanici. I motori passo-passo costituiscono la scelta ideale per tutte quelle applicazioni di piccola potenza che richiedono posizionamenti rapidi e precisi, quali ad esempio: stampanti a getto d'inchiostro, plotter, macchine fotografiche, orologi, sistemi di posizionamento dei telescopi, macchine utensili a controllo numerico, robotica, valvole a farfalla delle autovetture, analizzatori del sangue, dispositivi per la fabbricazione di chip integrati, apparecchiature di prova e di collaudo, automazione industriale, controlli aerospaziali, servomeccanismi in generale, ecc. In relazione al principio di funzionamento si distinguono tre tipi di motori passo-passo: a riluttanza variabile, basati sulla minimizzazione della riluttanza; a magnete permanente, basati sulle azioni di attrazione e repulsione tra poli magnetici rispettivamente eteronimi e

omonimi; ibridi, basati su entrambi i principi funzionali dei motori a riluttanza variabile e di quelli a magneti permanenti.

• **Motori a riluttanza variabile (VR).** Lo statore è costituito da pacchi di lamierini con espansioni polari dentate, su cui sono disposte delle bobine (quelle su poli diametralmente opposti sono collegate in serie e costituiscono una fase); il rotore è un cilindro dentato il cui passo di dentatura è uguale a quello dello statore. Il traferro deve essere più piccolo possibile (0,03-0,10 mm) e lo statore e il rotore devono essere realizzati con materiale ferromagnetico dolce ad alta permeabilità, in modo da ottenere, anche con limitate forze magnetomotrici, notevoli flussi magnetici e quindi maggiore coppia e accuratezza di posizionamento. Tutte le fasi, il cui numero è pari a metà di quello delle espansioni polari ed è tipicamente compreso tra tre e cinque, hanno un terminale a comune e l'altro mantenuto separato. Il funzionamento

si basa sul principio di minima riluttanza, in base al quale in un circuito magnetico con una parte mobile una posizione di minima riluttanza costituisce una posizione di equilibrio stabile. Pertanto energizzando le fasi una alla volta si crea sequenzialmente su determinate coppie di poli statorici una polarità nord e una polarità sud ed il corrispondente flusso magnetico attrae il rotore posizionandolo di volta in volta, in modo tale da minimizzare la riluttanza del suo percorso.

• **Motori a magnete permanente (PM).** Il rotore di materiale magnetico permanente presenta sulla superficie cilindrica una successione di poli nord e sud; lo statore è costituito da due semistatori di materiale ferromagnetico sfalsati tra loro di un quarto di passo polare, ciascuno dei quali ha un numero di poli salienti identico al numero di poli del rotore. Su ogni polo è disposta una bobina avvolta in senso alternativamente orario e antiorario; le bobine disposte sui poli del semistatore anteriore sono connesse tutte in serie e costituiscono una fase (fase A), analogamente quelle disposte sui poli del semistatore posteriore (fase B). In tale tipo di motore, contrariamente al caso di quello a riluttanza variabile, il segno della corrente è importante a causa della presenza del magnete permanente. Il funzionamento si basa sul principio di attrazione tra poli magnetici eteronimi e di repulsione tra poli magnetici omonimi. Alimentando quindi le singole fasi secondo una data sequenza il rotore ruota. Per mantenere il rotore in una data posizione, una volta raggiunta la posizione desiderata, si deve bloccare la sequenza e mantenere l'alimentazione sulla fase appropriata.





Matteo Balini

Product Manager in Siemens Industry - Large Drives per la famiglia di motori asincroni in bassa tensione SIMOTICS

Siemens è una multinazionale che opera nei settori dell'industria, dell'energia e della sanità, fornendo, inoltre, soluzioni all'avanguardia per le infrastrutture delle città e delle aree metropolitane: importante fornitore a livello globale di tecnologie ecosostenibili, grazie alle quali ha generato circa il 40% del proprio fatturato totale

? Consigli all'installatore sulla scelta del motore elettrico adatto all'applicazione?

