

Herausforderungen und Chancen beim Design von genuteten Miniaturmotoren

05 September 2023

Die hohe Drehmomentdichte und die verbesserte Kühlung von genuteten bürstenlosen Miniatur-Gleichstrommotoren (BLDC) sind für zahlreiche Anwendungen von der Robotik bis zur Unterhaltungselektronik von Bedeutung. Um die Effizienz, Leistung und Zuverlässigkeit der Anwendung zu optimieren, erfordert ihre Spezifikation jedoch sorgfältige Überlegungen. Eine technische Integrationsberatung bei der Auswahl von genuteten Standard-BLDC-Motoren ist von Vorteil, und Überlegungen zu einem maßgeschneiderten Design werden sich langfristig positiv auf die Leistung der Anwendung auswirken.

Von Dr. Madhavan Ramanujam, Senior Principal Design Engineer, R&D bei Portescap.

Da keine Bürsten für den Kommutierungsprozess benötigt werden, bieten bürstenlose Gleichstrommotoren Vorteile gegenüber Bürstenmotoren, wie z. B. eine höhere Leistungsfähigkeit, eine längere Lebensdauer und die Möglichkeit einer besseren Steuerung. Bei BLDC-Motoren gibt es die Wahl zwischen genuteter und nutenloser Ausführung.

Der Stator ist der äußere feststehende Teil, der den Rotor umgibt und die Wicklungen enthält, die den Stromfluss leiten. Dadurch entsteht ein Magnetfeld, das mit den Magneten des Rotors in Wechselwirkung steht, wodurch dieser rotiert und eine Bewegung erzeugt wird. Bei einem nutenlosen BLDC-Motor sind die Wicklungen in der Regel durch ein Harz im Stator befestigt oder sie werden durch ein Band oder eine Haltevorrichtung fixiert. Alternativ werden in einer genuteten Ausführung die Wicklungen in Schlitzen oder Nuten gehalten.

Nutenlose Motoren sind in der Regel kompakter, und diese Bauweisen sind auch für Anwendungen von Vorteil, die einen reibungslosen Betrieb und eine hohe Drehzahl erfordern. Genutete BLDC-Motoren ermöglichen jedoch eine Erhöhung der magnetischen Flussdichte im Luftspalt, was zu einer höheren Drehmomentenerzeugung führt. Dies trägt zur Verbesserung der Dynamik des Motors bei und macht diese Bauweise zuverlässiger. Die Nuten tragen auch zur Wärmeableitung bei und ermöglichen so eine verbesserte Kühlung.

Dimensionierung genuteter BLDC-Motoren

Jedoch stellen genutete BLDC-Motoren bei der Konstruktion besondere Anforderungen, so dass eine sorgfältige Spezifizierung erforderlich ist. Dazu gehören eine genaue Berechnung des Kernverlustes sowie die Berücksichtigung der Materialsättigung und Entmagnetisierung des Magneten bei höheren Betriebstemperaturen, was sich auf Leistung, Wirkungsgrad und Wärmemanagement auswirken kann. Die Dimensionierung des Motors auf das erforderliche Drehmoment ist ein entscheidender Schritt. Diese Berechnung ist von den Abmessungen von Rotor und Stator und der Werkstoffauswahl abhängig, vor allem aber von den elektrischen und magnetischen Belastungen.

Grundsätzlich gilt: Wenn die Arbeitspunkte der Anwendung hohe Drehzahlen und ein niedriges Moment erfordern, muss die Magnetlast optimiert werden, um die Kernverluste bei einer geringeren Anzahl von Polpaaren zu verringern. Kernschwund, auch Eisenschwund genannt, bezeichnet die Energie, die durch Hysterese und Wirbelströme im Magnetkern des Motors abgeführt wird. Wenn die Arbeitspunkte am anderen Ende der Skala niedrige Drehzahlen und hohe Drehmomente umfassen, muss die Strombelastung optimiert werden, um Kupferverluste (auch als I^2R -Verluste bezeichnet) auszugleichen. Kupferverluste stellen den Widerstand der Wicklungen gegenüber dem Stromfluss dar und treten als Leistungsverluste in der erzeugten Wärme auf. Durch die Verringerung der Kern- und Kupferverluste wird der Wirkungsgrad des Motors für die gegebenen Drehmoment-Drehzahl-Arbeitspunkte optimiert.

