

Ansprechpartner für Redaktionen:

Sabine Peiler, E-Mail: peiler@novotechnik.de

Telefon: +49 711 4489-186, Fax: +49 711 4489-8186

Für automotive und industrielle Anwendungen:

Berührungsloser Umdrehungszähler mit Zukunft

In vielen Anwendungen müssen Winkel gemessen werden, die größer als 360° sind. Die heute üblichen Multiturn-Sensoren bringen je nach Anwendung Nachteile mit sich: Kostengünstige 10-Gang-Potentiometer beispielsweise genügen häufig nicht den Anforderungen an Auflösung und Zuverlässigkeit. Optische Encoderlösungen wiederum sind für viele Anwendungsbereiche zu teuer. Abhilfe schafft ein patentiertes Funktionsprinzip, das den GMR-Effekt (Giant-Magneto-Resistance) nutzt. Dieses Messverfahren liefert absolute Positionswerte und benötigt keinerlei Referenzsignale. Daher eignet es sich für den Einsatz in so genannten True-Power-on-Systemen, beispielsweise in der Kfz-Technik bei elektronischen Lenksystemen, ist aber auch für industrielle Anwendungen äußerst interessant.

Die Firma Novotechnik hat die GMR-Technologie zur Serienreife entwickelt und setzt sie bereits in den Multiturn-Sensoren der Baureihe RSM 2800 ein. Der Messbereich des Multiturns ist zwischen 2 und 16 Umdrehungen einstellbar und wird als stetige, analoge Kennlinie ausgegeben. Zudem gibt es Varianten mit verschiedenen Versorgungs- und Ausgangsspannungen. Die Auflösung der Analogschnittstelle beträgt aktuell 16 Bit. Geschwindigkeiten bis 800 U/min sind möglich. Mit Implementierung digitaler Schnittstellen (SSI, SPI und CAN) werden künftig bis zu 18 Bit Gesamtauflösung (Winkel und Umdrehung) erreicht. Gleichzeitig gibt es auch zweikanalige Varianten, so dass sich der Multiturn auch für sicherheitsrelevante Anwendungen eignet. Aber schon heute hat sich der Multiturn im praktischen Einsatz bewährt und kann vor allem auch in puncto Genauigkeit überzeugen: Linearitätsabweichungen unter 0,05% über den gesamte Messbereich können sich schließlich sehen lassen. Der robuste Sensor erfüllt serienmäßig die Anforderungen bis Schutzart IP67, ist also staubdicht und gegen zeitweiliges Untertauchen geschützt. Er lässt sich gut in die jeweilige Applikation integrieren. Die Welle wurde so ausgestaltet, dass sie einfach und winkelindexiert von einem entsprechenden kundenseitigen Gegenstück aufgenommen werden kann.

Im praktischen Einsatz: Erfassen der Gabelposition am Stapler

Die Vorteile des GMR-Multiturns nutzt beispielsweise die US-amerikanische Firma „The Raymond Corporation“ in ihrer Gabelstapler-Serie mit quer stehender Gabel für enge Gänge – so genannte „narrow aisle applications“ (Bild 1). Bei herkömmlichen Staplern muss der Fahrer beim Be- und Entladen der Lagerposition den Stapler wenden. Das kostet Zeit für das Rangieren und benötigt vor allen Dingen sehr viel Platz - mindestens die Breite einer Palette plus Staplerlänge.

Mit der quer zur Fahrtrichtung angeordneten und seitlich herausfahrbaren Gabel kann die Gangbreite auf etwas mehr als die Palettenbreite reduziert werden. Dies entspricht etwa einer Halbierung des Platzbedarfs beziehungsweise einer Verdopplung der Lagerkapazität. Der Staplerfahrer kann die Gabel über einen Spindelantrieb bewegen. Die Umdrehungen der Spindel wird mit dem Multiturnsensor RSM 2800 erfasst und in eine Gabelposition umgerechnet.

