

Elektronisch kommutierte Motoren in sterilisierbarer Ausführung

Arnold Teimel

In der Dentaltechnik oder auch in der Chirurgie besteht ein klares Bedürfnis nach einem schnell-drehenden Elektromotor in der Größe eines Schreibstiftes, sagen wir im Durchmesser von 22 mm oder kleiner. Selbstverständlich soll dieser Motor alle Vorteile moderner High-Tech-Antriebe vereinen: hohe Lebensdauer, kein Rastmoment, großer Drehzahlbereich, gute Regelbarkeit, kleine elektrische Zeitkonstante, geringe Induktivität, Überlastbarkeit, Sterilisierbarkeit etc. Maxon Motor zeigt die Möglichkeiten ihres neuen elektronisch kommutierten Gleichstrommotors in der Medizintechnik auf.

Für Anwendungen in der Dentaltechnik oder auch in der Chirurgie wurden bisher überwiegend druckluftbetriebene Turbinen mit Leerlaufdrehzahlen bis weit über 100 000 rpm (Umdrehungen pro Minute) eingesetzt. Diesen Turbinen haften einige Nachteile an. Ein Merkmal ist uns allen unangenehm bekannt: das hässliche Heulen des Bohrers beim Zahnaufbau. Weitere Nachteile sind die Energieversorgung, Luft-Druckleitungen sind weniger flexibel als elektrische Kabel. Pressluft erfordert separate Energiespeisestationen. Pressluft ist zudem in einem sterilen Operationssaal ein schwierig zuhandhabendes Medium.

In vielen Gesprächen mit Konstrukteuren feinwerktechnischer Geräte erhärtete sich ein klares Profil des neuen elektronisch kommutierten Gleichstrommotors. Es war sofort klar, dass ein einziger Motor nicht in der Lage sein wird, alle Bedürfnisse zu befriedigen. Dazu ist die Wunschpalette schlicht zu groß. Gewisse Applikationen verlangen Sensorsysteme für die Drehzahlregelung. Andere Applikationen rufen klar nach einer sensorlosen Version. Wiederum andere wollen die ganze Elektronik im Motor integriert. Der Motor soll in diesem Fall sehr simpel über eine Gleichspannung versorgt werden. In diesem Umfeld sind ein Vielzahl von Argumenten zu finden, die dazu führen, dass vermehrt elektrische Antriebe erprobt und eingesetzt werden. Es sind dies nicht nur Anwendungen in der Dentaltechnik und der Chirurgie, wo keine Handbohr- und Schleifmaschinen eingesetzt werden. Auch bei Handgeräten für Maniküre und Pediküre werden heute Antriebsdrehzahlen zwischen 30 000 und

40 000 rpm verlangt. In der Medizintechnik gelangen heute Beatmungsgeräte in den Einsatz, deren Pumpenantrieb oder schnell drehender Lüfter ganz spezifische Antriebe mit sehr kleinem Durchmesser und sehr hoher Dynamik erfordern. Hier hilft der elektronisch kommutierte DC-Motor der Bauart maxon.

Wegen der besseren Drehzahlstabilität bei Belastung genügen beim Elektromotor häufig Drehzahlen im Bereich zwischen 40 000 und 50 000 rpm als Ersatz für eine im Leerlauf schneller drehende Luftturbine. Ein weiterer Vorteil des Elektromotors liegt in der einfacheren Energiezufuhr über Kabel anstelle einer Druckluft- und einer Abfluftleitung. Hinzu kommt das weniger störende Betriebsgeräusch des Elektromotors.

Für diesen und andere Märkte mehr wurde von maxon motor ein neuer elektronisch kommutierter Motor entwickelt. Dieser Motor mit einem Außendurchmesser von 22 mm ist für Drehzahlen bis 50 000 rpm ausgelegt. Um dies ohne übermäßige Erwärmung des Motorgehäuses zu erreichen, müssen verschiedene kritische Komponenten optimiert werden:

Bei allen elektronisch kommutierten Motoren rotiert der Magnet mit der Welle. Daraus ergeben sich im magnetischen Rückschluss örtlich ständig verändernde Induktionen. Die Anforderungen an das Statormaterial sind insbesondere bei hohen Betriebsdrehzahlen sehr hoch. Die elektrische Leitfähigkeit des Statormaterials und die Blechdicke bestimmen die Wirbelstromverluste. Die magnetische Permeabilität des Materials ist ausschlaggebend für die gleichzeitig ent-

stehenden Ummagnetisierungsverluste. Diese Verluste im Statormaterial, die in grober Näherung quadratisch mit der Drehzahl ansteigen, tragen in einem hohen Anteil zu den Gesamtverlusten bei und geben meist durch ihren Beitrag zur Motorerwärmung eine thermisch bedingte Drehzahlsgrenze vor. Um diese Verluste möglichst gering zu halten, kommen bei dem neu entwickelten Motor hochwertige Eisen-Nickel Statorbleche, mit einer geringen Dicke im Zehntelmillimeterbereich zur Anwendung.

