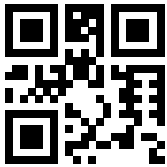


Wer wir sind – IAV:

Wir (die IAV GmbH) entwickeln seit 40 Jahren gemeinsam mit unseren Kunden die Mobilitätssysteme der Zukunft. Der überwiegende Anteil unserer Projekte liegt in der Automobilindustrie, aber auch im Bereich der Nutzfahrzeuge, Landmaschinen, Robotik und stationären Energietechnik sind wir aktiv. So arbeiten wir unter anderem an Antriebssystemen, Fahrerassistenzsystemen bis hin zum vollautomatisierten Fahrzeug und an modernen Entwicklungsmethoden und Tools. Mit mehr als 7600 Mitarbeitenden verteilt an verschiedenen Standorten in Deutschland, sowie weiteren internationalen Standorten unter anderem in USA, Brasilien, China und Polen, werden wir von unseren Kunden als kompetenter Partner für herausfordernde Probleme wahrgenommen. Weitere Informationen findet ihr auf unserer Internetseite.



www.iav.com

Wer wir sind – Abteilung für Funktionsentwicklung Elektrischer Antriebe:

In der Abteilung für Funktionsentwicklung Elektrischer Fahrdrriebe entwickeln wir die Software im elektrifizierten Antrieb von Fahrzeugen. Diese beinhaltet die Regelung des Antriebssystems, sowie Überwachungs- und Komfortfunktionen. Dabei betrachten wir alle Leistungsführenden Komponenten im und um das Fahrzeug. Das betrifft den Inverter im Antrieb, Ladesysteme und die Batterie mit dem Batterie Managementsystem. Für unsere interne Entwicklung suchen wir stetig nach studentischer Unterstützung im Rahmen von Praktika, Abschlussarbeiten und Werksstudententätigkeiten. Bei Interesse könnt ihr euch über die nachfolgend verlinkte Stellenausschreibung in unserem Bewerberportal bewerben. Eine Liste mit konkreteren spannenden Themen, findet ihr ebenfalls nachfolgend. Wir verteilen die Bewerbungen Abteilungsintern auf die passenden Ansprechpartner, bewirbt euch also gern über eine der beiden Ausschreibungen, wenn euch eines der nachfolgenden Themen, oder ganz allgemein eine studentische Arbeit in unserer Abteilung interessiert.



Regelung elektrischer Maschinen



Batteriemanagementsystem

Diese Aufgaben bieten wir:

1 Zuverlässigkeitsanalyse des Inverters in einer modellbasierten Systemarchitektur

Durch automatisierte Fahrfunktionen werden gesteigerte Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Antriebs gestellt. Nach Erkennung eines Fehlers muss der Betrieb des Antriebs bis zur sicheren Übergabe an den Fahrer gewährleistet werden. Aus diesem Grund wird erwartet, dass die Betrachtung der Zuverlässigkeit zukünftig eine größere Rolle spielt. Mit einem Reliability Block Diagram (RBD) kann die Mean Time Between Failure (MTBF) für eine verteilte Funktionalität ermittelt werden. Die Herausforderung dabei ist jedoch den Pfad der verteilten Funktion durch die komplexe Steuerungshardware zu ermitteln, um das RBD aufstellen zu können. Weiterhin können sich auch in der Steuerungssoftware Redundanzen abbilden lassen, die erst bei einem genaueren Blick in die Softwarearchitektur sichtbar werden. Bei diesen Problemen kann ein Systemarchitekturmodell helfen, welches die relevanten Hardwareelemente und Softwarekomponenten mit deren Schnittstellen und Funktionen abbildet.

Die Aufgabe besteht darin eine bestehende Softwarearchitektur, um die Hardwarearchitektur zu erweitern, eine Methodik zur Analyse der Wirkketten zu demonstrieren und eine Toolschnittstelle zur Berechnung der Zuverlässigkeit zu entwickeln.

