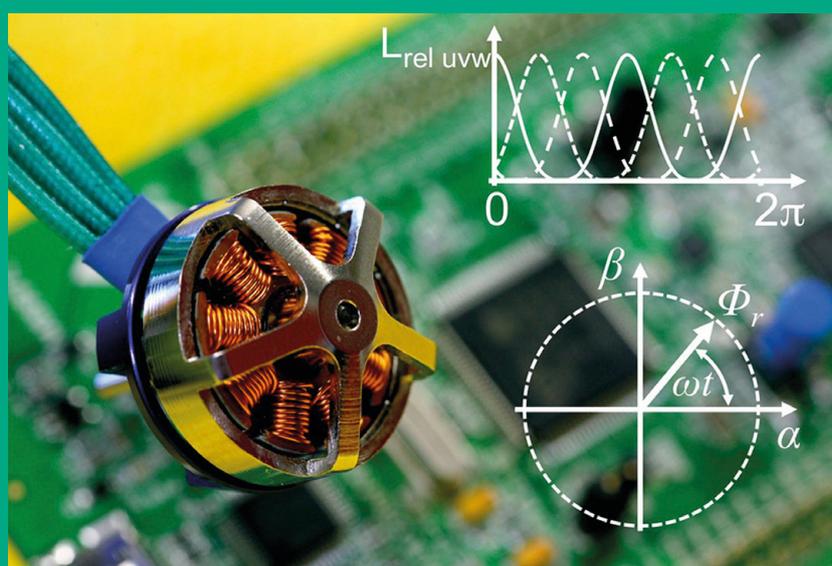


ETG-Fachbericht **159**

IKMT 2019

Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik
Innovative small drives and micro-motor systems

Beiträge der 12. ETG/GMM-Fachtagung
10. – 11. September 2019 in Würzburg



IKMT 2019

Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik Innovative small drives and micro-motor systems

Vorträge der 12. ETG/GMM-Fachtagung
10. – 11. September 2019 in Würzburg

Veranstalter:

VDE e.V., Energietechnische Gesellschaft (ETG)
in Zusammenarbeit mit der VDE/VDI-Gesellschaft
Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM)

Tagungsleitung:

Gerhard Huth, Technische Universität Kaiserslautern

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

ISBN 978-3-8007-5062-7 (CD-ROM)

ISBN 978-3-8007-5063-4 (E-Book)

ISSN 0341-3934

© 2019 VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin
www.vde-verlag.de

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbeschreibungen etc. berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und von jedermann benutzt werden dürfen. Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen frei von gewerblichen Schutzrechten (z. B. Patente, Gebrauchsmuster) sind. Eine Haftung des Verlags für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts des Werks ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln (z. B. das VDE-Vorschriftenwerk) in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten.

Druck und Bindung: DDZ – Digital-Druck-Zentrum GmbH, Berlin
Printed in Germany

Vorwort

In der Antriebstechnik besteht ein stetiger Trend zur mechanischen, elektrischen und informations-technischen Integration in den technologischen Prozess. Es entstehen komplexe mechatronische Antriebssysteme, deren Produktentwicklung ein hohes Maß an Entwicklungsqualität verlangt. Die Vermittlung von Methoden- und Systemkompetenz sowie der effiziente Einsatz von Entwicklungstools sind hierzu notwendige Voraussetzungen. Bei der Forderung nach immer kürzeren Innovationszyklen kann die Simulation von Antriebskomponenten sowie des gesamten Antriebssystems die Entwicklungszeit aber auch die Entwicklungsrisiken deutlich senken. Neben der reinen Simulation ermöglichen durchgängige Entwicklungstools eine schnelle experimentelle Erprobung. Dies ist von steigender Bedeutung, wird doch das Betriebsverhalten des Antriebes zunehmend durch Steuer- und Regelalgorithmen bestimmt. Feinwerktechnisch und mikrotechnisch hergestellte Antriebe eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten, gerade, wenn es um die Miniaturisierung von Systemen geht. Neben den konventionellen Antriebsprinzipien gewinnen hier auch die unkonventionellen Aktorprinzipien an Bedeutung, zum Teil ist erst ihr Einsatz zielführend.

