

## Sensorlose Magnetlager

Erhöhte Sicherheit bei geringen Kosten – neue Lagerungstechnik,  
optimal für hohe Drehzahlen

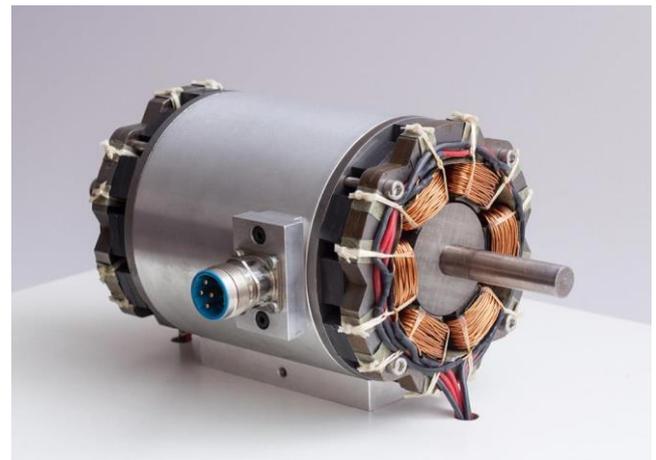
Die Lagerung von rotierenden Wellen stellt in den verschiedensten Anwendungen zuweilen eine Herausforderung dar. Die Effizienzsteigerung durch Minimierung von Reibungs- und Verschleißverlusten bekommt immer größere Bedeutung, wobei Wälz- und Kugellager den steigenden Anforderungen zunehmend nicht mehr gerecht werden. Für solche Anforderungen sind meist Magnetlager die beste Wahl.

Bei aktiven Magnetlagern (AMB – active magnetic bearing) werden mit Hilfe von Elektromagneten Kräfte erzeugt, bei denen im Gegensatz zu klassischen Lagern mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit und Dämpfung gezielt beeinflusst werden können. Dies ermöglicht u.a. die Realisierung verschiedener Kompensationen, wie z.B. einer Unwucht-Kompensation. Allerdings sind aktive Magnetlager instabile Systeme, die eine stabilisierende Regelung benötigen. Eine solche Regelung bedarf einer Positionsinformation, die nach heutigem Stand der Technik durch spezielle Sensoren bereitgestellt wird.

Viele sinnvolle Anwendungen von Magnetlagern werden nur deshalb nicht realisiert, weil bisher die Verwendung eines Lagesensors zur Stabilisierung des Magnetlagersystems als notwendig erachtet wird. Um die Ausfallsicherheit der Magnetlager im sicherheitskritischen Einsatz zu steigern, möchte man Sensoren vermeiden oder aber, zusätzlich zu den ausfallsgefährdeten Sensoren, redundante Positionsinformationen zur Verfügung stellen.

### Zielsetzung

Ziel von Prof. Manfred Schrödl und seiner Arbeitsgruppe an der TU Wien war die Entwicklung einer neuartigen Regelung, die ohne extra Lage- oder Bewegungssensor auskommt und dennoch die Stabilität des Regelkreises in jedem Betriebspunkt garantiert bzw. für ein sensorbasiertes System eine unabhängige zweite Positionsinformation zur Überprüfung der Sensoren anbietet.



Sensorloses Magnetlager – z.B. für Rotor eines Elektromotors

### Lösungsansatz

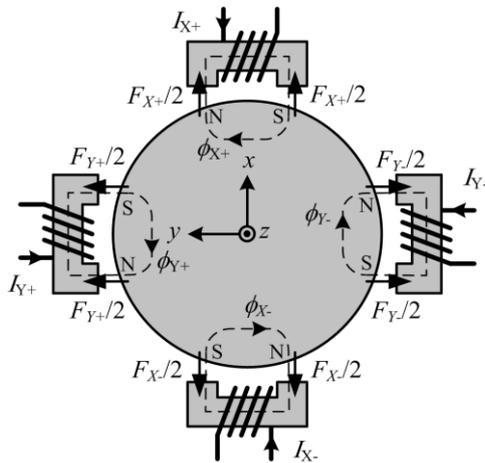
Zur Minimierung des Hardware-Aufwandes wird eine 3-Phasen Struktur verwendet. Diese Struktur kann mit standardmäßigen Frequenzumrichtern aus dem Antriebssektor betrieben werden. Im Gegensatz zu den meisten aktiven Magnetlagern welche für jeden Freiheitsgrad einen Frequenzumrichter benötigen, verwendet eine 3-Phasen Struktur nur zwei Frequenzumrichter, was zu einer signifikanten Reduktion der Hardwarekosten führt.