2 Modellprädiktive Stromregelung einer E-Maschine

Nach Stand der Technik erfolgt die Stromregelung von elektrischen Maschinen mit kontinuierlichen PI-Reglern. In der Praxis sind diese Regler schwer zu kalibrieren. Zusätzlich muss die Robustheit oftmals durch zusätzliche Maßnahmen gesteigert werden. In dieser Arbeit soll in einer Simulation untersucht werden, ob durch Einsatz einer modellprädiktiven Regelung (engl. model predictive control, MPC) die Regelgüte und Robustheit gesteigert sowie die Kalibrierung vereinfacht werden kann. Hierzu sind zunächst verschiedene, bereits vorhandene, MPC-Implementierungen zu sichten und aufzubereiten. Anschließend sollen diese um weitere Ansätze erweitert werden.

Die konkreten Arbeitspakete können dabei wie folgt aussehen:

- Einarbeitung permanenterregter Synchronmotor (PMSM), feldorientierte Regelung und MPC
- Literaturrecherche zum Einsatz von MPC zur Stromregelung
- Inbetriebnahme des bestehenden Simulationsmodells in MATLAB/Simulink
- Sichtung und Aufarbeitung bereits vorhandener MPC-Implementierungen
- Erweiterung der bestehenden Ansätze
- Durchführung von Simulationen und Vergleich von MPC mit bestehenden Regelungsansätzen (PI-Regler, Zustandsregler, LQR)
- Robustheitsanalyse
- Untersuchung der Rechenzeiten und der Einsatzbarkeit in der Praxis
- Gegenüberstellung und Interpretation der Ergebnisse
- Optional: Anwendung auf eine fremderregte Synchronmaschine (FSM)

3 Sensorlose Regelung einer E-Maschine

Die Stromregelung von elektrischen Maschinen erfolgt nach Stand der Technik mittels der feldorientierten Regelung (engl. field oriented control, FOC), welche eine möglichst exakte Rotorlage benötigt. Diese wird in der Regel durch entsprechende Sensoren bereitgestellt. Entfällt ein solcher Rotorlagesensor (z.B. aus Kostengründen), so muss die Rotorlage durch ein Schätzverfahren berechnet werden. Die Regelung ohne Rotorlagesensor wird auch als Sensorlose Regelung bezeichnet.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Stand der Technik der Sensorlosen Regelung erfasst, bestehende interne Vorarbeiten gesichtet und um weitere Verfahren ergänzt werden. Die verschiedenen Ansätze sind miteinander zu vergleichen und die Vor- und Nachteile sollen herausgearbeitet und gegenübergestellt werden.

Die konkreten Arbeitspakete können dabei wie folgt aussehen:

- Einarbeitung permanenterregte Synchronmaschine (PMSM) und feldorientierte Regelung
- Literaturrecherche zur sensorlosen Regelung (PMSM und weitere Maschinentypen, z.B. fremderregte Synchronmaschine)
- Sichtung und Aufarbeitung bereits vorhandener interner Ansätze zur sensorlosen Regelung
- Inbetriebnahme des bestehenden Simulationsmodells in MATLAB/Simulink
- Konzeptionierung und Implementierung weiterer Ansätze zur sensorlosen Regelung
- Simulativer Vergleich der Verfahren
- Robustheitsanalyse
- Gegenüberstellung und Interpretation der Ergebnisse

4 Sensitivitätsanalyse für die Drehmomentgenauigkeit elektrischer Traktionsantriebe

Die Drehmomentgenauigkeit eines Fahrzeugantriebs ist unabhängig von der Antriebsart von großer Relevanz in der Fahrzeugentwicklung und im Endprodukt. Wie auch bei Verbrennungsmotoren wird das erzeugte Drehmoment beim Elektromotor nicht im Betrieb gemessen, sondern Anhand gemessener Betriebsgrößen mittels Modelle berechnet. Die Genauigkeit dieser Modelle ist in großen Teilen von der gewählten Modellstruktur, den Modellparametern und der Genauigkeit der gemessenen Eingangssignale abhängig.

