



Ultimative Bewegungspräzision mit gehäuselosen Servomotoren

Einige Antriebsanwendungen erfordern nur eine „ausreichend gute“ Bewegung. Viele andere erfordern ein hohes Maß an Präzision. Und wieder andere verlangen ultimative Präzision. Für diese sind gehäuselose Direktantriebsmotoren oft die beste Wahl.

Zu den Anwendungen, die ultimative Präzision verlangen, gehören in der allgemeinen High-End-Automatisierung verwendete kompakte Aktuatoren, kompakte Kardanaufhängungen zur Stabilisierung von Sensor- und Kommunikationsplattformen, robotergestützte Arbeitsplätze, präzise Werkzeugmaschinen oder Anwendungen, in denen möglicherweise eine Auflösung von 18 Bit oder mehr für eine Positionierung mit hoher Wiederholgenauigkeit erforderlich ist.

So waren beispielsweise in Werkshallen bei automatisierten Prozessen menschliche Eingriffe erforderlich, um Teile von Arbeitszelle zu Arbeitszelle zu bewegen und sie in einer Sequenz von Präzisionsbefestigungen zu platzieren. Diese Prozesse können jetzt mit kollaborierenden Robotern wesentlich schneller durchgeführt werden, die möglicherweise sechs bis sieben Freiheitsgrade benötigen. Achsen entlang des Roboterarms müssen das erforderliche Drehmoment liefern, um den Rest der Baugruppe zu bewegen, zu stützen und zu stabilisieren. Absolute Präzision ist erforderlich, um Positionierfehler zu vermeiden, die zu unerwünschtem Ausschuss oder Ausfallzeiten führen könnten.

Oder denken Sie an ein Gimbalssystem, das ein elektro-optisches/Infrarot-Bildgebungssystem stabilisiert und positioniert, wie es beispielsweise zur Lageerkennung und genauen Zielerfassung in Luftfahrt- und Verteidigungsanwendungen eingesetzt wird. Die Kardanaufhängung ist eine schwenkbare Halterung, die die Drehung des EO/IR-Sensors um eine Achse ermöglicht. Dabei wird zusätzliche Bewegungsfreiheit durch die Kombination oder Verschachtelung zweier oder mehr kardanischer Aufhängungen erreicht, deren Drehachsen um 90° versetzt sind. Die Motoren, die diese Systeme antreiben, müssen sofort und präzise reagieren, um trotz der extremen Erschütterungen, die bei Hochgeschwindigkeitsflügen auftreten, ein stabiles Bild zu erhalten.

Es gibt viele weitere Beispiele für Anwendungen, die auf die Fähigkeit angewiesen sind, ein hohes Drehmoment, reaktionsschnelle Beschleunigung/Verzögerung und absolute Präzision in einem kompakten Formfaktor zu liefern. Gehäuselose Direktantriebsmotoren sind oft die ideale Wahl für diese Anwendungen.

Vorteile von gehäuselosen Motoren

Wenn Sie einen Gehäusemotor finden, der gut zu Ihrer Anwendung passt, ist dies in der Regel die beste Wahl. Aber bei Anwendungen mit besonderen Anforderungen, etwa ein ultrakompaktes Design, extreme Präzisions und Reaktionsfähigkeit der Bewegung oder der Schutz des Motors vor rauen, möglicherweise schädlichen Umgebungsbedingungen, ist ein gehäuseloser Motor oft die bessere Lösung.

Gehäuselose Motoren sind präzise und effizient

In einer Direktantriebsanwendung gibt es keine Nachgiebigkeit, kein Spiel und keinen Antriebsverlust. Selbst bei Verwendung eines Getriebes sind gehäuselose Motoren am besten geeignet für den Einsatz in Designs mit geringem Spiel und ohne Spiel wie Wellgetriebe (Spannungswellengetriebe), Planeten- und Zykloidgetriebe. Und mit der höchsten Drehmomentdichte bieten gehäuselose Motoren die energieeffizienteste Möglichkeit, die Drehmoment- und Drehzahlanforderungen Ihrer Anwendung zu erfüllen.

