



TITELSTORY

Der Markt für Elektromotoren wird zunehmend von bürstenlosen Gleichstrommotoren (BLDC-Motoren) bestimmt. Denn trotz geringfügig höherer Anschaffungskosten und der erforderlichen Ansteuerungselektronik sind die Vorteile gegenüber konventionellen (bürstenbehafteten) Motoren gravierend: besserer Wirkungsgrad, kaum Verschleiß, längere Lebensdauer, kompakte Bauweise, höhere Leistungsdichte, weniger Geräuschentwicklung und höhere Zuverlässigkeit. Für die effiziente Ansteuerung sind leistungsfähige Feedback-Sensoren zur präzisen Bestimmung der Rotorposition erforderlich. Hierfür gibt es eine neue Generation von Hall-Schaltern und Winkelsensoren.

Winkelsensoren und Hall-Schalter für hochdynamische Anwendungen

Mit einer neuen Generation von Winkelsensoren in Kombination mit neuen Hallschaltern verbessert Infineon die Energieeffizienz und Laufruhe von bürstenlosen Gleichstrommotoren.

CHRISTOPH BILGER *, MICHAEL BRAUER **, KONRAD KAPSER ***

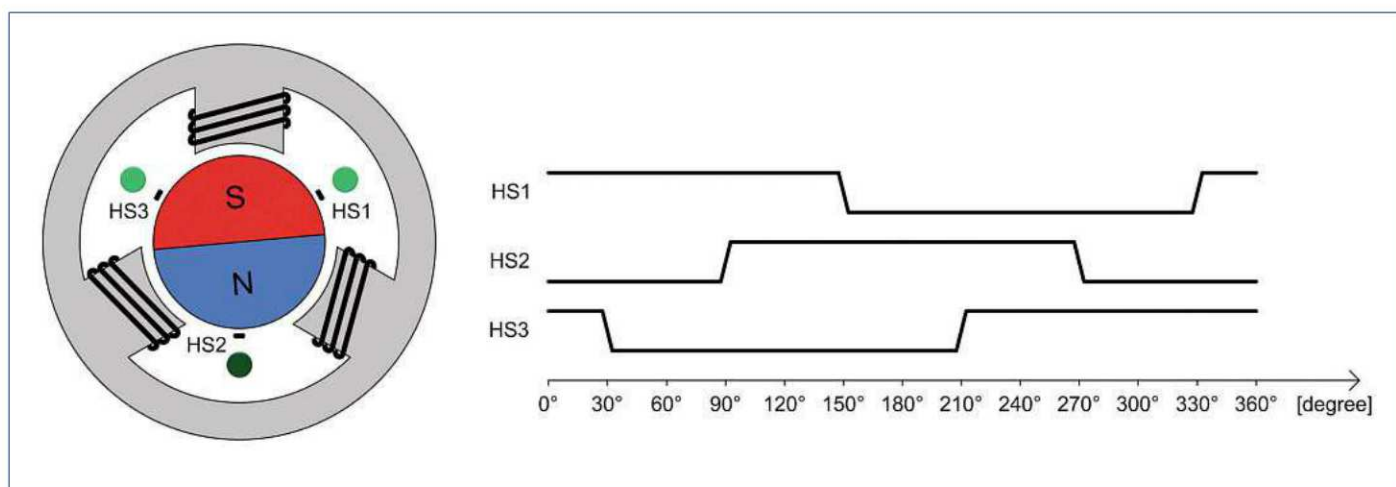


Bild 1: Der zweipolige Steuermagnet und die um 120° versetzt angeordneten Hall-Sensoren liefern pro Umdrehung sechs verschiedene Schaltkombinationen

Bei einem bürstenlosen Gleichstrommotor besteht der Rotor aus einem Permanentmagnet und der Stator beinhaltet die Wicklungen. Die Umkehr der Stromrichtung (Kommutierung) in den einzelnen Wicklungen erfolgt nicht mehr durch einen mechanischen Kommutator, auf dem Bürsten gleiten, sondern elektronisch. Für das Ansteuern der Statorwicklungen und die erforderliche Ermittlung der Rotorposition sind präzise und schnelle Positionssensoren notwendig. Dabei kann prinzipiell zwischen Blockkommutierung (beispielsweise mit Hallschaltern) und (magnet-)feldorientierter Kommutierung unterschieden werden.

