

■ Magnetischer Positionssensor:

Linear durch geschlossenen Regelkreis

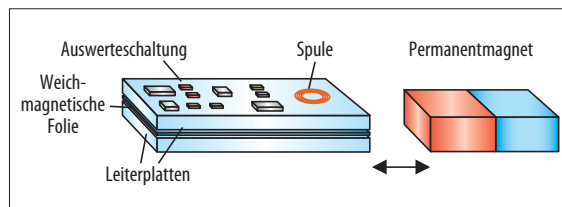
Je bessere Leistungsdaten Sensoren haben sollen, desto komplexer wird unvermeidlicherweise ihr Aufbau. Um die geforderten Eigenschaften zu erreichen, geht man nicht selten erhebliche physikalische Umwege. Für den Anwender spielt das keine Rolle, solange am Ende eine praktikable Bauform herauskommt und der Preis günstig ist. Welcher technologische Aufwand heute in manchen Fällen getrieben wird, zeigt das Beispiel eines Abstandssensors auf magnetischer Basis.

Zahllose Maschinen benötigen Sensoren, die die Position eines beweglichen Teils erfassen. Dieses kann etwa ein Kolben in einem Zylinder sein oder auch die Trommleinheit einer Waschmaschine. Deren Auslenkung aus der Ruhelage muss der Motorsteuerung mitgeteilt werden, damit sie beim Schleudern die zur Unwucht passende Drehzahl vorgibt. Ein solcher Sensor soll einen Messbereich von einigen Zentimetern haben; er soll

berührungslos arbeiten, ein lineares Ausgangssignal mit hoher Auflösung liefern und sehr schnell ansprechen. Bei allem darf er nicht viel kosten. Eine verbreitete konventionelle Methode verwendet einen Magnetfeldsensor, der am Gehäuse des Gerätes montiert ist, während am zu ortenden Objekt ein Permanentmagnet sitzt. Der Sensor misst die in ihm herrschende Flussdichte, daraus errechnet die zugehörige Elektronik den Abstand. Weil der Zusammenhang zunächst stark nichtlinear ist, muss das Ausgangssignal rechnerisch korrigiert werden. Wegen der $1/x$ -Charakteristik wird der Messwert mit zunehmendem Abstand immer unsicherer. In der Praxis sind nur wenige cm sinnvoll erfassbar.

Ein überlegenes Prinzip nutzt ein Sensor, der kürzlich bei der Firma Micro-Epsilon Messtechnik in Ortenburg bei Passau (www.micro-epsilon.de) fertiggestellt wurde. In Kooperation mit einer Reihe von Partnern entstand daraus der „magneto-induktive Sensor“. Auf dem Statusseminar „Magnetische

Mikro- und Nanotechnologien“ am 20. 5. 2010 in Nürnberg im Rahmen der Messe „Sensor + Test“ waren nähere Einzelheiten zu erfahren. Die zum Patent angemeldete Erfindung basiert auf

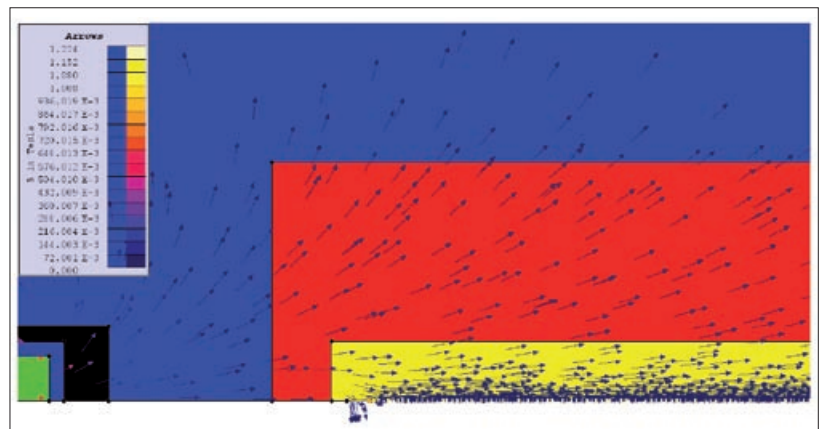


■ Bild 1. Prinzip des „mainSensors“: Je nach Abstand des Magneten von der ferromagnetischen Folie wird diese unterschiedlich stark vormagnetisiert. Dadurch ändert sich die Permeabilität, woraus die Auswerteelektronik den Abstand errechnet. (Bild: Micro-Epsilon)

einigen bislang selten genutzten physikalischen Effekten. Am beweglichen Objekt ist auch hier ein Permanentmagnet montiert. Das Kernelement der Sensoreinheit ist eine dünne Folie aus magnetisch hochpermeablem Material, die von den Feldlinien des Magneten horizontal durchflossen wird (Bild 1). Bei kleinen Abständen wird sie bis in die Sättigung magnetisiert, wodurch ihre Permeabilität stark sinkt. Bei grö-

ßeren Abständen und entsprechend schwächerer Magnetisierung vermindert sie sich nur leicht. Der Übergang zwischen diesen Extremen verläuft kontinuierlich. Um die Permeabilität zu messen, ist dicht über der Folie eine Spule montiert – entweder aus Draht gewickelt oder als spiralförmige Leiterbahn auf einer Platine oder in Siebdruck auf einen Träger aufgedruckt. Sie wird mit hochfrequentem Wechselstrom gespeist. Ändert sich infolge einer Verschiebung des Magneten im Erfassungsbereich der Spule die Magnetisierung, so hat das eine entsprechende Rückwirkung auf die komplexe Impedanz der Spule, insbesondere auf deren Imaginärteil. Die angeschlossene Elektronik wertet dies aus und berechnet daraus die aktuelle Position des Magneten relativ zum Sensor.

So weit wäre das im Prinzip funktionsfähig, jedoch in der Praxis nicht zufriedenstellend. Die Nichtlinearität wäre genauso stark wie bei konventionellen Sensoren. Um diese zu beseitigen, hat man bei Micro-Epsilon einige weitere Elemente hinzugefügt, insbesondere eine zweite Spule, deren Achse mit der der ersten fluchtet. Sie kann beispielsweise konzentrisch um diese herumgehen oder auf der anderen Seite der Trägerplatte sitzen. Durch diese so genannte Kompensationsspule lässt man einen Gleichstrom fließen, der je nach Stärke und Richtung das Feld des Magneten mehr oder weniger verstärkt oder schwächt. Entsprechend ändert sich die Magnetisierung der Folie und damit ihre Permeabilität und die Impedanz der Messspule.



■ Bild 2. Hoher Aufwand für die Modellierung des Magnetfeldes in der Folie. (Bild: EWT, TU München)

Die wesentliche Neuerung besteht hier darin, das Sensorsystem in Form eines geschlossenen Regelkreises auszuführen. Die Elektronik rechnet den Imaginärteil der komplexen Impedanz der Messspule in eine proportionale Gleichspannung um, die wiederum den Gleichstrom durch die Kompensationspule steuert. Die Regelung wirkt in der Weise, dass sie die Magnetisierung der Folie, d.h. ihre Permeabilität konstant

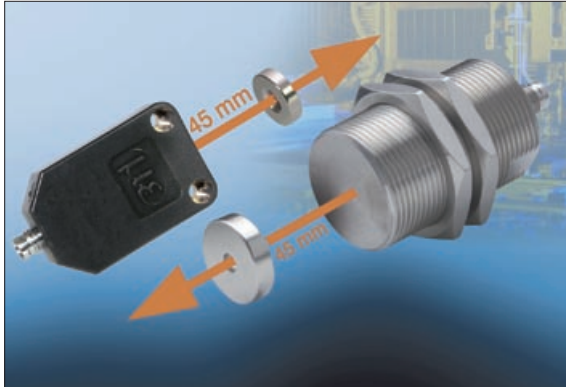


Bild 3. Verschiedenen Ausführungen des „mainSensors“ in Kunststoff- und Metallgehäuse.

(Bild: Micro-Epsilon)

hält. Bewegt sich der Magnet weiter weg, nimmt der Anteil der durch ihn erzeugten Magnetisierung ab; die Regelung erhöht dann den Gleichstrom, bis die Magnetisierung wieder auf den gleichen Betrag kommt. Bei Annäherung des Magneten wird er vermindert. Auf diese Weise fällt die ursprünglich vorhandene Nichtlinearität weitestgehend heraus. Der Gleichstrom eignet sich sehr gut als lineares Maß für die Position des Magneten, d.h. für den Abstand des zu detektierenden Objekts von der Sensoreinheit.

Im Verbund zum Ziel

Neben Micro-Epsilon waren an dem Verbundprojekt noch einige weitere Partner beteiligt. Um die optimale Bauform zu finden, waren aufwendige mathematische und physikalische Modellierungen erforderlich. Eine zentrale Rolle spielte dabei die Verteilung des Magnetfeldes in der Folie (Bild 2). Die numerischen Simulationen nach der Methode der Finiten Elemente liefen am Lehrstuhl für Energiewandlungstechnik der TU München (EWT; www.ewt.ei.tum.de). Die 3D-Feldmessungen hat die Magnetfabrik Bonn mit einer eigenen Sonde durchgeführt. Als Unterauftragnehmer fungierten ferner die

Hochschule Landshut, wo verschiedene Schaltungskonzepte für die Elektronik entwickelt wurden – u.a. auch für die spätere Einbindung in ein Funknetzwerk –, sowie der Verein Sensorik Bayern e.V. in Regensburg, wo einige spezielle Messaufgaben durchgeführt wurden.

Auf dem Weg bis zur serienreifen Ausführung waren verschiedene Bauformen in Untersuchung, teils mit flachen Spulen auf einem Träger (z.B. einer Keramikplatte), teils mit ineinander steckenden Zylinderspulen. Auch ist es möglich, den Magneten am Sensor selbst zu montieren, wenn der zu detektierende Gegenstand aus ferromagnetischem Stahl besteht und dadurch die Feldlinien in ihrem Verlauf beeinflusst. Prototypen

des Sensors wurden in vorhandene Industriegehäuse eingebaut, etwa in ein robustes M30-Edelstahlgehäuse oder in ein gespritztes flaches Kunststoffgehäuse (Bild 3). Eine Ausführung wurde auch zur Montage an einem Schwingungsdämpfer vorgesehen. Das fertige Serienprodukt trägt den Namen „mainSensor“ (magneto-induktiv) und ist in den genannten Ausführungen erhältlich.

Auf Grund des mechanischen Aufbaus und des Messprinzips haben Verschmutzungen innerhalb des Messbereichs wie z.B. Öl oder Wasser keinen Einfluss auf das Ausgangssignal. Daher sind die Sensoren auch in rauen Umgebungen verwendbar. Der Messbereich ist 45 mm, das Ausgangssignal 4...20 mA und 2...10 V. Die hohe Grenzfrequenz von 1 kHz erlaubt auch einen Einsatz in sehr schnell bewegten Prozessen. Die Linearitätsabweichung bleibt unter 3 %. Die Messung ist auch durch unmagnetische Materialien wie z.B. Aluminium hindurch möglich. Die Herstellung erfordert keine aufwendigen Halbleiterprozesse. Neben den „mainSensoren“ als Serienprodukt sind auch kundenspezifische Versionen zu günstigen Preisen möglich.

Helmuth Lemme

Mag Lev[®]

by SUNON



SUNON-Lüfter:

- Magnetschwebetechnik
- maximale Zuverlässigkeit
- DC von 8 bis 120 mm
- AC von 60 bis 92 mm

Mehr Infos: 02173 - 950 780

Distribution by Schukat electronic

- 20.000 Produkte
- 3 übersichtliche Themen-Kataloge
- detaillierte Technikinfos
- günstige Preise
- 24 h-Lieferservice

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

www.schukat.com