Über diese Themen informieren Experten aus Forschung und Entwicklung am 10. und 11. September 2019 in Würzburg. Bereits zum 12. Mal findet die Fachtagung „Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik“ des VDE statt, dieses Mal mit 25 peer-reviewed Beiträgen und drei Keynote-Vorträgen. Die Veranstaltung ist ein Fachforum für Entwickler, Hersteller und Anwender von Antriebskomponenten und Systemen im unteren Leistungsbereich, sie fördert die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen.

Zielgruppen

Entwickler, Hersteller, Anwender und Zulieferer aus den Bereichen:

- Automotive
- Elektrowerkzeuge, Power-Tools
- Bearbeitungs- und Montagetechnik
- Consumer-Elektronik, Aktorik für Multimedia-Techniken, IT/TK-Geräte, Hausgeräte
- Gebäudeautomatisierung, Haus- und Klimatechnik
- Labor- und Medizintechnik
- Automatisierungstechnik, Prüf-, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Feinwerktechnik, Gerätetechnik
- Mechatronik, Robotik
- Entwicklungsmethodik

Programmausschuss

Wolfgang Amrhein, Johannes Kepler Universität Linz, Österreich

Thomas Bertolini, Dr. Fritz Faulhaber GmbH & CO. KG, Schönaich

Johannes Bilz, Technische Universität Darmstadt

Armin Dietz, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

Carsten Fräger, Hochschule Hannover

Bernd Gundelsweiler, Universität Stuttgart

Wilhelm Hackmann, Continental, Berlin

Björn Hagemann, Delta Electronics (Netherlands) B.V.

Jürgen Halfmann, Robert Bosch GmbH, Bühl

Bernd Löhlein, Technische Universität Kaiserslautern

Andreas Möckel, Technische Universität Ilmenau

Matthias Nienhaus, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Bernd Ponick, Leibniz-Universität Hannover

Inhaltverzeichnis

Direktantriebe

- 1 Linear Direct Drive with Inductive Energy Transmission 8**
Marcel Mittag, Bernd Gundelsweiler, University of Stuttgart, Germany
- 2 Design of an Integrated Linear Flux Modulating Motor for a Direct-drive Belt Conveyor ... 14**
Alexander Hoffmann, Malte Kanus, Ludger Overmeyer, Bernd Ponick, Leibniz University Hannover, Germany
- 3 Resource-saving circulation pump through optimization of the integrated canned motor 20**
Juri Dolgirev, Marc Kalter, Sven Urschel, University of Applied Sciences Kaiserslautern, Germany;
Ralph Funck, Jens Jung, Volker Schimmelpfennig, CirComp GmbH, Kaiserslautern, Germany

Entwurf und Simulation 1

- 4 Comparison of PM line-start motors with surface-mounted and inserted magnets 26**
Gerhard Huth, Hans-Georg Schirmer, University of Kaiserslautern, Germany
- 5 PM line-start short motors with double tooth-coil winding 33**
Gerhard Huth, University of Kaiserslautern, Germany; Jens Krotsch, ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG, Mulfingen, Germany
- 6 Influence of inverter harmonics on continuous performance of a permanent magnet drive ... 40**
Sven Luthardt, Rödental, Germany; Dieter Gerling, Bundeswehr University Munich, Neubiberg, Germany
- 7 Electric machine design automation with Python and ANSYS Maxwell 46**
Patrick Schwarz, Andreas Möckel, Technical University Ilmenau, Germany

Piezoelektrische Antriebe, unkonventionelle Antriebe

- 8 Piezo-Actuated XYPhi-Motor based on Hemispherical Resonators 53**
Frank Schiele, Bernd Gundelsweiler, Wolfgang Schinköthe, University of Stuttgart, Germany
- 9 Magnetic Flux Control through Magnetic Shape Memory Alloys in Reluctance Actuators ... 58**
Marco Hutter, Markus Raab, Bernd Gundelsweiler, University of Stuttgart, Germany;
Arif Kazi, Fabian Wolf, Aalen University of Applied Sciences, Germany
- 10 Series and parallel actuation array of elastic micro-twisted string actuators 64**
Savio A. D. Souza, Pia Mühlbauer, Swantje Janzen, Jan Liu, Peter P. Pott, Universität Stuttgart, Germany
- 11 Demonstrator of a low-cost active knee orthosis with twisted string actuation 69**
Pia Mühlbauer, Swantje Janzen, Kent Stewart, Peter P. Pott, University Stuttgart, Germany

