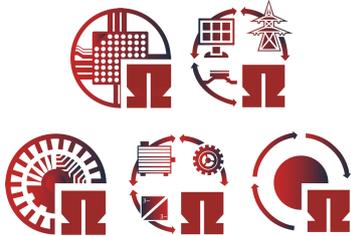


ELSYS Note



Magnetfeldmessungen

Diese ELSYS Note beschreibt den Messaufbau und die Simulation der magnetischen Flussdichte an einer Asynchronmaschine. Mittels präzisiertem Messgitter wurden Feldstärken erfasst und mit FEM-Simulationen verglichen. Ergebnisse zeigen gute Übereinstimmung, wobei die Simulation zur ergänzenden Einschätzung dient und Optimierungspotenzial im Modell besteht.

Einleitung

In der elektrischen Energietechnik spielen elektromagnetische Felder eine zentrale Rolle, insbesondere bei der Energieübertragung. Elektrische Energie wird dabei in Magnetfelder und zurückgewandelt, oft auch in mechanische Energie. Ein Nebeneffekt ist die Abstrahlung unerwünschter Magnetfelder, die andere Geräte stören können. Ziel ist es daher, diese Felder zu minimieren. Die auftretende magnetische Flussdichte lässt sich mit Sensoren messen oder mithilfe numerischer Simulationen vorhersagen – Letzteres erlaubt bereits im Entwicklungsprozess Rückschlüsse auf potenzielle Störfelder. Die vorliegende Darstellung ist eine Kurzfassung des ausführlichen Projektberichts in [1].

Aufbau

Zur präzisen Erfassung der magnetischen Flussdichte wurde ein stabiler Messaufbau realisiert, der eine definierte Positionierung der AS-Sonde des Teslameters FM 302 ermöglicht. Der Motor wurde auf einer Holzkonstruktion montiert, um die Einflussnahme des Metalltisches zu minimieren (siehe Abb. 1). Alle tragenden Elemente wurden möglichst metallfrei ausgeführt, um Ver-

zerrungen des Magnetfelds zu vermeiden.

Zur reproduzierbaren Positionierung der Sonde wurde ein spezielles Messgitter entworfen. Es besteht aus vier gelaserten Hälften, die eine geschlossene Messfläche bilden und Messungen in zwei orthogonalen Richtungen erlauben. Die Positionen der Gitterpunkte sind relativ zum Motor definiert und in Abb. 2 dargestellt.



Abb. 1: Aufbau mit Messgitter

Messung

Die Messung erfolgte mit einer Sonde, die die magnetische Flussdichte in einer Richtung erfasst. Zwei orthogonale Messungen je Punkt

ermöglichen die Berechnung des Betrags der Flussdichte. Untersucht wurde die Flussdichte bei gleichbleibender Spannung mit einem Frequenzumrichter und einem Stelltransformator. Dabei wurde die Spannung im Bereich $U_{LL} = 150\text{ V}$ bis 470 V variiert und Strom sowie Magnetfeldwerte aufgezeichnet.

FEM-Simulation

Zur Untersuchung der Asynchronmaschine wurde diese im Programm FEMM geometriebasiert modelliert. Das Tool dient typischerweise zur Analyse von Magnetfeldern und Stromverdrängung. Das Gehäuse der Maschine wurde in der 2D-Simulation nicht berücksichtigt, weshalb Abweichungen zwischen Simulation und Messung zu erwarten sind.

