

# Sensorlose Regelung für Synchronmotoren

Erhöhte Ausfallsicherheit bei geringeren Kosten in Produktion und Wartung –  
hohe Energieeffizienz – jetzt neu: auch in lautloser Ausführung

**Permanentmagnet-Synchronmotoren** (PMS-Motoren) zeigen eine hervorragende Regeldynamik und besitzen eine hohe Leistungsdichte. Deswegen wurden sie ursprünglich vor allem in der Robotik und in Werkzeugmaschinen eingesetzt. Ihr überlegener Wirkungsgrad von um die 90% gegenüber 85% von Asynchronmotoren – beispielsweise im Leistungsbereich einiger kW – macht sie nun für energetisch sensitive Anwendungen immer attraktiver. Dies führt zu ihrem zunehmend breiten Einsatz angefangen bei der Traktion von batteriebetriebenen Fahrzeugen (Erhöhung der Reichweite) über die Heizungs- und Klimatechnik (24/7 Betrieb) bis hin zum Einsatz in Haushaltsgroßgeräten (Energieeffizienzklasse A+++).

**Synchron-Reluktanzmotoren** (SyR-Motoren) kommen ohne Selten-Erde-Magnete aus und besitzen einen einfachen und robusten Aufbau. Sie werden daher immer häufiger für Hochdrehzahlanwendungen eingesetzt.

Viele sinnvolle Anwendungen von PMS- und SyR-Motoren werden jedoch nur deshalb noch nicht realisiert, weil bisher die Verwendung eines Lagesensors – vor allem für ein hohes Anfahrmoment – als notwendig erachtet wurde. Defekte in Sensoren oder ihrer Verdrahtung sind für viele Motorausfälle verantwortlich. Vor allem im sicherheitskritischen Einsatz und in schwierigen Umgebungsbedingungen möchte man Sensoren vermeiden. Aber auch bei herkömmlichen Antrieben können Produktions- und Wartungskosten sowie Bauvolumen reduziert werden.

## Zielsetzung

Ziel von Prof. Manfred Schrödl und seiner Arbeitsgruppe an der TU Wien war ursprünglich, eine neuartige Regelung zu entwickeln, die ohne extra Bewegungs- oder Lagesensor auskommt und dennoch das maximale Drehmoment – entsprechend der Stromaufnahme – in jedem Betriebspunkt sicherstellt, und die es erlaubt, Synchronmotoren vom Stillstand weg unter veränderlicher Last „ruckelfrei“ gezielt zu beschleunigen und zu bremsen. In einem zweiten Schritt ging es darum, für die gefundene Regelungstechnik Geräuschlosigkeit zu erreichen.



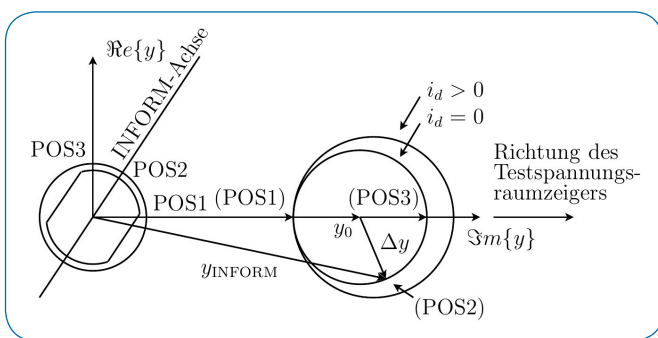
## Lösungsansatz

Für Synchronmotoren kommen oft „feldorientierte“ Regelungen zum Einsatz. Darunter versteht man die Einprägung des Statorstroms in der Art, dass mit der gegebenen Stromamplitude ständig das maximale Moment in der Maschine entsteht. Dieses wird erreicht, indem der Strom in einem bestimmten Winkel relativ zum Rotor eingepreßt wird. Um dies in einem Synchronmotor zu ermöglichen, ist die Kenntnis der Lage des Rotors notwendig. Diese wird entweder durch einen Lagegeber auf der Welle des Synchronmotors – dies ist die genaueste Methode – oder durch Hallsensoren im Motor erfasst.

