Elektrische Maschinen und Antriebe

H. Neudorfer

angenommen am 25. Februar 2021, online publiziert am 9. März 2021
© The Author(s) 2021

Univ.-Prof. Dr.phil. Dr.techn. habil.
Harald Neudorfer

Nun bereits zum achten Mal habe ich die große Ehre, eine e&i-Ausgabe zum Themenschwerpunkt „Elektrische Maschinen und Antriebe“ zu organisieren. Dieses Mal konnten wieder neun Originalbeiträge nach einer recht zeitaufwändigen Begutachtung wie auch ein Beitrag in der Rubrik Praxis & Wissen zur Veröffentlichung angenommen werden.

Allerdings war das vorige Jahr doch anders als die bisherigen, das Hauptthema hieß und heißt leider noch immer noch Corona-Krise. Eigentlich hätte, wie im Vorwort des Heftes 4-5.2020 angekündigt, am 27. und 28. Jänner 2021 die internationale Konferenz **mORE driveS** stattfinden sollen. Wie so viele andere Präsentveranstaltungen musste diese aus obig genanntem Grund verschoben werden. Dabei wäre vorgesehen gewesen, Heft 2.2021, welches im April jedes Jahres erscheint, als Tagungsband dieser Veranstaltung zu nutzen. Der OVE hat beschlossen, die Veranstaltung in den September 2021 zu verschieben. Wir hoffen, dass sich die Situation der Corona-Pandemie bis September soweit beruhigt hat, damit wieder eine Präsentveranstaltung durchgeführt werden kann.

Ausgrund der vielen Beiträge für die **mORE driveS**-Tagung und der Verschiebung hat das Editorial Board entschieden, Heft 6.2021 mit dem Schwerpunktthema „Elektrische Maschinen und Antriebe“ zu besetzen. Somit werden einige Vorträge aus der **mORE driveS**-Konferenz in dem hier vorliegenden Heft und weitere Beiträge im Heft 6.2021 veröffentlicht werden.

Der Megatrend Elektromobilität bei Kraftfahrzeugen hat somit einen großen Schub erfahren. Derzeit wird in der internationalen Automobilwelt mindestens ein Elektro- oder Hybridfahrzeug pro Woche vorgestellt. Daraus resultieren innovative Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Maschinentechnologie und deren Fertigung. Die hohen Stückzahlen in der Automobilindustrie bei den notwendigen elektrischen Antrieben zwangen die Automobilhersteller dazu, kostengünstige Fertigungsverfahren zu entwickeln. Dabei muss der wesentliche Aspekt der optimalen Ausnutzung mitgeführter „teurer“ elektrischer Energie in Batterien weiterhin hohe Priorität haben. Somit ergeben sich drei wesentliche Stoßrichtungen im Bereich der elektrischen Maschinen und Antriebe im automotiven Bereich:

1. Optimierung des Wirkungsgrades, nicht nur der einzelnen Komponenten, sondern des Gesamtsystems
2. Reduzierung der Gesamtkosten, ebenfalls vom Gesamtsystem
3. Minimierung der parasitären Effekte bei umrichter gespeisten Traktionsmaschinen, wie zum Beispiel Zusatzverluste, Geräuschemissionen, Pendelmomente, kapazitive Lagerströme und elektromagnetische Verträglichkeit

Aus obig genannten Gründen kommen auch in diesem Heft wieder viele Beiträge aus dem Forschungs- und Anwendungsgebiet von elektrischen Straßenfahrzeugen und Industrie.

Folgende Beiträge auf dem Gebiet der elektrischen Maschinen und Antriebe finden Sie in dieser Ausgabe der e&i:

Der Beitrag von den Autoren *Gerhard Huth* und *Martin Baun* (Technische Universität Kaiserslautern) mit dem Titel „PM-Synchronmotoren mit verteilter Einschicht-Zahnpulsenwicklung“ befasst sich bei niederpoligen Kurzmotoren mit dem Vorteil der kürzeren Wickelköpfe und der daraus resultierenden Betriebseigenschaften. Die Systematik der verteilten Einschicht-Zahnpulsenwicklung wird hergeleitet und anhand eines vierpoligen Spindelmotors sowie der Auswirkungen der stationären Betriebsverhalten bei unterschiedlichen Wicklungssystemen dargestellt.

