

Hochausgenutzte synchrone Reluktanzmotoren durch lokale Beeinflussung der magnetischen Eigenschaften des Elektroblechs beim Laserschneiden
DFG - HO 1483/69, BE 1875/32, 2013 -

Kurzfassungen:

Eine viel diskutierte Alternative zu PM-Synchron- und Asynchronmaschinen ist die synchrone Reluktanzmaschine. Insbesondere die Preissteigerungen und Unsicherheiten bei der Preisbildung bei den in PM-Synchronmotoren eingesetzten NdFeB-Magneten haben das Interesse verstärkt auf diesen magnetfreien und somit auch kostengünstigen Maschinentyp gerückt. Einem breiteren Einsatz stehen allerdings nach wie vor verhältnismäßig geringe Leistungsfaktoren und geringe Leistungsdichten entgegen. Eine wesentliche Ursache dafür ist das begrenzte Induktivitätsverhältnis zwischen Längs- und Querrichtung. Theoretische Voruntersuchungen haben gezeigt, dass deutlich größere Reluktanzunterschiede durch die Reduzierung der Breiten von streuflussführenden Stegen im Rotor möglich sind. Allerdings wird dies durch eine geringere mechanische Stabilität des Rotors erkauft. Das geplante Vorhaben greift diese Problemstellung auf und zielt auf eine Steigerung des Induktivitätsverhältnisses durch lokale Beeinflussung der magnetischen Eigenschaften des Elektroblechs beim Laserschneiden ab. Im Gegensatz zu mechanischen Bearbeitungsverfahren (z.B. Stanzen) zeichnet sich die Bearbeitung mittels Laser durch eine große Anzahl an Freiheitsgraden (Schneidparametersatz) aus. Durch eine gezielte Vorgabe dieser Schneidparameter in Abhängigkeit vom Bereich der elektrischen Maschine (z.B. Steg) können vor allem die Magnetisierungskennlinien des Blechs variabel angepasst werden. Außerdem können im Vergleich zu mechanischen Verfahren besonders filigrane Geometrien hergestellt werden.

Im Rahmen dieses Projekts soll erstmals das Potenzial durch den konsequenten Einsatz des Lasers beim Schneiden des Elektroblechs und der entsprechende Einfluss auf das Betriebsverhalten einer synchronen Reluktanzmaschine umfassend in Theorie und Praxis untersucht werden. Es ist der praktische Aufbau einer synchronen Reluktanzmaschine mit austauschbarem Rotor und deren Integration in einen bestehenden Versuchsstand vorgesehen. Die angestrebten Grundlagenuntersuchungen können jedoch auch auf weitere Maschinentypen (z.B. PM-Synchronmaschinen) übertragen werden, wenngleich ein geringerer Einfluss auf das Maschinenverhalten erwartet wird.

Zielstellung des Vorhabens ist somit eine deutliche Steigerung des Induktivitätsverhältnisses (ca.25%) im Vergleich zu aktuellen synchronen Reluktanzmaschinen bei gleicher mechanischer Stabilität des Rotors. Unmittelbar daraus resultieren eine verbesserte Leistungsdichte sowie höhere Leistungsfaktoren und daher auch höhere Wirkungsgrade. Es wird ein entscheidender Beitrag für einen breiteren Einsatz dieses Maschinentyps erwartet.

The synchronous reluctance machine is considered as a viable alternative to typically used permanent magnet synchronous machines and induction machines. Especially the tremendous rising of rare-earth magnet prices (e.g. NdFeB) and the resulting higher costs of PM-machines led to an increased interest in this magnet-free and therefore cost-efficient motor type. However, a broader application of synchronous reluctance motors is currently still prevented by the comparatively low power factors and power densities. The highly limited saliency ratio (or synchronous inductance ratio) between the d-axis and q-axis flux can be considered as the main reason. Theoretical analyses

have shown that higher saliency ratios can be achieved by reducing the width of the leakage flux guiding steel bridges. However, that leads to a decreased mechanical stability of the rotor. The planned project analyses this problem in detail and aims for a significant higher saliency ratio by local manipulation of the electrical steel lamination properties during the laser cutting process. Contouring the sheet metal by laser cutting is characterized by a high number of degrees of freedom (cutting parameter set) compared to mechanical cutting processes (e.g. punching). This opens up the opportunity for an optimal local setting of magnetic characteristics dependent on the area of the electric machine. Furthermore, using the laser allows the manufacturing of highly filigree structures that cannot be achieved with mechanical methods.

The project deals with detailed analysis of the potentials by using the laser for the cutting process of the electrical steel laminations for application in synchronous reluctance motors. The resulting impact on the operational behaviour of the machine is studied in theory and experiment. The analyses can be transferred to other motor types (e.g. PM-motor) as well, even though a lower influence on the machine behaviour is expected.

The main objective of the project is a considerable increase of the saliency ratio (+ 25 %) in comparison to current synchronous reluctance motors without decreasing the mechanical stability of the rotor. This leads directly to higher power densities and power factors and therefore higher efficiencies as well. An important contribution to a more widely application of synchronous reluctance machines is expected.