

Torquemotoren

ETEL

WISSENSWERTES ÜBER ETEL-TORQUEMOTOREN

Im Laufe der vergangenen 30 Jahre haben Direktantriebs-Torquemotoren bedeutende Leistungssteigerungen in zahlreichen Anwendungsbereichen in einer Reihe von High-Tech-Branchen ermöglicht. Die Direktantriebstechnologie hat sich als die ideale Lösung bewährt, die sämtliche Anforderungen hinsichtlich Produktivität, stetig zunehmender Genauigkeit und dynamischer Leistungsfähigkeit moderner Maschinen erfüllt.

Direktantrieb bedeutet im Wesentlichen, dass die Last und der Motor ohne einen zwischengeschalteten Antriebsstrang direkt gekoppelt sind. Signifikant höhere Steifigkeit und eine kompaktere Bauweise gehören zu den Vorzügen dieser Technologie. Torquemotoren stehen für höchste dynamische Leistung bei geringeren Betriebskosten und vereinfachte Maschinenkonstruktion ohne Verschleiß und Wartungsaufwand.

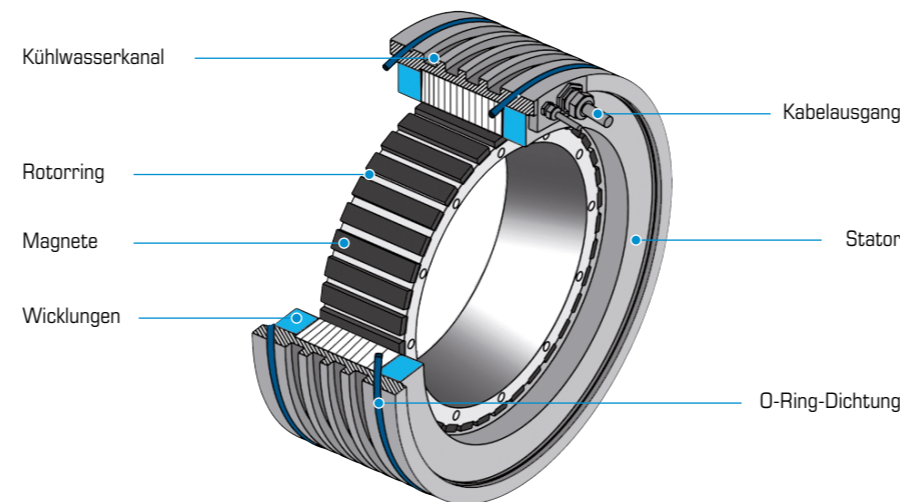
Seit der Unternehmensgründung 1974 widmet sich ETEL ausschließlich der Entwicklung von Direktantriebslösungen. Dank zahlreicher Innovationen und der patentierten Bauformen von ETEL-Torquemotoren bietet das Unternehmen unerreichte Drehmomentleistung in optimalen Konstruktionen an.

Die Vorteile von Torquemotoren

Die wichtigsten Vorteile der Torquemotor-Technologie sind:

- Hohe Dynamik
- Hohe Genauigkeit
- Optimale Drehzahlregelung
- Äußerst kompakte Konstruktion
- Außergewöhnlich hohe MTBF (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen)
- Geringer Wartungsaufwand

Diese Vorteile werden auf den folgenden Seiten im Detail erläutert.



Was ist ein Torquemotor?

Torquemotoren sind eine spezielle Klasse bürstenloser permanentmagnet-erregter Synchronmotoren. Torquemotoren zählen zur Familie der Direktantriebe, da die zu bewegende Last direkt mit dem Rotor verbunden ist und dadurch die Verwendung von Kraftübertragungselementen entfällt.

Je nach Blickwinkel lässt sich ein Torquemotor entweder als aufgerollter Linearmotor oder als klassischer Servomotor mit einer großen Anzahl von Polen beschreiben. Diese hohe Polzahl führt dazu, dass konventionelle Torquemotoren bei niedrigen Drehzahlen ein hohes Drehmoment entwickeln. Ein weiterer gewichtiger Vorteil dieser Motoren ist die äußerst kompakte Konstruktion mit schmalen Blechpaket und großer Hohlwelle oder Zylinderbohrung.

Wie auch Linearmotoren sind Torquemotoren gehäuselose Motoren. Dies bedeutet, dass der Motor kein Gehäuse, Lager oder Positionsmesssystem aufweist. Diese Komponenten können vom Maschinenkonstrukteur nach Bedarf ausgewählt und entsprechend den Leistungsanforderungen optimiert oder aber als Teil einer Baugruppe bezogen werden.

Torquemotoren sind für ein hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen oder gar im Stillstand ausgelegt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Antrieben ist deshalb bei der Dimensionierung und Auswahl von Torquemotoren nicht die Leistung, sondern allein das Drehmoment ausschlaggebend. Grundsätzlich entspricht das Spitzendrehmoment dem Maximaldrehmoment, das der Motor physisch erzeugt, unter dem Dauerdrehmoment dagegen versteht man das Drehmoment, das der Motor kontinuierlich liefern kann. Je nach Arbeitszyklus der Anwendung muss das Spitzen- oder das Dauerdrehmoment als maßgebliche Größe herangezogen werden.

INDUSTRIESEKTOREN

Nachstehend werden einige Industriesektoren präsentiert, in denen Kunden von ETEL dank des erfolgreichen Einsatzes von Torquemotoren einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil in der jeweiligen Branche erzielt haben.



Zerspanungstechnik



Oberflächentechnik/
Schleifen



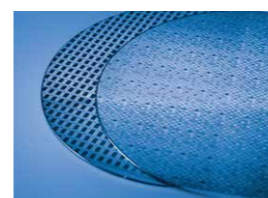
Tische/Fräsköpfe



Stanzen/Laserschneiden



Elektronik



Halbleiterfertigung



Verpackungen



Windturbinen



Teleskope



Robotik

WAS SPRICHT FÜR TORQUEMOTOREN?

Niedrigere Betriebskosten

Die zu bewegende Last wird direkt mit dem Rotor verbunden, wodurch auf mechanische Kraftübertragungselemente wie Vorgelege, Synchronriemen, Untersetzungs- oder Schneckengetriebe verzichtet werden kann. Im Gegensatz zu einem Bürstenmotor berühren sich Rotor und Stator nicht, wodurch mechanischer Verschleiß ausgeschlossen wird. Das erhöht die Lebensdauer und garantiert maximale Zuverlässigkeit. Die geringe Anzahl mechanischer Teile sorgt für minimalen Wartungsaufwand und niedrigere Systemkosten. Die für einen Torquemotor typische Direktantriebstechnologie ermöglicht eine effiziente und leistungsstarke getriebelose Systemkonstruktion.

