Elektrische Maschinen und Antriebe

H. Neudorfer

angenommen am 10. August 2021, online publiziert am 1. September 2021
© The Author(s) 2021

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

Bereits zum neunten Mal habe ich nun 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 und ein Beitrag für die Rubrik Praxis & Wissen zur Veröffentlichung angenommen werden.

Die internationale „**mORE drive**“-Konferenz in Wien war ursprünglich für 27. und 28. Jänner 2021 vorge-

sehen. Wegen der Coronakrise hat sich der OVE entschlossen, diese Konferenz auf den 1. und 2. September 2021 zu verschieben. Zum Zeitpunkt der Verschiebung hatten wir gehofft, dass sich die Auswirkungen der Corona-Pandemie soweit entspannt haben würden, dass wir wieder eine Präsenzveranstaltung durchführen können. Um auf alle Eventualitäten Rücksicht zu nehmen, wurde diese Konferenz nun als Hybridveranstaltung durchgeführt. Die Anzahl der Vorträge für diese Zweitageskonferenz war jedoch so hoch, dass für die Veröffentlichung der Beiträge neben dem Heft 2/2021 auch das jetzt erscheinende Heft 6/2021 verwendet wird.

Der Trend zur elektrischen Antriebstechnik in allen Bereichen besichert den Ingenieur/innen in der elektrischen Antriebstechnik einen gewaltigen Innovationsschub. Vor allem der massive Einsatz bei Elektrofahrzeugen fordert, auch im Bereich der Fertigungstechnik innovative und kostengünstige Verfahren zu entwickeln. Die Schätzungen von Fachleuten zeigen, dass bis zum Jahr 2030 etwa 25–30 % der ausgelieferten Fahrzeuge elektrisch angetrieben werden. Dies bedeutet, dass im Jahr 2030 in Österreich ca. 90.000 und in Deutschland ca. 900.000 elektrisch angetriebene Fahrzeuge auf den jeweiligen Markt kommen werden. Für ganz Europa werden für das Jahr 2030 4,3 Millionen Fahrzeuge mit einem Elektromotor prognostiziert. Daraus ergeben sich enorme Stückzahlen für elektrische Maschinen im Leistungsbereich von etwa 30–150 kW. Allein das fordert in der Automobilindustrie neue Technologie- und Fertigungsverfahren, die einerseits kostengünstig und andererseits qualitätsgesichert ablaufen müssen. Auch wenn es den „Elektromaschinenbauer/innen“ und „Wechselrichterfachleuten“ durch neue, innovative Topologien gelingen wird, den Wirkungsgrad noch um einige 0,1 Prozentpunkte zu erhöhen, der Knackpunkt der Elektromobilität liegt in der Energiespeicherung. Es muss uns in Zukunft gelingen, Batterien bzw. Brennstoffzellen günstiger herzustellen und deren Lebensdauer bzw. Zyklen-Festigkeit zu erhöhen. Ein wesentlicher Kostenanteil von einem Elektroauto wird durch das Energiespeichersystem geprägt. Dieser liegt bei einem Mittelklasse-Elektrofahrzeug bei ca. 20–30 % vom gesamten Kostenanteil.

Entscheidend für die Durchsetzung der Elektrofahrzeuge am Markt wird nun einerseits die Speichertechnologie und andererseits der Ausbau der elektrischen Lademöglichkeit bzw. Ladeinfrastruktur sein. In der nun vorliegenden Ausgabe der **e&i** finden Sie Beiträge zur Optimierung des Wirkungsgrades, zur Minimierung der parasitären Effekte, zur messtechnischen Erfassung und zu Herstellungsverfahren.

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

Der Beitrag von den Autoren *Thomas Hausberger, Thomas Kotzent, Markus Glasl* und *Peter Weinmeier* (Voith Austria GmbH) mit dem Titel „Traktionsstromrichter mit Zweipunkt- oder Dreipunktstellglied? Eine Gegenüberstellung“ befasst sich mit den Vor- und Nachteilen dieser zwei Wechselrichter-Topologien bei Traktionsantrieben in Bahnanwendungen. Dabei werden Aspekte wie Gesamtsystemverhalten, Spannungsausnutzung, Verluste im Wechselrichter und in der Traktionsmaschine sowie die Bereiche Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartung und Wirtschaftlichkeit beleuchtet.

Mit dem Kapitel über die Schwingungs- und Geräuschemissionen elektrischer Fahrzeugantriebe befasst sich der Beitrag von *Marc England* und *Bernd Ponick* von der Leibniz Universität Hannover. Dabei wird der Einfluss einer Rotorpolweitenmodulation auf das Betriebsverhalten von V-förmigen, vergrabenen Magnettopologien untersucht. Außerdem werden das Drehmomentverhalten und die Geräuschanlegung mit einer gestaffelten Referenzmaschine verglichen.

Daniel Dietz und *Andreas Binder* von der Technischen Universität Darmstadt stellen in ihrem Beitrag „Betriebsgrenzen einer Nullstrom-Speisung in lagerlosen PM-Synchronmaschinen“ vor. Dabei wird das Prinzip verwendet, dass bei magnetgelagerten Antrieben mit dreiphasiger Statorwicklung ein Freiheitsgrad der Bewegung des Rotors durch einen Nullstrom geregelt werden kann. Diese Nullstrom-Speisung hat den Vorteil, dass Einsparungen von leistungselektronischen Stellelementen vorgenommen werden können.