Gehäuselose Motoren sind sehr kompakt

Gehäuselose Motorbausätze umfassen lediglich einen Stator und einen Rotor. Alle anderen Komponenten eines herkömmlichen Servomotors wie Gehäuse, Endgehäuse, Lager, Abtriebswelle und Verbinder sind stattdessen in den Anwendungsmechanismus selbst integriert. Die Integration eines gehäuselosen Motors in dieses Mechanismusdesign ermöglicht es Ihnen, den kleinstmöglichen Platzbedarf ohne Leistungseinbußen zu erreichen.

Gehäuselose Motoren bieten eine überragende Umweltverträglichkeit

Da gehäuselose Motoren direkt in die Anwendung integriert sind, werden sie vor Umwelteinflüssen geschützt. Bei Washdown-Anwendungen kann ein gehäuseloser Motor beispielsweise so integriert werden, dass unter hohem Druck stehende Flüssigkeiten ihn niemals berühren. In einem Tiefsee-Antriebssystem kann der Motor in einem ölgefüllten, druckkompensierten Gehäuse abgedichtet werden. In Hochvakuum- und Hochstrahlungsumgebungen können spezielle Materialien verwendet werden, um Ausgasung oder eine Verschlechterung der Isolierung zu verhindern.

Gehäuselose Motoren sind in vielen verschiedenen Größen, Formen und mit unterschiedlichen Leistungsmerkmalen verfügbar

Konstrukteure können die Dimensionierung der Anwendung in Bezug auf die erforderlichen Leistungsmerkmale einfach optimieren. So bieten die vielfältigen gehäuselosen Produktlinien von Kollmorgen zum Beispiel sowohl Servomotoren (längere Axiallänge) als auch Drehmomentmotoren (kürzere Axiallänge) in Standarddurchmessern von wenigen Zentimetern bis fast einem Meter. Die Busspannungen reichen von ≤ 48 VDC bis 680 VDC (480 VAC gleichgerichtet). Die Dauerdrehmomentfähigkeiten reichen von einem Bruchteil bis zu mehreren tausend Nm.

Mit all diesen Optionen können Konstrukteure die zu bewegende Masse, das Timing, die Anwendungs- und Platzbeschränkungen sowie die umgebungsbedingten Herausforderungen bestimmen und anhand dieser Informationen die Produktlinie und den Formfaktor ermitteln, die am besten zur Anwendung passen.



Integration gehäuseloser Motoren in Ihre Anwendung

Wie bereits erwähnt besteht ein gehäuseloser Motor nur aus einem Rotor und einem Stator. Alle anderen Komponenten, die normalerweise in einem Servomotor mit Gehäuse enthalten sind, müssen in den Anwendungsmechanismus integriert werden. Hier sind einige der wichtigsten Überlegungen, die beim Entwurf dieses Mechanismus zu beachten sind.

Gehäuse

Im Gegensatz zu einem Motor mit Gehäuse, der über einen mit der Maschine verschraubten Befestigungsflansch verfügt, ist ein gehäuseloser Stator in der Regel in eine bearbeitete, zylindrische Hohlraumkomponente geklebt, die als Motorgehäuse dient. Diese wird in der Maschine in der Nähe der Abtriebswelle montiert, was ein besonders kompaktes Design ermöglicht. Gehäuselose Motoren von Kollmorgen werden mit einem detaillierten Installationshandbuch geliefert, in dem Bearbeitungstoleranzen, Haftmittel, Montageschritte und vieles mehr behandelt werden.

Um die strukturelle Integrität und eine angemessene Wärmeableitung zu gewährleisten, wird das Gehäuse in der Regel aus Stahl oder Aluminium mit einer minimalen Wandstärke von 4–6 mm gefertigt. Diese Materialien werden bevorzugt, da das Gehäusematerial Wärme effektiv vom Motor ableiten können muss. Beachten Sie, dass Edelstahl eine geringe Wärmeleitfähigkeit hat und vermieden oder entsprechend überdimensioniert werden sollte, um den Best Practices in Maschinendesign-Anwendungen zu entsprechen.

Kollmorgen bietet eine große Auswahl an Design-Tools. Kunden können unseren Leistungskurvengenerator für gehäuselose Motoren nutzen, um detaillierte Einblicke in verfügbare Motordrehzahlen und -drehmomente unter einer Vielzahl spezifischer thermischer Bedingungen zu erhalten. So können Ingenieure Motoren für jede Anwendung korrekt dimensionieren. Zudem hilft es, die Designanforderungen für die Abmessungen des Statorgehäuses sowie thermische Überlegungen für dicht beieinander montierte Komponenten wie Lager, Getriebe und Rückführsysteme nachzuvollziehen.

Beachten Sie auch, dass einige gehäuselose Motoren auch bei wesentlich niedrigeren Wicklungstemperaturen als dem maximalen Wert eine gute Leistung erzielen können. So bietet die TBM2G-Serie eine außergewöhnliche Leistung, ohne 85 °C zu überschreiten, ist gleichzeitig aber auch in der Lage, die volle Leistung bei einer Wicklungstemperatur von bis zu 155 °C auf einer kontinuierlichen Basis aufrecht zu erhalten.



Temperatursensoren

In der Phase des Anwendungsdesigns und der Entwicklung von Prototypen ist es oftmals hilfreich, einen **linearen Temperatursensor zu verwenden**, um sicherzustellen, dass Ihr Motor das erforderliche Dauerdrehmoment liefern kann, ohne eine akzeptable Wicklungstemperatur zu überschreiten.

Beachten Sie, dass ein Motor, der mit der maximalen Wicklungstemperatur - z.B. 155 °C - läuft, thermische Schäden an nahegelegenen empfindlichen Komponenten verursachen kann, zum Beispiel den Schmierstoffen für Lager und Getriebe sowie der thermisch empfindlichen Elektronik des Feedbacksystems. Ein übermäßiger Temperaturanstieg kann auch dem zu verarbeitenden Material schaden, wenn dieses hitzeempfindlich ist.

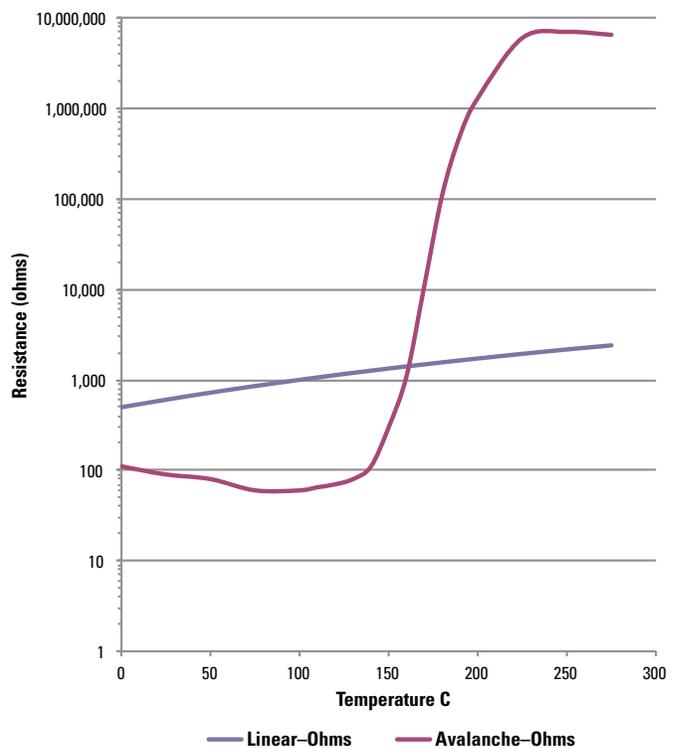
Ein linearer Temperatursensor wie der vielfach verwendete PT1000 kann die Informationen liefern, die Sie benötigen, um die Leistungsstufen der Anwendung mit der tatsächlich am Motor vorhandenen Wicklungstemperatur in Beziehung zu setzen. Diese Daten können mit anderen thermisch kritischen Maschinenelementen in der Anwendung verglichen werden. Möglicherweise können Sie Ihre Maschine mit der getroffenen Motorauswahl sicher auf höhere Leistungsstufen bringen oder die gewünschte Leistung mit einem kleineren Motor erzielen.