Mühevolle Integration

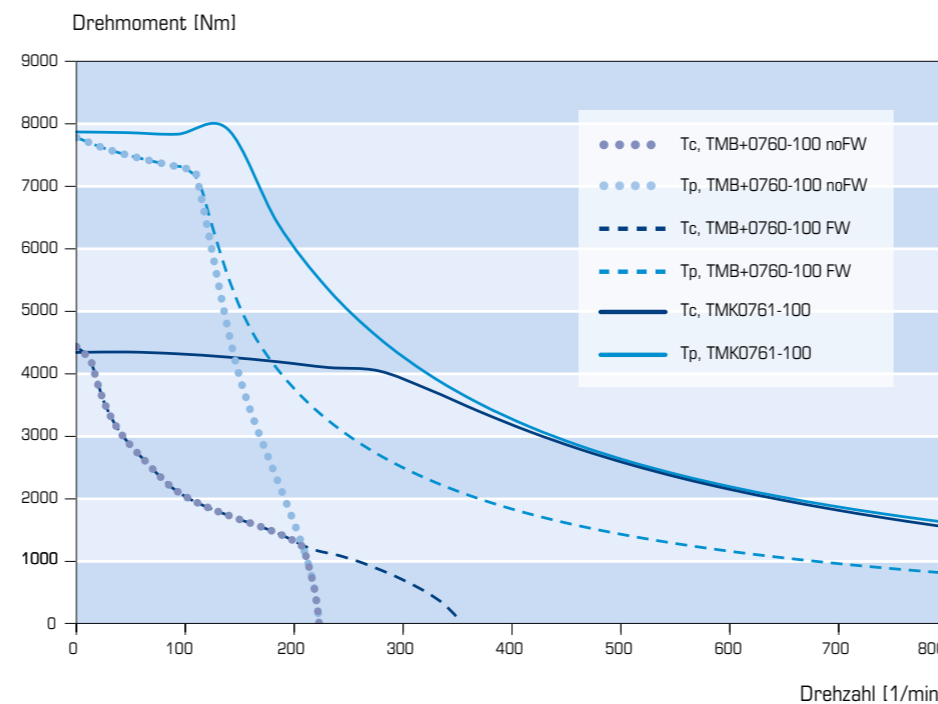
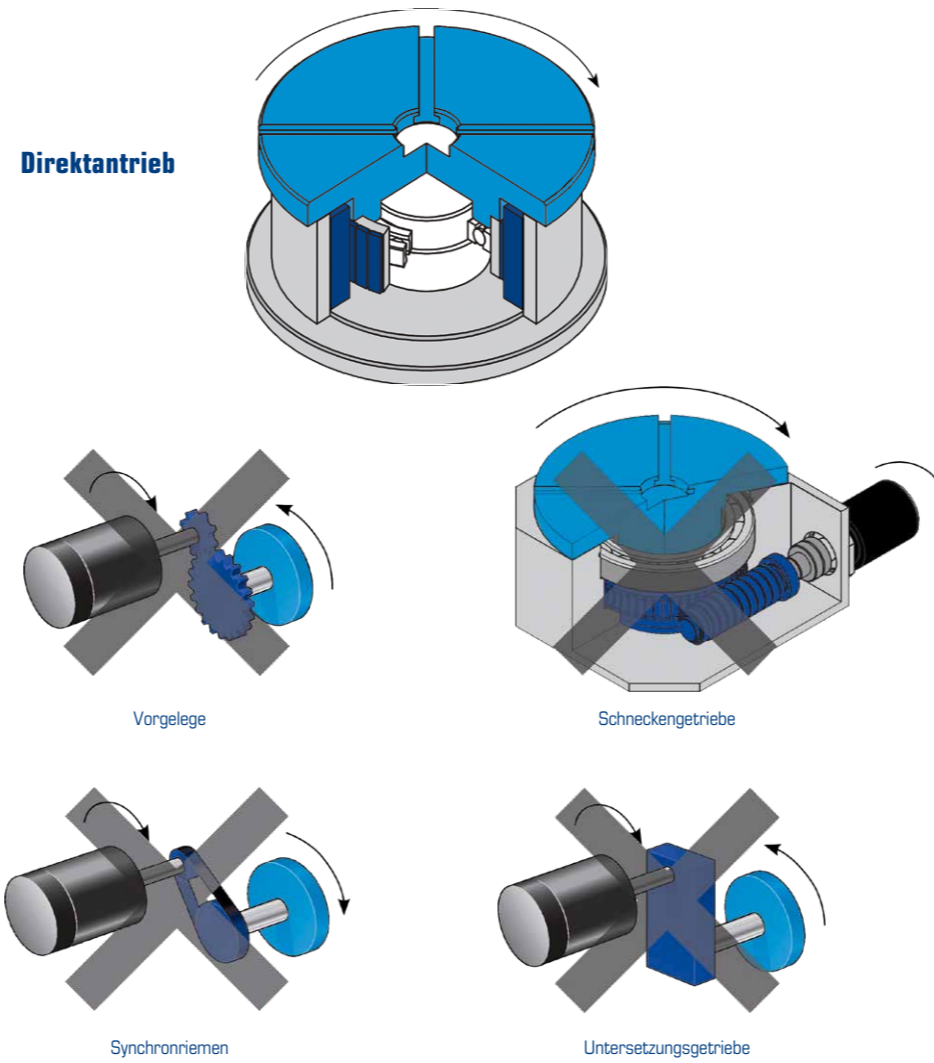
Torquemotoren von ETEL sind in zahlreichen Abmessungen erhältlich und lassen sich problemlos an die meisten Anwendungen anpassen. ETEL führt das umfangreichste Angebot an Standardmotoren mit Außendurchmessern von 140 bis 1.290 mm. Der Einsatz von Magneten und der geringe Luftspalt ermöglichen eine große Hohlwelle oder Zylinderbohrung, in der Kabel, Kühlschläuche und weitere anwendungsspezifische Komponenten problemlos Platz finden. Aufgrund ihrer ringförmigen Struktur benötigen Torquemotoren nur ein sehr geringes Einbauvolumen. Für den Maschinenkonstrukteur bedeutet dies größtmögliche Flexibilität bei der Motoranordnung hinsichtlich Lagerung, Positionsmesssystemen und zu bewegender Last.

Dynamische Leistung

Aufgrund der sehr hohen Regelkreisbandbreite des gesamten Systems kann die dynamische Leistung durch den Einsatz eines Direktantriebs markant gesteigert werden. Dank der direkten Verbindung der zu bewegenden Last und der Positionserfassung mit dem Motor werden all jene Phänomene ausgeschaltet, die der dynamischen Leistung von indirekt angetriebenen Maschinen Grenzen setzen. Durch die Eliminierung von Langzeitabweichungen, Elastizität und Schlupf werden die Leistung und die Lebensdauer einer Maschine enorm verbessert. Die Anforderungen an die dynamische Leistung von Torquemotoren variieren erheblich. Je nach den Merkmalen des spezifischen Arbeitszyklus sind das Spitzendrehmoment, das Dauerdrehmoment oder aber beide Größen für die Motorauswahl ausschlaggebend. Bei Anwendungen mit weniger anspruchsvollem Arbeitszyklus, wo kurzzeitig hohe Spitzendrehmomente benötigt werden, kommt typischerweise ein luftgekühlter Motor der TML- oder TMM-Modellreihe von ETEL zum Einsatz. Je mehr Dauerdrehmoment geleistet werden muss, desto stärker erwärmt sich der Motor. Das integrierte Flüssigkeitskühlsystem der TMB+ und TMK-Motoren von ETEL gewährleistet eine effiziente Temperaturkontrolle und eine hohe dynamische Leistung auch für kritische Anwendungen.

Großer Drehmoment-Drehzahl-Bereich

Direktantriebs-Torquemotoren liefern ein hohes Drehmoment über einen großen Drehzahlbereich, vom Stillstand oder geringen Drehzahlen bis hin zu hohen Winkelgeschwindigkeiten. Torquemotoren können hohe Drehzahlen bis 5.450 1/min erreichen. Allerdings bewirken konstruktionsbedingte Wirbelstromverluste im Magnetfeld eine Verringerung des Drehmoments bei steigender Drehzahl. Das Leistungsspektrum eines Torquemotors über seinen gesamten Drehzahlbereich lässt sich anhand seiner Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie veranschaulichen (siehe nebenstehende Abbildung). Der Torquemotor ist Teil einer kompletten Direktantriebslösung einschließlich Lageregler. Digitale High-End-Regler wie die Lageregler von ETEL wurden speziell für Direktantriebslösungen entwickelt. Sie gewährleisten höchste Regelqualität für optimale Steifigkeit und Laufruhe sowie für präzise Drehzahlregelung bei niedriger Drehmomentwelligkeit.



