



An verschiedenen Maschinenkonzepten lässt sich zeigen, welche zentrale Bedeutung anwendungs-spezifische Antriebseinheiten auf Basis von Direktantriebstechnik haben.

Vereinfachung und Nachbausicherheit

Torque-Motoren als Ersatz für Servo-Planetengetriebe

Vor zehn Jahren führte Schüssler-Technik Direktantriebstechnik bei eigenen Maschinen ein: Spezialmaschinen für die Brillenherstellung wurden kompakter und im Aufbau einfacher. Dennoch wurden sie „nachbausicherer“. Inzwischen sind solche Antriebe eine eigene Produktreihe. Immer mehr Maschinenbauer entdecken die wirtschaftlichen und technischen Vorteile der Schüssler-Direktantriebstechnik. *von Ulrich Gäbel.*

►►► Schüssler-Technik ist mit Maschinen zum Fräsen und Bohren der Außenkontur von Kunststoff-Brillengläsern, zum Fräsen und Bohren von Mittelteilen (Außen-/Innenkontur) sowie zum Biegen von dreidimensionalen Metall-Brillenrändern technologieführend, Vor 10 Jahren wurde die Direktantriebstechnik eingeführt, um

- Maschinen im Aufbau zu vereinfachen,
 - sie kleiner und kompakter zu gestalten,
 - die Maschinen „Nachbausicherer“ zu machen, da 90% davon an dem asiatischen Markt verkauft werden,
 - die Motoren direkt in die Maschinenbauteile zu integrieren,
 - die Fertigungskosten zu reduzieren
- Auf dem Markt waren damals keine Einbau-Torquemotoren im unteren Nenn Drehmomentbereich von 2-10 Nm erhältlich. So wurden mit eigenen Entwicklungsanstrengungen bisherige spielar-



„Individuelle Anpassung ohne Mehrkosten unterscheidet uns vom Wettbewerb.“

Ulrich Gäbel
Entwicklungsleiter
Schüssler-Technik

me Planetengetrieben oder spielfreie Getriebe ersetzt. Die Maschinen konnten so schneller werden (mit einer entsprechend höheren Dynamik), ohne ein Überspringen durch Getriebenachgiebigkeiten zu riskieren. Das ergab höhere Bahntreue, mit der z.B. eine hohe Oberflächengüte beim Fräsen von Kunststoffgläsern erreicht wurde. Die Direktantriebe konnten neben Bearbeitungsaufgaben gleichzeitig auch schnelle Handlingsbewegungen mit Drehzahlen von 400-500 min-1 ausführen.

Mit Direktantrieben war ein vielfaches an Torsionssteifigkeit von spielfreien Getrieben erreichbar: absolute Genauigkeiten von 20 arcsec sowie Wiederholgenauigkeiten von unter 1 arcsec wurden bei gleichzeitiger höherer Überlastbarkeit des Antriebs gegenüber herkömmlichen Getriebelösungen erreicht.

Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit lag im Bereich von hochpoligen synchronen Servomotoren zur Erreichung eines hohen Wirkungsgrades der Motoren, um die bekannten Nachteile der Direktantriebe, wie die höhere Masse gegenüber spielfreien Getriebe-Motorkombinationen zum Teil zu verbessern. Damit war es möglich, Motoren mit kleineren Bauabmaßen auf die Arbeitsaufgabe abgestimmt zu entwickeln, um diese Direktantriebe in bewegte Bauteile der Maschinen einzusetzen. Das zweite Ent-

Technik im Detail

Individuelle Lösungen aus dem Torque-Motoren-Baukasten

Durch Anpassen von Wellen, Lagerungen und Gehäusen der Motoren an die Mechanik wird der Torque-Motor ein integrierter Bestandteil der Maschine. Seine zwei Anschraubflächen sind daher sehr präzise und mit geringen Form- und Lagerabweichungen gefertigt.