* Dr. Christoph Bilger

... ist Marketing Manager Integrated Sensors bei Infineon/Neubiberg.

** Dr. Michael Brauer

... ist Manager Application Engineering bei Infineon/Neubiberg.

*** Dr. Konrad Kapser

... ist Manager Application Engineering, Infineon Technologies/Neubiberg.

Gegenüber der Block-Kommutierung mit diskreten Schaltpunkten, wo im Wesentlichen der Sektorübergang des Rotors erfasst werden muss, erfordert die für hochdynamische Lasten oder präzise Antriebe genutzte feldorientierte Kommutierung eine sehr genaue Kenntnis der Rotorlage mit kontinuierlicher Positionsinformation. Diese kann z.B. mit Winkelsensoren oder mit sensorlosen Prinzipien ermittelt werden. Bei sensorlosen Konzepten wird die Rotorlage über den Verlauf der induzierten Gegenspannung berechnet, mit einem höheren Aufwand bezüglich Mikrocontroller und Software-Algorithmen. Nachteilig ist hier auch, dass dieses Prinzip erst mit einer bestimmten Umdrehungszahl des Rotors zuverlässige Informationen zur Ansteuerung liefert. Dadurch besitzen sensorlose BLDC-Motoren oft ein schlechteres Anlaufverhalten.

Bei der Blockkommutierung erfolgt die Rückmeldung der Rotorlage üblicherweise durch drei im Motor eingebaute Hall-Sensoren. Der zweipolige Steuermagnet und die um 120° versetzt angeordneten Hall-Senso-

ren liefern pro Umdrehung sechs verschiedene Schaltkombinationen (Bild 1). Die drei Teilwicklungen werden entsprechend den Sensorinformationen in sechs verschiedenen Leitphasen bestromt. Strom- und Spannungsverlauf sind blockförmig. Die Ausgangssignale der Sensoren liefern ein digitales Muster, das mithilfe weniger logischer Operationen bereits eine Ansteuerung der Wicklungen zulässt. Komplexe Algorithmen zur Ansteuerung sind daher nicht erforderlich. Im einfachsten Fall kann die Blockkommutierung ohne Mikrocontroller implementiert werden. Vorteile sind demnach eine relativ einfache und kostengünstige Elektronik, hohe Genauigkeit, ein kontrollierter Anlauf und hohe Anlaufmomente. Die neuen Hallschalter TLE4961-1 oder TLE4968 von Infineon Technologies ermöglichen eine exakte Erfassung der Rotor-Position mit präzisen magnetischen Schaltpunkten für eine leistungsfähige Blockkommutierung von BLDC-Motoren.

Bei der Block-Kommutierung werden, wie eingangs beschrieben, die drei Hall-Schalter



Bild 2: Das kleine SOT23-Gehäuse der neuen Hall-Schalter benötigt weniger als 22% der Leiterplattenfläche im Vergleich zum SC59-Gehäuse

mation werden die Wicklungen des Rotors zeitgerecht geschaltet. Die Sensoren müssen dafür die Position des Rotors präzise erfassen. Idealerweise liefern die Sensoren ein Kommutierungssignal unabhängig vom Drehmoment. Ein entscheidendes Kriterium für die Sensoren ist, dass sie phasentreu schalten, da ansonsten eine Phasenverschiebung zwischen dem Schalten der Wicklungen und der Rotorposition entsteht. Phasenverschiebung führt zu größeren Drehmomentschwankungen, mehr Geräuschentwicklung und einer Verschlechterung der Energieeffizienz.

mit jeweils 120° Phasenverschiebung um den Rotor positioniert. Sie erkennen den Nord- bzw. Südpol und geben entsprechend logisch 0 bzw. logisch 1 aus. Aus den logischen Zuständen aller drei Hall-Schalter lässt sich dann die Stellung des Rotors in Sektoren von jeweils 60° bestimmen. Anhand dieser Infor-