WAS SPRICHT FÜR ETEL?

Fachkompetenz

Mit dem umfassenden Fachwissen im Bereich eisenbehaftete Motorkonstruktionen baut ETEL die effizientesten Direktantriebs-Torquemotoren der gesamten Branche.

Unübertroffene Leistung

Die Konstruktionsweise von ETEL gilt weltweit als Garant für besonders leistungsfähige Direktantriebe. Seit Jahren werden Motoren von ETEL für anspruchsvollste Anwendungen eingesetzt. Zur langfristigen Sicherung der Marktführerschaft von ETEL entwickelt das Unternehmen seine Produkte laufend weiter.

Know-how im Bereich Direktantriebe

Seit mehr als 35 Jahren widmet sich ETEL ausschließlich der Direktantriebstechnologie. Zusätzlich zum Know-how im Bereich der Motortechnologie hat ETEL im Laufe der Zeit im Zuge der Entwicklung von Steuerungselektroniken und voll integrierten Motion-Systemen unschätzbare Kompetenz auf dem Gebiet der Bewegungssteuerung erworben. Dieser reiche Erfahrungsschatz versetzt ETEL in die Lage, für jedes Kundenbedürfnis die zweckmäßigste Lösung anzubieten.

Kompromisslose Qualität

Durch den Einsatz modernster Entwicklungstools und anspruchsvoller Prüfverfahren garantiert ETEL höchste Produktqualität. Alle Motoren von ETEL werden unter Einhaltung höchster Qualitätsstandards in der Schweiz hergestellt.

Problemlose Integration

Torquemotoren von ETEL sind mit einer breiten Palette von elektronischen Steuerungen kompatibel. Dies gewährleistet die problemlose Integration einer Direktantriebslösung.

Produktpalette

Mit Standardmotoren in Durchmessern von 140 bis 1.290 mm und mit einem Spitzen-Drehmoment von 38 bis 42.900 Nm bietet ETEL die breiteste Palette an Torquemotoren in der Branche.

Die meisten Torquemotoren von ETEL sind sowohl mit als auch ohne Kühlkanäle erhältlich. Unterschiedliche Wicklungstypen gewährleisten eine optimale Integration in die jeweilige kundenspezifische Anwendung.

TORQUEMOTOREN

ETEL bietet das branchenweit umfangreichste Angebot an Standard-Torquemotoren. Mehr als 100 lieferbare Modelle decken praktisch alle Anforderungen ab. ETEL zeichnet sich ferner durch die Entwicklung von Spezialmotoren für Anwendungen mit ganz individuellen Anforderungen aus.

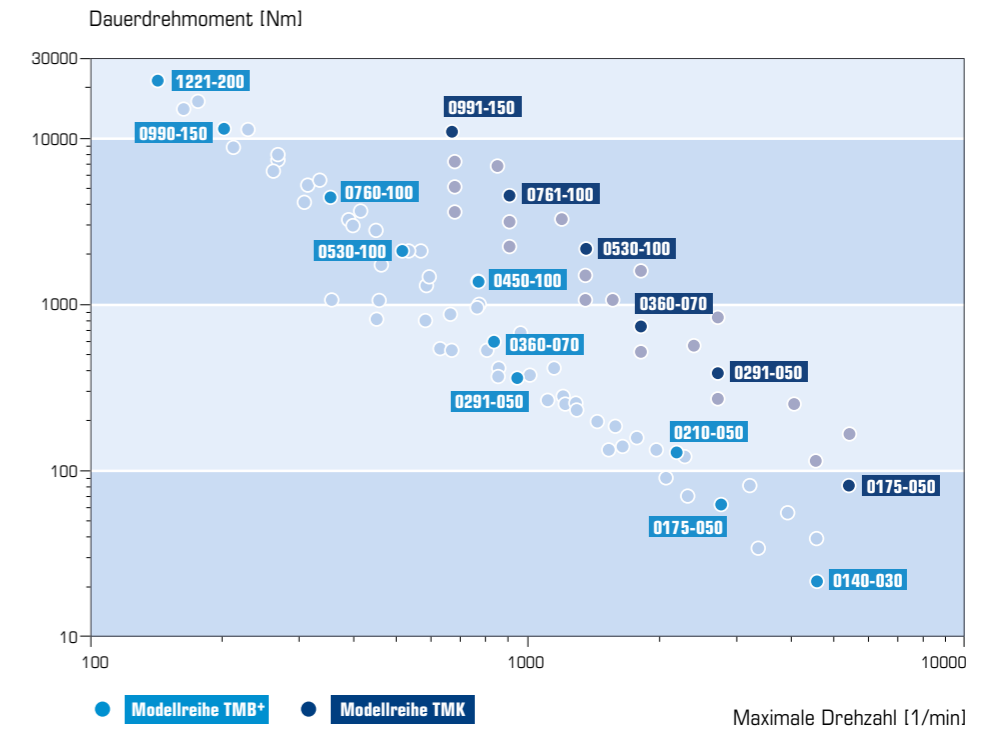
Mit der Modellreihe TM bietet ETEL branchenweit konkurrenzlose Produkte im Bereich der gehäuselosen, eisenbehalteten Torquemotoren. Leistungsstarke Magnete sorgen für maximales Drehmoment und höchste Beschleunigung bei möglichst geringen Motorabmessungen. Durch die Verwendung eingebetteter Magnete konnte die Leistung der Torquemotoren von ETEL in der jüngsten TMK-Baureihe noch weiter gesteigert werden.

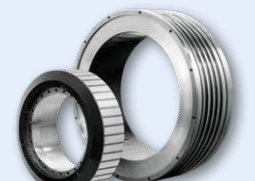
Die Motoren der TMB+-Baureihe sind derzeit die branchenweit am meisten gefragten Torquemotoren. Diese vielfach bewährten Motoren verfügen über einen Präzisionsstator und wurden im Hinblick auf ein größtmögliches Dauerdrehmoment optimiert, wobei die Wärmeabgabe durch Flüssigkeitskühlung minimiert wird. Bei höchsten Leistungsansprüchen kommen Motoren der Baureihe TMK zum Einsatz, die dank ihrer speziellen Rotorkonstruktion ein höheres Drehmoment und deutlich höhere Drehzahlen erzielen als TMB+-Motoren. Zusätzlich stellen die Motoren der TML-Baureihe eine wirtschaftliche, aber dennoch leistungsfähige Alternative für weniger anspruchsvolle Anwendungen dar. Alle Modellreihen von Torquemotoren basieren auf der eisenbehalteten Konstruktionsweise von ETEL, die für eine unübertroffene Drehmomentleistung bei geringer Drehmomentwelligkeit sorgt.



Produktpalette Torquemotoren

Die breite Auswahl an ETEL Torque-Motoren deckt einen großen Drehmoment- und Geschwindigkeitsbereich ab.