Die Breite des Einsatzgebietes bedingt eine Vielzahl von Motorvarianten und Bauarten, die eine Normierung der Motoren nicht zulässt. Durch den Baukasten kann der Konstrukteur sich den für die Arbeitsaufgabe geeigneten Direktantrieb zusammenstellen.

Das betrifft alle mechanischen Komponenten des Motors, wie

- Wellenlagerungen nach Belastung
- Gehäuse nach Anschraubflächen und individuellen Lochbildern
- Wellenvarianten nach der Ankopplung der Abtriebsglieder
- Hohlwellen zum Durchführen pneumatischer Leitungen und Kabel
- Gebersysteme nach den Anforderungskriterien wie, Gleichlaufgenauigkeit, absolute Genauigkeit, zu erreichende Torsionssteifigkeit des Antriebs.

Weiterhin muss der Torque-Motor mit seiner Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie an die Arbeitsaufgabe angepasst werden. Der Konstrukteur kann Nenndrehzahlen zwischen 100

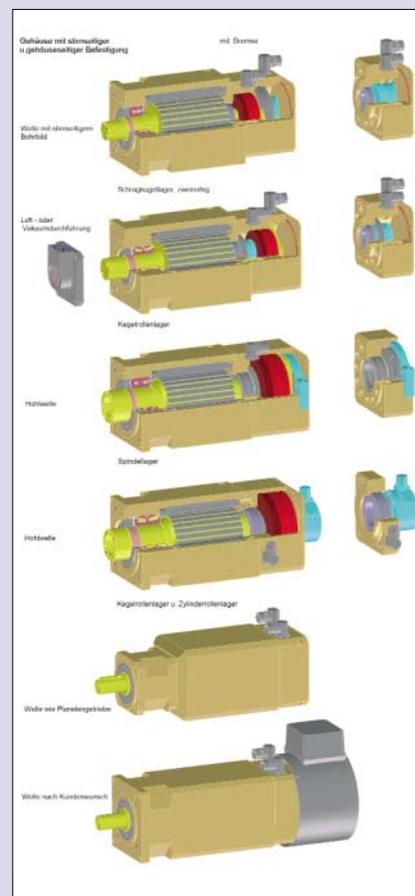
- 1.000 min-1 abgestimmt auf den Motortyp auch außerhalb der Nenndrehzahlen in den Auswahl tabellen festlegen und bestellen.

Um die Dynamik des Torque-Motors optimal auszunutzen muss das Gebersystem und der Servoregler hohen Anforderungen genügen. Die mechanische Steifigkeit des Gesamtsystems ist maßgeblich von der Erfassung der Istposition abhängig, da das Gebersystem die Qualität der Antriebslösung wesentlich stärker beeinflusst als bei konventionellen Lösungen.

Durch einen umfassenden Produktschlüssel stellt der Konstrukteur seinen Torque-Motor und den dazu gehörenden Servoregler zusammen. Für kundenspezifische Bohrbilder in den Motorgehäusen sowie Wellen- und Flanschvarianten abweichend von den Motorzeichnungen entstehen keine Mehrkosten.

Eine weitere Leistung von Schüssler-Technik sind Torque-Motoren, die eine individuelle Gehäusegestaltung abweichend vom Torque-Motor-Baukasten haben oder in vorhandene Maschinenstrukturen integriert werden. Dazu gehören auch Wellenausführungen auf der A- oder B-Seite des Motors, die direkt vom Kunden gestaltet werden können.

Der Torquemotor-Baukasten ermöglicht kostengünstig applikationsspezifische Lösungen.



wicklungsziel war die Erreichung eines minimalen Rastmoments (Cogging) der Motoren von unter 0,5% des Bemessungsdrehmoments. Erst damit sind Gleichlaufgüten von 5-10 arcsec erreichbar.