Certamente per la scelta è necessario partire dalle grandezze elettriche e meccaniche fondamentali di progetto (quali coppia, corrente, etc.). Vanno poi considerate anche le condizioni ambientali (es. temperatura ambiente, umidità relativa, etc.) per le quali possiamo proporre esecuzioni speciali ad hoc che garantiscono il corretto funzionamento anche nelle condizioni più "estreme". Ricopre un ruolo molto importante anche il valore di rendimento che incide in maniera sostanziale sul costo totale dell'intera vita del motore. Rendimenti più elevati consentono, infatti, di ripagare il sovrapprezzo rispetto ad una versione "standard" talvolta anche in pochi mesi e sono spesso richiesti dalle normative energetiche di molti mercati esteri. A questo proposito vorrei sottolineare che il mercato di destinazione finale è, anch'esso, un driver decisionale in quanto le normative locali possono richiedere certificazioni specifiche senza le quali il motore non può essere utilizzato.

? Situazione per i motori elettrici nel mercato italiano e internazionale?

Il mercato dei motori elettrici risente naturalmente della fase di flessione economica che stiamo attraversando sia a livello italiano sia, più in generale, a livello europeo. Nonostante ciò, l'Italia è ricca di aziende che, forti del loro grande know-how tecnico e delle loro brillanti competenze, esportano macchine ed impianti in tutto il mondo, trainando di conseguenza il consumo di motori elettrici per scopi industriali e attenuando la flessione che in altri settori è decisamente più sostanziale. In particolare, per quanto ci riguarda, la nostra gamma di motori è molto flessibile alle esigenze derivanti da un'attività di esportazione; abbiamo, infatti, la possibilità di fornire motori multitemperatura e multifrequenza marchiati e certificati per poter essere utilizzati indifferentemente sul mercato europeo e sui mercati internazionali più restrittivi (es. USA o Canada).

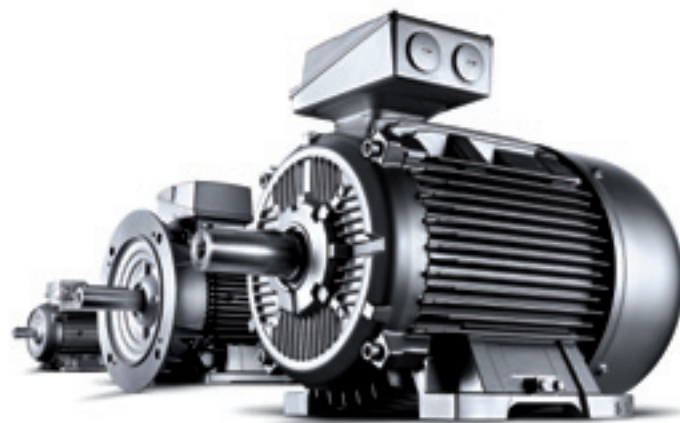
? Su richieste speciali dei clienti state progettando nuove soluzioni tecnologiche?

Al momento la ricerca per i motori elettrici asincroni è concentrata su diversi fronti. Il primo è legato al rendimento energetico in quanto stiamo progettando motori in efficienza IE4 e sono già stati costruiti dei prototipi esposti e presentati presso le principali fiere del settore. Questa ricerca coinvolge anche i motori in esecuzione speciale secondo specifica cliente per i quali vogliamo proporre delle soluzioni perfettamente compatibili ma con rendimenti premium. Il secondo fronte è legato alla possibilità per i nostri partner autorizzati di effettuare sui

motori modifiche di vario genere (forma costruttiva, accessori, etc.) in modo di poter soddisfare anche le più urgenti richieste della clientela. Quindi, come per le precedenti famiglie, anche tutti i nuovi motori sono e saranno progettati consentendo di effettuare tali modifiche utilizzando dei Modification Kit forniti solamente ai partner più selezionati.

? Motori elettrici ad alta efficienza, sono in aumento le richieste dal mercato?

Certamente sì! L'incremento percentuale annuo delle vendite di motori con efficienza premium (IE3 o Nema Premium Efficiency) è in doppia cifra ed in costante crescita. Ciò è dovuto sia alla possibilità di risparmio energetico e quindi economico per il cliente finale, sia alla necessità di soddisfare le normative energetiche di mercati nei quali è necessario fare uso esclusivo di motori con rendimento molto elevato. Guardando al futuro prossimo, a partire dal 2015 anche per gran parte dei motori destinati al mercato europeo sarà richiesto rendimento IE3, mentre dal 2017 tale richiesta si estenderà a tutte le potenze coinvolte nell'attuale normativa energetica; di conseguenza la crescita delle richieste di motori in alta efficienza è destinata ad aumentare ulteriormente. Inoltre, l'attenzione al rendimento si sta diffondendo a prescindere dalle normative energetiche; riceviamo già, infatti, numerose richieste di motori IE4 da parte di costruttori che mirano ad una differenziazione tecnologica in tal senso.



