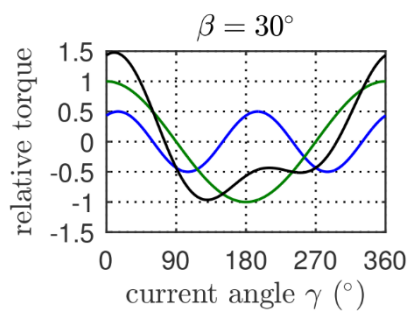
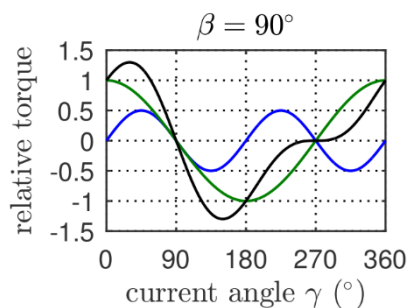
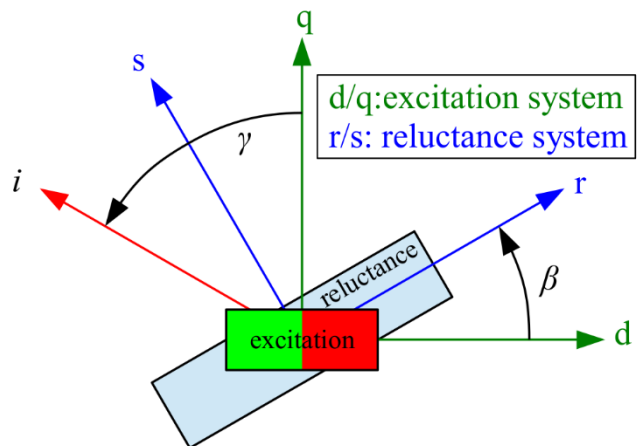


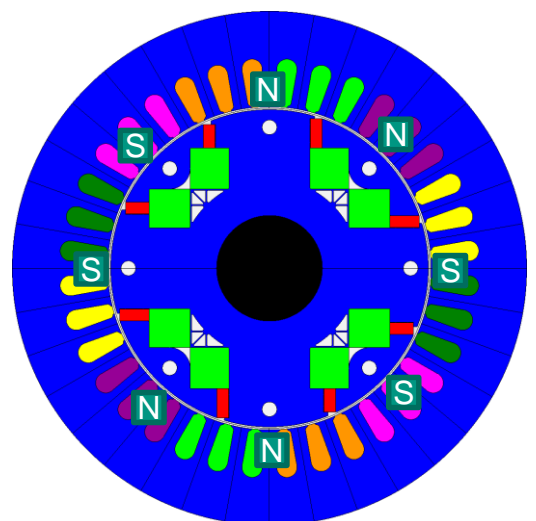
Synchronmaschinen mit magnetischer Asymmetrie

Dipl.-Ing. Patrick Winzer

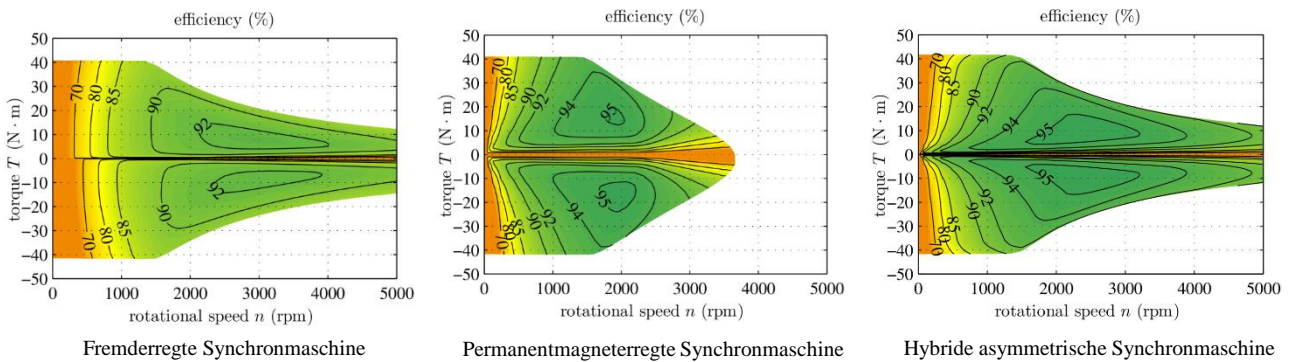
Bei modernen elektrischen Antriebssystemen mit Synchronmaschinen wird der Motorstrom unter einem Winkel eingepreßt, der zu einem maximalen resultierenden Drehmoment bei einem konstanten Strombetrag führt. Dabei wird im Regelfall eine Kombination aus synchronem und Reluktanzmoment erzeugt, die sich zum Gesamtdrehmoment überlagern. Bei herkömmlichen Synchronmaschinen sind jedoch die Winkel, unter denen die beiden Drehmomentanteile maximal werden, nicht identisch. Das führt dazu, dass am Punkt maximalen Gesamtdrehmoments beide Anteile nicht vollständig ausgenutzt werden (siehe Diagramm für $\beta=90^\circ$).



