

MIKA | Projektlaufzeit: 2,5 Jahre

## Modellbasierte und intelligente Kleinantriebstechnik

VDI|VDE|IT



PROJEKTLEITER  
Prof. Dr. Armin Dietz

EnCN<sup>2</sup> - Effizienz  
Energieeffiziente Ansteuerkonzepte für  
Antriebssysteme und leistungs-  
elektronische Energiesysteme

ELSYS - Institut für  
Leistungselektronische Systeme

Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm

Ansprechpartner  
M.Sc. Sebastian Wendel  
Tel.: +49.911.5880.3138  
Fax: +49.911.5880.5368  
Sebastian.wendel@th-nuernberg.de

[www.th-nuernberg.de/elsys](http://www.th-nuernberg.de/elsys)  
[www.encn.de](http://www.encn.de)

Die kontinuierlich zunehmenden Anforderungen an die Kleinantriebstechnik sowie der stark wachsende Markt in diesem Bereich erfordert eine zunehmende Steigerung der Performance, der Effizienz und der Flexibilität. Im Forschungsvorhaben MIKA soll durch die ganzheitliche Betrachtung des Antriebssystems die Steigerungen der Energieeffizienz und Dynamik sowie die Berücksichtigung neuer Optimierungskriterien durch intelligente und modellbasierte prädiktive Regelungsmethoden (MPC) im industriellen Umfeld entwickelt und erprobt werden.

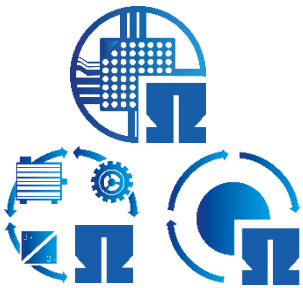
Das Vorhaben soll Aussagen zur Anwendbarkeit von modellbasierten prädiktiven Regelungsmethoden in der Kleinantriebstechnik liefern. Neben der Energieeffizienz und Flexibilität werden auch Dynamiksteigerungen sowie ein verbessertes Störverhalten (z.B. bei mechanischen Schwingungen) angestrebt. Das Vorhaben baut auf dem Forschungsprojekt FIKAT4.0 auf und ist die inhaltliche Fortsetzung dessen. Im Projekt MIKA wird auf neuartige Echtzeit-Berechnungsplattformen wie System-on-a-Chip (SoC) Lösungen (Abb.1) mit Mikrocontroller und Field Programmable Gate Array (FPGA) gesetzt. Neben der Verbesserung der Modellgenauigkeit und der Erhöhung der Prädiktionsschrittweite wird im Vorhaben die industrielle Evaluierung sowie der Transfer zu den Partnerunternehmen fokussiert.

Die durch MPC erzielte Optimierung der Regelgüte, die Minimierung der Baugröße durch neuartige Halbleiter, die verschiedenen Geberschnittstellen und die erhöhte Wandlungsfähigkeit durch eine gewichtete Optimierungsfunktion bei MPC ermöglichen eine zu erwartende Flexibilität und vermeidet teure Einzellösungen im Bereich der Kleinantriebstechnik. Durch eine implementierte online Parameteridentifikation, für den jeweils angeschlossenen Antrieb, kann zu Beginn des Betriebes die modellbasierte Regelung auf die reale Regelstrecke angepasst werden. Dies ist der Schlüssel für den flexiblen Einsatz des Kleinumrichters. Gegenüber den bestehenden Lösungen wird hierdurch eine erleichterte und kostengünstigere Nutzung von Kleinantriebstechnik im produzierenden Gewerbe erwartet.



Abb. 1: Echtzeit-Berechnungsplattform am Institut ELSYS

Ein wesentlicher Bestandteil des Vorhabens ist die Entwicklung von geeigneten Verlustmodellen der Antriebskomponenten. Insbesondere die Modellbildung der Eisen- und Zusatzverluste in den elektrischen Maschinen stellt hier eine neue Herausforderung dar. Ein weiteres Potential liegt in der modelltechnischen Berücksichtigung der mechanischen Regelstrecke, durch welche z.B. mechanische Schwingungen im Antriebssystem gedämpft werden können. Weiterhin muss im Forschungsvorhaben die Umsetzung in echtzeitfähige Algorithmen untersucht werden, um MPC erfolgreich in der industriellen Praxis zu erproben. Hierzu sind vielfältige Untersuchungen sowohl in hardwaretechnischer und vor allem in algorithmischer Weise durchzuführen. Die Erkenntnisse aus dem vorgelagerten Projekt FIKAT4.0 haben gezeigt, dass die Implementierung der Algorithmen vorerst auf einer FPGA-Basis durchgeführt werden muss. Eine anschließende Optimierung kann den Einsatz mit gängigen DSP-Systemen oder low-cost FPGA-Systemen ermöglichen. Des Weiteren sollen die MPC-Algorithmen optimiert werden, da in der Algorithmen-Optimierung eines der größten ungenutzten Potentiale liegt. Die Leistungselektronik, Berechnungs- und Kommunikationsplattform werden zu einem System integriert und an verschiedenen motorischen Probanden im Labormaßstab und industriellen Umfeld bei den Partnerunternehmen erprobt. Es ist vor allem wichtig, weitere Verbesserungen der MPC-Algorithmen unter der Berücksichtigung realistischer Annahmen zu erzielen.