Jeder Sensor weist allerdings fertigungsbedingt Abweichungen bezüglich des magnetischen Schaltpunktes auf. Außerdem verlieren die Permanentmagnete in den BLDC-Motoren mit steigender Temperatur etwas an magnetischer Feldstärke. Zudem kommt es zu Drift-Einflüssen durch mechanischen Stress und Temperaturschwankun-

gen. Um ein präzises Schalten der Hall-Sensoren zu gewährleisten, müssen diese Effekte kompensiert werden.

Die Hall-Schalter TLE4946-2 sowie die neuen TLE4961-1 und TLE4968 (Bild 2) zeichnen sich durch eine hohe Phasentreue aus. Die Sensoren haben eine integrierte Temperaturkompensation der magnetischen Schaltschwelle. Dabei wird die Schaltschwelle abhängig von der Temperatur nachgeführt und temperaturbedingte Feldstärkeänderungen des Magneten kompensiert. Zusätzlich erfolgt ein Chopping der Hall-Zellen, wodurch die Offset-Drift der Schaltschwellen deutlich reduziert und eine bessere Stabilität erreicht wird. Es erhöht sich dadurch zwar die Zeit zwischen Messung und Wechsel des Ausgangssignals geringfügig, diese Delay-Zeit ist jedoch konstant und kann bei der Blockkommutierung drehzahlunabhängig vorgehalten werden. Bild 3 zeigt Berechnungen der Phasendrift als Summe aus Delaytime und Drift der Schaltschwelle für zwei Sensoren: TLE4961-1 (chopped) im Bild oben und die eines Wettbewerbsproduktes (unchopped) darunter. Deutlich wird hier der große Einfluss der Drift auf die Phasentreue, wobei der TLE4961-1 insgesamt einen deutlich geringeren Phasenfehler aufweist.

Die neuen Hall-ICs mit ihren integrierten Kompensationsschaltungen sorgen für ein stabiles Temperaturverhalten und reduzieren die Einflüsse von Technologie-Variationen. Aktive Fehler-Kompensation (Chopping-Technik) beseitigt Offsets im Signalpfad und den Einfluss von mechanischem Stress auf das Hall-Element. Darüber hinaus weisen die Hall-Schalter auch noch einen sehr geringen Jitter von <math><0,3 \mu\text{s}</math> auf. Der Ausgangstransistor hat zudem einen integrierten Überstrom- und Übertemperatur-Schutz.

Feldorientierte Kommutierung

Die Blockkommutierung hat einen konzeptbedingten Nachteil. Aufgrund der Einteilung in sechs Sektoren sind während einer Drehbewegung von 60° die Wicklungen konstant geschaltet. D.h. nur kurzzeitig stehen Kraft und Feldlinien exakt 90° zueinander, was höchste Energieeffizienz bedeutet. Kurz vor den Umschaltpunkten stehen Kraft- und Magnetfeldlinienvektoren nur noch mit 60° zueinander; in diesem Punkt sinkt die Effizienz auf nur noch 87%.

Eine Verbesserung bietet ein vom Stator generiertes Magnetfeld, welches sich exakt mit der Rotordrehzahl mitdreht: Kraft und Magnetfeld stehen dann immer senkrecht zueinander. Dieses Prinzip wird dadurch erreicht, dass die Wicklungen nicht mehr