- ▷ Die Kugellager sind mit einem, speziell für hohe Drehzahlen optimierten, Fett geschmiert.
- ▷ Durch die Verwendung einer Wicklung mit mehreren parallel geführten Leitern kleineren Querschnitts, anstelle eines Wicklungsdrähtes mit größerem Durchmesser, sind auch die durch den rotierenden Magneten verursachten Wirbelstromverluste in der Wicklung auf ein Minimum reduziert.
- ▷ Die Rotoren werden auf einer hochpräzisen Auswuchteinrichtung in zwei Ebenen gewichtet.

Durch diese Maßnahmen, in Kombination mit einem NdFeB (Neodym) Magneten hoher Energiedichte für die Erzeugung des Magnetfeldes, kann bei einer Drehzahl von 40 000 rpm eine maximale Leistung von 50 W abgegeben werden. Das Leistungs-/Volumenverhältnis ist damit außergewöhnlich hoch. Der Wirkungsgrad erreicht im optimalen Betriebspunkt einen Wert von ca. 90%.

Die Verwendung einer freitragenden Wicklung nach einem von ma-



all-electronics.de

ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante
Artikel und News zum Thema auf
all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!



xon motor entwickelten Herstellungsverfahren ermöglicht es, den Stator ohne Nuten auszuführen. Damit wird ein ruhiger, rastmomentfreier Lauf in einem sehr breiten Drehzahlbereich erreicht. Die gewählte Auslegung der Wicklung ermöglicht hohe Drehzahlen bereits bei relativ niedrigen Spannungen.

Mit dem realisierten Baukastensystem kann ein breiter Anwendungsbereich abgedeckt werden. Neben einer Bauform mit einer Länge von 62,5 mm und einer Abgabeleistung von 50 W gibt es eine kurze Bauform mit 44,5 mm Länge, die mit maximal 20 W belastbar ist. Beide Typen sind in Sternschaltung oder Dreieckschaltung verfügbar und in der Basisversion mit Hallsensoren und einem Steuerrotor für die Erzeugung des Kommutierungssignals ausgerüstet. Die maxon Rautenwicklung ist in drei Teilwicklungen zu je 120° aufgeteilt. Die Teilwicklungen können auf zwei Arten (Stern oder Dreieck) beschaltet werden. Dadurch verändert sich Drehzahl und Drehmoment proportional um den Faktor Wurzel aus 3. Über eine externe Elektronik kann durch Auswertung der Ausgangssignale der Hallsensoren eine Drehzahlregelung erfolgen (**Bild 1** und **Bild 2**). Die Ansteuerung über eine externe Elektronik hat außerdem den Vorteil, dass die Verlustleistungen von Motor und Elektronik räumlich voneinander getrennt anfallen. Somit wird eine maximale Belastbarkeit und eine optimale Dynamik mit Anlaufzeitkonstanten im Bereich weniger Millisekunden möglich. Je nach Anwendungsfall stehen verschiedene Ansteuerelektronik von maxon motor control zur Verfügung. Diese Ausführungsvarianten bedingen einen

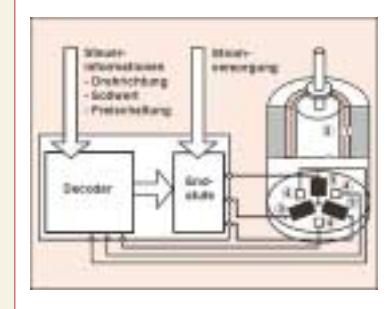


Bild 1: Magnetsensor als Lagemelder

gewissen Aufwand für Montage und Verkabelung.

Sensorlos

Für Anwendungen, bei denen keine extrem hohen Anforderungen an die Dynamik oder an das Anlaufmoment gestellt werden, kann eine sensorlose Variante des Motors eingesetzt werden. Eine externe Elektronik wird dann für die Beschaltung der Teilwicklungen und somit für die Erzeugung des Drehfeldes benötigt. Ein Vorteil des sensorlosen Motors besteht darin, dass nur die drei Wicklungsanschlüsse vom Motor zur Elektronik geführt werden müssen. Zum Betrieb des Motors an dieser Elektronik ist dann lediglich eine Gleichspannung zwischen 8 und 35 V erforderlich. Die Motordrehzahl kann variiert werden durch Verändern der Versorgungsspannung, durch eine externe Sollwertspannung oder durch Verstellen des Potentiometers. Eine Drehzahlregelung ist nicht integriert. Der maximal zulässige Dauerstrom liegt bei 3 A, kurzfristig bis 5 A.