	KENNDATEN	TYP	LEISTUNGSMERKMALE	ANWENDUNGEN
PERMANENTMAGNET-SYNCHRON-TORQUEMOTOREN	 <ul style="list-style-type: none"> Außendurchmesser bis 1.290 mm Große Hohlwelle bis 1.070 mm Durchmesser Aktive Länge bis 200 mm Spitzendrehmoment bis 42.900 Nm Max. Nenn Drehzahl bis 4.590 1/min Vier unterschiedliche Wicklungstypen pro Durchmesser Offene oder geschlossene Kühlung 	TMB+	<ul style="list-style-type: none"> In mehr als 60 Standardgrößen verfügbar DC 600 V Busspannung Besonders hohes Dauerdrehmoment Besonders hohes Spitzendrehmoment Kompatibilität für Betrieb mit Feldschwächung Geringe Drehmomentwelligkeit Für anspruchsvollste Anwendungen 	<ul style="list-style-type: none"> Hochgeschwindigkeits-Fräs- und -Drehtische Hochpräzise Bearbeitungszentren Schleif-/Oberflächenbearbeitungsmaschinen Bohr- und Gewindebohrmaschinen Fräsköpfe Transferstraßen Funkenerodieren (EDM) Laser-/Ultraschallschneidmaschinen Stanzmaschinen Drehmaschinen Rundschaltsche Elektronische Chip-Prüfgeräte Pick-and-Place-Maschinen High-End-Druckmaschinen und -Scanner Verpackungsanlagen Handling-Systeme Herstellung von Verbundwerkstoffen Teleskope
	 <ul style="list-style-type: none"> Außendurchmesser bis 581 mm Große Hohlwelle bis 420 mm Durchmesser Spitzendrehmoment bis 4.990 Nm Max. Nenn Drehzahl bis 2.600 1/min Keine Flüssigkeitskühlung möglich Motor ohne Gehäusemantel 	TML TMM	<ul style="list-style-type: none"> Zwei Befestigungsmethoden (TML & TMM) DC 600 V Busspannung Besonders hohes Spitzendrehmoment Geringe Drehmomentwelligkeit Geringes Gewicht 	
	 <ul style="list-style-type: none"> Außendurchmesser bis 1.050 mm Große Hohlwelle bis 800 mm Durchmesser Spitzendrehmoment bis 20.800 Nm Max. Nenn Drehzahl bis 5.450 1/min Flüssigkeitskühlkanäle 	TMK	<ul style="list-style-type: none"> Leistungsfähiger, eisenbehalteter Torquemotor für hohe Drehzahlen TMK-Stator (bis Ø 530 mm) mit der Maschinenschnittstelle der TMB+-Reihe kompatibel DC 600 V Busspannung 30 % höheres Dauerdrehmoment als TMB+-Motoren Besonders hohes Spitzendrehmoment Bis zu 8 mal höhere Drehzahl als TMB+-Motoren Kompatibilität für Betrieb mit Feldschwächung Geringe Drehmomentwelligkeit 	

TMB+ mit geschlossener Kühlung

Alle TMB+-Varianten sind mit einem optionalen Kühlmantel erhältlich. Er besteht aus einer präzise montierten Metallummantelung, welche die Wasserdichtigkeit sicherstellt und exakt die gleiche Motorleistung garantiert wie bei der herkömmlichen „offenen Kühlung“. Es gibt zwei verschiedene Kühlmantel-Typen, die für jedes Maschinenkonzept geeignet sind: radialer oder axialer Wasserein- und -auslass.



TMB+ mit axialer geschlossener Kühlung



TMB+ mit radialer geschlossener Kühlung

Dank des neuen Kühlkonzepts können die Direktantriebs-Torquemotoren mit minimalem Aufwand in zusätzlichen Anwendungen auf kleinem Raum verwendet werden. Dadurch werden Markteinführungszeit und Kosten reduziert. Die problemlose „Wandmontage“ des TMB+ mit Kühlmantel erleichtert den Austausch konventioneller Antriebe und steigert damit die Leistung Ihrer Bewegungsachsen.

DIREKTANTRIEBSLÖSUNG

Damit ein Direktantriebsmotor ein optimales Leistungsverhalten zeigen kann, muss er so gebaut sein, dass im Rahmen einer umfassenden Direktantriebslösung die erforderlichen Standards hinsichtlich Präzision und Steifigkeit eingehalten werden. Hierbei stehen neben dem eigentlichen Motor auch die zugehörigen Regler, die Drehzahlmessgeräte, die Lager und der Aufbau der gesamten Maschine im Fokus.

Regler

Damit ein Torquemotor seine maximale Leistung erreichen kann, muss er mit einem komplett digitalen Regler mit sehr hoher Bandbreite – wie z. B. dem Lageregler AccurET von ETEL – gekoppelt sein.

Bei einem Direktantrieb erfolgt die Rückmeldung der Position an den Regler immer sehr genau, da keine störenden Kraftübertragungselemente zwischen dem Lagemesssystem und der Last angeordnet sind. Unter Verwendung dieser äußerst präzisen Rückmeldungssignale kann ein Hochleistungsregler, wie beispielsweise der AccurET von ETEL, in sehr schneller Folge ausgeklügelte Regelalgorithmen berechnen. Dies führt schließlich zu einer beträchtlichen Steigerung der Präzision und Dynamik der jeweiligen Achse.

Nachfolgend sind einige maßgebliche Faktoren aufgeführt, die bei der Wahl des Reglers beachtet werden sollten:

- Regelkreise mit hoher Frequenz (Strom-, Drehzahl- und Lageregelkreise)
- Große Bandbreiten für Strom- und Lageregelkreise (typischerweise > 2 kHz bzw. > 100 Hz)
- Hoher Interpolationsfaktor des Messgeräts zum Sicherstellen einer geeigneten Auflösung von Drehzahlen und Positionen
- Ausgeklügelte Regelalgorithmen (PID mit Vorsteuerungsregelung, Zustandsreglern, Zustandsbeobachtern, Notch-Filtern, usw.)
- Erweiterte Leistungsmerkmale: Fähigkeit zum Ausgleich von Rastmomenten, Haftgleiten (Stick Slip-Effekt) und anderen reproduzierbaren Phänomenen

Die Torquemotoren von ETEL können zusammen mit Geräten der meisten renommierten Hersteller von Servoreglern und CNC-Steuerungen, unter anderem HEIDENHAIN, Siemens, Fanuc, Bosch, B&R, Kollmorgen und Num, eingesetzt werden.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH



Die Regler der Produktfamilie AccurET/UltimET von ETEL eignen sich ganz besonders für eine Vielzahl von Elektronik- und Halbleiteranwendungen, bei denen eine besonders hohe Genauigkeit ohne Einschränkungen des Durchsatzes gefordert ist. Sie bieten folgende Vorteile:

- Hohe Positioniergenauigkeit
- Einschwingzeit nahe Null
- Hohe Dynamik
- Mehrachsen-Interpolation
- Echtzeit-Kommunikationsbus
- Und vieles mehr...



Weitere Informationen finden Sie in unserem **Motion Control-Katalog**.

Drehgeber

Direktantriebe stellen höchste Anforderungen an die Signalqualität für die Positionierung. Mithilfe optimaler Messsignale lässt sich die Güte der bearbeiteten Werkstückoberflächen steigern, Vibrationen im Maschinengestell werden verringert, es gibt keine übermäßige Lärmbelastung durch geschwindigkeitsabhängige Motorgeräusche, und die Erzeugung zusätzlicher Wärme im Motor wird verhindert.

ETEL empfiehlt im Allgemeinen den Einsatz von Drehgebern mit optischer Abtastung, die Vorteile für die Genauigkeit, den Gleichlauf und das Wärmeverhalten von direkt angetriebenen Achsen bieten. Da zwischen dem Drehgeber und der Vorschubeinheit keine mechanische Kraftübertragung erfolgt, muss das Lagemessgerät über eine entsprechend hohe Auflösung verfügen, damit bei langsamen Verfahrgeschwindigkeiten eine exakte Geschwindigkeitsregelung erfolgt.