Im finalen Design kann es von Vorteil sein, einen **PTC- oder Avalanche-Temperatursensor zu integrieren**. Ein PTC-Sensor ist ein einfaches Widerstandsbauteil, das den Widerstandswert schnell ändert, wenn die Temperatur einen festgelegten Punkt, zum Beispiel die maximale Dauerbetriebstemperaturgrenze für die Motorwicklungen, überschreitet. Die meisten Produktionsanwendungen erfordern nicht die Detailtiefe, die ein linearer Temperatursensor bietet, es sei denn, eine spezielle Funktion erfordert dies. Ein einfaches, mit dem Antrieb verbundenes PTC-Bauteil kann jedoch verschiedene Korrekturmaßnahmen im Falle einer Überhitzung unterstützen.

Welle und Lager

Ein herkömmlicher Motor mit Gehäuse verfügt über interne Lager, die dem Rotor ein freies Drehen ermöglichen. Diese Lager sind nicht dafür vorgesehen, die Last zu tragen, sodass ein oder mehr zusätzliche Lagersätze außerhalb des Motors für diesen Zweck in die Anwendung integriert werden müssen.

Ein gehäuseloser Motor hat weder Welle noch Lager. Stattdessen enthält das Anwendungsdesign eine eigene Abtriebswelle. Lager an der Welle stützen sowohl den Rotor als auch die Last. Das Gesamtdesign der Maschine muss nicht verändert werden, um einen spezifischen gehäuselosen Motor zu integrieren. Der Maschinenkonstrukteur kennt bereits die Lagerbelastungsanforderungen für den Mechanismus



Reaktionskurve linearer vs. PTC (Avalanche)-Temperatursensor.

Das Steuerungssystem kann beispielsweise so programmiert werden, dass bei beginnender Überhitzung oder zu starker Belastung des Motors ein Alarm ausgelöst wird, der Strom reduziert wird, bis der Motor abkühlt, oder eine Verzögerungs-/Stopsequenz durchlaufen wird — je nachdem, was für den Zustand und die Produktivität der Anwendung und ihres Prozesses am sinnvollsten ist. Ein PTC bietet ein leicht zu implementierendes und kostengünstiges Schutzelement im Design Ihres Steuerungssystems.

und muss lediglich einen Punkt an der Welle finden, um den zusätzlichen Rotor zu montieren. Anhand dieser Rotorposition wird das Gehäuseelement so in die Maschine integriert, dass es den Stator stützt.

Anders ausgedrückt integriert Ihr Design das bereits vorhandene Wellen- und Lagerdesign, das erforderlich ist, um eine spezifische Aufgabe auszuführen, und Sie müssen lediglich die Rotor- und Statorelemente ordnungsgemäß auf der vorhandenen Welle anbringen. Beachten Sie, dass die Drehung keine wesentlichen axialen oder radialen Belastungskräfte auf die Lager einleitet.

Das bedeutet, dass die Lager an der Welle den gehäuselosen Rotor zusätzlich zur Last stützen, aber

sie müssen nicht unter Berücksichtigung des Motors spezifiziert werden. Wählen und dimensionieren Sie Ihre Lager stattdessen basierend auf den axialen und radialen Kräften, die auf die Maschinenwelle einwirken, wenn sie die Last bewegt. Die Verwendung eines gehäuselosen Motors anstelle eines Motors mit Gehäuse sollte keinen Einfluss auf die von Ihnen spezifizierten Wellenlager haben.

Feedbacksystem

Wie bei allen bürstenlosen Servomotorsystemen wird ein Feedbacksystem zur Bestimmung der Rotorposition verwendet, um das Timing und die Sequenzierung des Verstärkers zu steuern, der die Versorgung des Motors elektronisch regelt. In seiner einfachsten Form kann dieses Kommutierungssignal von einer Gruppe von Magnetsensoren, den sogenannten Hall-Effekt-Geräten, bereitgestellt werden, die als Standardoption zum gehäuselosen Motorteilesatz angeboten werden können.