Der Regler zur Stabilisierung des Systems wird heutzutage immer in einem digitalen Signalprozessor (DSP) implementiert.

Die bisher üblichen Positionssensoren haben unvermeidbare Analogwege, die zusätzliches Verrauschen des Messsignals und damit Vibrationen des zu lagernden Rotors verursachen. Wenn die Montage von Positionssensoren nicht erwünscht oder nicht möglich ist, muss die Lageinformation aus den physikalischen Eigenschaften des Systems berechnet werden. Ein Verfahren zur sensorlosen Bestimmung der Rotorposition ist die von Prof. Schrödl entwickelte INFORM-Methode. Das INFORM-Verfahren wird schon seit vielen Jahren erfolgreich für die Identifikation des Rotorwinkels von elektrischen Maschinen angewendet und wurde für den

Bereich der aktiven Magnetlager weiterentwickelt.

INFORM steht für „INdirekte Flussermittlung durch Online-Reaktanz-Messung“ und beruht auf der Auswertung von Stromanstiegen zufolge kurzer Spannungspulse des Umrichters. Das Verfahren beruht auf der Änderung der magnetischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Rotorposition. Durch Auswertung von Testimpulsen, die nur einige Millionstel Sekunden dauern, kann die Rotorposition bestimmt werden.



Magnetische Flüsse und resultierende Kräfte  
in einem radialen Magnetlager

Die INFORM-Methode zeichnet sich durch kurze Rechenzeiten aus und ermöglicht damit hohe Regeldynamik. Es wurden schon aktive Magnetlager mit 50 kHz Abtastfrequenz realisiert, die Rotor-drehzahlen von über 100 000 Umdrehungen sicher beherrschbar machen.

## Ergebnisse

An der TU Wien wurden verschiedene Lagerformen gebaut und die eigene INFORM-Methode mit sensorbasierten Regelungen verglichen. Testserien im Labor haben bewiesen, dass a) die Positionsinformation der INFORM-Methode in etwa dieselbe Güte wie die von Sensoren hat und b) auch bei mechanisch schwierigen Systemen – etwa mit kritischen Resonanzen oder Unwuchten – die gleiche

Regelqualität wie mit herkömmlichen Systemen mit Sensoren erreicht wird.

Nach der Implementierung der INFORM-Auswertung kann die gleiche Regelstrategie wie für das sensorbasierte System angewandt werden. Diese Tatsache ermöglicht eine schnelle Umrüstung bereits bestehender Magnetlagersysteme auf sensorlosen Betrieb.

## Ihre Vorteile

Nutzung aller Vorteile von Magnetlagern – wie veränderbare Lagercharakteristik; Reibungslosigkeit und Verlustarmut; Öl- bzw. Schmiermittelaustritt unmöglich; für beliebige, auch höchste Drehzahlbereiche geeignet.

- Reduktion Ihrer Kosten durch Wegfall der Sensoren und Reduktion der aufwändigen Elektronik (im Allgemeinen von 3 auf 2 Umrichter)
- Steigerung der Prozesssicherheit durch Wegfall von ausfallsanfälliger Sensorik und Verkabelung
- Verkleinerung des Bauraums Ihres Magnetlagers
- Ausschluss von Produktions- und Wartungsfehlern in der Verbindung zwischen Sensor und Regler
- Eliminierung von Signalrauschen und daraus folgender Vibration des Rotors (durch Ausschaltung von Analogstrecken des Sensors)
- Vereinfachung der Inbetriebnahme von Rotoren und Anlagen

Die Funktionstüchtigkeit und Ausfallsicherheit der sensorlosen INFORM-Methode hat sich mittlerweile in vielen Anwendungen für die Drehzahlregelung von Synchronmotoren erwiesen. Zig-tausend Stück sind im alltäglichen Einsatz. Nun wird diese praxiserprobte Technologie auch auf Magnetlager angewandt.

Die TU Wien ist Ihnen behilflich, diese Technologie zum sensorlosen Betrieb von Magnetlagern mit geringen bis höchsten Drehzahlen bzw. im Bereich von wenigen Watt bis zu vielen Kilowatt zu realisieren.

### Kontakt

O.Univ.Prof. Dr. Manfred Schrödl  
TU Wien – Institut für Energiesysteme  
und Elektrische Antriebe  
www.ieam.tuwien.ac.at  
+43 1 58801 370212  
manfred.schroedl@tuwien.ac.at