

## Sensorlose Regelung für Synchron-Reluktanzmotoren

Hohe Energieeffizienz ohne Seltenerdmetalle, erhöhte Ausfallsicherheit bei geringeren Kosten in Produktion und Wartung

Synchron-Reluktanzmotoren (SyRM) benötigen keine Magnete aus Seltenerdmetallen, deren Gewinnung und Verfügbarkeit zunehmend in Diskussion gerät. SyRM haben einen einfachen sowie robusten Aufbau und werden daher immer häufiger für Anwendungen mit hohen Drehzahlen eingesetzt.

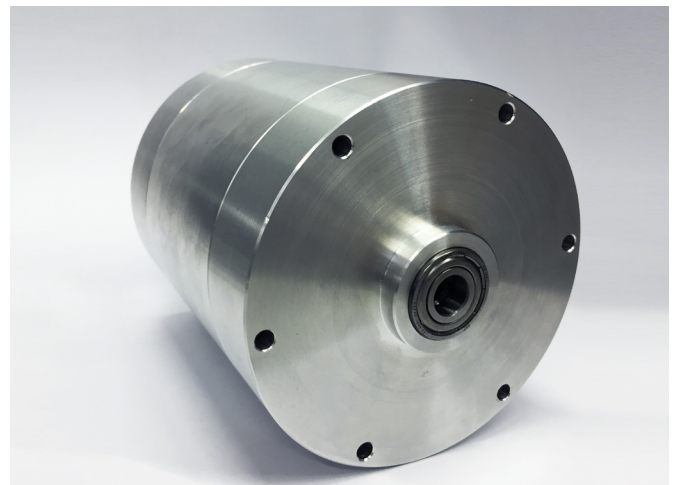
Viele sinnvolle Anwendungen von SyRM werden jedoch nur deshalb noch nicht realisiert, weil bisher die Verwendung eines Lagesensors – vor allem für ein hohes Anfahrmoment – als notwendig erachtet wurde. Ihr überlegener Wirkungsgrad von um die 90 % gegenüber 85 % von Asynchronmotoren – beispielsweise im Leistungsbereich einiger kW – macht sie nun für energetisch sensitive Anwendungen immer attraktiver.

Im Gegensatz zu Permanentmagnet Synchronmotoren (PSM), hat ein SyRM keine resultierenden Magnetkräfte im stromlosen Zustand, was ihn für einige Anwendungen – z.B. mit Magnetlagerung – sehr attraktiv macht. Zum Aufbau eines SynRM kann eine bewährte Statortechnologie der Asynchronmaschine verwendet und nur der Rotor dieser Maschine ersetzt werden. Diese Tatsache ermöglicht einen schnellen Technologieumstieg zu dieser sehr energieeffizienten Technologie.

Defekte in Sensoren oder ihrer Verdrahtung sind für viele Motorenausfälle 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 es, eine neuartige Regelung zu entwickeln, die ohne extra Bewegungs- oder Lagesensor auskommt und dennoch das maximale Drehmoment – entsprechend der Stromaufnahme – in jedem Betriebspunkt sicherstellt.



Sensorlos geregelter Synchronmotor ohne Seltenerdmetalle

Weiters sollte sie erlauben, Synchronmotoren vom Stillstand weg unter veränderlicher Last „ruckelfrei“ optimal zu beschleunigen und zu bremsen. Nun steht der Bau von Motoren ohne Seltenerdmetalle – also SyRM – im Mittelpunkt.

### Lösungsansatz

Für SyRM kommen fast ausschließlich „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 SyRM zu ermöglichen, ist die Kenntnis der Lage des Rotors notwendig. Diese wird bisher durch einen Lagegeber bereitgestellt.

Wenn die Montage eines Sensors zur Lageerfassung nicht erwünscht oder aus technischen Gründen nicht möglich ist, sprechen wir von einer sensorlosen Regelung. Die Lage des Rotors wird dann aus den aktuellen Strom und Spannungswerten bestimmt.

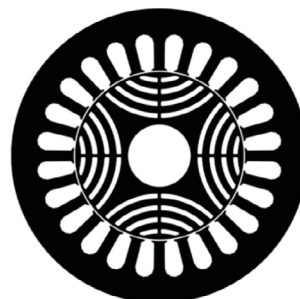
Die Rotorposition lässt sich aus der elektrischen Reaktion auf angelegte Testimpulse eindeutig bestimmen. Im oberen Drehzahlbereich wird ein so genanntes Spannungs-Modell (EMK-Modell) verwendet, das die Rotorposition aus den aktuellen Strom- und Spannungswerten unter Zuhilfenahme von elektrischen Maschinenmodellen ermittelt. Bei kleinen Drehzahlen und im Stillstand versagt diese Methode allerdings, da die induzierte Spannung hier zu klein bzw. gleich Null ist. Diesen unteren Drehzahlbereich abzudecken, erlaubt die von Manfred Schrödl erfundene INFORM®-Methode.

INFORM® steht für „INdirekte Flussermittlung durch Online-Reaktanz-Messung“ und beruht auf der Auswertung von Stromanstiegen zufolge Spannungspulsen des Umrichters. Diese Methode nützt die magnetischen Eigenschaften des SyRM sowie eine Asymmetrie, die von der Stellung des Rotors abhängt. Durch Auswertung von Testimpulsen, die nur einige millionstel Sekunden dauern, kann die Rotorposition bestimmt werden.

Die Methode funktioniert vor allem für SyRM sehr gut, da diese immer deutliche Unterschiede in der Längs- und Querinduktivität aufweisen. Hohe Asymmetrie in den magnetischen Eigenschaften eines SyRM ist die optimale Basis für eine sensorlose Regelung. Bei niedriger Drehzahl, etwa beim Hochfahren des Motors, muss die genaue Position sehr oft gemessen werden. Es ist möglich, diese Pulse so anzupassen, dass Schallwellen nur in einem nicht mehr hörbaren Frequenzbereich auftreten.

## Praxiserprobt

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 in Permanentmagnet-Synchronmotoren 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. Es ist auch möglich, geräuschsensible Anwendungen zu realisieren – etwa in Lüftungen oder für speziell geräuscharme Umgebungen.



Reluktanzmotor mit ausgeprägten Flussführungen und Flussbarrieren

## Ihre Vorteile

- Ihr Synchron-Motor kommt ohne Seltenerdmetalle aus.
- Er 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 Blockierens ist reduziert.

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

## 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)