Eine andere Möglichkeit ist die Bereitstellung von Positionsrückmeldungen für einen geschlossenen Regelkreis mit einem Inkrementalgeber, die in den Hall-Effekt-Ausgangspuren integriert sind. In rauen Umgebungen mit starker Stoßbelastung, in denen ein optischer Encoder Schaden nehmen könnte, bietet ein Resolver eine robuste und zuverlässige Alternative zur absoluten Positionsrückführung, obwohl die typische Auflösung mit 12 bis 16 Bit geringer ist.

Die beste Lösung, die bei den meisten Anwendungen mit gehäuselosem Motor zum Einsatz kommt, ist oftmals ein Absolut-Encoder, der die für Automatisierungssysteme erforderliche Auflösung von 18 Bit oder mehr liefert, bei denen höchste Präzision erforderlich ist. Bei Verwendung eines Absolut-Encoders ist zudem kein separates Hall-Effekt-Gerät notwendig, sodass der Antrieb selbst beim Starten des Systems die genaue Rotorposition kennt.



Getriebe

Gehäuselose Motoren eignen sich ideell für Direktantriebsanwendungen. Wenn jedoch das Drehmoment erhöht und die Drehzahl gleichzeitig verringert werden soll, können diese Motoren auch mit kompaktem, spielfreiem Wellgetriebe (Spannungswellengetriebe) sowie mit Zykloiden-, Stirnrad- und Planetengetriebe verwendet werden. Diese Getriebe gewährleisten extreme Präzision und ermöglichen eine hohe Vervielfachung des Drehmoments in einem kompakten Formfaktor.

Bei Verwendung eines Wellgetriebes mit einem typischen Untersetzungsverhältnis von 100:1 wird beispielsweise das auf die Motorwelle übertragene Lastträgheitsmoment um das Quadrat des Verhältnisses oder einen Faktor von 10.000 reduziert, wobei die Gesamtabmessungen des Anwendungsdesigns kaum beeinflusst werden.

Diese Überlegungen können beispielsweise von Bedeutung sein, wenn Sie das Drehmoment benötigen, um eine erhebliche Last ohne Verzögerung zu beschleunigen, oder wenn Sie bei Verwendung eines kleineren Motors ein spezifisches Drehmoment erreichen wollen. Für die Dimensionierung des Motors ist es unerlässlich, die Auswirkungen der Getriebeuntersetzung zu verstehen. Mit ihrer Erfahrung helfen Ihnen die Ingenieure von Kollmorgen, die optimale Wahl zu treffen.

Bremsen

Für einige Anwendungen sind elektromagnetische oder mechanische Bremsen erforderlich. In vertikalen Anwendungen ist die Schwerkraft beispielsweise eine Lastkomponente, durch die die Last fallen oder sich aus ihrer erwarteten Position bewegen könnte, wenn die Stromversorgung des Motors unerwartet unterbrochen wird.

Eine weitere Anwendung von Bremsen besteht darin, die Integrität der Lastposition zu wahren, wenn der Motor absichtlich ausgeschaltet wird. Bei einer stabilisierten Plattform wie einem UAV-Sensorgimbal können Bremsen beispielsweise verhindern, dass die Last sich verschiebt, wenn das Flugzeug in der Luft ist, aber der Sensor gerade nicht benötigt wird.

Bremsen können als integraler Bestandteil vieler Motoren mit Gehäuse geliefert werden. Bei einem gehäuselosen Motor sollten sie jedoch an der primären Abtriebswelle des Mechanismus angebracht werden.

Herstellbarkeit der Konstruktion

Es ist einfach, einen Prototyp zu entwerfen und zu bauen, der die Leistungsanforderungen Ihrer Anwendung erfüllt, dabei jedoch die Notwendigkeit der optimalen Leistung in der Produktion und auf dem Markt zu übersehen. Um Risiken zu minimieren und maximalen Erfolg zu gewährleisten, sollten Sie bedenken, dass Sie Komponenten aus zuverlässigen Quellen, einen unkomplizierten Montageprozess und ein Design benötigen, das bei Bedarf leicht gewartet werden kann.

Berücksichtigen Sie beim Entwerfen Ihrer Anwendung den Fertigungsprozess, die Montagereihenfolge und die Gesamtkosten. Überlegen Sie beispielsweise, ob Sie aufgrund der mitunter beteiligten starken Magnetkräfte spezielle Befestigungen benötigen, um den Permanentmagnetrotor und die Welle sicher in der Nähe des Statorgehäuses in der Maschinenbaugruppe zu installieren.