Con un campo di potenza da 0,09 kW a 315 kW i motori asincroni Siemens SIMOTICS in bassa tensione sono la soluzione per molteplici compiti d'azionamento in ambito industriale: applicazioni standard con pompe, ventilatori e compressori e applicazioni in condizioni più gravose come l'atmosfera aggressiva nell'industria petrolchimica. A seconda delle esigenze sono fornibili in diverse classi di rendimento (IE1, IE2 e IE3) per minori consumi energetici, conformi e certificati per diverse normative internazionali, in esecuzione antideflagrante per la massima sicurezza di funzionamento ed in esecuzioni speciali personalizzate.

La parola a...



Fabrizio Calza

Coordinatore delle attività dell'Ufficio Commerciale di IME

IME è un'azienda attiva nella progettazione e nella produzione di motori elettrici e offre al mercato la gamma più ampia di motori elettrici, sia in termini di tipologia sia in termini di potenza. Produce esclusivamente motori elettrici customizzati, progettati cioè per soddisfare le esigenze specifiche di ogni singolo cliente

? Linee guida per il progettista sulle differenti applicazioni su macchine/impianti.

Un motore elettrico è una macchina che converte energia elettrica in energia meccanica: ovviamente, può essere impiegato per i più svariati utilizzi. Chi guida il lavoro del progettista è sempre il cliente. Quando abbiamo condiviso con il cliente i requisiti tecnici di base che il motore elettrico ricercato deve presentare, è affidato allo staff tecnico il compito di individuare e proporre il motore elettrico più consono all'applicazione, tenendo in considerazione diversi fattori quali tensione d'alimentazione, potenza d'impiego, tipo di ventilazione, distanze di sicurezza e grado di protezione e così via, senza trascurare, ovviamente, i parametri economici. A completamento della sua valutazione, lo staff tecnico coinvolge altre aree aziendali, in particolare la qualità per un'analisi preliminare delle potenziali criticità del progetto e l'Industrializzazione per verificare le tecnologie di processo necessarie in caso di una eventuale produzione in serie.

? Motori con consumi ridotti: i costruttori di macchine segnalano interesse per questo argomento?

Certamente, l'interesse per motori a elevata efficienza è in forte crescita. Facile capire il perché: il motore elettrico - macchina a curva di coppia standardizzata - mal si adatta al mutare delle condizioni operative e solo raramente è in grado di assicurare la potenza meccanica richiesta dalla macchina senza sprechi o punte di prelievo. Macchine come pompe o ventilatori, se prive di inverter, si adattano a riduzioni di carico variando la portata mediante strozzature (come valvole o saracinesche) ma mantenendo costante la potenza di ingresso: cioè con un inutile dispendio di energia. Se si tiene conto del fatto che la potenza assorbita varia in funzione del cubo della velocità, è facile calcolare come riducendo, ad esempio, del 50% la velocità di rotazione del motore, si genera un risparmio energetico, in termini di potenza assorbita, dell'87,5%. I motori brushless ad altissima efficienza da noi prodotti, pilotati da inverter appositamente progettati, consentono un risparmio energetico del 40-60% rispetto a motori tradizionali, a parità di prestazioni.

? Motori in corrente continua: c'è ancora mercato ed in quali applicazioni?

Per i motori elettrici in corrente continua il mercato non solo c'è ancora, ma continuerà ad aumentare. Ci aspettiamo infatti che la parallela evoluzione tecnologica delle batterie e dei motori elettronici renderà possibile l'utilizzo di motori in corrente continua anche laddove oggi non succede. Si pensi agli utensili da giardinaggio, come i rasaerba: è prevedibile che, quando una carica della batteria consentirà all'utente almeno un'ora di utilizzo continuato, i motori a scoppio saranno sostituiti con motori in corrente continua, silenziosi, non inquinanti, non bisognosi

di manutenzione. Al di là di questi scenari futuri, comunque non molto lontani, è facile rispondere alla domanda: già oggi si consumano enormi quantitativi di motori in corrente continua nell'automotive, anche in questo caso per la disponibilità di corrente da batteria.