Funktionsweise basiert auf „Nobelpreistechnologie“

Die grundlegende Funktionsweise dieses Multiturns, die auf dem GMR-Effekt (Giant-Magneto-Resistance) basiert, ist einfach zu verstehen: An der rotierenden Achse bzw. Hohlwelle befindet sich ein Magnet, der bei einer Drehung den Magnetisierungszustand in den Spiralarmlen des GMR-Sensorelements verändert (Bild 2). Das GMR-Sensorelement mit der Größe von 1 mm^2 besteht aus einem GMR-Schichtstapel mit einer Dicke von ca. 100 nm und enthält im Wesentlichen eine so genannte Referenzschicht und eine Sensorschicht. Durch das rotierende externe Magnetfeld kann nun der Magnetisierungszustand der Sensorschicht verändert werden. Der GMR-Chip besteht aus einer rautenförmig angeordneten Spiralstruktur. Die Anzahl der zu zählenden Umdrehungen entspricht der Anzahl der Spiralarmlen. Die Magnetisierungsrichtung der Sensorschicht in den ca. 250 nm breiten Spiralarmlen kann nur mit Hilfe des so genannten Domänenwandgenerators, der am Anfang der Spirale sitzt, verändert werden. Aufgrund seiner relativ großen Fläche kann in diesem Bereich die Magnetisierung leicht dem äußeren Magnetfeld folgen.

Bei der Drehung des externen Magnetfeldes (Positionsgebers) werden im Domänenwandgenerator 180° -Domänen erzeugt und in die Spiralstruktur injiziert beziehungsweise wieder gelöscht. Die Magnetisierung der Sensorschicht in den Spiralarmlen richtet sich dabei entweder parallel oder antiparallel zur Referenzschicht aus, diese Ausrichtung kann dann über den Spin-Effekt detektiert werden. Die Widerstandswerte dieser Struktur sind damit abhängig vom Magnetisierungszustand beziehungsweise der Umdrehungsanzahl (Bild 3). Mit einem Sensorelement kombiniert, das Drehwinkel bis 360° erfassen kann (zum Beispiel mit dem Hall-Effekt), lassen sich abhängig von der Anzahl der Spiralarmlen n -mal 360° messen. Da die Umdrehungsanzahl magnetisch gespeichert wird, erfasst der Sensor Drehbewegungen auch ohne Span-

nungsversorgung. Durch die Rautenstruktur (Bild 4) lässt sich mit einem entsprechenden Auswertelgorithmus aus jeder Winkelstellung ein eindeutiger Umdrehungswert ableiten. Der magnetische Multiturn-Sensor kann auf diese Weise zusätzlich zum Drehwinkelsignal im stromlosen Zustand ohne Pufferbatterie und ohne Getriebe bis zu 16 Umdrehungen erfassen und dauerhaft speichern.

Blick in die nahe Zukunft

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Jahr 2008 genehmigten Förderprojektes arbeiten insgesamt sieben Unternehmen daran, einen Umdrehungszähler zu entwickeln, der mindestens 4.096 Umdrehungen erfassen kann. Dessen Grundaufbau unterscheidet sich nicht grundlegend von der bisherigen Rautenstruktur. Allerdings ist die neue Struktur nicht mehr offen, sondern geschlossen. Während die bisherige Struktur sich nicht durchdrehen lässt, um den Ausgangszustand zu erreichen, ist dies bei einer geschlossenen Struktur möglich. Am Ende des Bereichs springt der Messwert wieder auf Null. Bei der geschlossenen Struktur ändert sich bei jeder Vierteldrehung die Position der Domänen und somit auch die magnetische Orientierung in den Teilabschnitten der Sensorschicht. Über eine geeignete Kontaktierung der Schleifen kann über den GMR-Effekt wiederum der Magnetisierungszustand und somit die Umdrehungszahl ermittelt werden. Bei fünf Schleifen mit einer jeweils teilerfremden Anzahl von Spitzen/Kontaktierungen (3, 4, 5, 7 und 11) erreicht das System erst nach 4.620 Umdrehungen – das sind mehr als 12 Bit – wieder den Ausgangszustand (Bild 5). Mit einer sechsten Schleife (13 Spitzen) steigt die Auflösung der Umdrehungen auf ca. 16 Bit. Bis zu einer Million Umdrehungen wären mit einer weiteren Schleife mit 17 Spitzen möglich.