Mit dem Kapitel der lagerlosen elektrischen Maschinen bei Wechselrichterspeisung befasst sich der Beitrag von *Daniel Dietz* und *Andreas Binder* von der Technischen Universität Darmstadt. Hauptthema sind dabei ein Nullstrom-Konzept zur Speisung des axialen Magnetlagers und der Entfall der dafür notwendigen leistungselektronischen Vollbrücke. Der Funktionsnachweis wird mit einem Motor mit einer Leistung von 1 kW und einer maximalen Drehzahl von 60.000 min^{-1} anhand von Simulation und Messung erbracht.

Die Kenntnis der exakten Eisenverluste ist für die Bestimmung des Wirkungsgrades bei elektrischen Maschinen ein entscheidender Faktor. In dem Artikel „Semi-empirisches Hysteresemodell für Elektrolech mit Berücksichtigung von Oberschwingungen und hoher Sättigung“ von *Florian Müllner* (Traktionssysteme Austria GmbH) und *Harald Neudorfer* (Technische Universität Wien) werden vor allem die Eisenverluste im Elektrolech untersucht.

„Winding synthesis and analysis for AC machines“, ein Beitrag von *Johannes Germishuizen* (Siemens Mobility GmbH Nürnberg), *Richard Steckel* (ELSYS Institute) und *Andreas Kremser* (Technische Hochschule Nürnberg), zeigt die Optimierung von Wicklungssystemen für Drehstrommaschinen. Dabei wird versucht, den Wicklungsfaktor zu maximieren und die Oberschwingungen in der Maschine zu minimieren.

Die Lebensdauer von Isolationssystemen bei Traktionsmaschinen behandeln *Niklas Driendl*, *Clara Lütke Jüdefeld*, *Florian Pauli*, *Michael Schröder* und *Kay Hameyer* (RWTH Aachen University) in dem Beitrag „Ladungsträgerbasierte Modellierung von Teilentladungsprozessen in Runddrahtwicklungen umrichter gespeister Niederspannungsmaschinen“. Dabei werden die Teilentladungsvorgänge durch die Erhöhung der Zwischenkreisspannung und der Verwendung von schnellschaltenden Halbleiterelementen, wie z. B. Siliziumkarbid (SiC), beschrieben. Diese Teilentladungen treten in luftgefüllten Hohlräumen innerhalb des Isoliersystems auf und können deren Lebensdauer stark reduzieren.

Martin Enno Gerlach, *Maximilian Zajonc* und *Bernd Ponick* von der Leibniz Universität Hannover stellen in ihrem Beitrag „Mechanical stress and deformation in the rotors of a high-speed PMSM

Neudorfer, Harald, Institut für Elektrische Energiewandlung der TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland; Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe der TU Wien, Wien, Österreich (E-Mail: prof.dr.dr.neudorfer@emdrive.at)

and IM“ vor. Dieser Beitrag spiegelt den derzeitigen Trend der Automobil- und Werkzeugindustrie wider, die Drehzahl der Maschinen zu erhöhen sowie den Drehmoment und damit das Volumen der Maschinen zu reduzieren. Dabei treten im Rotor einer Asynchron- und permanenterregten Synchronmaschine sehr hohe mechanische Spannungen auf. Diese müssen anhand von mechanischen Berechnungen simuliert und mithilfe von Tests verifiziert werden.

Filter bei umrichter gespeisten Maschinen können einen relativ großen Anteil der Umrichtermasse bzw. des Volumens ausmachen. In ihrem Beitrag „Automatic EMI filter design for a three-phase PWM inverter used to automotive transmission“ beschreiben *Giovanni Filomeno, Bastian Krügger, Peter Tenberge* und *Dirk Dennin* (Ruhr-Universität Bochum und BMW München) eine innovative Entwicklung über leistungsdichte und kompakte Unterdrückung elektromagnetischer Interferenz (EMI). Dabei wird ein Algorithmus vorgeschlagen, der die physikalischen und geometrischen Eigenschaften dieses Filters definiert.