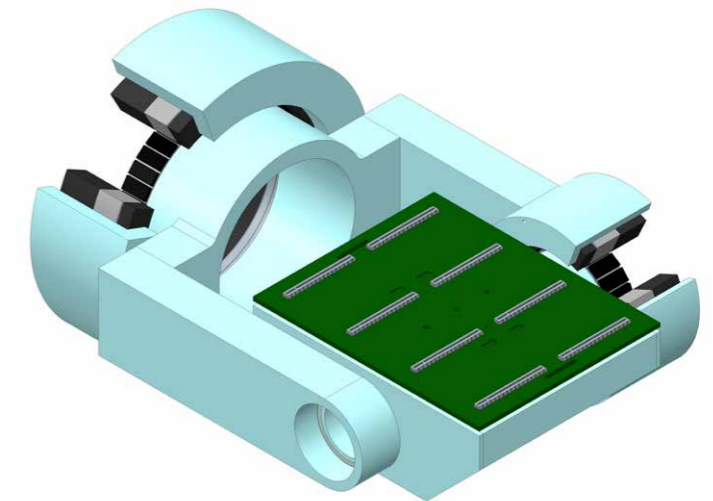
Ein Richtwert für eine vernünftige Leistung ist eine Strichzahl von 100 pro Pol. Für eine sehr hohe Genauigkeit muss dieser Wert erhöht werden. Anwendungen mit sehr hoher Drehzahl erfordern unter Umständen eine geringere Strichzahl, um die Signalfrequenz zu begrenzen. Kombiniert mit der Interpolationsfähigkeit der Elektronik sind Auflösungen von weniger als 1 Winkelsekunde möglich.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

ETEL-Torquemotoren sorgen für den richtigen Antrieb bei Prüfgeräten für MEMS-Sensoranwendungen

In den meisten kritischen Phasen bei der Herstellung von integrierten Schaltungen sind Motoren von ETEL im Einsatz. Die Entwicklung mikroelektromechanischer Systeme (MEMS) ist ein interessanter Bereich der IC-Herstellung. Bei MEMS-Geräten handelt es sich in der Regel um integrierte Schaltungen im Miniaturformat, die aus einer Zentraleinheit und mit der Umgebung interagierenden mechanischen Komponenten bestehen. MEMS-Geräte sind üblicherweise 20 Mikrometer bis einen Millimeter (0,02 bis 1,0 mm) groß. Als Beispiele für MEMS-Geräte sind Mikrofone, Beschleunigungsmesser, Gyroskope und Druckaufnehmer zu nennen.



Prüfeinrichtung für MEMS-Sensoren mit 2 eingebundenen Torquemotoren

Neben den normalen Prüfungen von ICs, wie beispielsweise Sichtprüfung und elektronische Funktionsprüfung, ist bei MEMS-Geräten zusätzlich ein Auslöseimpuls für die mechanische(n) Komponente(n) erforderlich. Beim Umgang mit diesen Geräten ist aufgrund der Empfindlichkeit der mechanischen Teile besondere Vorsicht geboten, und die Genauigkeit der Positionierung durch die Motoren muss die Fertigungstoleranzen für die Komponenten noch übertreffen.

ETEL liefert ideal für diese Zwecke geeignete Direktantriebsmotoren mit Reglern, die besonders anspruchsvolle Anforderungen von Anwendungen für MEMS-Auslöseimpulseinheiten erfüllen. Somit tragen wir dazu bei, dass unsere Kunden eine überragende Maschinenleistung mit Produkten von ETEL erreichen, wie beispielsweise:

- Torquemotoren und Regler zur Erzeugung präziser Referenzprofile für die Bewegung (konstante Drehzahl/Sinusprofil) für die Kalibrierung von MEMS-Systemen
- Torquemotoren und Drehtische, mit denen die Komponenten für optische Prüfungen in Hochgeschwindigkeit positioniert werden können
- Linearmotoren und Regler zur Überwachung und Regelung der Beschleunigung des Pick-and-Place-Prozesses bei besonders empfindlichen MEMS-Geräten
- Linearmotoren, die bei Stoßprüfungen und High-G-Beschleunigungsprüfungen hohe Beschleunigungen von bis zu 25 g erzeugen können

Mit ETEL Direktantriebsmotoren und Reglern, die derzeit im Bereich Motion Control konkurrenzlose Leistungsmerkmale bieten, erzielen unsere Kunden extrem hohe Genauigkeiten ohne Abstriche beim Durchsatz ihrer Maschinen.

WAHL DES GEEIGNETEN TORQUEMOTORS

Zur Sicherstellung einer optimalen Systemleistung sind bei der Wahl eines Torquemotors zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen. Dieser Prospekt erläutert in übersichtlicher Form einige der maßgeblichen Faktoren, die bei der Auswahl eines Torquemotors in Betracht gezogen werden sollten. Detaillierte Berechnungs- und Dimensionierungsdaten finden Sie im Torquemotoren-Installationshandbuch von ETEL. Alternativ können Sie sich auch an einem Anwendungs- und Support-Ingenieur von ETEL wenden und Unterstützung anfordern.

Motordimensionierung

Als erster Schritt der Motordimensionierung werden die Drehmoment- und Drehzahlanforderungen bestimmt. Anhand des für die einzelnen Zyklusschritte erforderlichen Drehmoments lässt sich das Dauerdrehmoment definieren. Bei der Berechnung des Dauerdrehmoments müssen sämtliche Einflussgrößen berücksichtigt werden, wie zum Beispiel Reibung, Bearbeitungsdrehmoment sowie die durch exzentrische Last oder externe Einwirkung hervorgerufenen statischen Kräfte.

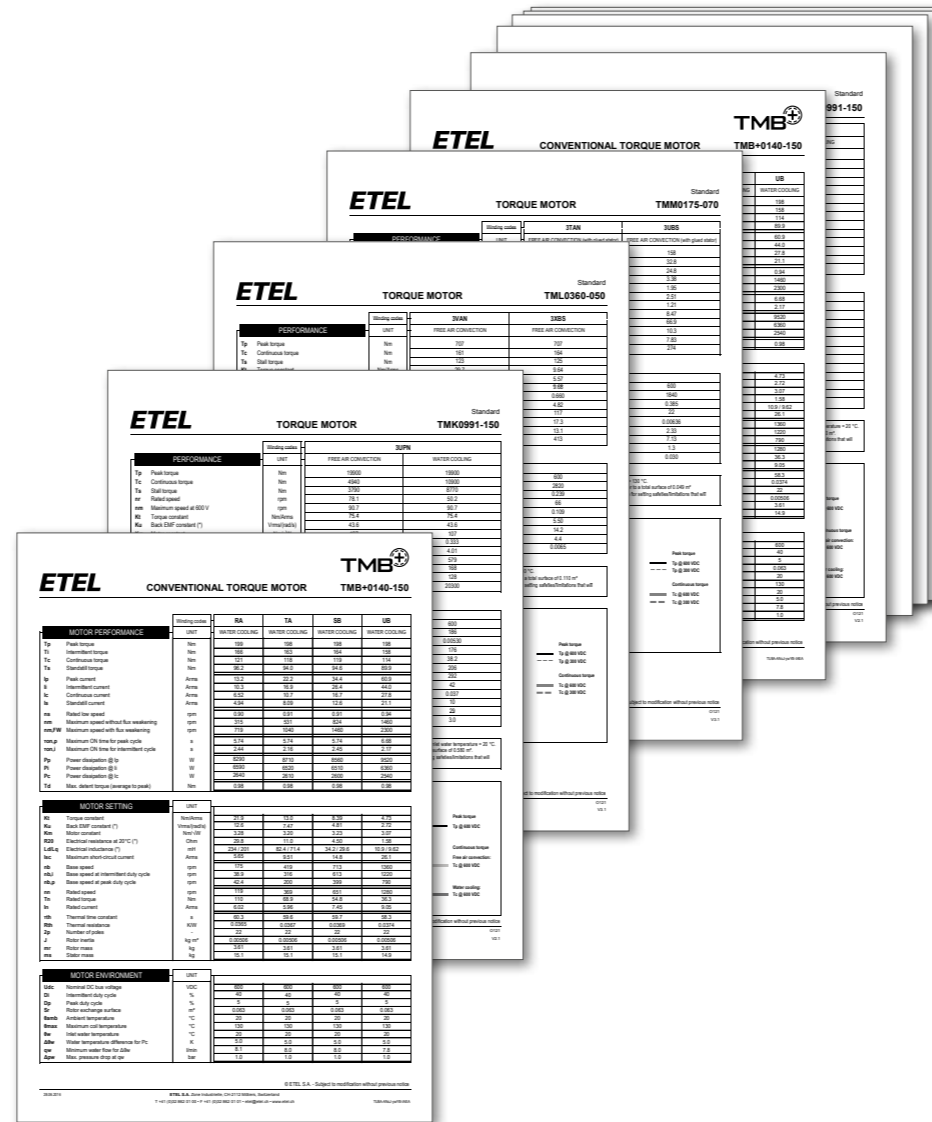
Bei der Berechnung des Dauerdrehmoments wird die Verlustleistung des Motors ermittelt. Die durch Verlustleistung verursachte Erwärmung bietet Aufschluss darüber, ob eine Flüssigkeitskühlung erforderlich ist.