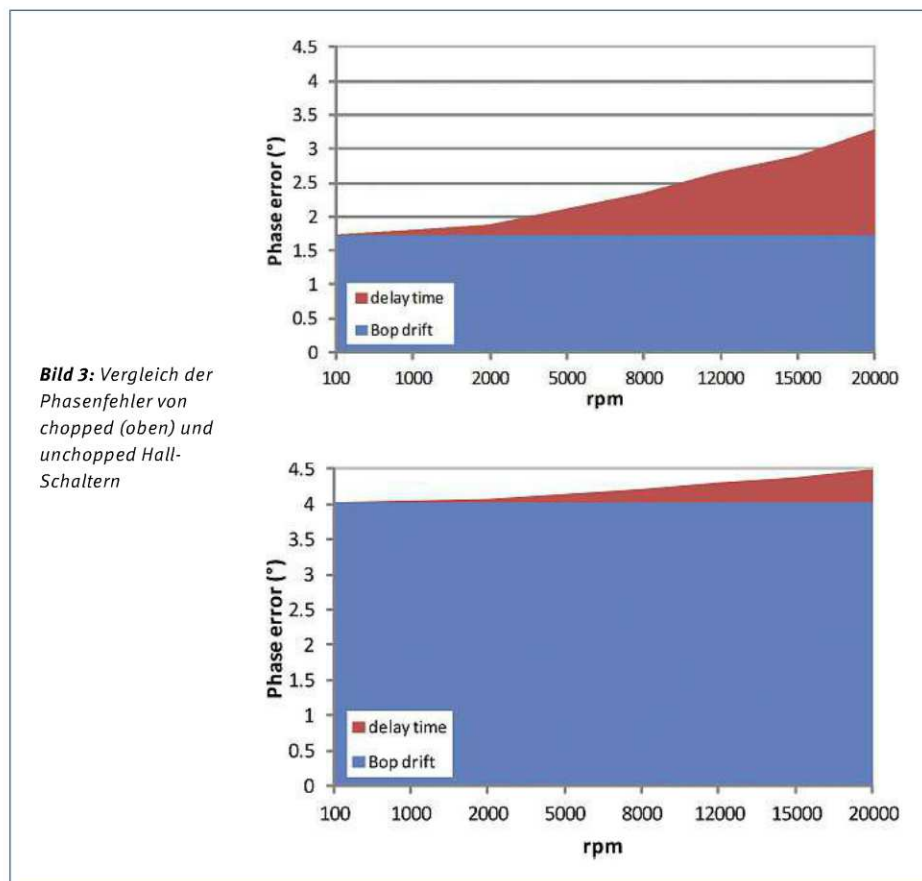


Bild 3: Vergleich der Phasenfehler von chopped (oben) und unchopped Hall-Schaltern

„Die iGMR-Sensoren kombinieren eine hohe Winkelgenauigkeit und Auflösung mit schneller Signalverarbeitung und kurzen Delay/Update-Zeiten.“

Dr. Martin Brauer, Manager Application Engineering

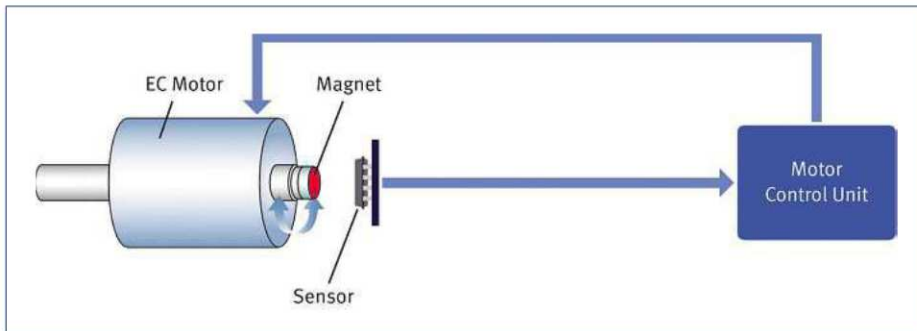


Bild 4: Positioniert werden die hochpräzisen Winkelsensoren vor dem Wellenkopf

sektororientiert ein- oder ausgeschaltet, sondern so gepulst angesteuert werden, dass die Summe der Einzelmagnetfelder der Wicklungen ein permanent optimales Gesamtmagnetfeld hinsichtlich der Rotorposition ergibt. Letztlich wird so ein sinusartiger Strom in den Wicklungen generiert, wodurch Drehmoment und Magnetfeld immer senkrecht zueinander stehen. Dieses feldorientierte Verfahren bietet Vorteile wie hohe Laufruhe, sehr konstantes Drehmoment und die Möglichkeit einer drehzahldynamischen Ansteuerung. Voraussetzung ist jedoch die hochgenaue kontinuierliche Bestimmung der Rotorposition, welche allein durch Hallschalter nicht mehr bewerkstelligt werden kann. Für diese Messaufgabe sind präzise Winkelsensoren gefragt.