In dieser Arbeit wurde zunächst eine Motorgeometrie angenommen, deren Reluktanzachse r und Erregerachse d um beliebige Winkel verdreht werden kann. Eine vereinfachte Motorgeometrie ist in der nebenstehenden Skizze zu sehen. In einer umfassenden theoretischen Analyse wurde untersucht, welcher Winkelbereich vorteilhaft für die Drehmomenterzeugung und das Betriebsverhalten ist und wie groß der maximale Effekt ist. Das zweite Diagramm zeigt beispielhaft den Drehmomentverlauf, wenn die Achsen um einen Winkel von $\beta=30^\circ$ verdreht sind. Es ist deutlich zu erkennen, dass das maximal erreichbare Drehmoment größer ist als im Fall $\beta=90^\circ$. Außerdem ist zu sehen, dass das maximal erreichbare Drehmoment im motorischen Bereich größer ist als im generatorischen.

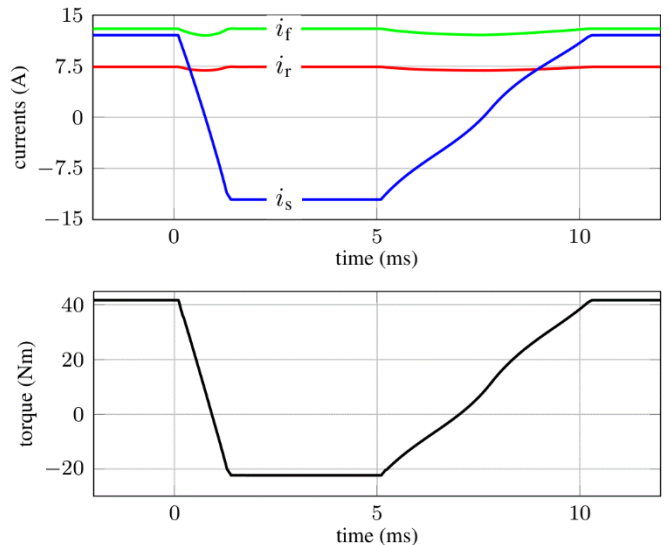


Aufbauend auf der theoretischen Untersuchung wurde eine Vielzahl möglicher Motorgeometrien mittels Finite-Elemente-Rechnung untersucht, die den beschriebenen Effekt aufweisen. Als am vielversprechendsten erwies sich eine Geometrie mit hybrider Rotorerregung (Permanentmagnete und elektrische Spulen).



In der obigen Abbildung sind die berechneten Wirkungsgradkennfelder zweier herkömmlicher Maschinen (links, mitte) und der hybriden magnetisch asymmetrischen Maschine (rechts) gezeigt. Die Drehmomentvorteile des Konzepts äußern sich darin, dass für ein gewünschtes Drehmoment ein geringerer Strom benötigt wird, wodurch die Verluste sinken und der Wirkungsgrad steigt im Vergleich zu den konventionellen Maschinen. Durch entsprechende Auslegung ist es auch möglich, das Spitzendrehmoment weiter zu steigern. Durch die einstellbare Hybride Rotorerregung entspricht das Feldschwächverhalten dem der fremderregten Synchronmaschine.

Durch prädiktive Regelung der Statorflussverkettung abhängig von den Sollströmen wird ein hochdynamisches wie stabiles Betriebsverhalten erreicht, was sich durch schnelles Nachregeln bei Sollwertsprüngen ohne Überschinger manifestiert. Mit dieser Methode wird weiterhin sichergestellt, dass der Strom stets innerhalb seiner erlaubten Grenzen bleibt.



Zur Validierung des Maschinenkonzepts befindet sich ein Prüfstand im Bau, bei dem ein Prototyp der hybriden asymmetrischen Synchronmaschine mit einer herkömmlichen fremderregten Synchronmaschine belastet wird. Dabei werden die Flussverkettungs- und Wirkungsgradkennfelder beider Maschinen aufgenommen und miteinander verglichen. Gleichzeitig wird das prädiktive Regelungskonzept untersucht.