Aufgabe der Abschlussarbeit soll es sein, eine geeignete Analysemethodik der Drehmomentgenauigkeit beeinflusst durch Strom- und Rotorlagesensorungenauigkeit sowie Parameterungenauigkeiten zu erarbeiten. In einer Literaturrecherche sind Methoden der Sensitivitätsanalyse herauszuarbeiten und eine Geeignete mit Begründung auszuwählen. Anschließend soll ein in Simulink vorgegebenes Regelungsmodell in ein Functional Mock-Up (FMU) umgewandelt und in ein mit Modelica erstelltes Modell von Wechselrichter und Maschine (PSM) eingebettet werden. Nach Umsetzung des gewählten Verfahrens der Sensitivitätsanalyse sollen die Ergebnisse dargestellt und hinsichtlich der Auswirkung verschiedener Fehlerquellen auf die Drehmomentgenauigkeit ausgewertet werden.

Die konkreten Arbeitspakete können dabei wie folgt aussehen:

- Literaturrecherche zu Verfahren der Sensitivitätsanalyse
- Begründete Wahl eines geeigneten Verfahrens der Sensitivitätsanalyse
- Erstellung eines Maschinen- und Wechselrichtermodells in Modelica
- Ausleiten eines in Simulink vorgegebenen Regelungsmodells in ein FMU
- Umsetzung des gewählten Verfahrens der Sensitivitätsanalyse mit FMU- und Modelica-Modell
- Auswertung der aus der Sensitivitätsanalyse erhaltenen Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkung verschiedener Fehlerquellen auf die Drehmomentgenauigkeit

5 Systemidentifikation von einer Käfigläufer-Asynchronmaschine

Für einen effizienten und robusten Betrieb der elektrischen Maschine eines Traktionsantriebs für elektrische Fahrzeuge muss das dynamische und stationäre Verhalten der Maschine hinreichend genau bekannt sein. Für deren Beschreibung werden etablierte mathematische Modelle wie das T-Ersatzschaltbild eingesetzt. Die Herausforderung hierbei ist jedoch, die Parameter der beschreibenden Modelle zu bestimmen.

Die Parameter werden üblicherweise aus FEM-Simulationen unter Einbezug von Materialeigenschaften und Geometrien der Maschine zu bestimmt. Die bestimmten Parameter weichen jedoch von denen der real gefertigten Maschine ab. Ein weiterer Weg ist die Bestimmung (Identifikation) der Maschinenparameter aus Messdaten einer realen Maschine. Hierbei werden die Parameter des Maschinenmodells derart angepasst, dass die Ergebnisse des Modells mit denen der Vermessung der realen Maschine bestmöglich übereinstimmen. Dieser Vorgang kann als Optimierungsproblem aufgefasst werden, das mit numerischen Ansätzen gelöst wird.

Aufgabe der studentischen Arbeit soll es sein, ein Konzept zur Identifikation der Parameter des T-Ersatzschaltbildes zu entwickeln.

Die konkreten Arbeitspakete können dabei wie folgt aussehen:

- Einarbeitung in das bestehende Simulationsmodell der Käfigläufer-Asynchronmaschine
- Inbetriebnahme des Simulationsmodells zusammen mit dem Regelungsmodell des ASw
- Erstellung eines Konzepts zur Identifikation des Systemverhaltens für unterschiedliche Arbeitspunkte (Drehzahl, D-Strom, Q-Strom) und Nutzung von bestehenden Libraries bzw. IAV-internen Tools zur Systemidentifikation
- Durchführung der Systemidentifikation und Darstellung der Ergebnisse
- Vergleich der Simulationsergebnisse mit den Ergebnissen realer Messungen

6 Anwendung von KI-Methoden auf die Regelung elektrischer Antriebe

Nach Stand der Technik basiert die Regelung von elektrischen Antriebssystemen auf einer Verschaltung äußerer Regelkreise oder Steuerungen, die beispielweise ein optimales Drehmoment oder eine Geschwindigkeit einstellen, mit einem inneren Regelkreis, der den Stromfluss durch die Motorphasen regelt. In der Praxis kommen dafür oft PI-Regler zum Einsatz und es sind zusätzliche Beobachter sowie Kompensationsmodelle erforderlich.