Altri mercati nei quali siamo presenti con motori in corrente continua sono, ad esempio: automazione e movimentazione in generale, aperture automatiche, pulizia e aspirazione, pompe acqua, ventilazione, saldatrici, piccola robotica.

? Efficienza energetica sui motori elettrici: sue indicazioni come analizzarla e applicarla.

Per rispondere a questa domanda, mi limito a descrivere quello che la nostra azienda decise di fare quando produsse i primi motori ad altissima efficienza. Circa un anno e mezzo fa, infatti, abbiamo attivato lo sviluppo di motori brushless a commutazione elettronica, dandosi come obiettivo tecnico prioritario la massimizzazione dell'efficienza energetica, senza compromessi. In seguito all'esito estremamente positivo dei primi test di laboratorio, si decise di passare a verifiche il più possibile realistiche: d'accordo con alcuni clienti, abbiamo modificato la meccanica dei propri motori brushless allo scopo di renderli installabili su applicazioni normalmente funzionanti con motori tradizionali (i primi esperimenti furono condotti su pompe e ventilatori). A quel punto fu semplice condurre prove comparative della potenza assorbita a parità di potenza meccanica resa all'albero motore. Gli straordinari risultati in termini di risparmio energetico, in questo modo, furono palesi sia per noi sia per i nostri clienti.



Motore progettato da IME per impianti di depurazione di acque reflue. Si tratta di un motore a 24 poli che eroga 10kW di potenza a 350rpm, con una coppia di lavoro di 250Nm. L'alimentazione trifase sensorless è gestita tramite inverter appositamente sviluppato. Il rendimento del 95% consente un impareggiabile risparmio energetico (valorizzabile nell'ordine dei 5.000 €/anno rispetto a macchina di pari dimensioni montata con motore tradizionale).



Marco Giroletti

Product Manager IEC Low Voltage Motors – Motors&Generators ABB Italia

ABB opera nelle tecnologie per l'energia e l'automazione che consentono ai clienti delle utilities e delle industrie di migliorare le loro prestazioni riducendo al contempo l'impatto ambientale: offrendo prodotti, sistemi e servizi propone soluzioni in termini di efficienza energetica, affidabilità delle reti e produttività industriale

? Come si attiva la sua società per i motori elettrici ad alta efficienza?

Lo scenario legato all'efficienza energetica per sistemi industriali è in continua evoluzione: la Commissione Europea ha introdotto precise regolamentazioni con l'obiettivo di incrementare del 20-30% entro il 2020 il risparmio di energia elettrica industriale grazie all'utilizzo di motori elettrici ad alto rendimento. Questo significa ridurre consumi per circa 135 miliardi di kWh ed emissioni di CO₂ per circa 63 milioni di tonnellate. Noi ci muoviamo per l'attuazione dell'ambizioso progetto: non solo abbiamo seguito da vicino le ultime evoluzioni in tema di efficienza energetica ma le abbiamo precedute. Offriamo non solo svariate gamme di motori in classe di efficienza IE2, ma anche un portafoglio completo di prodotti in classe IE3, e una gamma in IE4. Più recentemente abbiamo rilasciato un prodotto all'avanguardia, basato sulla tecnologia del motore sincrono a riluttanza. Il rotore privo di gabbia è il presupposto per un abbattimento delle perdite che può arrivare fino al 40% e inoltre l'assenza di magneti garantisce un ciclo di vita prolungato.

? Direttiva Europea sull'efficienza dei motori elettrici: una sua analisi e in sintesi cosa prevede

La direttiva EU MEPS (European Union Minimum Energy Performance Standards) introduce livelli minimi di efficienza per motori elettrici commercializzati all'interno dello Spazio Economico Europeo e fa parte del progetto eco-design che mira a ridurre costi e impatto ambientale dei prodotti che consumano energia. Entrata in vigore a Giugno 2011, prevede tre fasi successive di cui l'ultima nel 2017. Il passaggio dalla classe IE1 alla IE2 è avvenuto in maniera repentina in Italia: a inizio 2011 la maggior parte dei motori venduti era in bassa efficienza. Invece, esistono buone ragioni per

pensare che il primo passaggio da IE2 a IE3, previsto per Gennaio 2015, avvenga più gradualmente. Il tema dell'efficienza energetica è tenuto in considerazione da molti governi: non solo l'Unione Europea ma anche altri stati come Stati Uniti, Canada, Brasile, Australia e più recentemente Cina hanno attuato direttive per l'efficienza energetica per motori elettrici. Abbiamo un portafoglio esteso di prodotti conformi anche a tali direttive e questo è fondamentale per le vendite in un paese come l'Italia, dato che l'export rappresenta una fetta importante del mercato italiano.