Das Drehmoment ist proportional zur Größe des Motors bei den gewählten Belastungen und Nut-Pol-Kombinationen. Folglich hängt die Auswahl der Belastungen und der Nut-Pol-Kombinationen von den Drehmoment-Drehzahl-Anforderungen der Anwendung ab.

Eine Übersicht der Nut-Pol-Kombinationen

Die Anordnung und Beziehung zwischen den Statornuten und den Dauermagnetpolen auf dem Rotor wird als Nut-Pol-Kombination bezeichnet, die die Wechselwirkungen des Magnetfelds des Motors beschreibt.

Bei Miniatur-Nutenmotoren sind verschiedene Kombinationen von Nuten und Polen möglich. Es sollte ein hoher Wicklungsfaktor in Betracht gezogen werden, um das Motormoment zu erhöhen. Ein hoher LCW-Wert (Least Common Multiple) zwischen der Anzahl der Nuten und der Pole reduziert das Rastmoment, während ein hoher GCD-Wert (Great Common Divisor) dazu beiträgt, die unausgewogenen magnetischen Radialkräfte zu reduzieren und die radiale Symmetrie zu erhöhen.

Eine traditionelle zweipolige genutete ISDW-Konstruktion (Integral-Slot Distributed-Winding) ist zwar möglich, aber die Drehmomentkonstante ist niedriger als bei einer vierpoligen Konstruktion, so dass diese Option nicht für Anwendungen mit hohem Drehmoment und niedriger Drehzahl empfohlen wird.

Je nach Drehmoment- und Drehzahlanforderungen sowie der Fähigkeit des Motors, mit Merkmalen wie dem Rastmoment umzugehen, das Drehmomentwellen erzeugt und die Gleichmäßigkeit der Bewegung beeinträchtigt, sind verschiedene Kombinationen möglich.

Neben der Nut-Pol-Kombination umfasst eine weitere Konfiguration, die als fraktionierte nutenkonzentrierte Wicklung (FSCW) bezeichnet wird, mehrpolige Ringmagnet-Konfigurationen. Dabei handelt es sich um kurze Magnetkreise, die für Anwendungen mit niedriger Drehzahl und hohem Moment geeignet sind.

Spezifizierung von genuteten BLDC-Miniaturmotoren

Das erzeugte Drehmoment des Motors ist proportional zu seinem Volumen, der magnetischen und elektrischen Belastung und seiner Nut-Pol-Kombination. Die Festlegung dieser Eigenschaften hängt nicht nur von den Anforderungen der Anwendung an das Drehmoment und die Drehzahl ab, sondern auch von weiteren Attributen, die sich auf die Bewegungsleistung sowie auf die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit auswirken können.

Bei der Spezifikation eines genuteten BLDC-Motors können Standard-Statornutenformen und Standard-Magnetkonfigurationen, die über viele Jahre der Produktion entwickelt wurden, eine hohe Zuverlässigkeit und ausreichende Leistung bieten, wenn die Motorgröße Standard ist. Diese traditionelle Bauweise hat jedoch in der Regel eine suboptimale Nutzung des Magnetkreises, was auch einen geringeren Wirkungsgrad bei bestimmten Drehmoment-Drehzahl-Arbeitspunkten bedeutet.

Angesichts der Vielzahl von Faktoren, die sich auf die Spezifizierung auswirken, ist es von entscheidender Bedeutung, die Unterstützung eines Spezialisten für technische Integration wie Portescap in Anspruch zu nehmen. Dies gilt insbesondere für OEMs mit höheren Stückzahlen. Ein maßgeschneidertes Motordesign ist äußerst vorteilhaft, da dieses Konzept die Leistung und Leistungsfähigkeit für die spezifischen Arbeitspunkte optimieren kann. Basiert es auf anpassbaren bestehenden Designs, ist die Markteinführungszeit oft kürzer als bei einem Standarddesign, wenn alle Phasen der Integration berücksichtigt werden. Genutete BLDC-Motoren können auch aufgrund ihrer Kosteneffizienz spezifiziert werden, und in Anbetracht des Mehrwerts, den ein maßgeschneidertes Design bieten kann, hat dieses Verfahren das Potenzial, die Gesamtkosten zu senken.

Um mehr über bürstenlose Gleichstrommotoren und auf Ihre Anwendung zugeschnittene Ausführungen zu erfahren, kontaktieren Sie <https://www.portescap.com/>

Bildtexte:



Bild 1: Bürstenlose genutete Gleichstrom-SMS-Motorenfamilie von Portescap.

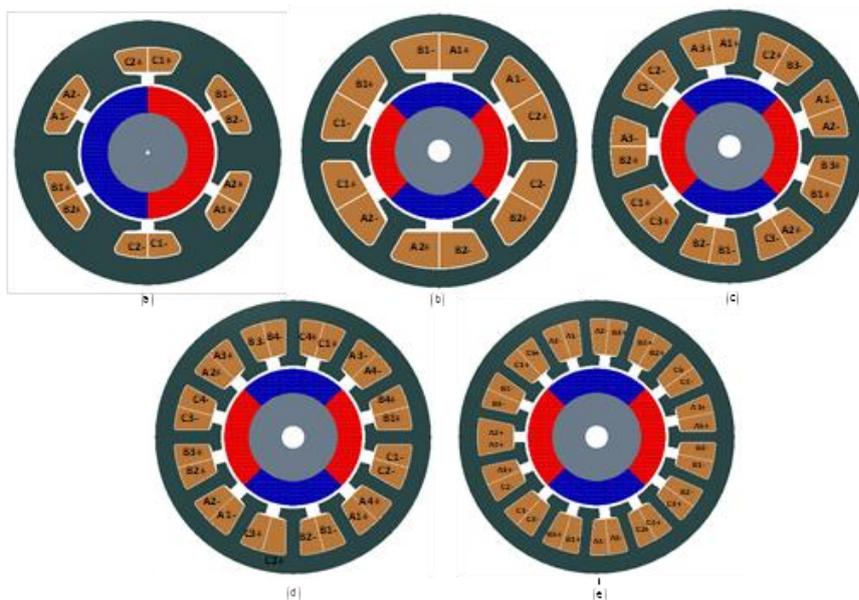


Bild 2: Abbildung: Verschiedene Nut-Pol-Kombinationen und Wicklungsanordnungen Motorenfamilie

Name	Slot Number (S)	Pole Number (P)	No. of Slots/(Pole*Phase)	LCM (S, P)	GCD (S,P)	Winding Factor (Kw)	Winding Layout	Benefits and Challenges of Slot-Pole Combinations
6S2P	6	2	1	6	2	1	ISCW	Decent torque constant, Lower core losses; long end-windings length; Higher cogging
6S4P	6	4	0.5	12	2	0.866	FSCW	Short end-windings and reduced cogging torque; 13% reduction in torque to amper ratio
9S4P	9	4	0.75	72	1	0.945	FSCW	Short end-windings and reduced cogging torque; 5.5% reduction torque to amper ratio
12S4P	12	4	1	12	4	1	ISCW	Good torque constant, long end-windings length; Higher cogging torque
15S4P	15	4	1.25	120	1	0.951	ISDW	Long end-windings and reduced cogging torque; 4.9% reduction torque to amper ratio

Bild 3: Tabelle: Ein Überblick über mögliche Nut-Pol-Kombinationen für genutete BLDC-Motoren

The image(s) distributed with this press release are for Editorial use only and are subject to copyright. The image(s) may only be used to accompany the press release mentioned here, no other use is permitted.

Über Portescap

Portescap bietet die breiteste Palette an Miniatur- und Sondermotoren in der Branche. Diese umfasst kernlose Bürsten-DC-Motoren, bürstenlose DC-Motoren, Can-Stack-Schrittmotoren, Getriebeköpfe, digitale Linearaktuatoren und Scheibenmagnet-Technologien. Die Produkte von Portescap lösen seit mehr als 70 Jahren vielfältige Aufgaben in der Antriebstechnik in einem breiten Anwendungsspektrum medizinischer und industrieller Bereichen.

Portescap hat Produktionszentren in den Vereinigten Staaten und Indien und nutzt ein globales Produktentwicklungsnetzwerk mit Forschungs- und Entwicklungszentren in den Vereinigten Staaten, China, Indien und in der Schweiz.

Weitere Informationen: www.portescap.com

Press contact:

Portescap

Nicole Monaco

Global Marketing Manager

Tel.: +1 404.877.2534

sales.europe@portescap.com

PR agency:

DMA Europa

Aija Senberga

Progress House, Great Western Avenue, Worcester,
WR5 1AQ, UK

Tel.: +44 (0) 1905 917477

aija.senberga@dmaeuropa.com

news.dmaeuropa.com