



## Motion per i missili: Ottimizzazione delle prestazioni

**I sistemi missilistici continuano a evolversi per soddisfare esigenze specifiche: dai missili tattici guidati alle armi strategiche a più lungo raggio, ognuna delle quali è progettata per essere lanciata da una particolare piattaforma per raggiungere l'obiettivo previsto. È un dato di fatto della vita moderna che queste armi siano necessarie per promuovere la sicurezza nazionale e globale. In un mondo incerto, sono necessari in quantità sempre maggiori e con capacità innovative come mai prima d'ora.**

Si prevede che il mercato globale dei razzi e dei missili si espanderà a un tasso di crescita annuo composto di oltre il 6% nei prossimi anni, raggiungendo un valore di 77,4 miliardi di dollari entro il 2028.<sup>1</sup> In gran parte questa crescita è dovuta alla necessità e al continuo sviluppo di nuovi sistemi avanzati, come i missili ipersonici, che si prevede cresceranno a un tasso CAGR del 7,4%.

Sebbene i missili siano progettati per rimanere in volo per un tempo relativamente breve, i motori elettrici che controllano gli attuatori direzionali, l'ottica di puntamento e altri sistemi elettromeccanici devono funzionare con assoluta affidabilità. E devono essere pronti a fornire queste prestazioni in qualsiasi momento, passando istantaneamente da uno stato di standby a condizioni estreme di temperatura con urti e vibrazioni.

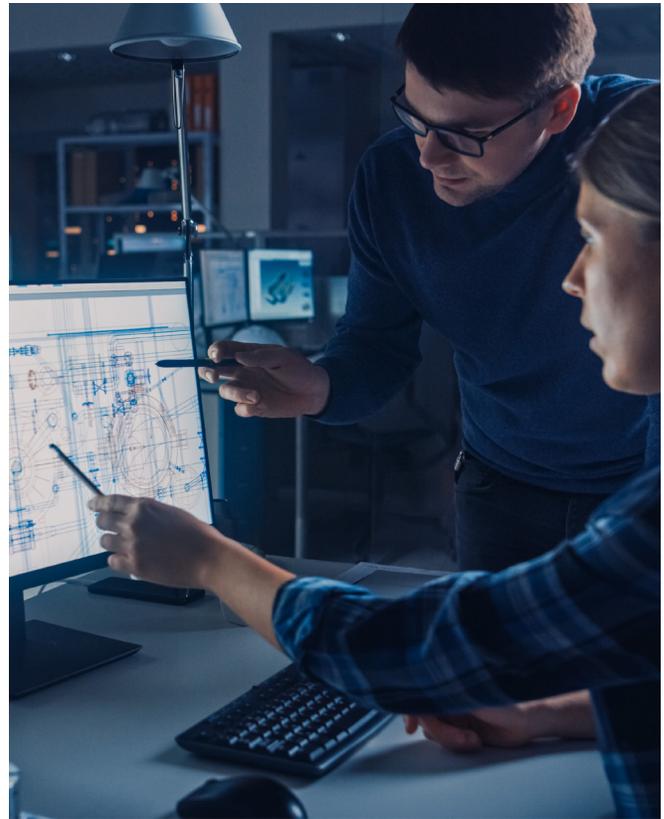
Gli ingegneri e i costruttori di missili devono affrontare molteplici sfide: creare missili sempre più specializzati, soddisfare una domanda di quantità in rapida crescita e, in alcuni casi, contribuire ad aumentare le capacità di impiego in battaglia, fornendo missili più compatti e in grado di volare più velocemente e più lontano senza sacrificare le prestazioni. Per affrontare queste sfide, i sistemi di motion devono essere specificati con l'obiettivo di soddisfare i requisiti di prestazioni, ambiente e fattore di forma unici di ogni applicazione.

## Un processo collaborativo

In Kollmorgen, i nostri ingegneri collaborano con i clienti del settore aerospaziale e della difesa fin dall'inizio di ogni progetto, per assicurare che ogni soluzione di motion sia ideale per l'applicazione. Questo rapporto di collaborazione si basa su una vasta esperienza nel settore, sulla competenza nella progettazione elettromeccanica e nella scienza dei materiali, oltre che sulla comprovata capacità di prototipare, produrre, consegnare e supportare i motori nei tempi e nelle quantità richiesti per il successo del programma missilistico.