Bei Lasteinwirkung im Stillstand kann sich eine einzelne Motorphase infolge der asymmetrischen Verteilung der Verlustleistung über alle drei Motorphasen überproportional erhitzen. Um den sicheren Betrieb unter solchen Bedingungen sicherzustellen, sollte das Stillstandsrehmoment berechnet werden.

Die Motoren von ETEL sind in mehreren Wicklungskonfigurationen lieferbar. Die Wicklung sollte entsprechend den anwendungsspezifischen Drehzahlanforderungen und den Spannungs- und Stromspezifikationen der Elektronik gewählt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die Drehmoment/Drehzahl-Kennlinie mit der Wicklung ändert.

Rastwirkung

ETEL verfügt über das technologische Know-how zur Herstellung eisenbehafteter Torquemotoren mit sehr geringer Rastwirkung. Bei uns kommt eine Bauweise zum Tragen, die auf einer innovativen Kombination von offenen Nuten, orthozyklischen Wicklungen und minimalem Polabstand beruht. Diese Lösung reduziert die Rastwirkung erheblich, ohne dass Blechpakete oder Magnete schräg gestellt werden müssen, was zu einer geringeren Drehmomentdichte führen würde.



Motorkonstante

Die Motorkonstante K_m ist einer der wesentlichen Parameter beim Vergleich von Permanentmagnet-Synchronmotoren. Sie verdeutlicht das Verhältnis zwischen dem erzeugten Drehmoment und den daraus entstehenden Leistungsverlusten. Ein Motor mit einem höheren K_m -Wert verfügt über einen höheren Wirkungsgrad bei der Drehmomenterzeugung.

Die Motorkonstante K_m ist abhängig von der Konstruktion und Bauweise des Motors. Sie steht im Zusammenhang mit der Konstruktionsweise des Motorinnern (Kupferfüllfaktor, elektromagnetische Konstruktion usw.). Somit ist K_m ein aussagekräftiger Indikator für die Leistungsfähigkeit des Motors als beispielsweise die Drehmomentkonstante K_t (Nm/Arms), die das Verhältnis des Motordrehmoments zum aufgenommenen Strom bezeichnet. Der K_t -Wert kann bei ETEL-Motoren durch Verwendung eines anderen Wicklungstyps problemlos angepasst werden. K_t ist eine hilfreiche Größe zur Anpassung eines Motors an einen Servoverstärker, sagt jedoch nichts über den Wirkungsgrad des Motors aus.

Thermische Erwägungen

Wie alle Servomotoren erzeugen Torquemotoren beim Betrieb Wärme. Um die Wärmeausdehnung der Maschine zu verringern, muss diese Wärme so gut wie möglich abgeführt werden. Bei den TMB+- und TMK-TorqueMotoren von ETEL sorgt eine optimale Konstruktion der Kühlkanäle für größtmögliche Wärmeabführung durch das Kühlmittel. Um eine höchste Präzisions- und Wiederholgenauigkeit zu erreichen, muss die Maschinenstruktur unbedingt gekühlt werden.

Die Kühlung von Torquemotoren kann entweder durch freie Luftkonvektion oder mittels Kühlmittel erfolgen. Flüssigkeitskühlung wird für anspruchsvolle Anwendungen empfohlen, bei denen ein Kühlmittel verfügbar ist. Dank ihrer optimierten elektromagnetischen Konstruktion erzeugen Torquemotoren von ETEL bei gleicher Eingangsleistung ein weitaus höheres Drehmoment als Produkte anderer Hersteller.

Das Wärmemanagement ist bei allen Direktantriebslösungen von wesentlicher Bedeutung und letztendlich mitentscheidend für die tatsächliche Maschinenleistung. Bei einer direkt angetriebenen Achse befindet sich der Motor in unmittelbarer Nähe des Arbeitspunkts. Dies stellt einen erheblichen Vorteil hinsichtlich der Steifigkeit dar und ermöglicht somit eine beispiellose Maschinenleistung. Aufgrund der räumlichen Nähe des Motors liegt aber auch die Wärmequelle näher am kritischen Bereich als etwa bei einem konventionellen Schneckengetriebe.

ETEL verfügt über langjährige Erfahrung in der Integration von Torquemotoren und im Wärmemanagement. Ihre ETEL Vertretung unterstützt Sie gerne bei technischen Fragen im Zusammenhang mit der Maschinenkonstruktion.

Datenblätter

Wichtige Angaben zu den Torquemotoren von ETEL finden Sie in den entsprechenden Motordatenblättern. Diese enthalten die technischen Daten, die Leistungsdaten sowie die Drehmoment/Drehzahl-Kennlinie des jeweiligen Standardmotors von ETEL. Auf unserer Website www.etel.ch erfahren Sie Näheres zu Torquemotoren oder können entsprechende Datenblätter herunterladen.



Installationshandbuch

Weitere Informationen zur Auswahl und Montage von ETEL-TorqueMotoren finden Sie im entsprechenden Torquemotoren-Installationshandbuch. Nutzen Sie einfach das Anforderungsformular auf unserer Website oder wenden Sie sich an Ihre ETEL-Vertretung.



ETEL-Dimensionierungstool

ETEL hat ein leistungsfähiges Dimensionierungstool entwickelt, mit dem die Betriebsbedingungen der Maschine beim Kunden simuliert werden können. Damit können Sie ermitteln, mit welcher Motorkonfiguration das beste Preis/Leistungs-Verhältnis für Ihre spezifische Anwendung erzielt werden kann. Ihre ETEL Vertretung unterstützt Sie gerne, wenn während der Konstruktion Ihrer Maschine technische Fragen auftreten.



FALLSTUDIEN

ETEL-Motoren für messtechnische Anwendungen

Bei der Konstruktion von zunehmend komplexeren Antriebskomponenten gelten strengste Anforderungen an die Genauigkeit der Messung von Getriebekomponenten. Hierbei kommt nur eine für solche Anwendungen optimierte Messtechnologie in Frage – sowohl auf Maschinen- als auch auf Softwareebene. Die in solchen Messmaschinen eingesetzte Antriebstechnologie muss höchsten Leistungsanforderungen genügen, wie sie durch Motoren von ETEL erfüllt werden. Aus diesem Grund verlassen sich führende Getriebehersteller auf Präzisionsmesszentren, die mit ETEL-Direktantrieben ausgestattet sind.