In dem Artikel „Teilwicklungsanlauf von Käfigläufermotoren mit kombinierter Stern-Dreieck-Wicklung“ von *Gerhard Huth* und *Bernd Löhlein* (Technische Universität Kaiserslautern) wird das Anlaufverhalten bei Käfigläufermotoren mit Teilwicklungen beschrieben. Dabei werden die Möglichkeiten unter Berücksichtigung des Oberfeldverhaltens analysiert und am Beispiel von zwei Käfigläufermotoren das Betriebsverhalten simulativ untersucht.

„Mechanische Feldschwächung einer Multi-Rotor-Permanentmagnet-Synchronmaschine“, ein Beitrag von *Andreas Brunner, Richard Spießberger* und *Manfred Schrödl* (Technische Universität Wien), zeigt ein Konzept einer neuartigen, mechanischen Feldschwächemethode an einem elektrischen Planetenmotor. Dabei werden die theoretische Grundlage erarbeitet sowie die Funktionsweise anhand von Messungen an einem Prototypmotor demonstriert.

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)

Die thermische Absicherung zur Steigerung der Dauerleistung und der Lebensdauer behandeln *Christopher Beck*, *Christian Krüger* und *Jürgen Schorr* (Mercedes-Benz AG) in dem Beitrag „Numerische Analyse einer nasslaufenden permanenterrregten Synchronmaschine“. Mit einem geeigneten numerischen Modell einer nasslaufenden permanenterrregten Synchronmaschine kann diese Verifizierung bereits früh in der Entwicklungsphase beginnen. Die Herausforderung besteht in der multiphysikalischen Modellbildung.

Sridhar Balasubramanian, *Niklas Langmaack* und *Markus Henke* von der Technischen Universität Braunschweig stellen ihren Beitrag „Bewertung und Verlustermittlung einer permanentmagneterrregten Hochdrehzahlmaschine mit Hairpin-Wicklungen für Brennstoffzellenanwendungen in Großserie“ vor. Dieser Bericht behandelt den Einsatz rechteckförmiger Hairpin-Wicklungen im Elektromobilitätsbereich. Diese Wicklungen erreichen einen sehr hohen Kupferfüllfaktor, sind relativ leicht zu fertigen und haben gute thermische Eigenschaften. Konkret wird in dieser Arbeit die Realisierung einer permanentmagneterrregten Hochdrehzahlmaschine als elektrischer Luftverdichter für Brennstoffzellenanwendungen untersucht.

Die Vibrationen des Motorgehäuses als Quelle für den Körperschall elektrischer Maschinen werden zum großen Teil durch die Ansteuerung im Umrichter, die Taktfrequenz und deren Pulsweitenmodulation bestimmt. In ihrem Beitrag „Wie klingt die Maschine am Umrichter? Schnelle Berechnung und Auralisierung des Körperschalls“ beschreiben *Martin Hanke* und *Jürgen Wibbeler* (CADFEM GmbH) ein Verfahren, welches eine elektrische Maschine ausgehend von einem Finite-Elemente-Modell in ein reduziertes Modell überführt.

Im letzten Artikel der Originalbeiträge widmet sich das Autorenteam *Marius Franck*, *Sebastian Mönninghoff*, *Daniel Butterweck* und *Kay Hameyer* (RWTH Aachen) der „Methodik zur Bestimmung von optimalen Messpunkten bei der strukturdynamischen Vermessung elektrischer Maschinen“. Die Platzierung von Mess- und Anregungspunkten kann dabei einen signifikanten Einfluss auf die Güte der Messergebnisse und extrahierten Parameter haben. Mit dem vorgestellten Verfahren ist es erstmals möglich, für die gesamte Baugruppe von elektrischen Maschinen potenzielle Messpunkte zu identifizieren.

Last but not least möchte ich den Artikel im Bereich Praxis & Wissen von *Michael Breuckmann* (Breuckmann eMobility GmbH) und *Harald Neudorfer* (emdrive) mit dem Titel „Effizienzgewinne für den Asynchronmotor: Zero Porosity Rotor – ZPR®“ vorstellen. Durch ein neuartiges Gussverfahren kann ein Aluminium- oder Kupfergusskäfig mit extrem geringer Porosität hergestellt werden. Dies ermög-

licht eine sehr hohe elektrische Leitfähigkeit und eine hohe mechanische Festigkeit. Gegenüber den herkömmlichen Herstellungsverfahren mit gezogenen Kurzschlussstäben und angelöteten Kurzschlussringen, z. B. bei Traktionsmaschinen im Bahnbereich, können außerdem die Herstellkosten wesentlich reduziert werden.

Für die große Anzahl an hochwertigen Papers und die Bereitschaft des Herausgebers, ein so 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 Autoren 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 Kollegen, die außerdem noch die Arbeit übernommen haben, die Beiträge zu begutachten und mit konstruktiven Vorschlägen zu optimieren. Aus eigener Erfahrung weiß ich, dass auch für diese Arbeiten sehr viele Stunden notwendig sind. Ohne diese vielen Mühen, aber auch ohne die Bereitschaft der Autoren, ihre Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu publizieren, wäre es nicht möglich, eine interessante Ausgabe zu erstellen.

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

Ihr Harald Neudorfer

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>.