Il processo di collaborazione inizia con la scoperta e la documentazione dei requisiti tecnici di ogni applicazione di motion elettrico in tutto il missile. Queste informazioni possono essere utilizzate per creare le specifiche del motore, compresi gli ingombri di installazione, i requisiti di prestazione, i materiali dei componenti, i valori termici e altro ancora.

Ecco una panoramica di alto livello del processo di definizione delle specifiche. Si noti che queste fasi, pur essendo presentate in ordine sequenziale, sono in realtà fortemente interconnesse. Poiché ogni decisione influisce sulle altre, tutte le decisioni devono essere affrontate come parte di un insieme organico.



## Comprendere i requisiti del sistema di motion

**La sfida più grande - e la migliore opportunità per assicurare il successo del programma - è l'analisi di tutti i parametri entro cui i sistemi di motion devono operare e delle caratteristiche prestazionali che devono fornire. Rispondere alle seguenti domande nel modo più esauriente possibile fin dalle prime fasi del processo di progettazione, è fondamentale.**

### Conoscere lo spazio disponibile

Considerando il design complessivo del missile e lo spazio disponibile per ogni applicazione di motion, quali sono la lunghezza e il diametro ideali del motore? Come sarà integrato il motore nel sistema di attuatori? È più appropriato un motore housed o frameless? Va considerato che un motore housed offre l'installazione più semplice, ma un motore frameless integrato direttamente nella struttura meccanica dell'applicazione può fornire la massima densità di coppia nel pacchetto più compatto.

Un motore frameless è ideale per l'uso con i riduttori armonici, una tecnologia di trasmissione estremamente compatta, senza gioco, ideale per l'uso nei sistemi di puntamento e in altre applicazioni missilistiche. Adottando un motore frameless è possibile utilizzare il foro centrale per il montaggio di giunti rotanti e altri componenti per un'applicazione sempre più compatta.

Quanto è grande il foro passante necessario? Kollmorgen offre un'ampia gamma di motori frameless di varie tecnologie, tra cui modelli con un foro centrale particolarmente grande. Offre inoltre un supporto tecnico applicativo da personale altamente qualificato per la progettazione dei propri clienti.

## Conoscere la potenza di ingresso disponibile

Sia che il missile utilizzi batterie termiche convenzionali o una fonte di alimentazione alternativa, è necessario conoscere tutte le applicazioni che utilizzeranno tale energia e cosa significa per l'intervallo di tensione e la corrente, sia continua che di picco, che sarà disponibile per ogni singola applicazione. Kollmorgen offre motori a bassa tensione progettati per applicazioni a batteria che offrono le stesse prestazioni dinamiche dei motori standard.

## Conoscere i profili di prestazione target

Quali sono i requisiti di velocità e coppia dell'applicazione, sia su base continua che durante i picchi di carico? A causa delle forti e imprevedibili forze atmosferiche che si incontrano nel volo subsonico, supersonico e ipersonico, i picchi di coppia richiesti dai componenti di controllo possono essere estremi, anche quando le correzioni di rotta devono essere eseguite istantaneamente. Gli attuatori direzionali richiedono motori in grado di accelerare rapidamente senza perdere efficienza alle alte velocità. Kollmorgen fornisce tool analitici e ottimizzazioni del motore per aiutarvi a ottenere le curve di prestazione ideali per l'applicazione.

## Conoscere i requisiti termici dell'applicazione

Qualsiasi missile può essere soggetto a una gamma di temperature molto più ampia di quella che si può incontrare in un tipico ambiente di fabbrica. Un esempio estremo è rappresentato da un missile ipersonico dispiegato in un ambiente subartico a una temperatura di  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  o inferiore, che una volta lanciato attraverso l'atmosfera potrebbe raggiungere temperature di superficie di centinaia di gradi.

Sebbene un missile di questo tipo debba essere progettato per fornire protezione termica ai componenti sensibili alla temperatura, i sistemi di motion devono comunque funzionare in modo