In der Literatur existieren eine Reihe von Veröffentlichungen, die die Ergänzung bzw. die Ersetzung von Teilen oder der gesamten Regelungsstruktur durch Machine-Learning (ML) Ansätze untersuchen. Im Rahmen dieser Arbeit sollen ausgewählte Ansätze in eine existierende Simulationsumgebung, bestehend aus physikalischen Komponentenmodellen und state of the art Regelalgorithmen, integriert und bewertet werden.

Die konkreten Arbeitspakete können dabei wie folgt aussehen:

- Einarbeitung in klassische Regelungskonzepte für elektrische Maschinen (feldorientierte Regelung)
- Literatur-Recherche zum Thema KI/ML-Methoden für die Regelung elektrischer Antriebe
- Identifikation ausgewählter KI/ML-Ansätze
- Implementierung und Integration in eine existierende Simulationsumgebung
- Training der Modelle mit Hilfe eines leistungsfähigen Optimierungsframeworks auf einem Rechencluster
- Vergleich und Bewertung der Ansätze untereinander und mit dem klassischen Regelverfahren

7 Simulationsumgebung für bidirektionales Laden

Das Laden von Elektrofahrzeugen ist zugleich eine Herausforderung als auch eine Chance für die Energieversorgungsnetze. Derzeit werden Ladevorgänge meist zeitnah nach dem Steckvorgang mit der maximal möglichen Leistung bis zum gewünschten Ziel-SOC geladen. Allerdings ist dies nur in den seltensten Fällen nötig und kann zudem die Netze insbesondere bei Schnellladevorgängen und großer Fahrzeugflotte schnell überlasten. Intelligente Ladeverfahren wie Smart Charging und bidirektionales Laden oder die Verwendung von zusätzlichen Batteriespeichern in Schnellladesäulen können die Belastung der Netze stark reduzieren. Vielmehr können sie sogar den Anteil erneuerbarer Energien wie Sonne und Wind bei netzgesteuerten Ladevorgängen weiter erhöhen und Speicher für das Netz bereitstellen. Viele Akteure sind somit an einem Ladevorgang beteiligt. Das sind z. B. das Fahrzeug, die Ladestation (EVSE), der Betreiber der Ladestation, der Verteilernetzbetreiber, der Mobilitätsdienstleister und die Clearingstelle. Sie alle müssen miteinander kommunizieren, um die benötigte Energie für das Fahrzeug bereitzustellen, die Interoperabilität aller Fahrzeuge und EVSEs zu gewährleisten, eine einfache Abrechnung zu ermöglichen und die Einschränkungen des Netzes (Stabilität, grüne Energie) zu berücksichtigen.

In dieser Arbeit soll eine bestehende Simulationsumgebung in Modelica und Matlab/Simulink erweitert werden. Ziel der Simulationsumgebung ist es, das Systemverständnis für Entwickler zu stärken, um ein optimales Gesamtsystem zu entwickeln und intelligente Software-Funktionen implementieren und testen zu können. Derzeit kann hier ein unidirektionaler DC-Ladevorgang bezüglich Kommunikation zwischen Ladesäule und Fahrzeug sowie deren Hochvoltssysteme dargestellt werden. Je nach Interessenlage und individuell setzbaren Schwerpunkten, können einige der folgenden Punkte bearbeitet werden:

- Erweiterung der Kommunikation für bidirektionales Laden im dynamischen Modus nach ISO 15118-20
- Erweiterung um Ladefehler
- Ergänzung des Energienetzes eines Einfamilienhauses mit gängigen Lasten und Quellen sowie Netzanschluss für Vehicle to Home (V2H)
- Implementierung eines intelligenten Energiemanagements / Optimierung für minimalen Netzbezug
- Erweiterung um mehrere Ladesäulen und Fahrzeugen für Vehicle to Grid (V2G)