Da jede Schleife kontaktiert werden muss, ist es nicht mehr möglich, die Anschlüsse zu bonden. Im aktuellen Projekt wird der eigentliche GMR-Chip mit einem CMOS-Auswerte-Chip in Flip-Chip-Technik verbunden. Eine weitere Möglichkeit wäre, die GMR-Strukturen bei der ASIC-Fertigung direkt auf die geglättete CMOS-Oberfläche abzuschneiden und über Durchkontaktierungen miteinander zu verbinden.

Nach Abschluss des BMBF-Projektes Ende 2012 ist die Umsetzung in ein Serienprodukt geplant. Durch einen speziellen GMR-Schichtaufbau wird dieser Sensor auch für Betriebstemperaturen bis etwa +120 °C anwendbar sein. Wird der Winkelsensor (Hall oder AMR) direkt auf den Auswertechip mit aufgebracht, entsteht ein sehr kompakter Sensor mit wenigen Kubikmillimetern Volumen. Dieser kann mit einem Magneten als Geber für Umdrehungszählung und Position betrieben werden. Ein solches System hat gegenüber optischen Multiturn-Sensoren viele Vorteile: Neben dem höheren Temperaturbereich sind das eine geringere Vibrationsempfindlichkeit, kleinere Baugröße und niedrigere Kosten.

Bild 1: GMR-Sensor im Einsatz: Die Stellung der mit einem Spindeltrieb herausfahrbaren Gabel

erfasst der Multiturn-Drehgeber RSM2800. (Foto: Raymond)

- Bild 2: GMR-Struktur für 4 Umdrehungen: Für jede zu zählende Umdrehung wird ein Spiralarm benötigt. (Foto: Novotechnik)
- Bild 3a: Magnetisierungszustände in der Spirale (Foto: Novotechnik)
- Bild 3b: Die Widerstandskennlinie für zwei Umdrehungen ($n=2$). (Foto: Novotechnik)
- Bild 4: Zusammenfassung von zwei um 90° versetzten Spiralen zur Rautenstruktur, mit der sich bis zu 4.620 Umdrehungen zählen lassen. (Foto: Novotechnik)
- Bild 5: Schleiferanordnung mit den teilerfremden Spitzen für die eindeutige Erfassung von bis zu 4.620 Umdrehungen ($3 \times 4 \times 5 \times 7 \times 11 = 4.620$). (Foto: Novotechnik)

Über Novotechnik

Seit über 60 Jahren ist Novotechnik mit Stammsitz im schwäbischen Ostfildern wegweisend in der Weiterentwicklung der Messtechnik. Inzwischen arbeiten allein in Deutschland über 200 Mitarbeiter an Spitzenleistungen. Das Ergebnis sind leistungsstarke Weg- und Winkelsensoren, die weltweit aus Fertigung, Steuer- und Messtechnik oder aus dem Automobil nicht mehr wegzudenken sind. Die breitgefächerte Produktpalette umfasst Weg- und Winkelsensoren unterschiedlicher Funktionsprinzipien, spezielle Lösungen für den Automotive-Bereich sowie Messwertumformer und Messgeräte. Das deckt praktisch alle denkbaren Aufgabenstellungen ab und für spezielle Anwendungsbedürfnisse werden Lösungen maßgeschneidert.

Text: Dipl.-Ing. Ernst Halder (Bild 6), Geschäftsführer Technik bei der Firma Novotechnik, Dipl.-Ing. Stefan Sester (Bild 7), Produktbereichsleiter Rotative Sensoren bei Novotechnik, und Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee (Bild 8)

Verwendung honorarfrei, Leserfragen bitte direkt an Novotechnik
Anschläge (nov164, ohne Bildunterschriften und Kastentext): ca. 8.000