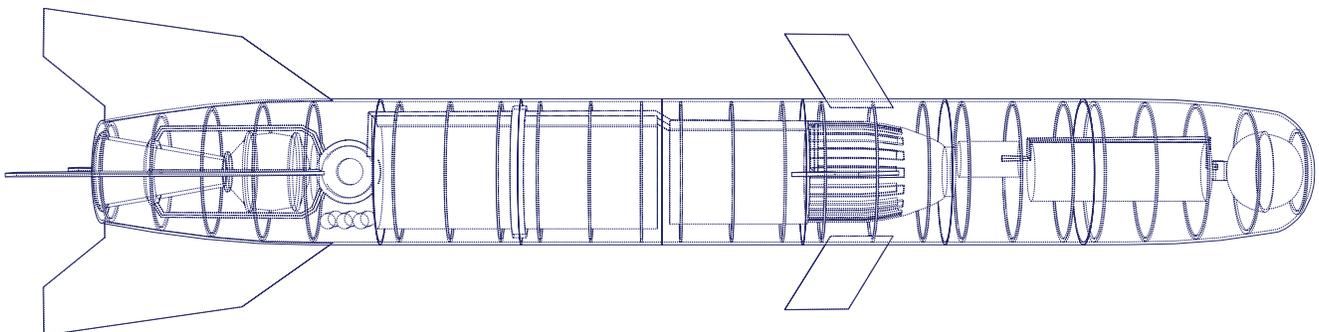
affidabile in un'ampia gamma di temperature. In che modo queste temperature estreme, combinate con l'aumento termico intrinseco del motore, influiscono sulle prestazioni? Sulla base dei vostri requisiti, Kollmorgen è in grado di calcolare rapidamente le prestazioni di un prototipo alle temperature estreme della vostra applicazione e ha le strutture per testare tali prestazioni sui primi prototipi fisici.

## Conoscere il vero ciclo di lavoro dell'applicazione

Ovviamente i motori dei missili devono funzionare perfettamente nei secondi o minuti che intercorrono tra il lancio e l'impatto. È facile immaginare che questa breve finestra di prestazioni significhi un rischio di guasto molto ridotto rispetto alle esigenze poste ai motori in un ambiente industriale 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Tuttavia, è importante capire cosa accadrà durante tutto il ciclo di vita del missile, da quando viene schierato per la prima volta sul campo a quando viene utilizzato o infine dismesso.

Questo intervallo di tempo può variare da giorni a decenni e il missile deve essere sempre in ottime condizioni. La comprensione di ciò che accadrà durante il ciclo di vita aiuterà ad assicurare una selezione e un dimensionamento ottimali del motore, senza il rischio di sotto o sovra-specifiche. Ad esempio, i missili di bordo sono continuamente testati in tutti i componenti critici, nei sistemi di guida e nelle altre applicazioni motorizzate per verificarne il corretto funzionamento ed essere sempre pronti all'utilizzo.

Il vostro missile verrà testato quotidianamente? Deve essere sempre attivo e funzionante, in modalità standby, pronto o pre-accensione? Dati questi requisiti, oltre alle condizioni di volo effettive, per quanto tempo si prevede che i motori funzionino a carichi e velocità specifici? I motori Kollmorgen sono progettati per resistere in applicazioni dove il fallimento non è un'opzione.