? Per la proposta di motori ad alto rendimento qual è la risposta degli utenti finali?

Gli utenti finali sono sempre più consapevoli che il costo d'acquisto del motore è trascurabile se paragonato al cosiddetto TCO, Total Cost of Ownership, ovvero la somma di costo di esercizio e di manutenzione. L'efficienza energetica per motori elettrici è quindi un tema di concreto interesse per gli utilizzatori che allo stesso tempo sono sempre più rivolti a soluzioni per il risparmio energetico complete per l'intero sistema motorizzato. Mi spiego

meglio, spesso non è solo il rendimento del motore che fa la differenza: molte applicazioni possono essere ottimizzate alimentando il motore con convertitore di frequenza. Infatti, evitare che il motore funzioni alla potenza nominale quando non richiesto dall'applicazione può rivelarsi un intervento di notevole risparmio energetico.

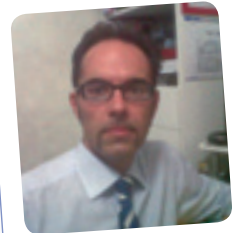
? In quest'ambito in base alle varie applicazioni l'installatore deve seguire dei corsi adeguati? Consigli ai clienti per i motori ad alta efficienza?

Il mondo dei motori elettrici è variegato e caratterizzato da molteplici variabili: esistono applicazioni semplici dove bastano poche informazioni di base per selezionare il motore mentre altre applicazioni più specifiche richiedono dettagli ed esperienza adeguati. Un consiglio che posso dare ai clienti è quello di essere consapevoli dei benefici che porta un motore ad alta efficienza: riduzione dei consumi e maggiore affidabilità. Infatti, grazie alla riduzione della sovra-temperatura del motore, si allunga il ciclo di vita degli avvolgimenti, dei cuscinetti e dell'isolamento.

I prodotti ABB sono in grado di massimizzare il risparmio energetico, abbattere i costi di gestione e le emissioni di CO₂ riducendo allo stesso tempo i costi di manutenzione. Sono progettati per soddisfare le specifiche degli standard più rilevanti a livello mondiale e garantiscono lunga durata anche nelle applicazioni più gravose.



La parola a...



Giuseppe Cambuli

Direttore commerciale Leroy Somer

Leroy Somer, società del Gruppo Emerson, è uno dei principali costruttori mondiali di sistemi di trasmissione elettromeccanici ed elettronici ed è leader mondiale nel settore degli alternatori industriali

? End User a fronte della proposta di motori con consumi sempre ridotti: una sua opinione sulla loro posizione?

Gli End User si sono dimostrati sin dall'inizio entusiasti della nostra proposta di "efficientamento". Seguiamo con una struttura dedicata gli utenti finali e conoscendone le caratteristiche e le esigenze riesce a dare risposte concrete e pratiche. La nostra azione di sensibilizzazione e coinvolgimento è cominciata ormai da qualche anno e i risultati sono evidenti: oggi lo stabilimento, la fabbrica, l'impianto produttivo si interessa alla tipologia di macchine elettriche installate, da mantenere e/o da revampizzare e sostituire. Insomma, finalmente prende coscienza del proprio parco macchine installato. Questa consapevolezza porta ad una scelta "Energy saving", che ha benefici in termini economici (risparmio energia e quindi denaro) e tecnologici. Aggiungiamo poi a corollario la consulenza tecnica in fase di definizione progetto, i training formativi sui prodotti e il service a 360°. Capitolo a parte merita l'audit energetico, oggi nostro punto di forza, che è la vera chiave di volta in questa evoluzione. La misura effettiva e reale di "quanto consumo" è l'elemento principe che ci fa capire quanto incide la bolletta sul prodotto realizzato. Per correggere e intervenire, oggi gli end user cominciano anche ad ascoltare proposte con tecnologie nuove e innovative, uscendo dagli schemi tradizionali e affrontando con innovazione le sfide di mercato.