Mit integrierter Elektronik

In Fällen in denen ein mechanisch kommutierter Motor ersetzt werden soll oder einfach kein Platz für eine externe Ansteuerelektronik vorhanden ist, steht

2,8 g leichte Motoren mit Hallsensoren



Der 2,8 g leichte Winzling hat einen Außendurchmesser von nur 6 mm. Die Motorwelle ist kugelgelagert und erreicht eine Grenzdrehzahl von erstaunlichen 100 000 rpm. Von zentraler Bedeutung ist die Tatsache, dass der Motor durchaus mehr leisten kann, als nur die inneren Verluste zu überwinden. Mit 1,2 W Abga-

beleistung übertrifft der Motor sogar größere Typen. Bei einer Leerlaufdrehzahl von 80 000 rpm erreicht der Motor eine Gehäusetemperatur von lediglich 52 °C. Bis zur maximal zulässigen Temperatur von 125 °C kann somit viel Leistung abgegeben werden – und zwar dauernd. Im Bild des maxon EC-Motor EC 6 kombiniert mit Planetengetriebe maxon gear GP 6. Eines der Einsatzgebiete für den 6-mm-Antrieb ist die Medizintechnik, so z.B. in Infusionspumpen, in der Endoskopie oder bei Implantaten.

Maxon Motor **730**

Kraftvolle Hochgeschwindigkeitsmotoren

Viel Leistung auf engstem Raum – ein herausragendes Merkmal dieser bürstenlosen Gleichstrommotoren der Serie EC16 mit 16 mm Durchmesser und 40 W Typenleistung. Die Gründe für diese Auszeichnung sind zum einen in der optimierten Wicklungstechnik zu finden – weniger Wirbelstromverluste sind die Folge. Zum anderen nehmen die aktiven Teile, wie Magnet und Wicklung, im Motor anteilmäßig ein großes Volumen ein. Ebenfalls vorteilhaft ist das hohe Oberflächen-/Volumenverhältnis. Die im Motor entstehende Wärmeenergie kann so effizienter an die Umgebung abgegeben werden. Der Drehzahlbereich dieses Schnellläufers erstreckt sich bis zu 50 000 rpm.



Der Antrieb ist kombinierbar mit Planetengetrieben aus dem maxon-Baukastensystem und ermöglicht so den Einsatz in Anwendungen mit niedriger Drehzahl und entsprechend höherem Drehmoment.

Maxon Motor **739**

auch eine Integralversion zur Verfügung. Mit dieser, im Motor eingebauten Elektronik, kann der elektronisch kommutierte Motor wie ein normaler, mechanisch kommutierter DC-Motor betrieben werden, d.h. es genügen zwei Anchlussleitungen um den Motor zu betreiben. Die gewünschte Drehzahl wird über die angelegte Spannung eingestellt. Für eine Drehrichtungsumkehr muss ein dritter Anschluss geschaltet werden.

Da diese Elektronik die Information über die Rotorlage über Hallsensoren

erhält, ist ein stabiles Anlaufverhalten gewährleistet und der Motor kann ab Stillstand mit einem Lastmoment beaufschlagen werden. Wegen des zulässigen Maximalstromes der Ansteuerelektronik von 2,5 A ist das in der Startphase zulässige Lastmoment allerdings kleiner als das Anhaltemoment. Auch die zyklische Überlastbarkeit des Antriebs ist durch diesen Maximalstrom limitiert. Da sich der Leerlaufstrom durch die in DMOS-Technologie ausgeführte Elektronik nur um ca. 25 mA erhöht, ergibt sich für das Gesamtsystem ein hoher Wirkungsgrad.

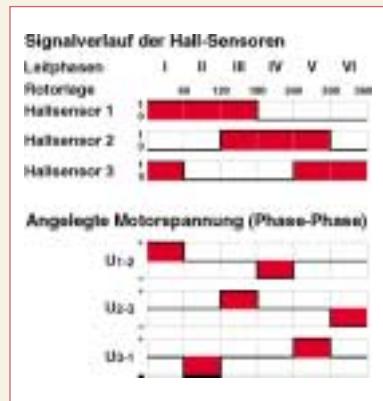


Bild 2: Rotor-Lagemeldung. Der zweipolige Steuermagnet und die drei um 120° versetzt angeordneten Magnetsensoren (Hall-Sensoren) liefern pro Umdrehung sechs verschiedene Schaltkombinationen. Die drei Teilwicklungen müssen nun entsprechend den Sensor-Informationen in 6 verschiedenen Leitphasen an die Speisespannung angelegt werden. Die Schaltlage jedes Hallsensors liegt um 30° versetzt zum jeweiligen Drehmoment-Scheitelpunkt.

Sterilisierbar

Für spezielle Anwendungen in der Medizintechnik ist eine sterilisierbare Version lieferbar. Sterilisieren im Autoklaven ist eine günstige, schnelle und die am weitesten verbreitete Methode, medizinische Geräte keimfrei zu machen. Die Belastung der technischen Geräte und Komponenten ist jedoch extrem hoch. Dabei sind folgende Umgebungsbedingungen schadlos zu überstehen: gesättigter Wasserdampf von 134 °C bei 2,3 bar und dies wiederholt während mindestens 4 Minuten. Bisher hielten nur die sogenannten sensorlosen Motoren den extremen Belastungen im Autoklaven stand. Neuerdings können die Motoren aber auch mit Hall-Sensoren ausgerüstet werden. Dadurch lassen sich hochdynamische Servoantriebe in sterilisierbarer Ausführung realisieren.

Dipl.-Ing. (TH) Arnold Teimel ist Produktgruppenleiter bei der Firma maxon motor ag in Sachseln/Schweiz.