

Analyse und Design eines Phasenschiebers für das Netzlabor

Diplomanden



Luca Walser



Pascal Widmer

Einleitung: In der Energietechnik dienen Phasenschieber zur dynamischen und kontrollierten Bereitstellung von induktiver oder kapazitiver Blindleistung. Technisch gesehen handelt es sich dabei um fremderregte Synchronmaschinen, die ohne mechanische Last betrieben werden. Beim Betrieb als Phasenschieber wird der Austausch von Blindleistung gezielt über den Erregerstrom gesteuert, indem dessen Veränderung die interne Polradspannung der Maschine im Verhältnis zur Netzspannung anpasst. Liegt diese Polradspannung über der Netzspannung, wirkt die Maschine kapazitiv und speist Blindleistung in das Netz ein. Liegt sie dagegen unterhalb der Netzspannung, wirkt sie als induktive Last und bezieht Blindleistung. Auf diese Weise kann der Leistungsfaktor angepasst und die Netzspannung effektiv gestützt werden.

Im neuen Netzlabor der OST wird ein Phasenschieber im Massstab 1:1000 eingesetzt. Die aktuell verwendete Synchronmaschine stösst bei den geforderten Blindleistungen an ihre Betriebsgrenzen und soll im Rahmen dieser Arbeit ersetzt werden. Ziel war es, die bestehende Geometrie zu analysieren und mithilfe von etablierten FEM-Simulations- und Motordesign-Tools eine optimierte Neugestaltung zu entwerfen.

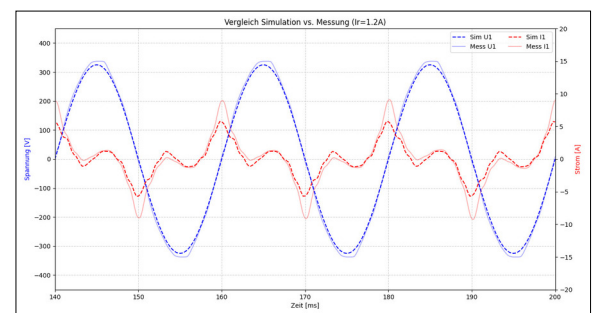
Vorgehen: Zuerst wurde die bereits vorhandene fremderregte Synchronmaschine auf ihre Eignung als Phasenschieber untersucht. Hierzu wurde die Maschine im Labor messtechnisch analysiert und parallel dazu ein detailliertes elektromagnetisches Modell mithilfe der FEM-Tools Ansys Maxwell / Ansys MotorCAD erstellt. Das Simulationsmodell ermöglichte dabei eine präzise Übereinstimmung mit den experimentellen Labordaten. Die kombinierten Untersuchungen zeigten, dass die aktuelle Maschine den Anforderungen für den Phasenschieberbetrieb nicht entspricht. Um die geforderten Blindleistungen bereitzustellen, werden geometriebedingt ausgeprägte höhere Harmonische erzeugt, welche den Stromverlauf im unter- bzw. übererregten Betrieb erheblich beeinträchtigen. Ein stabiler Einsatz als Phasenschieber wird in diesem Betriebsbereich somit ausgeschlossen.

Basierend auf dem Modell der vorhandenen Synchronmaschine wurde ein umfassendes Redesign entwickelt. Während die ursprüngliche Maschine in Sternschaltung betrieben wurde, erfolgte die Optimierung für den Phasenschieber-Betrieb durch die Umstellung auf eine Dreiecksschaltung. Zur gezielten Eliminierung der zuvor identifizierten harmonischen Verzerrungen wurden in der Folge zwei verschiedene Lösungskonzepte erarbeitet: Die erste Variante verwendet ein optimiertes Wicklungsschema in Form einer gesehten Zweischichtwicklung, während die zweite Variante auf ein mechanisch angepasstes Design mit geschrägten

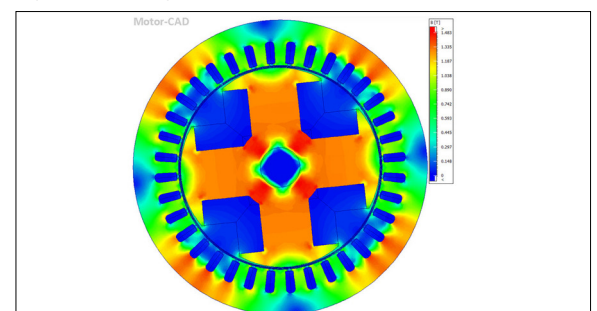
Stator-Nuten setzt. Mithilfe der FEM-Tools wurden beide Entwürfe hinsichtlich ihrer Geometrie, der Windungszahlen sowie der elektrischen Parameter ausgelegt und detailliert verifiziert.

Ergebnis: Die Ergebnisse bestätigen, dass durch diese beiden Design-Anpassungen die geforderte Blindleistung von ± 5 kvar im Nennbetrieb ohne Sättigungseffekte und mit minimalen Anteilen höherer Harmonischer bereitgestellt werden kann. Dies gewährleistet einen stabilen, netzverträglichen Betrieb mit sauberen, sinusförmigen Stromverläufen.

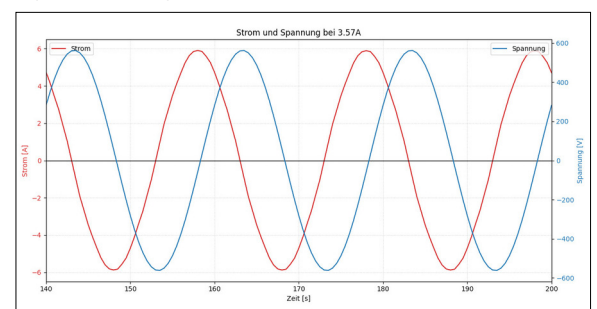
Vergleichsplot der Messung und Simulation im übererregten Betrieb der ursprünglich verwendeten Synchronmaschine
Eigene Darstellung



Geometrie des optimierten Phasenschiebers mittels Sehnung im übererregten Betrieb
Eigene Darstellung



Simulationsergebnis des Modells mit Sehnung im übererregten Betrieb
Eigene Darstellung



Referent

Prof. ETH Dr. Jasmin Smajic

Korreferent

Michael Bösch, EKT AG

Themengebiet

Angewandter Elektromagnetismus: Felder und Wellen