Wenn bei der Anwendung mit extremen radialen Lagerbelastungen zu rechnen ist, die die typische Lebensdauer der Maschinenwellenlager verkürzen könnten, sollten Sie eine Möglichkeit zur Demontage für den einfachen Austausch der Lager vorsehen und gleichzeitig die Kosten und den Aufwand für die Integration des gehäuselosen Motors minimieren. Diese subtilen Entwurfskonzepte sind typischerweise Teil des Gesprächs über die Nachhaltigkeit der Maschine, die zum standardmäßigen Entwurfsprüfungsprozess mit den Ingenieuren von Kollmorgen gehören.

Wenn Sie diese und weitere Faktoren von Anfang an in Ihrem Entwurfsprozess berücksichtigen, können Sie Kostenüberschreitungen vermeiden, sicherstellen, dass Ihr Fertigungsprozess mit der Nachfrage Schritt halten kann, und Ihre Aussichten auf Marktakzeptanz erheblich verbessern.

Die richtige Unterstützung für Sie

Das Entwerfen und Fertigen einer Anwendung mit gehäuselosen Motoren muss nicht mit Unsicherheiten behaftet sein. Bei Fragen oder Herausforderungen im Designprozess steht Ihnen jederzeit Hilfe in Form von Self-Service-Ressourcen sowie Ingenieuren zur Verfügung, die genau wissen, wie sich gehäuselose Motoren in jede Art von Anwendung integrieren lassen.

Kollmorgen bietet Ihnen verschiedene Tools, die Sie beim Entwerfen und Konstruieren einer leistungsstarken und sehr gut herstellbaren Anwendung unterstützen:

- [Entscheidungsbaum für gehäuselose Motoren](#)
Dieses interaktive Tool führt Sie durch die Fragen, die Sie sich stellen sollten, um zu entscheiden, ob ein gehäuseloser Motor zu Ihrer Anwendung passt und, wenn ja, welcher Motortyp dies ist. Es ist auch als [druckbare PDF-Version verfügbar](#).
- [Leistungskurvengenerator für gehäuselose Motoren](#)
Passen Sie Strom, Spannung, Umgebungstemperatur

und Wicklungsfaktoren an, um sofort Leistungskurven zu generieren und die Optionen für gehäuselose Motoren zu ermitteln, die am besten zu Ihrer Anwendung passen.

- [Motioneering](#) Nutzen Sie dieses geführte Online-Auswahltool, um die optimalen Servoantriebskomponenten für Ihr Projekt basierend auf Ihren tatsächlichen Antriebsprofilanforderungen auszuwählen und zu dimensionieren. Diese können aus einer Bibliothek von mechanischen Projekttypen (Kugelgewindespindel, Zahnstangengewinde, Riemenantrieb, Andruckwalzen, Riemen und Antriebsscheibe, Direktantrieb) sowie Lasten, die durch die Zeit- und Leistungsanforderungen Ihrer Anwendung charakterisiert sind, entwickelt werden.
- [Weitere Design-Tools](#) Mit diesen leistungsstarken Engineering-Tools können Sie Antriebsprodukte vergleichen und auswählen, 3D-Modelle generieren, Kabel konfigurieren, sichere Bremszeiten berechnen und vieles mehr.

Sind Sie bereit Ihr Business voranzubringen?

[Kontaktieren Sie Kollmorgen](#), um Ihre Anforderungen und Ziele mit einem Kollmorgen-Experten für gehäuselose Motoren zu besprechen.

Wissenswertes über Kollmorgen

Kollmorgen, eine Marke von Regal Rexnord, verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung in der Antriebstechnik, die sich in den leistungsstärksten und zuverlässigsten Motoren, Antrieben, FTS-Steuerungslösungen und Automatisierungsplattformen der Branche bewährt hat. Wir liefern bahnbrechende Lösungen, die in puncto Leistung, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit unübertroffen sind und Maschinenbauern einen unbestreitbaren Marktvorteil verschaffen.