Wirtschaftliche Gesamtschau: Torquemotoren gegenüber Servomotor und Getriebe im Vorteil

Anfang 2004 entschloss sich Schüssler-Technik, Torque-Motoren, Lineararmotoren und Mittelfrequenzspindeln aus dem Fertigungsprogramm für die eigenen Maschinen als eigenständigen Bereich in das Produktangebot aufzunehmen. Die Weitergabe des mittlerweile

erarbeiteten Know-How beim Einsatz von Torque-Motoren versprach, vorhandene Fertigungstechnologien und Kapazitäten effektiver zu nutzen. Dazu gehören eigene Schnittwerkzeuge für die Statorfertigung. Der Torque-Motor-Bau-

kasten stieß bei der Präsentation auf der SPS/IPC/DRIVES 2005 in eine Marktlücke.

Die wichtigsten Unterschiede zum Motorenangebot anderer spezifischer Torquemotoren-Herstellern sind Leistungen rund um den kundenspezifischen Motor-

baukasten (siehe Kasten „Technik im Detail“): Für individuelle Bohrbilder in den Motorgehäusen sowie Wellen- und Flanschvarianten abweichend von den Motorzeichnungen entstehen keine Mehrkosten, bei Lieferzeiten von 4-6 Wochen). Zudem wird mit Lagerungsvarianten wie in Planetengetrieben ein hochwertiger Ersatz für spielarme Servo-Planetengetriebe geschaffen - durch eine zweite Lagerstelle zum zweifachen Kegelrollenlager ergibt sich der Vorteil einer etwa doppelten radialen Trägfähigkeit. Einen weiteren Vorteil bieten Torque-Motoren von Schüssler-Technik, die eine individuelle Gehäusegestaltung abweichend vom Torque-Motor-Baukasten haben. Sie können in vorhandene Maschinenstrukturen inte-

Technologische Komponenten

Feedback-Systeme

Durch die große Vielfalt der Anwendungen von Torque-Motoren ergeben sich auch verschiedene Anforderungen an die Gebersysteme. Da durch die übersetzungsfreie und steife mechanische Ankopplung der Last an den Direktantrieb hohe Regelverstärkungen möglich sind, wirken sich Messfehler von Drehzahl und Lage auch wesentlich stärker aus als bei Servo-Getriebeleistungen. Die Qualität des Lagegebersignals und dessen Auswertung bestimmt hauptsächlich die erzielbare Antriebsdynamik und Torsionssteifigkeit. Wegen des hochwertigen Rundlaufverhaltens der Schüssler-Torque-Motoren kann mit Resolvern mit einem Genauigkeitsgrad von ± 48 arcsec ein gutes Regelverhalten bei Punkt zu Punkt Zielsteuerungen erreicht werden. Der Resolver ist innerhalb einer Umdrehung ein absolutes induktives Mess-System. Mit einer Auflösung des Resolversignals von 16 Bit/Umdrehung im Servoregler sind damit genügend steife Direktantriebe realisierbar. Ähnlich robust wie Resolver können induktive

Drehgeber eingesetzt werden. Ihre höhere Anzahl von Signalperioden pro Umdrehung ergeben Vorteile bei Positionsgenauigkeit, Gleichlaufverhalten und Regeldynamik gegenüber dem Resolver.

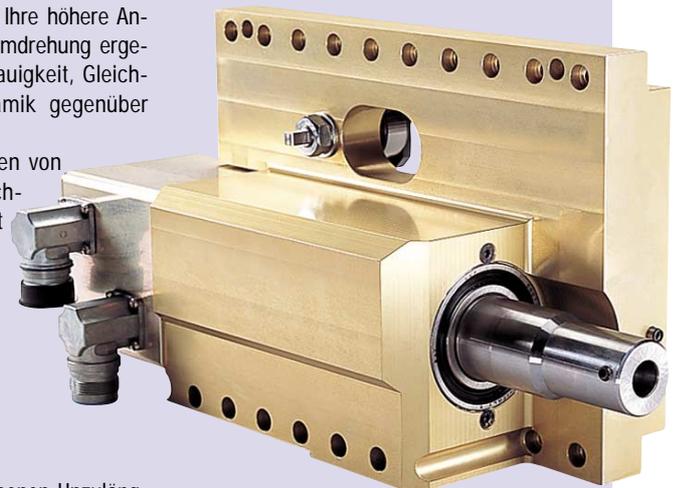
Hochdynamische Anwendungen von Direktantrieben erfordern hochwertige Positionssignale mit kleinen Messabweichungen und geringem Rauschen. Diese Eigenschaften erfüllen optische Gebersysteme ab 2048 Signalperioden/ Umdrehung.