Wenn die Montage der genannten Lageerfassung nicht erwünscht oder aus technischen Gründen nicht möglich ist, muss die Lageinformation ohne speziellen Sensor ermittelt werden. Dann sprechen wir von sensorloser Regelung für Synchronmotoren. Die Lage des Rotors wird aus den aktuellen Strom- und Spannungswerten bestimmt. Kurze elektrische Testimpulse werden durch die Leitungen geschickt und aus der elektrischen Reaktion darauf läßt sich die aktuelle Stellung des Rotors ableiten. Im oberen Drehzahlbereich wird ein so genanntes Spannungs-Modell (EMK-Modell) verwendet, das die

Rotorposition aus den aktuellen Strom- und Spannungswerten unter Zuhilfenahme von elektrischen Maschinenmodellen ermittelt. Bei kleinen Drehzahlen und im Stillstand versagt diese Methode allerdings, da die induzierte Spannung hier zu klein bzw. gleich Null ist.

Den unteren Drehzahlbereich abzudecken, erlaubt die von Prof. Schrödl erfundene INFORM-Methode. Sie nützt die magnetischen Eigenschaften des Synchronmotors sowie eine Asymmetrie, die von der Stellung des Rotors bestimmt ist. Durch Auswertung von Testimpulsen, die nur einige Millionstel Sekunden dauern, kann somit die Rotorposition bestimmt werden.



Ermittlung der Rotorposition  $y_{\text{INFORM}}$

INFORM steht für „INdirekte Flussermittlung durch Online-Reaktanz-Messung“ und bedeutet:

- Auswertung von Stromanstiegen zufolge Spannungspulsen des Umrichters
- Stromänderungszeiger bewegt sich bei drehendem Rotor entlang einer offsetbehafteten Kreisbahn, (Vergleiche  $y_{\text{INFORM}}$  in der Abbildung)
- Bahngeschwindigkeit ist gleich der doppelten Rotorgeschwindigkeit

Bei niedriger Drehzahl, etwa beim Hochfahren des Motors, muss die genaue Position sehr oft gemessen werden. Dabei konnte es bisher zu hörbaren Schwingungen kommen. Nun wurde eine Methode gefunden, diese Pulse so anzupassen, dass Schallwellen nur noch in einem nicht mehr hörbaren Frequenzbereich auftreten.

## Ergebnisse

Das volle Drehmoment des Antriebes steht bereits ab Stillstand - innerhalb einiger Millisekunden! - zur Verfügung. In verschiedensten Anwendungen und mit zig-tausend Stück im alltäglichen Einsatz hat diese Regelungstechnik bereits ihre Praxistauglichkeit bewiesen.

Es hat sich gezeigt, dass sensorlose Synchron-Motoren sowohl für herkömmliche als auch für sehr ungewöhnliche Einsätze energie- und kosteneffizient anwendbar sind. Diese Technik ist geeignet für herausfordernde Anwendungen in Produktionsmaschinen, Lüftungs- und Klimatechnik, Kraftfahrzeugen, Medizintechnik sowie unter speziellen Umgebungsbedingungen. Mit dem aktuellen Entwicklungsschritt hin zur Lautlosigkeit ist es möglich, auch geräuschsensible Anwendungen zu realisieren – etwa in Lüftungen oder für speziell geräuscharme Umgebungen.

## Die Vorteile für Sie

- Ihr Synchronmotor lässt sich hochdynamisch, stufenlos und „ruckelfrei“ regeln.
- Ihr Antrieb verfügt über jeweils höchstmögliches Drehmoment - vom Stillstand weg.
- Sie sparen die Kosten für Bewegungs- oder Lagesensoren. Der Verkabelungsaufwand sinkt.
- Der Bauraum Ihres Antriebes wird kleiner.
- Sie benötigen bei Montage und Reparatur keinen Abgleich zwischen Lageerfassung und Position der Magnete im Motor mehr.
- Etwaige Verdrahtungs- und Wartungsfehler in der Verbindung zwischen Sensor und Regler sind ausgeschlossen.
- Ihr Antrieb bleibt über den gesamten Drehzahlbereich ohne wahrnehmbare, von der Regelung verursachte Geräusche.
- Ihr Antrieb kann kurzzeitig sogar über den Nennstrom der Maschine hinaus gefahren werden und die Kontrolle über den Hochlaufvorgang bleibt gegeben, die Gefahr des ungewollten Blockierens wird verhindert.

Die TU Wien ist Ihnen behilflich, diese Technologie zur Regelung von anspruchsvollen Antrieben im Bereich von wenigen Watt bis zu vielen Kilowatt zu realisieren.

### Ansprechpartner:

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