VDI|VDE|IT



PROJEKTLEITER  
Prof. Dr. Armin Dietz

EnCN<sup>2</sup> - Effizienz  
Energieeffiziente Ansteuerkonzepte für  
Antriebssysteme und leistungs-  
elektronische Energiesysteme

ELSYS - Institut für  
Leistungselektronische Systeme

Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm

Ansprechpartner  
M.Sc. Sebastian Wendel  
Tel.: +49.911.5880.3138  
Fax: +49.911.5880.5368  
Sebastian.wendel@th-nuernberg.de

www.th-nuernberg.de/elsys  
www.encn.de

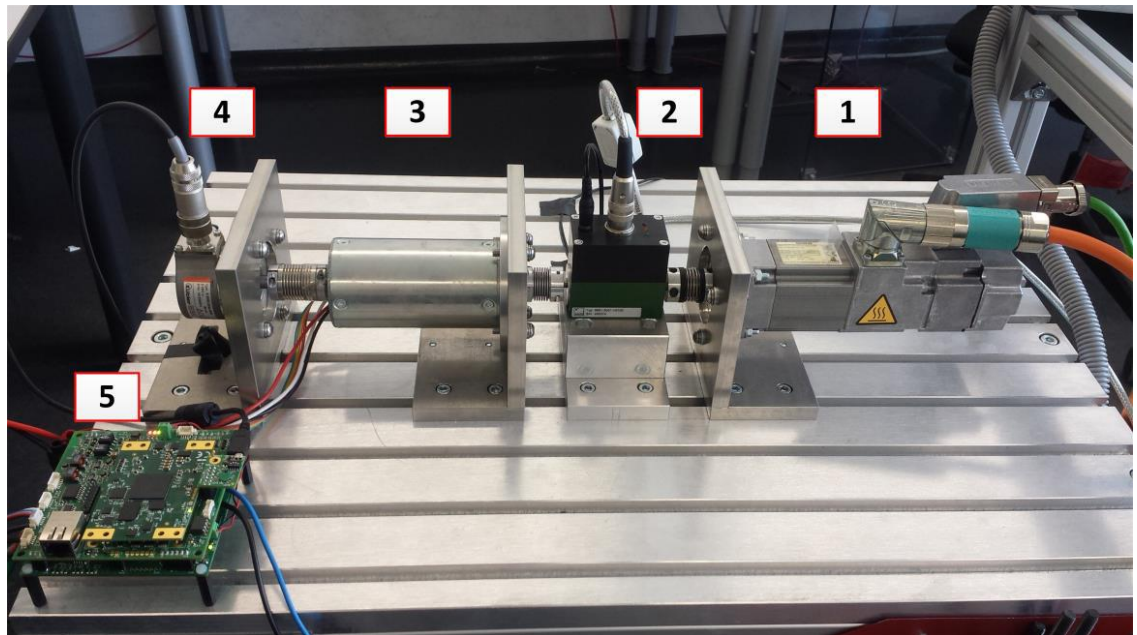


Abb. 2: Mechatronischer Antriebsstrang zur Evaluierung von modellbasierten prädiktiven Regelalgorithmen

**Projekthalte:**

Es werden Modelle zur Vorhersage des Maschinenverhaltens mit verschiedener Detailtiefe von den zu betrachtenden Maschinen (v.a. Synchronmaschine, Asynchronmaschine) erstellt bzw. vorhandene Modelle erweitert und im diskreten Zeitbereich dargestellt. Die Herausforderungen liegen hier zum einen in der vorteilhaften Formulierung der Modellgleichungen, so dass möglichst wenige Rechenschritte auf dem SoC benötigt werden. Zum anderen gilt es, die komplexen Verlustmechanismen elektrischer Maschinen (z.B. Eisen- und Zusatzverluste) auf möglichst einfache und dennoch präzise Art abzubilden und in die Prädiktionsmodelle zu integrieren. Die Modellbildung soll in der Simulationsumgebung MATLAB/Simulink von MathWorks umgesetzt werden.

Die in der Simulationsumgebung entstandenen Regelalgorithmen werden anschließend mit Hilfe von Rapid Control Prototyping (RCP) (Abb.3) genutzt, um implementierbaren VHDL-Code oder C-Code zu erzeugen. Der Code wird auf der SoC-Berechnungsplattform implementiert und für den Vergleich mit dem Stand der Technik genutzt. Dies erfolgt zum einen am Prüfstand im Labormaßstab (Abb. 2). Für die Implementierung wird aufbauend auf dem Projekt FIKAT4.0 ein modularer Kleinumrichter mit der neuartigen SoC-Berechnungsplattform kombiniert ((5) in Abb. 2).

Ein Drehgeber (4) und der Prüfling (3) werden mit Hilfe einer Messwelle (2) und Belastungsmaschine (1) in Abb.2 exemplarisch evaluiert. Durch Vereinfachungen und Optimierungen an den Modellen wird hierbei versucht, im Labormaßstab die Rechenzeit zu minimieren und dabei möglichst wenig Funktionalität einzubüßen. Zum anderen werden die MPC-Algorithmen an realen Demonstrationsanlagen der Industriepartner angewandt. In einem weiteren Schritt sind Umsetzungen im direkten Industrieumfeld geplant. Dabei wird zwischen stationären Prozessen wie Pumpe/Lüfter, und dynamischen Prozessen unterschieden.

Die voraussichtliche Gesamtdauer des Forschungsprojektes beträgt 2,5 Jahre. Eine Weiterführung des Forschungsvorhabens nach Ablauf wird durch die Projektpartner angestrebt. Weitere Forschungsansätze werden hierbei im Laufe dieses Forschungsprojektes eruiert. Allem voran die Berücksichtigung neuartiger Optimierungskriterien (z.B. Berücksichtigung von mechanischen Schwingungen) stellt hierbei ein großes Potential im Anwendungsbereich von hochdynamischen Positionierprozessen (z.B. Handlingsysteme) dar.

Das geplante Forschungsvorhaben stellt einen möglichen Ansatz für ein Leuchtturmprojekt im genannten Bereich dar.



Abb.3: Automatisierter Workflow für Rapid Control Prototyping am Institut ELSYS