Die Kernkomponente einer solchen Präzisionsmessmaschine ist ein exakt gefertigter und robuster Drehtisch mit einem Torquemotorantrieb von ETEL. Dank des Fachwissens der Ingenieure von ETEL weisen die Torquemotoren sehr geringe Rastmomente auf, sodass sie sich durch Laufruhe, ein gutes Gleichlaufverhalten und hohe Positioniergenauigkeit auszeichnen. Neben dem hohen Wirkungsgrad eignen sich die Motorkonstruktionen ausgezeichnet für Präzisionsmaschinen mit geringer Temperaturstabilität. Bei einer Messachsenkonfiguration ist ein konzentrischer Sitz der zu prüfenden Werkstücke garantiert.

In Verbindung mit den drei linearen Messachsen, die mit kompakten Linearmotoren von ETEL bestückt sind, führen die Messzentren eine Abtastung und Prüfung der Funktionsflächen von Zahnrädern und allgemeinen Antriebskomponenten im Generatorbetrieb durch. Die Linearmotoren von ETEL bieten dank ihrer äußerst geringen Kraftwelligkeit eine Direktantriebstechnologie, die sehr gleichmäßige Bewegungen und eine äußerst präzise, spielfreie Positionierung ermöglicht. Die konkurrenzlose Qualität der Produkte von ETEL garantiert maximale Messgenauigkeit und Wiederholbarkeit.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Klingelberg GmbH

Die Modellreihe TMB+ für Hochleistungs-Werkzeugmaschinen



Abbildungen mit freundlicher Genehmigung von Liechti Engineering AG

ETEL unterzieht seine Produkte einer ständigen Optimierung und sichert sich dadurch einen Wettbewerbsvorteil. Kunden in der Werkzeugmaschinenindustrie, die bereits sehr gute Erfahrungen mit TMB-Motoren gemacht haben, rüsten ihre Maschinen mittlerweile mit den neuesten Motoren der Modellreihe TMB+ auf. Die Vorzüge der Direktantriebstechnologie sowie die außerordentliche Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Produkte von ETEL tragen zum Erfolg unserer Kunden bei.

In bestimmten Anwendungsbereichen, wie der Luft- und Raumfahrt oder bei der Energieerzeugung, sind Präzision und Qualität unverzichtbar, wenn es um die Bearbeitung der Komponenten geht. Maßgebliche Kriterien für die Produktivität der dort eingesetzten 5- oder 6-Achs-Maschinen sind Stabilität, Dynamik und agile

Formgebungsmöglichkeiten. Noch komplexer gestaltet sich die Erfüllung der Maschinenspezifikationen bei schwer zu schneidenden Materialien wie Titan oder Superlegierungen. Hier sind die Direktantriebstechnologie und insbesondere die TMB+-Motoren von ETEL ein wichtiger Faktor für die Gesamtleistung der Maschine.

Angesichts der für diesen High-End-Markt charakteristischen begrenzten Stückzahlen müssen verschiedene Prämissen erfüllt sein, beispielsweise Flexibilität, optimale Arbeitsleistung und geringe Gesamtbetriebskosten. Die mit 11 verschiedenen Abmessungen (Durchmesser zwischen 160 und 1.290 mm) sehr große Palette von TMB+-Motoren eignet sich hervorragend für Anwendungen, bei denen flexible Standardprodukte ohne jede Abstriche bei der Leistung und Qualität gefragt sind.



Abbildungen mit freundlicher Genehmigung von Liechti Engineering AG

ETEL-Torquemotor für Drehtische für die simultane 5-Achs-Bearbeitung

Die führenden Drehtischhersteller setzen seit 1996 bei ihren direkt angetriebenen Drehachsen auf die Torquemotoren von ETEL. Dies gilt sowohl für typische einachsige Maschinen als auch für Zwei- oder Mehrachsen-Kombinationen aus Drehtischen, wie sie in Fräszentren bei der Herstellung von Freiformflächen benötigt werden.

Mit der immer weiter zunehmenden Anzahl von Achsen bei Fräszentren werden für die Drehbewegungen immer kompaktere Motoren benötigt, die problemlos eingebaut werden können. Die Torquemotoren von ETEL mit ihrer Direktantriebstechnologie bieten hier die optimale Lösung. Mit ihrem geringen Formfaktor, ihrer hohen Drehmomentdichte und ohne zusätzliche Kraftübertragungselemente wie z. B. Getriebe lassen sie sich auf effektive Weise direkt unterhalb der Nutzlast einbauen.

Zur Fertigung von Komponenten, die in der Luft- und Raumfahrttechnik oder der Energietechnik zum Einsatz kommen, wie z. B. einzelne Turbinenschaufeln oder ganze Turbinen und Verdichterräder, werden häufig Freiformflächen benötigt. Für solche Nischenbauteile werden zuverlässige Maschinen benötigt, bei denen die Torquemotoren von ETEL mit ihrer hohen Qualität zum Einsatz kommen.

Seit dem Jahr 2001 werden ETEL-Motoren in 2-Achs-Schwenkeinrichtungen eingesetzt – insbesondere zur Herstellung von Turbobauteilen von Kraftfahrzeugen, wie beispielsweise Laufräder aus Aluminium oder Titan. Bei einigen dieser Schwenkeinrichtungen kommen zwei ETEL-Motoren zum Einsatz, wobei die erzeugten Drehmomente aufeinander abgestimmt werden müssen. Dies ist dank der präzisen Fertigung der Motoren bei ETEL sowie des zusätzlichen, exakten Drehmomentabgleichs am Motor kein Problem und sorgt letztendlich für eine höhere Präzision und einen besseren Wirkungsgrad der Maschine im Betrieb.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Peiseler GMBH & Co. KG

Die in solchen Bearbeitungszentren bearbeiteten Werkstücke aus Legierungen auf Nickelbasis, wie beispielsweise Inconel, oder aus hochmodernen Titanaluminid-Legierungen dienen als Bauteile für Flugzeuge und Gasturbinen. Für diese Zwecke sind die ETEL-Torquemotoren mit ihrer großen Bandbreite an Drehmoment-Drehzahl-Bereichen ideal geeignet.

Diese Anwendungen stellen hohe Anforderungen an die Oberflächenqualität und Formgenauigkeit der Werkstücke, sodass die mit Torquemotoren von ETEL bestückten Achsen eine hohe Regelsteifigkeit und ein exzellentes Dynamikverhalten aufweisen müssen. Speziell das Know-how bei der Konstruktion von Motoren mit sehr niedrigen Rastmomenten sorgt dafür, dass ETEL einen erheblichen Beitrag zur exzellenten Leistungsfähigkeit dieser Maschinen liefert.

Hierbei ist zu bedenken, dass kommerzielle Zwänge selbst vor solch hoch beanspruchten Präzisionsbauteilen nicht Halt machen und die Werkzeugmaschinenhersteller daher eine Senkung der Stückkosten anstreben. Solche Einsparungen lassen sich durch den Einsatz von ETEL-Torquemotoren mit ihrer Langlebigkeit im flexiblen Einsatz sowie ihren hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten realisieren.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Peiseler GMBH & Co. KG

FALLSTUDIEN

Große TMK-Motoren in der Fräs-/Drehbearbeitung

Bei der Bearbeitung großer Bauteile ist es seit jeher wichtig, einen Ausgleich zwischen den Anforderungen an die Positionierung, d. h. hohes Drehmoment und niedrige Drehzahlen, und dem dynamischen Betrieb zu schaffen, in dem hohe Drehzahlen und ein niedriges Drehmoment gefordert sind.