Das Autorenteam *Jan Ole Stockbrügger, Alexander Hoffmann, Benjamin Knebusch, Jochen Dittmann* und *Bernd Ponick* (Leibniz Universität Hannover) berichtet in ihrem Beitrag über die „Analytische Ermittlung der Leiter-Leiter-Kapazität von Zweischichtwicklungen unter Berücksichtigung des Zwischenschleifers zur Vorausberechnung der Potenzialverteilung in der Ständerwicklung umrichter gespeister elektrischer Maschinen“. Die Leiter werden mittels Linearladungen modelliert und die Gegenkapazitäten werden mithilfe der maxwellischen Kapazitätskoeffizienten bestimmt.

Der letzte Artikel der Originalbeiträge in diesem Heft, der sich mit dem Zusammenspiel einer Verbrennungskraftmaschine und eines Elektromotors beschäftigt, wird von den Autoren *Henning Sebastian Vogt, Benjamin Horn* und *Roberto Leidhold* (Volkswagen AG) mit dem Thema „Verbrennungsmotorstart durch Resonanzanregung mit der Elektromaschine eines Hybrid-Antriebs“ vorgestellt. Durch die hiermit erreichte Absenkung des erforderlichen Elektromaschinen-Drehmoments werden beispielsweise Mild-Hybride ohne konventionellen Anlasser ermöglicht.

Last but not least möchte ich diesmal den Artikel in der Rubrik Praxis & Wissen von *Hartmut Schneeweiß* (Joint Venture zwischen Eva Grande Group und hofer powertrain AG) mit dem Thema „Designoptimierung elektrischer Maschinen für Elektrofahrzeuge im manuellen und autonomen Betrieb durch eine Gesamtfahrzeugsimulation“ vorstellen. In diesem Artikel wird das Gesamtkonzept betrachtet und Simulationsergebnisse eines Fahrzeuges mit permanenter Synchronmaschine mit Ein- und Mehrganggetrieben behandelt.

Für die große Anzahl an hochwertigen Beiträgen und die Bereitschaft des Herausgebers, ein umfangreiches Heft zu gestalten, möchte ich mich als Heftkoordinator bei allen Beteiligten sehr herzlich bedanken. Dies ist ein starkes Lebenszeichen der entsprechenden Institute an den deutschsprachigen Technischen Universitäten sowie der einschlägigen Industrie. Die Autor/innen investieren in jeden Beitrag viele Arbeitsstunden, die in einigen Fällen neben der

täglichen Arbeit nur in der Freizeit erledigt werden können. Darüber hinaus bedanke ich mich auch bei jenen Kolleg/innen, die außerdem noch die Arbeit übernommen haben, die Beiträge zu begutachten und mit konstruktiven Vorschlägen zu optimieren. Diese Kolleg/innen werden nicht bei den Beiträgen genannt, aber ohne deren gewissenhafter Reviews wäre das hohe Niveau nicht garantiert. Aus diesem Grund werden wir in Zukunft die Reviewer im letzten Heft des Jahres gesammelt erwähnen. Aus eigener Erfahrung weiß ich, dass auch für diese Arbeiten wieder einige Stunden notwendig waren. Ohne diese vielen Mühen, aber auch ohne die Bereitschaft, ihre Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu publizieren, wäre es nicht möglich, eine interessante Ausgabe zu erstellen.

Als Ausblick für das Jahr 2021 darf ich im Namen des OVE nochmals darauf hinweisen, dass die internationale Konferenz **mOre driVEs** im September 2021 stattfinden wird. Diese Konferenz (Infos dazu unter www.ove.at/oveacademy) findet nun schon zum zehnten Mal statt und hat sich als sehr hochwertige Veranstaltung erwiesen. Als Mitorganisator dieser Konferenz würde ich mich sehr freuen, Sie, liebe Leser/innen, persönlich begrüßen zu dürfen.

Außerdem möchte ich auf eine weitere internationale Konferenz aufmerksam machen, die am 9. und 10. November 2021 in München stattfinden wird: „Elektromechanische Antriebssysteme 2021“ (vor allem im DACH-Bereich Deutschland, Österreich und Schweiz). Unter dem Link www.vde.com/antriebssysteme können Sie auch noch gerne einen Beitrag einreichen bzw. an dieser Veranstaltung teilnehmen.

Gemeinsam hoffen wir, dass wir Sie für das Thema elektrische Maschinen und Antriebe begeistern können und Sie diese Beiträge mit großem Interesse lesen.

Funding Note Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.