Der Servoregler

Um im Servoregler die verbliebenen Unzulänglichkeiten der Antriebskomponenten Motor und Mess-System zu kompensieren, sind spezielle regelungstechnische Maßnahmen realisiert. Eine Messwertaufbereitung, die z.B. nicht so ideale Gebersignale von magnetischen Mess-Systemen, insbesondere bei hohen Verstärkungsfaktoren, korrigiert.

Eine weitere Besonderheit der Regler wird bei einem hohen Motorgleichlauf gefordert, wenn bei einer nicht ausreichend sinusförmigen, magnetischen Flussverteilung über eine Polteilung eine Rest-Drehmomentwelligkeit kompensiert wird.

Diese Kompensation der Drehmomentwelligkeit wird erreicht, in dem man mit Hilfe einer Drehmomentrechners die Drehmomentbildung invers simuliert. Zur Minimierung der Schleppfehler ist die Vorsteuerung von Geschwindigkeit und Motorstrom bis zum Drehmoment besonders wichtig.



Vereinfachung: Dieser Biegerollenantrieb ersetzt ein Schneckengetriebe mit Servomotor und Endschalter.

Die Vorsteuerkriterien im Servoregler ermöglichen eine frühzeitige Erkennung von Drehzahlabweichungen und die schnelle Nachregelung von Strom und Drehzahl, um eine minimale Bahnabweichung oder hohe Torsionssteifigkeit des Antriebs zu erreichen. Im Softwaretool des Servoreglers kann die Ruckbegrenzung auf die jeweilige Kurvenbahn optimiert werden. Damit wird der Schleppfehler nochmals deutlich verringert. Ohne Vorsteuer-Maßnahmen ergeben sich für Schleppfehler und Positionierzeit wesentlich schlechtere Ergebnisse, die in der Regel für die Positioniervorgänge nicht akzeptabel sind.



Kombination mehrerer Achsen: Beispiel-lösung aus einer eigenen Maschine.

griert werden oder bei Neuentwicklungen auf hohe Funktionsintegration hin optimiert werden.

Das Motorenprogramm zielt auf Hochgenauigkeitsanwendungen. Das erklärt die Lagerung der Rotorwelle mit spielfreien, vorgespannten Spindellagern und den Einsatz hochgenauer Gebersysteme. Die Standard-Baukastenmotoren haben eine absolute Genauigkeit von ± 20 arcsec, was eine Wiederholgenauigkeit von unter einer 1 arcsec ermöglicht.

In der Gesamtbetrachtung haben Torque-Motoren gegenüber Servomotoren mit Planetengetriebe einen wirtschaftlichen Vorteil. Zwar liegt das Preisverhältnis von Servo-Planetengetrieben (Verdrehspiel ≤ 1 arcmin) zu Torque-Motoren mit gleichwertigen Lagerungen bei 1 : 1,5. Berücksichtigt werden muss auch:

- Durch Einbau der Motoren in die vorhandene Maschinenstruktur und einer Wellengestaltung sind keine weiteren

Lagerungen der Abtriebsglieder erforderlich (Bauteilreduzierung, Vereinfachung).

- Höhere Standzeiten durch den Wegfall von Getriebeteilen und Zusatzlagerungen (weniger Serviceaufwendungen!).
- Durch die Dynamikerhöhung und Genauigkeitssteigerung wird letztlich die Maschineneffektivität gesteigert.
- Erst mit der Weiterentwicklung der EnDat-Schnittstelle Version 2.2 (der Fa. Heidenhain) für optische und induktive Drehgeber als digitale Schnittstelle zur Übertragung hochauflösender absoluter Positionswerte von 25 Bit (33 Mio. Inkremente pro Umdrehung) ist die Nutzung des vollen Interpolationsumfangs von 25 Bit ohne Rauschanteil mit entsprechenden Servoreglern möglich.
- Kostentoptimierte Gesamtlösungen für Torque-Motoren und Servoreglern im Hochgenauigkeitsbereich sind möglich.