## Specificare i progetti e i materiali dei motori per soddisfare le prestazioni e gli obiettivi ambientali

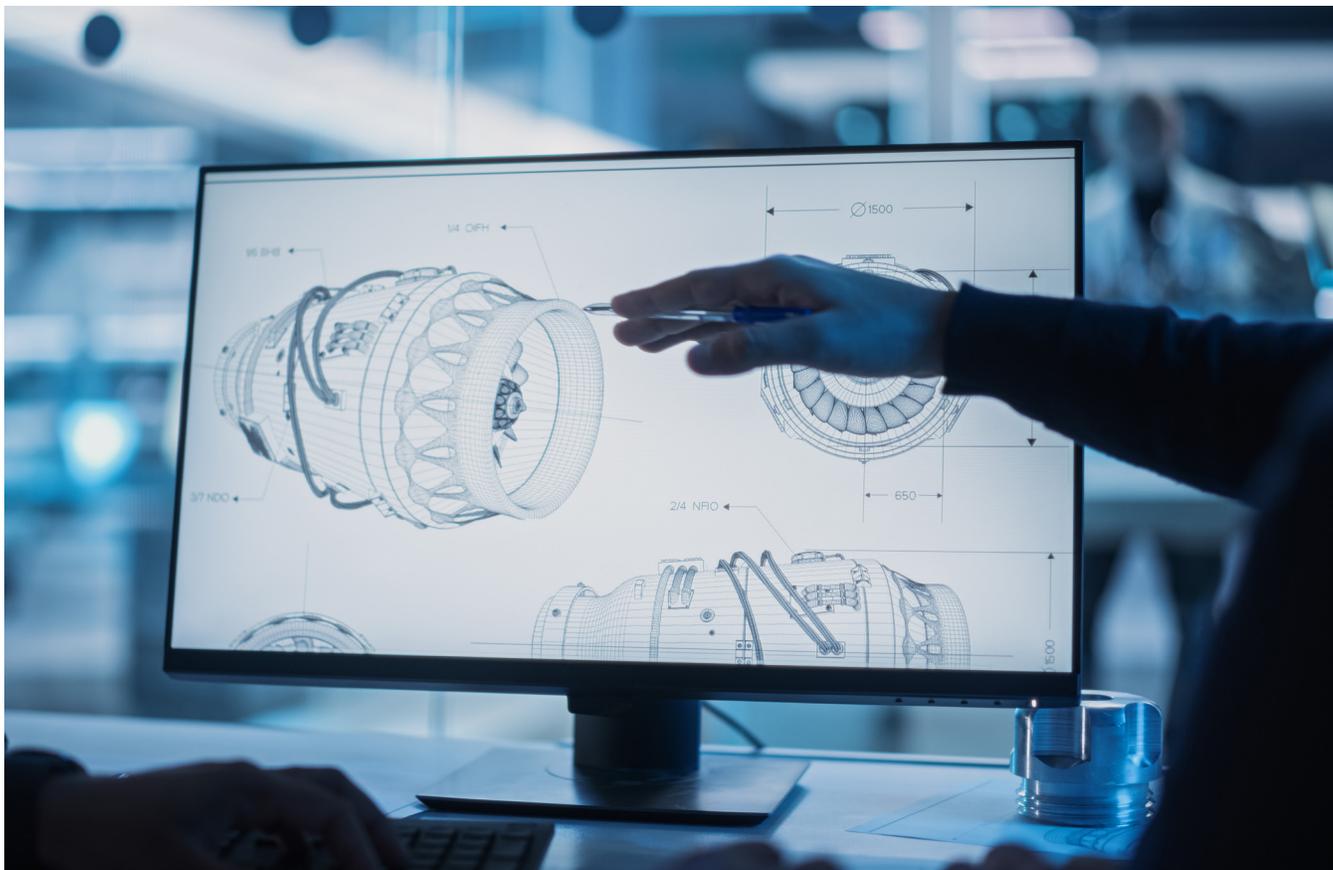
Ogni aspetto della progettazione del motore e dei materiali può essere ottimizzato per raggiungere particolari obiettivi prestazionali e ambientali. Per soddisfare i requisiti unici dei sistemi di motion missilistici, che devono fornire prestazioni elevate in condizioni estreme, gli elementi più importanti da ottimizzare sono la pila di laminazione dello statore e gli avvolgimenti, i magneti permanenti del rotore e i materiali di incapsulamento e isolamento.

I valori nominali di temperatura sono importanti per i motori utilizzati nei missili. Tuttavia, si noti che il valore nominale complessivo del motore può essere inferiore a quello dei materiali dei componenti. Ad esempio, un motore con una temperatura nominale di 155 °C può essere composto da materiali con una temperatura nominale di 180 °C o addirittura 200 °C. In questo modo si ottiene un margine di sicurezza quando il motore viene sovraccaricato oltre il suo valore nominale, assicurando che possa gestire prestazioni estreme per un periodo di tempo limitato senza compromessi. Inoltre, si noti che i valori nominali dei motori possono essere basati sul funzionamento continuo per un periodo di tempo più lungo rispetto al volo di un missile.

### Laminazioni

Le prestazioni del motore variano a seconda che il produttore utilizzi laminazioni dello statore ad alte prestazioni o standard. Il design della laminazione influisce sulle proprietà del flusso magnetico generato in risposta alle correnti elettriche variabili applicate agli avvolgimenti dello statore. Le laminazioni possono essere progettate per minimizzare le correnti parassite prodotte dai campi magnetici che ruotano attraverso lo statore.

Laminazioni più sottili possono migliorare l'efficienza e minimizzare l'aumento termico, riducendo le perdite di energia a causa del calore, soprattutto quando sono necessarie frequenze di commutazione elevate. Materiali di laminazione speciali massimizzano il flusso che può essere generato senza saturare lo statore, per generare una coppia più elevata. L'una o l'altra o entrambe le tecniche di progettazione possono essere vantaggiose, a seconda delle esigenze dell'applicazione.