Bei mit TMK-Motoren von ETEL ausgestatteten Fräs- und Drehmaschinen ist dieses Problem technisch einwandfrei gelöst, sodass diese Maschinen mit verkürzter Zykluszeit und erhöhter Produktivität arbeiten können. Beispielsweise gelten für die Triebwerksteile der neuesten Generation in der Luft- und Raumfahrt sowie für eine große Anzahl von mechanischen Komponenten für die Energiebranche erhöhte Leistungs- und Sicherheitsanforderungen. Die Komplexität der aus hochwertigen Werkstoffen gefertigten Komponenten erfordert immer speziellere Fertigungseinrichtungen.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von RGI France SAS

Wenn mit ein und derselben Maschine sowohl Fräs- als auch Drehbearbeitung möglich sind, lassen sich dreidimensionale Bauteile mithilfe der winklig angeordneten A-Achse (Wiege) und der C-Achse der Maschine durchgängig in einer 5-Achs-Maschine bearbeiten.

Die einzigartige elektromagnetische Konstruktion mit im Blechpaket eingebetteten Magneten bildet einen äußerst robusten und zuverlässigen Rotor. Die Modellreihe TMK von ETEL definiert somit das Konzept des Torquemotors ganz neu. TMK-Motoren erreichen die gewünschten Drehzahlen bis zu 8-mal schneller als konventionelle Torquemotoren – bei gleichem Platzbedarf. Mit einem um 30 % höheren Dauerdrehmoment gegenüber Standardmotoren erfüllen die TMK-Motoren ihre Hauptaufgabe perfekt: Erzeugung eines hohen Drehmoments bei niedriger Drehzahl.

ETEL-Torquemotoren in 2-Achs-Fräsköpfen

ETEL war das erste Unternehmen, das Direktantriebsmotoren für die Industrie entwickelte. Es dauerte jedoch einige Jahre, bis die Werkzeugmaschinenhersteller überzeugt waren, dass Direktantriebs-Torquemotoren die ideale Lösung für ihre künftigen Anforderungen sein würden.

Als Pionier auf dem Gebiet der Torquemotoren setzte ETEL Maßstäbe hinsichtlich der Dimensionierung und Leistung der Motoren. Die führenden europäischen Hersteller von Werkzeugmaschinen erkannten schon bald die Vorteile der Direktantriebslösungen und trieben den Durchbruch dieser Technologie in ihrer Branche aktiv voran.

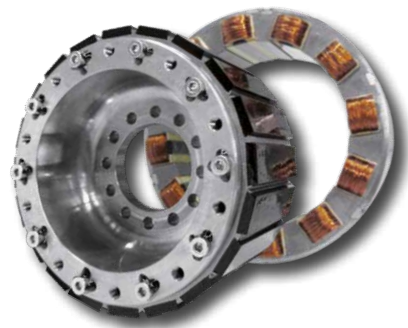
Heute werden überall auf der Welt Werkzeugmaschinen hergestellt. Dabei sind vor allem Hersteller aus Asien und den USA auf dem Vormarsch. Als Reaktion auf diese Wachstumsmärkte eröffnete ETEL Niederlassungen in den entsprechenden Ländern, um optimale Unterstützung vor Ort anzubieten, was dazu führte, dass die Entwicklung neuer Maschinen dort von Anfang an von ETEL begleitet wurde.

Es wurden Doppelspindelmaschinen entwickelt, die zur Erfüllung der anspruchsvollsten Anforderungen diverser Anwendungsgebiete (Luft- und Raumfahrt, Werkzeug- und Formenbau, Energie- und Automobilbranche, usw.) mit TMB+-Motoren von ETEL ausgestattet wurden. Durch die Verwendung von TMB+-Direktantriebsmotoren sowohl für die A- als auch die C-Achse können Bauteile mit höchster Präzision und unübertroffener Oberflächenqualität gefertigt werden. Außerdem wirkt sich die hohe Qualität und Zuverlässigkeit der Produkte von ETEL auf die Zuverlässigkeit der Doppelspindelmaschinen aus. Diese halten daher dem Vergleich mit den modernsten Doppelspindelmaschinen aus europäischer Produktion problemlos stand.



Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Setco Spindles Company Ltd.

Mitwirkung von ETEL an einer historischen Errungenschaft



Technologische Herausforderungen, mit denen die Grenzen des Machbaren überwunden werden sollen, dienen ETEL seit jeher als Inspirations- und Innovationsquelle. Heute kann ETEL mit Stolz auf seinen Beitrag am Flugzeugprojekt Solar Impulse verweisen, in das neueste wissenschaftliche Erkenntnisse aus den Bereichen Aeronautik, Werkstoffkunde, Photovoltaik und Elektromotoren eingeflossen sind. Was als unerreichbarer Traum begann, wurde zu einem überragenden Erfolg, der das Tor zu bahnbrechenden Entwicklungen in der Aeronautik öffnen wird. Es wurde der Beweis erbracht, dass ein Flugzeug auch ohne Treibstoff tage- und nächtelang fliegen kann.

Mit Torquemotoren von ETEL als Antrieb schaffte es das revolutionäre Ultraleichtflugzeug, unter schwierigsten

Umgebungsbedingungen bei seiner Weltumrundung über 500 Stunden in der Luft zu bleiben. Die Torquemotoren und alle übrigen Komponenten mussten bei den unterschiedlichsten, zum Teil extremen Temperaturbedingungen ohne Schwankungen oder Abstriche bei ihrer Leistung und Zuverlässigkeit funktionieren: sowohl auf Meereshöhe als auch auf einer Höhe von 8.000 Metern.



Neben den Piloten, die bei diesem Rekordflug unglaubliche physische Herausforderungen meisterten, waren es gerade die Torquemotoren von ETEL, die durch ihren zuverlässigen Betrieb für die notwendige Sicherheit sorgten und somit wesentlich zum Erfolg dieser Unternehmung beitrugen.

Die als Antrieb für die Modelle Solar Impulse 1 & 2 eingesetzten Torquemotoren von ETEL beruhen auf derselben Technologie, die jeder Kunde von ETEL geliefert bekommt. Die zentrale Komponente des Motors und seine magnetbasierte Technologie sichern inzwischen den erfolgreichen Betrieb von tausenden Maschinen auf der ganzen Welt.



© Solar Impulse / Jean Revillard



HAUPTSITZ

ETEL S.A.

Zone Industrielle
CH - 2112 Môtiers
Schweiz

T +41 (0)32 862 01 00
F +41 (0)32 862 01 01
etel@etel.ch · www.etel.ch

NIEDERLASSUNGEN UND VERKAUFSSTELLEN

AMERIKA • info@heidenhain.com
BELGIEN • sales@heidenhain.be
CHINA • sales@heidenhain.com.cn
DEUTSCHLAND • tbsw.etel@heidenhain.de
FRANKREICH • sales@heidenhain.fr
GROSSBRITANNIEN • sales@heidenhain.co.uk
ITALIEN • info@heidenhain.it
JAPAN • sales@heidenhain.co.jp
KOREA • etelsales@heidenhain.co.kr
NIEDERLANDE • verkoop@heidenhain.nl
SKANDINAVIEN • sales@heidenhain.se
SINGAPUR • info@heidenhain.com.sg
SCHWEIZ • verkauf@heidenhain.ch
TAIWAN • info@heidenhain.tw
TSCHECHISCHE REPUBLIK • heidenhain@heidenhain.cz

ANDERE LÄNDER • internationalsales@etel.ch

VERTRETUNGEN

ISRAEL • comotech@medital.co.il
SPANIEN • farresa@farresa.es

ETEL