

## Sensorlose Magnetlager

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

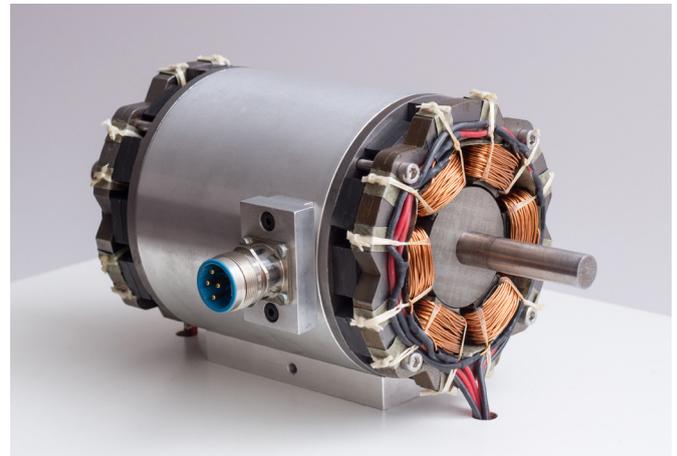
Die Lagerung von rotierenden Wellen verlangt in verschiedenen Anwendungen zunehmend nach neuen Lösungen. Steigende Maschinenleistungen und damit oft einhergehende höhere Drehzahlen, der Wunsch nach geringerem Verschleiß und Erhöhung von Stand- bzw. Einsatzzeiten sowie Effizienzsteigerung und Minimierung von Reibungsverlusten bekommen immer mehr Gewicht. Spezielle Umgebungsbedingungen, wie Vakuum oder extrem schwankende Temperaturen, Drücke oder Zusammensetzung der Atmosphäre bzw. des Umgebungsmediums können besondere Herausforderungen darstellen.

Magnetlager sind oft die beste Wahl, wenn Wälz- und Kugellager die steigenden Anforderungen nicht mehr abdecken können. Bei aktiven Magnetlagern (AMB – active magnetic bearing) werden mit Hilfe von Elektromagneten gezielt Lagerkräfte erzeugt, die im Gegensatz zu klassischen Lagern die mechanischen Lagereigenschaften, wie Steifigkeit und Dämpfung, verändern und den aktuellen Erfordernissen anpassen können. Dies ermöglicht etwa die Realisierung verschiedener Kompensationen, wie z.B. eines Unwuchtausgleichs. Allerdings sind aktive Magnetlager instabile Systeme, die eine stabilisierende Regelung benötigen. Eine solche Regelung benötigt Positionsinformationen, die nach heutigem Stand der Technik durch spezielle Sensoren bereitgestellt werden.

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 Bewegungsen-



Sensorloses Magnetlager – z.B. für Rotor eines Elektromotors

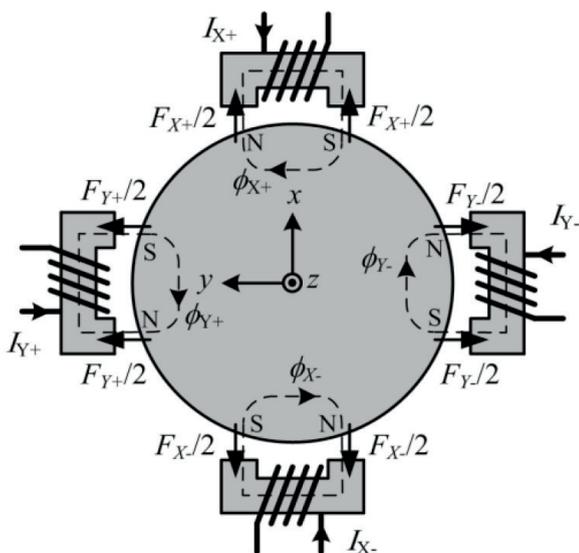
sor auskommt und dennoch die Stabilität des Regelkreises in jedem Betriebspunkt garantiert oder für ein sensorbasiertes System eine unabhängige zweite Positionsinformation zur Überprüfung der Sensoren anbietet.

