

## **GMR-Effekt in der Anwendung:**

# **Berührungsloser Umdrehungszähler einer neuen Generation**

*In vielen Anwendungen müssen Winkel gemessen werden, die größer als 360° sind. Die heute üblichen Multiturn-Sensoren bringen je nach Anwendung Nachteile mit sich: Die kostengünstigen 10-Gang-Potentiometer beispielsweise genügen häufig nicht den Anforderungen an Auflösung und Zuverlässigkeit. Optische Encoderlösungen wiederum sind für viele Anwendungsbereiche zu teuer. Hier könnte jetzt ein neues, patentiertes Funktionsprinzip zum Problemlöser werden, das den GMR-Effekt nutzt.*

Der GMR-Effekt (Giant Magneto Resistance, also „Riesen-Magnetwiderstand“) ist ein quantenmechanisches Phänomen, das in dünnen Filmstrukturen aus ferromagnetischen und nichtferromagnetischen Schichten beobachtet wird: Hat man einen solchen heterogenen Aufbau aus zwei magnetischen Schichten (Sensorschicht und Referenzschicht), die durch eine nur wenige Atomlagen dicke, nicht magnetische Schicht getrennt sind, so beziehen die magnetischen Momente der beiden Schichten zueinander Stellung, sobald sie einem externen Magnetfeld ausgesetzt sind. Die Referenzschichtorientierung wird - z.B. durch einen künstlichen Antiferromagneten (AAF) - festgehalten. Dadurch richtet sich die Sensorschicht entweder parallel oder antiparallel dazu aus. Der elektrische Widerstand ändert sich dramatisch, wenn die magnetischen Momente in diesem „Sandwich“ umklappen. Stehen sie parallel zueinander, sinkt der Widerstand auf den Minimalwert, bei antiparalleler Ausrichtung erreicht er sein Maximum. Der Magnetisierungszustand

einer solchen Struktur lässt sich also leicht durch eine ohmsche Messung bestimmen.

### „Nobelpreis-Technologie“ für magnetischen Multiturn

Magnetowiderstandseffekte sind seit knapp zwanzig Jahren bekannt. Für die Entdeckung und ihre Forschungen rund um den GMR-Effekt wurden Peter Grünberg und Albert Fert 2007 mit dem Physik-Nobelpreis geehrt. Bemerkenswert dabei ist, dass es selten ein Nobelpreis-Thema so schnell zu einer wirklichen Anwendung geschafft hat: Bereits 1997 – also nur neun Jahre nach Entdeckung – fand die Technologie Verwendung in Festplatten. Mittlerweile haben sich aber noch weitere Einsatzbereiche erschlossen. Die Sensorikexperten der Firma Novotechnik, Ostfildern, haben in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Photonische Technologien (IPHT), Jena, den GMR-Effekt für Umdrehungszähler einer neuen Generation genutzt.

Der Aufbau des magnetischen Umdrehungszählers ist vom Prinzip her einfach zu verstehen: Für jede zu zählende Umdrehung wird genau ein Spiralarm benötigt. Ein wichtiger Bestandteil des Sensorelementes ist dabei die relativ große Fläche am Anfang der Spirale, der so genannte Domänenwandgenerator. Durch die große geometrische Ausdehnung kann in dieser Fläche die Magnetisierung leicht dem äußeren Magnetfeld folgen. Durch Drehung eines externen Magnetfeldes mit geeigneter Stärke werden nun im Domänenwandgenerator 180° Domänen erzeugt und in die Spiralstruktur injiziert, bzw. bei Rückwärtsdrehung wieder gelöscht. Die Magnetisierung der Sensorschicht (1. magnetische Schicht) in den Spiralarmen richtet sich dabei entweder parallel oder antiparallel zur Referenzschicht (2. magnetische Schicht) aus.

Misst man den Widerstand der Struktur, so ergibt sich je nach Magnetisierungszustand, respektive Umdrehungsanzahl, ein eindeutiger Wert. Kombiniert man einen solchen Sensor mit einem 360° Sensor (z.B. Hall) können  $n \times 360^\circ$  ( $n$  = Anzahl der Spiralarme) gemessen werden. Da die

Umdrehungsanzahl magnetisch gespeichert wird, detektiert der Sensor die Umdrehungen ohne Spannungsversorgung. Dabei lassen sich auch Temperatureinflüsse kompensieren, wenn man vier Elemente einer solchen Struktur als Wheatstone-Brücke miteinander kombiniert. Das Brückenspannungssignal kann leicht von einer nachfolgenden Elektronik verarbeitet, mit dem Winkelsignal verknüpft und als digitaler Wert ausgegeben werden.

### **Absolutwinkel über 16 Umdrehungen erfassen**

Mit dem beschriebenen Sensorelement kann man also wirkungsvoll Umdrehungen zählen und speichern. Eine Ermittlung des Absolutwinkels über mehrere Umdrehungen ist so jedoch noch nicht möglich, da die Widerstands- oder Spannungsänderungen des GMR-Sensorelements an den Sprungstellen keine eindeutigen Werte annehmen. Mit zwei um 90° versetzte Multiturn-Elemente lässt sich dieses Problem lösen. Es geht jedoch auch eleganter, wenn man diese zwei um 90° verdrehten Strukturen zu einer Raute "verschmilzt". Bei ihr lässt sich durch einen entsprechenden Auswertalgorithmus in jeder Winkelstellung ein eindeutiger Umdrehungswert ableiten.

Der magnetische Multiturnsensor kann auf diese Weise heute zusätzlich zum Drehwinkelsignal im stromlosen Zustand ohne Pufferbatterie und ohne Getriebe bis zu 16 Umdrehungen zählen und dauerhaft speichern. Konzepte für höhere Umdrehungszählungen (bis 12 bit) liegen bereits vor und sollen in den nächsten zwei bis drei Jahren realisiert werden. Aber schon heute lassen sich die Vorteile des neuen Multiturns in zahlreichen industriellen und automotiven Anwendungen nutzen.

### **Kompakte Lösung für viele Anwendungsbereiche**

Der Umdrehungszähler arbeitet durch das magnetische Prinzip berührungslos und damit verschleißfrei. Dabei liefert er absolute Positionswerte und stellt den Messwert als echtes "True-power-on"-System sofort nach dem Start zur Verfügung. Integriert in einen kontaktlosen 360°-

Winkelsensor lässt sich so beispielsweise in Automobilen oder mobilen Arbeitsmaschinen der aktuelle Lenkwinkel über mehrere Umdrehungen direkt erfassen. Obendrein spart die Lösung Platz und ist auch noch kostengünstig. Ähnliche Vorteile ergeben sich auch in anderen Anwendungen, z.B. bei Antrieben für gewerbliche Rolltore. Um individuelle Öffnungspositionen zu erfassen (Memoryfunktion) übernimmt der Multiturn die Stellungserfassung, ohne dass zusätzliche Komponenten für eine mechanische Übersetzung notwendig sind.

Der Multiturn lässt sich bei den unterschiedlichsten linearen oder rotativen Stellantrieben nutzen, um die Position der Antriebsspindel über mehrere Umdrehungen zu erfassen. In vielen industriellen Bereichen kann man dadurch kompakte und kostengünstige Antriebe für Armaturen, Klappen oder Ventile realisieren. Auch für die Fördertechnik erschließen sich neue Möglichkeiten: Kombiniert man die Sensorwelle mit der Wickeltrommel eines Seillängengebers, sind hier extrem kompakte Systeme selbst für große Längen möglich.

Text: Dipl.-Ing. Ernst Halder, Geschäftsführer Technik bei Novotechnik, und Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee