

Einsatz von Sensorspulen in Durchflusszähler

1. Technische Aufgabenstellung

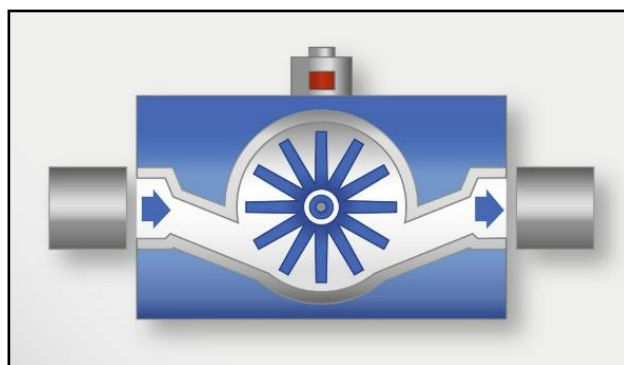
In vielen Bereichen unseres Umfeldes werden unterschiedlichste Medien über entsprechende Transportsysteme befördert. Dazu strömen Flüssigkeiten wie Wasser sowie Luft, Dampf oder Gase durch geeignete Rohrsysteme.

In vielen Fällen ist eine bedarfsgerechte Erfassung des Volumenstromes bzw. der Durchflussmenge gefordert, insbesondere zur Ermittlung eines Verbrauchswertes. Die Ergebnisse werden u.a. als Grundlage für Kostenermittlungen gegenüber den Verbrauchern verwendet.

Die Anforderungen an ein solches Messverfahren sind vielfältig, weshalb je nach Anwendungsfall unterschiedliche Messgeräte zur Erfassung entwickelt wurden.

2. Messverfahren

Bei der Messung von Durchflussmengen in privaten Haushalten werden überwiegend Flügelrad-Durchflussmesser eingesetzt. Darunter versteht man einen hermetisch abgeschlossenen Durchflussgeber, der als Kernstück ein eingelagertes Flügelrad besitzt und vom jeweiligen Durchflussmedium in eine Drehbewegung gebracht wird. Diese Drehbewegung treibt das Zählwerk einer Messuhr an, an der die Verbrauchsdaten abgelesen werden können.



Flügelrad-Durchflußmesser

3. Aufbau eines induktiven Drehzahlzählers

Drehzahlzähler mit induktivem Wirkprinzip sind aus unterschiedlichsten Anwendungen und Industriebereichen bekannt. Dabei wird ein rotierendes metallisches Objekt, z.B.

ein Zahnrad oder ein Flügelrad mit einem metallischen Aufsatz, durch das elektromagnetische Feld einer Sensorspule bewegt. Dadurch ergibt sich eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften dieses elektronischen Bauteiles und die zugehörige elektronische Schaltung liefert ein entsprechend verändertes Ausgangssignal. Eine passive oder mikroprozessorbasierte Auswerteelektronik generiert aus dieser Signalveränderung eine Verbrauchsinformation. Diese wird über ein Display angezeigt oder über ein intelligentes Protokoll an eine übergeordnete Verarbeitungseinheit weitergeleitet. Eine Weiterleitung kann drahtgebunden oder drahtlos mittels Transponderantennen erfolgen.

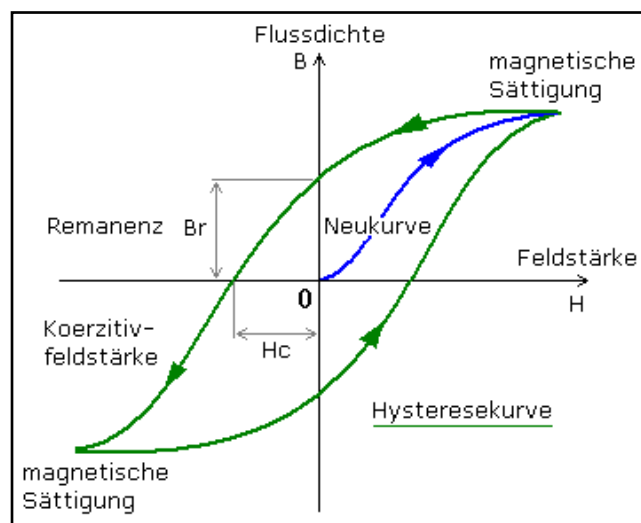
4. Magnetische Manipulation

Messuhren mit magnetischen oder elektromagnetischen Komponenten können durch ein von außen angelegtes permanentmagnetisches Feld beeinflusst werden. Dadurch wird beispielsweise eine magnetische Kopplung zwischen Flügelrad und Zählwerk gelöst. Das hat zur Folge, dass das im Nassbereich befindliche Flügelrad sich zwar mit der Strömung des Mediums bewegt, eine Übertagung an das Zählwerk und eine Erfassung des Verbrauches aber abgeschaltet wird.

Bei der Drehzahlerfassung mittels Sensorspulen sollte Rücksicht auf eine möglichst hohe Widerstandsfähigkeit gegen permanentmagnetische Felder genommen werden. Bei einer optimalen Auslegung der Sensorspule kann so eine Manipulation deutlich erschwert bzw. weitestgehend ausgeschlossen werden.

5. Technischer Hintergrund/Einflussfaktoren

Die Funktion ferritbasierender induktiver Bauelemente ist im Wesentlichen durch die Hysteresekurve des Ferritmaterials bestimmt. Diese hat folgenden Verlauf:



Magnetische Hysterese

Bei der funktionalen Auslegung der Sensorspule wird ein Betrieb im Rahmen der Hystereseurve sichergestellt. Durch eine permanentmagnetische Fremdbeeinflussung entstehen zusätzliche Bauteilebelastungen. Zur Ermittlung der Gesamt-Belastung des Bauteiles müssen die Einzelbelastungen gleichzeitig betrachtet werden.

Ziel ist es, die Sensorspule im ungestörten Betrieb sowie während der Manipulation außerhalb der magnetischen Sättigung zu betreiben. Dadurch wird gewährleistet, dass im gesamten Betriebsbereich ein messbares Nutzsignal vom Sensor zur Verfügung gestellt wird.

Grundsätzlich kann jeder Kern durch ein entsprechend starkes externes Magnetfeld oder auch durch ein selbstinduziertes Magnetfeld gesättigt werden. Kerne aus unterschiedlichen Grundmaterialien, Mischungsverhältnissen sowie Verarbeitungsverfahren zeigen im Hinblick auf die magnetische Beeinflussbarkeit zum Teil stark unterschiedliche Eigenschaften.

Typische Ferrit-Werkstoffe wie Mangan-Zink- oder Nickel-Zink-Ferrite haben Induktionswerte im Bereich der Sättigung von 200 Milli-Tesla bis 500 Milli-Tesla. Andere weichmagnetische Materialien - wie z.B. der NEOSID-Komposit-Werkstoff PFS3 – bieten hier Werte von über 1.000 Milli-Tesla. Dadurch ist ein größerer Betriebsbereich realisierbar.

Unterschiedliche Kernmaterialien besitzen zudem unterschiedliche Frequenzverhalten. Daher ist es wichtig, die Auswahl eines geeigneten Kernmaterials auf die Betriebsfrequenz des Sensorsystems abzustimmen.

Als weiterer Faktor ist auf die zulässige Bauteiltemperatur zu achten. Eine Erwärmung der Sensorspule setzt sich aus der vorhandenen Umgebungstemperatur am Einbauort und der Eigenerwärmung des Bauteiles zusammen. Materialspezifische Grenzen dürfen für einen zuverlässigen Betrieb nicht überschritten werden.

Allgemein werden an Sensorspulen in diesen Anwendungen folgende Anforderungen gestellt:

- Resistenz gegen statisches Magnetfeld
- Hohe Güte/geringer Wicklungswiderstand
- Optimale Auslegung der Kernform sowie der Wicklung
- Geeignete Betriebsfrequenz
- Einhaltung der Betriebstemperaturgrenzen

6. Bauteil- und Werkstoffauswahl

Ausgehend von einem angenommenen verfügbaren Bauraum wurden verschiedene Variationen bezüglich

- Kernform
- Spulenform
- Wicklungsauslegung

erprobt.

Aus einer Vielzahl von verschiedenen NEOSID-Ferritwerkstoffen wurde aufgrund der technischen Anforderungen eine Reihe von möglichen Werkstoffen ausgewählt:

- Mangan-Zink-Ferrit F02
- Mangan-Zink-Ferrit F08
- Nickel-Zink-Ferrit F2
- Nickel-Zink-Ferrit F2a
- Nickel-Zink-Ferrit F20
- Komposit-Material PFS3

7. Messergebnisse, Fazit

Im Rahmen der Produktentwicklung wird in verschiedenen Versuchsreihen der Einfluss eines äußeren Magnetfeldes auf die Sättigungseigenschaften von Kernen aus den o.g. Ferrit- und Komposit-Materialien untersucht. Dabei werden die Sensorspulen entsprechend der Anwendung gleichzeitig mit einem variierenden Magnetfeld belastet, welches das Nutzsignal darstellt. Die entstehenden Induktivitätswerte werden gemessen.

Zur Optimierung des Gesamtsystems muss die Berücksichtigung vieler verschiedener Einflußfaktoren stattfinden. Dazu zählen neben den Dimensionierungs- und Materialeigenschaften der Sensorspule z.B. auch die räumliche Anbringung innerhalb der Messuhr.

Für die gezielte Entwicklung von geeigneten Sensorspulen ist es deshalb notwendig, Know-how im Bereich von elektronischen Komponenten und ferromagnetischen Materialien zusammen zu bringen. Eine möglichst große Bandbreite an unterschiedlichen Kernmaterialien ist zudem ein wichtiger Faktor, um für alle applikationsspezifischen Unterschiede geeignete Lösungen anbieten zu können.

Ein geeignetes Mangan-Zink- oder Nickel-Zink-Ferritmaterial besitzt bei der vorgegebenen Betriebsfrequenz ein besonders gutes Verhältnis zwischen der materialspezifischen Permeabilität und den magnetischen Verlusten, sprich: es liefert

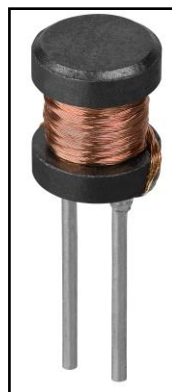
eine besonders hohe magnetische Güte, wodurch eine magnetische Manipulation deutlich schwieriger zu erreichen ist.

Andere Werkstoffe, wie das NEOSID-Kompositmaterial PFS3, besitzen zwar wie oben beschrieben eine höhere Sättigungs-Flußdichte. Allerdings erfordern Sensorspulen, die mit diesem Kernmaterial aufgebaut sind, einen größeren Bauraum zur Realisierung der gleichen Induktivitätswerte.

Material- und schaltungsspezifische Randbedingungen müssen somit in Einklang gebracht werden, um die passende Sensorspule für die jeweilige Sensoranwendung zu entwickeln.

8. Bauteile-Beispiel Rd 5

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte haben wir für den Einsatz in Flügelrad-Messuhren die Produktfamilie Rd 5 entwickelt.



Sensorspule Rd 5

Typische elektrische Werte:

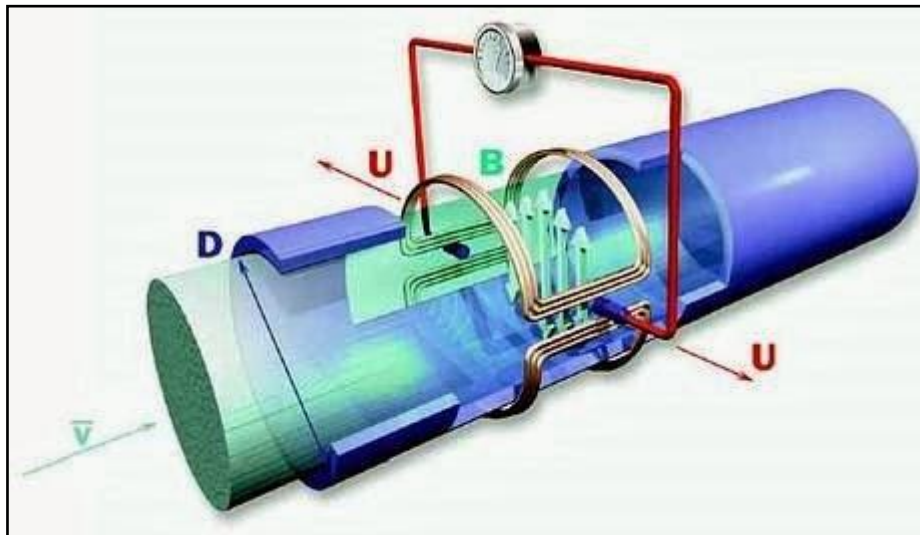
- Induktivität $L = 50\mu\text{H}$
- Güte $Q > 200$
- Betriebsfrequenz $f_B \approx 600\text{kHz}$

Dieser induktive Sensor wird auf der elektronischen Steuerung des Zählers so integriert, dass ein metallisches Flügelrad direkt abgetastet werden kann. Unterschiedliche, applikationsbezogene Variationen sind umsetzbar, z.B.:

- Ausführungen als THT- oder SMD-Bauteil
- Individuelle Induktivitätswerte
- Veränderung der Kerngeometrie nach Kundenwunsch
- Verschiedene Wicklungsdrähte

9. Alternative Durchflussmesser mit elektromagnetischen Komponenten

Über die oben beschriebenen Zählervarianten hinaus werden weitere Volumen-Durchflussmesser eingesetzt, welche im Messprinzip elektromagnetische Komponenten einsetzen. Hier ist in erster Linie die Bauart des Magnetisch-Induktiven Durchflussmessers zu nennen.



Magnetisch-Induktiver Durchflußmesser

Dieses System arbeitet innerhalb des zu messenden Mediums ohne bewegliche mechanische Bauteile. Die Verbrauchsmenge wird mittels einer Magnetspule in einer geschlossenen Rohrleitung erfasst. Für diese Messsysteme liefert NEOSID induktive Komponenten in verschiedenen Bauformen mit und ohne Kerne aus Ferrit- und anderen Werkstoffen. Für unterschiedliche Bauformen setzen wir auf hoch-automatisierte Produktionsanlagen zur Fertigung großvolumiger Serienmengen.

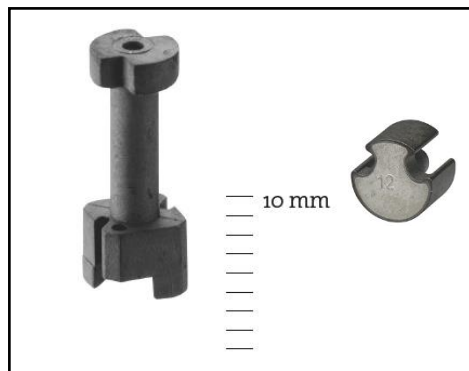
10. NEOSID-Kompetenz

Die Fa. NEOSID steht hier als kompetenter Entwicklungspartner zur Verfügung. Unsere Erfahrungen in theoretischer Auslegung, Materialauswahl, Simulation der Anwendung, Aufbau von Prototypen sowie die Umsetzung des entwickelten Bauteils in eine großserientaugliche Produktionstechnik sind entscheidend für eine erfolgreiche Produktgestaltung.

Für alle Entwicklungs- und Produktionsschritte stehen erfahrene Spezialisten zur Verfügung, um Ihnen als Kunde ein optimales Endprodukt aus einer Hand zur Verfügung zu stellen.