Präzise Winkelsensoren mit sehr kurzer Verzögerungszeit

Für die feldorientierte Kommutierung muss der Winkelsensor über die gesamte Lebenszeit und unabhängig von Temperatur und Rotationsgeschwindigkeit präzise die Position des Magneten bestimmen können. Die Winkelsensoren der Serie TLE5009/TLE5012B zeichnen sich dabei durch eine sehr hohe Aktualisierungsrate in Kombination mit sehr kurzen Verzögerungszeiten aus, weshalb selbst bei hohen Umdrehungszahlen und Lastwechseln eine hohe Effizienz gegeben ist. Positioniert werden die hochpräzisen Winkelsensoren vor dem Wellenkopf (Bild 4). Am Wellenkopf ist ein externer diametraler Magnet angebracht. Die Rotation dieses Magnetfeldes wird zuverlässig vom Winkelsensor erkannt.

TLE5009 und TLE5012B basieren auf der neuen iGMR-Technik von Infineon (iGMR steht für integrated Giant Magnetic Resistive). Der TLE5009 stellt einen kosteneffizienten Winkelsensor mit analogem Interface und einfacher Implementierung dar, während der hochintegrierte versatile TLE5012B erweiterte Datenverarbeitungsfunktionen und mehrere digitale Schnittstellen hat.

TLE5012B setzt neue Maßstäbe hinsichtlich der Kombination aus einer geringen Delaytime und einer hohen Signalaufösung. Er hat einen Winkelfehler von 1° bei 15 Bit Auflösung über den gesamten Funktionsbereich (bei Raumtemperatur sogar nur 0,6°). Zudem berücksichtigt eine integrierte Messdatenverarbeitung die gemessene interne Verzögerungszeit. D.h. der Sensor kennt die Rotationsgeschwindigkeit und addiert eigenständig den zurückgelegten Winkel während der Messdatengenerierung zum Ausgangswert. Weitere Vorteile des TLE5012B sind vom Anwender wählbare Interfaces: SSC, PWM, Incremental Interface (IIF), Hall Switch Mode (HSM) und Short PWM Code (SPC)

Fazit: Die Hallschalter der TLE496x-Familie und die Winkelsensoren TLE5009/TLE5012B sind leistungsstarke Komponenten zum Ansteuern von BLDC-Motoren. Abhängig vom mechanischen Layout, dem Platzbedarf, der Platzierung der Motorelektronik und der erforderliche Genauigkeit steht damit für jede Anwendung eine bestmögliche Lösung zur Verfügung. Die TLE496x-Schalter ermöglichen Platz und Kosten sparende Designs, während der TLE5009 ein enormes Einsparungspotenzial gegenüber diskreten Lösungen ohne Änderungen des Systemkonzeptes bietet. Der hoch integrierte TLE5012B mit Signalverarbeitung entlastet den Mikrocontroller bei den präzisen Winkelberechnungen und aufwändigen Kalibrierungsalgorithmen. // KU

Infineon +49(0)89 2340

InfoClick

- Alle technischen Daten der iGMR-Winkelsensoren von Infineon
- Technische Spezifikationen der Hall-Schalter TLE4968-1
- Technische Spezifikationen der Hall-Schalter TLE4961-1

www.elektronikpraxis.de

InfoClick 3058775



A Phoenix Mecano Company



Design-Steckverbinder AK(Z) 4951

- ▶ Rastermaß 5.0 mm/5.08 mm
- ▶ zeitsparende Push-In-Technik
- ▶ mit Klingendrucker und Prüfabgriff
- ▶ in 2 bis 24-poligen Ausführungen erhältlich

Info: service@ptr.eu

PTR Messtechnik GmbH & Co. KG
Gewerbehof 38 · 59368 Werne

www.ptr.eu

Wo ist
Conrad?