An einer eigenen Maschine wird deutlich, was der Einsatz der Direktantriebstechnik bringt: In der Biegemaschine für dreidimensionale Brillenränder ersetzt der Biegerollenantrieb als Direktantrieb ein ölgefülltes Schneckengetriebe mit Servomotor Kupplung und Endschalter.

Dreidimensionale Brillenränder biegen

Bei dieser Lösung wird das Motorgehäuse zum Führungsschlitten, an dem direkt die Kreuzrollenführung befestigt wird. Die Motorwelle wird gleichzeitig zur Biegewelle, in der die Biegerolle aufgenommen wird. Auf der Unterseite des Motorgehäuses wird ein weiterer Direktantrieb befestigt, da die Abstützrolle für den Profildraht zum dreidimensionalen Biegen dreht. Die gesamte Biegeeinheit wird wiederum von einem Direktantrieb mit spielfreier Doppelkurve horizontal bewegt. Eine solche Kombination bringt Leistung und trägt wesentlich zu Know-how-Schutz und Nachbausicherheit bei.

High-Torque-Motoren

Mit zunehmender Dynamikanforderung stoßen Lösungen mit Getriebe deutlich an ihre Grenzen: Durch Anpassung der Getriebeuntersetzung an das angekoppelte Massenträgheitsmoment der Last entstehen zusätzliche Trägheiten, die durch das Überlastmoment und der geringeren Torsionssteifigkeit des jeweiligen Getriebes begrenzt werden.

Die Vorteile von High-Torque-Antrieben sind konstruktive Vereinfachung des Antriebsstranges und Spielfreiheit gepaart mit einer höheren Steifigkeit und Positionsgenauigkeit. Die Nachteile der mechanischen Untersetzung wie Reibung, Getriebeispiel und Verschleiß sind eliminiert. Damit sind praktisch alle mechanischen Ursachen für Geschwindigkeitsfehler, Abrollfehler, Elastizitäten und Exzentrizitäten, etc. beseitigt.

Der High-Torque-Motor ist im Aufbau ein polyphasiger permanent erregter synchroner Servomotor. Die eingesetzten NdFeB-Dauermagnete mit ihrer sehr hohen Energiedichte und hoher Temperaturbeständigkeit, sowie einem präzisen Aufbau mit geringem magnetischen Spalt und hochwertige Statorbleche bestimmen die hohe Güte unserer Motoren.

Zur Verbesserung der elektrischen Effizienz kommt als Wickelverfahren vorwiegend die Zahnspulentechnik zum Einsatz. Bei der Zahnspulentechnik werden im Gegensatz zur Drehstromwicklung einzelne Zähne direkt mit einer Spule bewickelt. Das führt zu einer kompakten Wickelgeometrie und zu verbesserten Kupferfüllfaktoren und damit geringeren Kupferverlusten.



Webguide

www.schuessler-technik.de

Schüssler-Technik

Direkter Zugriff unter www.antriebspraxis.de

Code eintragen und go drücken

ap0327



mi verlag
moderne industrie

erfolgsmedien für experten

Justus-von Liebig-Str. 1, 86899 Landsberg
Telefon 08191125-0, Telefax 08191 125-822
E-Mail christine.nollberg@mi-verlag.de
<http://www.antriebspraxis.de>

Überreicht durch:



SCHÜSSLER-TECHNIK
Im Altgefäll 10, D-75181 Pforzheim
Telefon 07231 9616-0,
Telefax 07231 9616-83
<http://www.schuessler-technik.de>
E-Mail info@schuessler-technik.de