Häufig ist es nötig, dass der Ferritkern der Sensorspule in eine besondere Form gebracht werden muss. Ist diese zu anspruchsvoll, um durch Pressen hergestellt zu werden, dann nutzen wir ein spezielles Spritzgussverfahren und haben so weitaus größere Möglichkeiten der Formgebung:

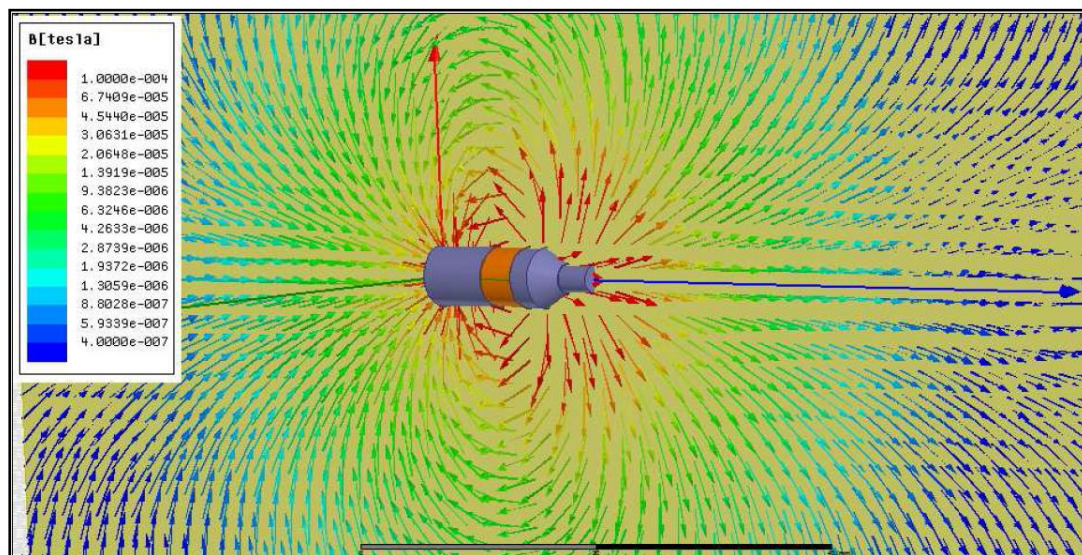
- Ferrit-Materialstärken ab 0,2mm
- Kernvolumen von 1 mm³ bis ca. 8000 mm³
- Grund-Toleranz ± 2 %, teilweise reduzierbar auf ± 1 %
- über 20 verschiedene Ferrit-Rohmaterialien
- Permeabilitäten von $8 < \mu_i < 2000$
- Keine mechanische Nachbearbeitung wie Schleifen oder Fräsen
- Direkt-Bewicklung der Ferritkerne ohne Isolationsfolien
- Metallisierung von Ferritmaterialien



Beispiele für einteilige Ferritkerne

Mit diesen Vorteilen lassen sich komplexe kundenspezifische Ferrit-Kerne produzieren, welche die Basis für die Herstellung passgenauer elektronischer Sensorspulen für moderne Verbrauchs-Zähler bieten. Hinsichtlich elektrischem Wirkungsgrad, mechanischer Stabilität und Integration in die Zählergehäuse stellen diese Lösungen eine erhebliche Weiterentwicklung für dieses Produktsegment dar.

Wir nutzen modernste Simulations-Tools, um unsere Ergebnisse bei der Auslegung von speziell geformten Ferritkerne und vom Gesamtbauteil frühzeitig in der Produktentwicklung zu überprüfen.



Ergebnis der magnetischen Simulation einer Senserspule

Unsere Fertigungswerke arbeiten mit modernsten Produktionsmaschinen, womit eine kosteneffiziente Herstellung bei unterschiedlichen Losgrößen sichergestellt ist. Hohe Fertigungs- und Prüftiefe ergeben einen extrem hohen Qualitätsstandard mit gleichbleibenden Ergebnissen über die gesamte Produkt-Lebensdauer.

Nennen Sie uns Ihre Anforderungen – wir entwickeln die passende Lösung.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann sprechen Sie uns an zu induktiven Sensorbauelementen für Ihre Zähleranwendung.

NEOSID Pemetzrieder GmbH & Co. KG
Langenscheid 26–30
58553 Halver
Germany
Tel.: +49 (0) 2353 / 71 - 22
m.hoess@neosid.de
www.neosid.de