### Lösung

Die Regler zur Stabilisierung von Magnetlagern werden heutzutage in einem digitalen Signalprozessor (DSP) implementiert. Die bisher üblichen Positionssensoren haben unvermeidbare Analogwege, die das Messsignal verzerren und damit Vibrationen des zu lagernden Rotors verursachen. Wenn der Einsatz von Positionssensoren nicht erwünscht oder nicht möglich ist, muss die Lageinformation aus den physikalischen Eigenschaften des Systems berechnet werden.

Zur sensorlosen Bestimmung der Rotorposition wird die von Prof. Schrödl entwickelte INFORM<sup>®</sup>-Methode angewandt. Das INFORM<sup>®</sup>-Verfahren verwendet Testimpulse, die nur einige Millionstel Sekunden dauern, um die Position eines Rotors zu bestimmen. Diese Technologie wird seit vielen Jahren erfolgreich zur Identifizierung des Rotorwinkels elektrischer Maschinen eingesetzt. Das INFORM<sup>®</sup>-Verfahren wurde nun für die Anwendung in aktiven Magnetlagern weiterentwickelt.

Diese Methode zeichnet sich durch kurze Rechenzeiten aus und ermöglicht damit hohe Regeldynamik. Es wurden schon aktive Magnetlager mit 50 kHz Abtastfrequenz realisiert, die höchste Rotordrehzahlen sicher beherrschbar machen.



Magnetische Flüsse und resultierende Kräfte in einem radialen Magnetlager

Zur Minimierung des Hardware-Aufwandes wird eine 3-Phasen Struktur verwendet, die mit standardmäßigen Frequenzumrichter aus dem Antriebssektor realisiert werden kann.

## Ergebnisse

An der TU Wien wurden verschiedene Lagerformen gebaut und die eigene INFORM®-Methode mit sensorbasierten Regelungen verglichen. Testserien im Labor haben bewiesen:

- Die Positionsinformation aus der INFORM®-Methode weist praktisch die gleiche Güte auf, wie jene von Sensoren.
- Auch bei mechanisch schwierigen Systemen – etwa mit kritischen Resonanzen oder Unwuchten – wird die gleiche Regelqualität erreicht, wie mit herkömmlichen Systemen.

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

## Anwendungen

- Turbomaschinen, Gasturbinen
- Ventilatoren, Pumpen
- Antriebssysteme in Vakuum
- Schwungräder und mechanische Energiespeicher
- Hochgeschwindigkeitsantriebe und Spindeln

## Ihre Vorteile

- Nutzung aller Vorteile von Magnetlagern – wie veränderbare Lagercharakteristik; Reibungslosigkeit und Verlustminimierung; kein Öl bzw. Schmiermittel erforderlich; für beliebige, auch höchste Drehzahlbereiche geeignet
- Kostensenkung durch Wegfall der Sensoren und der zugehörigen Elektronik sowie durch Verwendung kostengünstiger, konventioneller 3-Phasen 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 Ihrer Rotoren und Anlagen

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

Die TU Wien ist Ihnen gerne behilflich, diese patentierte Technologie zum sensorlosen Betrieb von Magnetlagern mit geringen bis höchsten Drehzahlen zu realisieren – für Wellen mit Antriebsleistungen im Bereich von wenigen Watt bis hin zu vielen Kilowatt.

## Kontakt

Prof. Dr. Manfred Schrödl  
 TU Wien – Institut für Energiesysteme  
 und Elektrische Antriebe  
[www.ieam.tuwien.ac.at](http://www.ieam.tuwien.ac.at)  
 +43 1 58801 370212  
[manfred.schroedl@tuwien.ac.at](mailto:manfred.schroedl@tuwien.ac.at),  
[foma@tuwien.ac.at](mailto:foma@tuwien.ac.at)