? Fornite agli installatori dettagli specifici su applicazioni in ambienti ATEX, alta umidità, lavaggi aggressivi ecc?

Uno degli attori principali oggi è l'installatore, o meglio, nella versione aggiornata, il system integrator. Svolge una funzione essenziale nell'ambito industriale e per fare ciò necessita di formazione a 360°. Noi proponiamo nella nostra attività di vendita (meglio prevendita) la consulenza tecnica, applicativa, di installazione e manutenzione che sono alla base per poter affrontare e definire delle soluzioni che danno vantaggio. Le cosiddette gamme "adattate" sono la nostra vera specializzazione. Il prodotto standard riceve quelle migliori tecniche e di prestazioni che sono proprie e differenti per ogni mercato/applicazione: ambiente atex, alta umidità (gamma 85%/135%/150%), estrazione fumi, resistenze ad agenti esterni ecc. Gli strumenti di informazione e formazione spaziano da una serie di flyers informativi a cataloghi tecnici che danno risposte immediate ai progettisti. In mezzo troviamo il configuratore prodotti on-line (disponibile per tutti) ed una serie di referenze applicative che danno la sicurezza e tranquillità di un'applicazione eseguita a regola d'arte. Ultimo, ma non per importanza, l'assistenza al montaggio, installazione, messa in servizio con training anche on site sui vari prodotti.

? Unico fornitore (motore con inverter), oppure il cliente accetta i due fornitori?

Uno degli argomenti di riflessione che la Direttiva Energy Saving ha generato, seppur in sordina, è stato la rivalutazione del motore elettrico e della sua applicazione. Mi spiego: abbiamo vissuto, soprattutto nell'ultimo decennio, un periodo nel quale la macchina elettrica è stata considerata una "commodity".

Il motore è un componente definito sul quale non vi è gran che da ragionare, deve essere disponibile sempre e dovunque, deve chiaramente costare il meno possibile, deve essere affidabile, insomma, l'ultimo dei problemi che si parli di OEM o end user. L'inverter poi, questa macchina ancora sconosciuta (o temuta) in molti casi, è invece un oggetto che dimensiono sul valore di corrente o potenza ed è assolutamente distaccato o sconnesso dalla parte motore elettrico. Nulla di più sbagliato! Finalmente oggi ci si rende conto sempre più che un'applicazione ben realizzata è tale se l'unione motore-inverter è ben fatta. Se poi chi realizza il motore realizza anche il drive, posso avere performances, affidabilità e risparmio energetico assolutamente garantite. I vantaggi di un unico fornitore per il cliente sono molteplici e spesso superano di gran lunga quella diffidenza che è generata più dalle abitudini che da reali ragioni tecniche o commerciali. Il cliente ha la possibilità di essere seguito, curato e sostenuto (problematiche comprese) da un team di specialisti che fanno capo alla stessa azienda. Oggi i clienti cominciano ad accettare e/o valutare la proposta di un unico fornitore. Vi sono addirittura casi in cui ciò sta diventando "mandatory", viene richiesto appositamente probabilmente in virtù di esperienze delicate o negative.

? Sono ben conosciute dai clienti le nuove normative per efficienza energetica sui motori elettrici?

A oggi la diffusione di questi provvedimenti è certamente aumentata rispetto ai mesi passati. Resta a parer mio appannaggio degli utilizzatori una maggior conoscenza delle norme e delle regole che permettono e agevolano l'energy saving in generale, mentre i costruttori sono ancora uno step indietro. Questo è dovuto probabilmente al fatto che gli end user lavorano "in casa", mentre gli OEM esportano, soprattutto oggi, in paesi ove queste norme non sono ancora applicabili. Vi sono poi casi opposti in cui qualche produttore decide di fare del risparmio energetico la propria bandiera, spesso però si tratta di grosse aziende. Noi continuiamo a fare informazione e formazione ai clienti mediante comunicazioni applicative, il magazine, e convegni dedicati. Uno degli ultimi eventi, il meeting sulla refrigerazione industriale ha infatti visto la partecipazione di numerose aziende specifiche di settore, responsabili tecnici, commerciali, amministrativi, management di alto livello che hanno testimoniato l'interesse verso un argomento come questo.

Gamma Dyneo: Motori sincroni a magneti permanenti. Potenze da 0,75 kw a 600kw, Velocità da 0 a 5500 g/m-Grado di protezione IP 55 e IP 23.