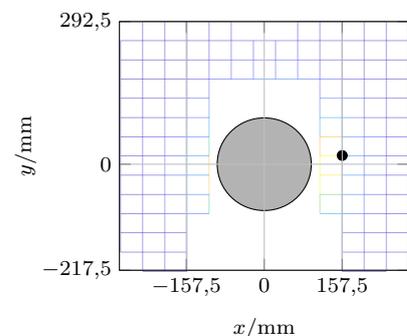


Abb. 2: Gitterpunkte

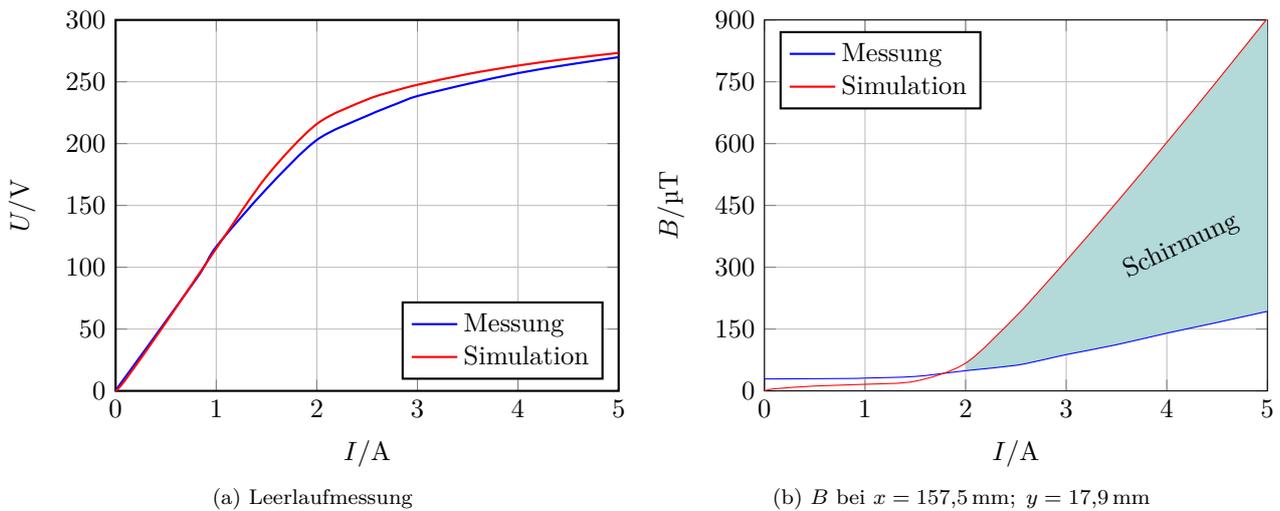


Abb. 3: Vergleich zwischen Simulation und Messung

Der Fokus der Arbeit lag prinzipiell auf dem Messaufbau und der Messtechnik, sodass die Simulation zur ergänzenden Einschätzung der Magnetfelder diente. Dabei ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass für die gewählten Referenzpunkte, wie in Abb. 2 dargestellt, entsprechende Werte nachgereicht werden müssen, um eine valide Bewertung zu gewährleisten.

Leerlaufmessung

Die Leerlaufmessung vergleicht die induzierte Spannung in Abhängigkeit vom Magnetisierungsstrom und dient der Überprüfung des Modells. Die Spannung U_{L1} wurde aus Laborwerten bestimmt. In der Simulation erfolgt die Berechnung auf Basis der Grundwelle der Luftspaltinduktion bei definierten Strömen:

$$U = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot f \cdot N_{S1} \cdot k_w \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \tau_p \cdot l_{Fe} \cdot \hat{B}$$

Es wird zwischen Bereichen innerhalb und außerhalb der Ma-

schine unterschieden. Das Ergebnis (Abb. 3(a)) zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messung. Ab etwa 2 A ist die magnetische Sättigung deutlich erkennbar und wird im Modell entsprechend nachgebildet.

Schirmung

Das Magnetfeld wurde als Funktion des Magnetisierungsstroms an einem Referenzpunkt außerhalb der Maschine gemessen (vgl. Abb. 3(b)).

Ab etwa 2 A tritt eine magnetische Sättigung ein, wonach die gemessene Flussdichte nahezu linear ansteigt. In der Simulation zeigt sich ein ähnlicher linearer Verlauf ab diesem Knickpunkt. Der Anstieg fällt dort jedoch deutlich steiler aus, was auf das in der Simulation nicht modellierte Gehäuse zurückzuführen ist. Dieses wirkt in der Realität als magnetische Abschirmung.

Zudem wurde in der Simulation außerhalb der Maschine lediglich

Luft angenommen, sodass dort keine weiteren Sättigungseffekte auftreten. Die Differenz zwischen Messung und Simulation ist somit plausibel und auf die fehlende Berücksichtigung der äußeren Geometrien und Materialien zurückzuführen.

Zusammenfassung

Messung und Simulation ermöglichen einen grundlegenden Einblick in das Verhalten des magnetischen Felds einer Asynchronmaschine. Trotz gewisser Abweichungen liefern beide konsistente Ergebnisse, insbesondere im Bereich oberhalb der magnetischen Sättigung. Die Simulation bildet den Verlauf qualitativ gut ab, zeigt jedoch aufgrund der nicht berücksichtigten Gehäuseabschirmung höhere Feldwerte. Insgesamt bietet sie eine verlässliche Grundlage zur Abschätzung maximaler Feldstärken und kann durch gezielte Modellanpassungen weiter verbessert werden.

Verweise

- [1] Nils Stöbel, Michael Petrushansky und Hazem Mogribi. *EMV-Messungen an einer Asynchronmaschine im Leerlauf und FEM-Simulation des Magnetfelds*. Projektarbeit. 2025.