

Influence of manufacturing process on varying electro-magnetic soft materials – IMPROVES M

Einfluss des Fertigungsprozesses auf unterschiedliche weichmagnetische Materialien

Projekt: Influence of manufacturing process on varying electromagnetic soft materials – IMPROVES M

Laufzeit: 15.08.2014 bis 30.11.2015

Gesamtprojektkosten: 379.954,80 €

Davon Förderung: 379.954,80 €

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Armin Dietz

Institut ELSYS

Technische Hochschule

Nürnberg Georg Simon Ohm

Elektromobilität wird oft als Schlüssel der Energiewende im Bereich Verkehr betrachtet. Denn Elektromotoren verfügen über weit höhere Wirkungsgrade als konventionelle Benzin- oder Dieselmotoren und gelten daher als besonders energieeffizient. Um die Effizienz rotierender elektrischer Maschinen, wie Elektromotoren, noch weiter zu steigern, ist die Betrachtung, Bestimmung und Minimierung der Verlustarten erforderlich. So ist bei der Minimierung besonders wichtig, die Gesamtverluste der Maschine in die einzelnen Anteile aufzutrennen. Einen dominanten Anteil bilden dabei die Eisen- und Zusatzverluste, welche durch die Ummagnetisierung der im Motor verbauten Elektrobleche entstehen. Die exakte Vorausberechnung der Verlustarten stellt jedoch bis heute eine große Herausforderung für die Entwickler von Elektromotoren dar – nicht zuletzt weil analytische Berechnungen und numerische Feldsimulationen häufig eine deutliche Abweichung zwischen Berechnungen und Messungen aufzeigen. Diese Diskrepanz ist auf die Fertigungseinflüsse der benötigten Elektrobleche zurückzuführen. Um die einzelnen Einflussfaktoren während des Herstellungsprozesses qualitativ zu erfassen, sind Messungen an den bearbeiteten weichmagnetischen Werkstoffen erforderlich.

Das Forschungsprojekt IMPROVES M hat dazu einen Messplatz aufgebaut, welcher unter Einsatz verschiedener Messwerkzeuge und -techniken die Bestimmung der spezifischen Eisenverluste und des Magnetisierungsverhaltens von weichmagnetischen Materialien ermöglicht und damit die Basis für die weitere Effizienzsteigerung von Elektromotoren bildet.

Ziele

Ziel des Vorhabens war es, einen geeigneten Messplatz zu realisieren, der die Eigenschaften von weichmagnetischen Werkstoffen bestimmen kann, um Verlusteinflüsse zu trennen und Verlustmodelle zu verifizieren. Der Fokus lag dabei auf hohen magnetischen Flussdichten und überlagerten Signalen mit hohen Frequenzanteilen.

Projektverlauf

Der Aufbau und die Inbetriebnahme des Messplatzes erfolgten in zwei Arbeitsschritten. Zunächst wurde der Basismessplatz fertiggestellt – zusammengesetzt aus folgenden Bestandteilen:

- (1) ein Basismessgerät (Auswahl und Steuerung einzelner Messgeräte)
- (2) zwei Epsteinrahmen (Bestimmung magnetischer Eigenschaften von Elektroblechen)
- (3) ein Einzelstreifenwandler (Möglichkeit, Elektroblech unter Einfluss mechanischer Spannungen zu vermessen)
- eine Ringkernanschlussbox (für Stromstärken im Primärkreis bis 50 A)



Abb.1: Übersicht des Messplatzes „IMPROVES M“

Bei dem Basismessgerät des Typs „Brockhaus MPG 200 D“ wurden nach einigen Tests in Absprache mit dem Lieferanten, Dr. Brockhaus Messtechnik GmbH & Co. KG, erstmals weitere und neue Funktionen in das Messsystem eingebunden. Kleine angezeigte Mängel konnten so kurzerhand von Brockhaus Messtechnik behoben werden. Dies garantierte eine sichere und fehlerfreie Nutzung des Messsystems. Des Weiteren wurde eine Hochpräzisionswaage angeschafft, die eine genaue Messung der Probenmasse für jegliche Art von Messverfahren ermöglicht. So können die Verluste bei Elektroblechen unter Berücksichtigung von magnetischen und elektrischen Parametern immer massebezogen angegeben werden.

Zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften von Elektroblechen wurden zwei Epsteinrahmen in Betrieb genommen. Um deren Funktion überprüfen zu können, wurden zahlreiche Messungen durchgeführt. Diese dienen zur statistischen Absicherung der Ergebnisse. Die Untersuchungen wurden an der Elektroblechsorte „M470-65A (p)“ durchgeführt. Dabei wurden die Ergebnisse zum einen mit Herstellerangaben und Messungen der physikalischen technischen Bundesanstalt verglichen und zum anderen mit Referenzmessungen der Hersteller ThyssenKrupp und ArcelorMittal. Diese Vorgehensweise

wurde ebenfalls für den Einzelstreifentester herangezogen. Ein Vergleich der externen und eigenen Proben zeigte signifikante Übereinstimmungen.