## Avvolgimenti

Gli avvolgimenti dello statore possono essere messi a punto per ottimizzare le prestazioni del motore a tensioni specifiche del bus, comprese le applicazioni missilistiche a batteria, nonché a livelli di coppia e velocità specifici. Adattando con precisione il progetto dell'avvolgimento alla potenza di ingresso disponibile e ai requisiti di prestazione dell'applicazione, gli ingegneri evitano i rischi di un motore sottodimensionato che non è in grado di gestire i carichi dinamici incontrati in volo o di un motore sovradimensionato che aggiunge dimensioni e peso inutili al progetto del missile.

## Isolamento e magneti permanenti

Una questione fondamentale per la progettazione di qualsiasi missile è quanto i motori possano avvicinarsi ai requisiti assoluti, di prestazione a breve termine, posti a loro prima di essere compromessi. Ciò include la massimizzazione della costante di tempo termica, ovvero il tempo necessario al motore per raggiungere il 63% della sua temperatura di regime, spingendo al contempo le caratteristiche prestazionali del motore ai limiti richiesti dall'applicazione.

## Collaborare con un esperto di motion

Il partner scelto è importante quanto la tecnologia motion. Kollmorgen collabora con il cliente nella fase iniziale di progettazione per comprendere le sue esatte esigenze, quindi fornisce il supporto ingegneristico necessario per semplificare la selezione, il dimensionamento, la configurazione e l'ottimizzazione dei prodotti. La prototipazione, la consegna e l'iterazione rapide della soluzione possono potenzialmente far risparmiare mesi nel processo di sviluppo.

Quando il progetto finale è pronto, l'impianto di produzione certificato AS9100 di Kollmorgen applica la produzione snella, i processi ripetibili e i controlli

Più un motore funziona al di là delle sue prestazioni nominali, maggiore è il rischio che i materiali si degradino e si guastino. Questo rischio può essere esacerbato dallo scenario di utilizzo del missile e mitigato dalla sua progettazione.

Ad esempio, il missile opera esclusivamente nell'atmosfera o viene lanciato da sott'acqua, dove le superfici di controllo incontrano una resistenza molto maggiore? Se viene lanciato da un aereo, gli attuatori delle pinne devono contrastare il buffeting delle forze di scia o c'è un blocco meccanico rilasciato al lancio?

Se i motori vengono spinti al limite e oltre, è possibile ottenere la massima affidabilità utilizzando saldature a temperature più elevate, sistemi di incapsulamento e isolamento a temperature più elevate e, in alcuni casi, magneti a temperature più elevate. Leghe speciali di magneti permanenti possono anche aumentare la coppia che un motore può erogare senza superare il suo valore nominale termico.

di qualità per consentire una rapida transizione dal prototipo alla produzione a pieno regime. Potete aspettarvi soluzioni di motion consegnate puntualmente, ogni volta, e un'assistenza a lungo termine, nella regione e per la regione, per tutto il ciclo di vita del vostro programma missilistico.

In quanto marchio Regal Rexnord, la collaborazione con Kollmorgen vi consente di accedere al leader dei componenti altamente specializzati nel settore aerospaziale e della difesa. Regal Rexnord fornisce competenze per quasi tutti i sottosistemi missilistici, oltre a cuscinetti aerospaziali di altissima qualità, soluzioni di tenuta, componenti elettrici, sistemi di ingranaggi e altro ancora.

## Puntate il vostro programma missilistico sul bersaglio

[Contattate Kollmorgen](#) per discutere le vostre esigenze e i vostri obiettivi con un esperto di applicazioni missilistiche e altre applicazioni aerospaziali e di difesa.

<sup>1</sup> "Rocket and Missile Market," Markets and Markets, settembre 2023. Le specifiche sono soggette a variazioni senza preavviso. È responsabilità dell'utente determinare l'idoneità di questo prodotto per un'applicazione specifica. Tutti i marchi registrati sono di proprietà dei rispettivi titolari.

## Informazioni su Kollmorgen

Kollmorgen, un marchio Regal Rexnord, vanta oltre 100 anni di esperienza nel settore del motion, comprovata da motori, azionamenti, soluzioni di controllo AGV e piattaforme di automazione dalle prestazioni tra le più elevate e affidabili del settore. Forniamo soluzioni innovative che non hanno rivali in termini di prestazioni, affidabilità e facilità di utilizzo, garantendo ai costruttori di macchine un indubbio vantaggio sul mercato.