Mechatronische Antriebssysteme 1

- 12 Cooling of Linear Direct Drives in Precision Engineering with Piezo Fans** 74
Simon Strohmeyr, Bernd Gundelsweiler, Wolfgang Schinköthe, Sabri Baazouzi, University of Stuttgart, Germany
- 13 Influence of PM-Material on the Parameter Uncertainty of Bearingless Synchronous Machines** 80
Daniel Dietz, Andreas Binder, Technical University of Darmstadt, Germany

Keynote

- 14 Hochauflösende miniaturisierte Längenmesssysteme auf magnetischer Basis für Klein- und Mikroantriebe** 86
Rolf Slatter, Sensitec GmbH, Lahnu, Deutschland

Entwurf und Simulation 2

- 15 Impact of different cutting methods on core losses and magnetizing demand of electrical steel sheets** 92
Michael Reinlein, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach, Germany; Martin Regnet, A. Kremser, Technische Hochschule Nürnberg, Germany; P. Szary, thyssenkrupp Steel Europe AG, Bochum, Germany; U. Abele, Gebrüder Waasner, Forchheim, Germany
- 16 Semi-analytical and numerical calculation of a great number of induction machines taking into account cutting edges** 97
Michael Reinlein, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach, Germany; M. Regnet, A. Kremser, Technische Hochschule Nürnberg, Germany; P. Szary, thyssenkrupp Steel Europe AG, Bochum, Germany; U. Abele, Gebrüder Waasner, Forchheim, Germany
- 17 Numerical and Analytical Investigation of Rotor Eddy Current Losses for a Super High Speed Permanent Magnet Synchronous Motor** 102
Jiawei He, Bernd Löhlein, Gerhard Huth, Technical University of Kaiserslautern, Germany
- 18 Concept of a two-stator axial flux machine with field-wound fiber-composite rotor** 110
Fabian Endert, Andreas Möckel, Technical Universität of Ilmenau, Germany

Antriebssteuerung und Antriebsregelung

- 19 Dual loop position control for mechanical systems with backlash and elasticity** 116
Federico Percacci, Marko Tanaskovic, Weisheng Kong, Chen Zhao, Patrik Gnos, maxon motor ag, Sachseln, Switzerland
- 20 Comparison of Reinforcement Learning Algorithms for Speed Ripple Reduction of Permanent Magnet Synchronous Motor** 122
Tobias Schindler, Lukas Foss, Armin Dietz, Technische Hochschule Nürnberg, Nuremberg, Germany
- 21 Comparison between sliding mode load-torque observer techniques for DC motor without torque sensor** 128
Stefano Fabbri, Niklas König, Matthias Nienhaus, Emanuele Grasso, Saarland University, Saarbrücken, Germany

22	Combination of two different sensorless techniques for complete speed range sensorless drive and control of small sized PMSMs	134
	Stefano Fabbri, Klaus Schuhmacher, Matthias Nienhaus, Emanuele Grasso, Saarland University, Saarbrücken, Germany	
23	Hybrid amplitude and vibration control for a small-scale linear drive with two sliders magnetically spring-loaded	140
	Abd Elkarim Masoud, Jürgen Maas, Technical University Berlin, Germany	
24	Brushless Excitation System for Synchronous Machines with Rotary Transformer supplied by Common Mode Voltage	146
	Stefan Udemä, Carsten Fräger, University of Applied Science and Arts, Hannover, Germany	

Mechatronische Antriebssysteme 2

25	Aspects of High Performance Flat External Rotor Motors	152
	Frank Schwenker, Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG, Schönaich, Germany	
26	Identification and Approximation of Time Variant Parameters of the Electric Model of Permanent Magnet Synchronous Machines	156
	Nils Wilcken, Carsten Fräger, University of Applied Sciences and Arts, Hannover, Germany	