Um Elektroblech unter dem Einfluss mechanischer Spannungen zu vermessen, kam ein Einzelstreifentester zum Einsatz. Die Untersuchungen wurden dabei unter mechanischen Druck und Zugspannungen vollzogen. Hier bestand eine Notwendigkeit darin, den Zusammenhang zwischen der angelegten Kraft und der Längenänderung der Wegstrecke des Messstreifens zu kontrollieren. Sowohl bei Quer- als auch bei Längsproben zur Walzrichtung war ein linearer Zusammenhang zwischen der Längenänderung des Prüflings und der aufgewendeten Kraft gegeben. Die spezifischen Eisenverluste veränderten sich ebenfalls deutlich unter dem Einfluss von mechanischen Druck- und Zugspannungen.

In einem zweiten Arbeitsgang wurde dann ein Hochleistungsverstärker in das Gesamtsystem eingebunden, welcher ein absolutes Alleinstellungsmerkmal des IMPROVES M darstellt. Denn ein vergleichbares Messsystem war und ist derzeit nicht bekannt. Die Inbetriebnahme des Hochleistungsverstärkers war höchst anspruchsvoll. Nach mehreren Funktionserprobungen, in welchen sowohl die Funktionalität als auch die Sicherheit schrittweise gesteigert werden konnten, wurde das Basisgerät mit Hochleistungsverstärker bis zur maximalen Stromstärke von 300 A erfolgreich in Betrieb genommen. Herausragend war, dass die sinusförmige Spannung exakt eingehalten werden konnte, obwohl Sättigungserscheinungen im Eisenkreis einen stark Oberschwingungsbehafteten Primärstrom bedingen. Der Verstärker zeigte in allen Testfällen die geforderte Spannungs- und Stromform. Die Messung mittels Hochleistungsverstärker wurde dabei mittels einer Ringmagnetisierungsmessung realisiert. Im weiteren Projektverlauf wurde eine Vielzahl von Prüflingen vermessen. Eine Besonderheit stellt die Vermessung von Wellenstahl dar. Aufgrund der Ausbildung von Wirbelströmen wird diese mit einer Gleichstrom-Messmethode (DC-Messmethode) untersucht. Hierfür wurden eigens Wellenstahlringe hergestellt. Die Messergebnisse wurden anhand von Werten der Industriepartner validiert.

Ergebnisse

IMPROVES M wurde erfolgreich aufgebaut und in Betrieb genommen. Darüber hinaus bietet der moderne Messplatz einen besonderen sowie hochschulübergreifenden Mehrwert. Weiterführende Gespräche und Diskussionen mit Industrie und der Scientific Community über das Thema Eisenverluste bestätigten die Einzigartigkeit des Messplatzes in seiner Art – da die durch den Hochleistungsverstärker möglichen Stromstärken auch in Zukunft eine nachhaltige Lösung darstellen. Der Messplatz bietet sich zudem als Kooperationsplattform für Industriepartner an. Bereits in der frühen Phase der Inbetriebnahme im Jahr 2017 konnten neue Kontakte geknüpft werden, die ein hohes Interesse der elektrotechnischen Industrie erkennen ließen. Ein neuer Industriepartner aus der SIEMENS AG ließ bereits Ma-

Projektleiter
Prof. Dr. Armin Dietz
Telefon: 0911/ 5880-1056
E-Mail: armin.dietz@th-nuernberg.de

Institut ELSYS
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

www.th-nuernberg.de

netverschlusskeilmaterial in verschiedenen Ausführungen sowie Wellenstahl vermessen. Ebenso wurden für die Bühler Motor GmbH Messungen vollzogen. Aber auch außerhalb Deutschlands taten sich bereits Kooperationspotenziale auf: So wurden im vergangenen Jahr Messungen mit der schwedischen Firma Aros electronics AB geplant und ein reger Wissensaustausch entstand. Für die Promotionsarbeiten zweier Mitarbeiter der TU München und TU Ilmenau wurden die magnetischen Eigenschaften ihrer Prototypen mit Hilfe von Ringmagnetisierungen bestimmt. Die Berechnungen ließen sich dabei mit den neuen Materialeigenschaften für die analytische und numerische Rechnung der Maschinen erheblich verbessern. Für die TU Kaiserslautern wurden ebenfalls Messungen für eine Habilitation eines Mitarbeiters durchgeführt. Weiter profitierte auch ein wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, der sich mit Wirbelstrom- und Ummagnetisierungsverlusten in Bewehrungsdrähten von Energiekabeln beschäftigte, von IMPROVES M. Der Messplatz lieferte ihm wichtige Erkenntnisse für weiterführende Berechnungen.

Mit IMPROVES M ließen sich die magnetischen Eigenschaften von verschiedenen Wellenstahlsorten bestimmen, die bisher unbekannt waren. Dies ist mit herkömmlicher Messausrüstung bisher nicht möglich gewesen. Ferner konnte durch den Einsatz des Messplatzes der Werkstoff Elektroblech im hohen magnetischen Flussdichtebereich vermessen werden. So konnten wichtige Erkenntnisse in Bezug auf den Einfluss der Sättigung auf das Luftspaltfeld in Induktionsmaschinen geliefert werden. IMPROVES M nimmt eine führende Stellung innerhalb der magnetischen Messtechnik für Elektrobleche ein und bietet auch für neue Anforderungen im Bereich Elektromobilität oder elektrisches Fliegen eine zukunftssichere Messtechnik für das Institut ELSYS an der TH Nürnberg

Fördergeber



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektpartner aus der Wissenschaft



ENERGIE
CAMPUS
NÜRNBERG



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
INSTITUT ELSYS

Lieferanten aus der Industrie

Dr. Brockhaus Messtechnik GmbH & Co. KG