



SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG



Im Labor der Abteilung werden Anlagen- und Maschinenmodelle mit Reglern in einer echtzeitfähigen Hardware-in-the-Loop-Simulation gekoppelt. Hierzu können Regelungsalgorithmen auf den abteilungseigenen Steuereinheiten implementiert oder die originalen Kundensysteme eingebunden werden. Die umfangreich ausgestattete HIL-Plattform ermöglicht eine Datenerfassung und -generierung vieler verschiedener Signaltypen sowie vielfältige Fehler-simulationen.



Die Komplexität im dynamischen Verhalten vieler technischer oder biologischer Systeme resultiert oftmals aus einer Vernetzung unterschiedlicher Teilsysteme und Strukturen, die jeweils mit spezifischen Sensor- und Aktorkonfigurationen ausgestattet sind. Im Hinblick auf die Informationsgewinnung aus Messungen des System- bzw. Strukturverhaltens ist in vielen Fällen von störungsüberlagerten Sensorinformationen auszugehen. Überdies liegen in der Regel nur unvollständige System- und Strukturbeschreibungen vor. Typische von der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung bearbeitete Fragestellungen sind die Identifikation dynamischer Systeme und deren Parameter sowie die Bereitstellung von echtzeit-tauglichen Simulationsmodellen. Diese sind die Grundlage zur Entwicklung von Prognose-Systemen zum Systemmonitoring, Reglern oder zur Validierung des Verhaltens von Steuereinheiten mit »Hardware-in-the-Loop-Ansätzen«. Für die Lösung der Aufgaben greift die Abteilung auf ihre Kernkompetenzen in den Bereichen System- und Kontrolltheorie – mit Spezialkompetenzen zur Modellreduktion (symbolisch, numerisch, parametrisch) differential algebraischer geschalteter Systeme – sequentielle Monte-Carlo-Ansätze (Partikelfiltermethoden) zur Simulation und Zustandsschätzung von stochastischen Prozessen zurück. Darüber hinaus kommen Methoden des Maschinellen Lernens wie Deep Learning, probabilistische graphische Modelle sowie Clustering-Algorithmen in hochdimensionalen Datenräumen zum Einsatz.

SCHWERPUNKTE

- Anlagen- und Maschinenregelung
- Energieerzeugung und -verteilung
- Biosignalverarbeitung
- Maschinelles Lernen in Medizin und Technik
- Softwaretools zum Prozess- und Innovationsmanagement

Kontakt

andreas.wirsen@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de/sys





REGELKONZEPTE FÜR ENERGIENETZE DER ZUKUNFT

Im Fokus der Energiewende stehen gegenwärtig vor allem Stromerzeugung, Transportnetze und Elektromobilität. Im Hinblick auf eine CO₂-neutrale Energieversorgung muss der Blick aber weiter gefasst werden, denn der Energiekreislauf umfasst Erzeugung, Umwandlung, Transport, Speicherung und Verbrauch in Strom-, Gas- und Wärmenetzen. Unabhängig vom Energiemedium gibt es eine Reihe wiederkehrender mathematischer und informationstechnischer Grundprobleme bei der Modellierung, Simulation und Steuerung bzw. Regelung hierarchischer Energienetze mit stochastischer Erzeugung und Verbrauch. Zur Lösung dieser Probleme sollen im vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Projekt MathEnergy nun gebündelte mathematische Methoden entwickelt, in einer Softwarebibliothek zusammengeführt und bei mehreren Demonstratoren aus den Bereichen Gas und Strom sowie deren Kopplung angewendet werden. Das Projekt ist in die Segmente Gesamtnetzmodellierung, Modellordnungsreduktion, Szenarienanalyse, Zustandsschätzung und Regelung, Gesamtintegration und Demonstratoren unterteilt.

Im Projekt werden von der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung insbesondere netzübergreifende, modellbasierte Monitoring- und Regelungskonzepte für Planung und Betrieb des elektrischen Transport- und Verteilnetzes erarbeitet.

Ausgangspunkt für die modellbasierte optimale Regelung der Einspeisung und Entnahme von Strom oder Gas ist die Ermittlung der aktuellen Systemzustände des zugrundeliegenden mathematischen Modells basierend auf Messdaten. Unter Berücksichtigung der Beobachtbarkeit des verwendeten Modells einerseits sowie einer Fehleranalyse zur Einspeiseprognose erneuerbarer Erzeuger im Stromnetz andererseits werden zunächst Methoden zur optimalen Positionierung zusätzlicher Sensoren für die dynamische Zustandsschätzung entwickelt. Hierbei sind technische (Abtastraten, Signallaufzeiten, Fehler etc.) und ökonomische Randbedingungen zu berücksichtigen. Zur dynamischen Zustandsschätzung werden die Realisierungen einerseits von Kalman-Filter-Varianten und andererseits von in der Abteilung weiterentwickelten Partikelfilter-Methoden analysiert. Letztere können zur Zustandsschätzung bei Systemen mit stochastischem Verhalten, mit physikalischen Restriktionen und zeitlich ungleich verteilten Messungen eingesetzt werden. Die entwickelten echtzeitauglichen Tools zur Zustandsschätzung und die Methoden zur Szenarienanalyse werden dann in einen Reglerbaustein zur Netzebenen-übergreifenden Koordination mittels modellprädiktiver Regelung eingesetzt. Hierzu sollen hierarchische oder verteilte MPC-Ansätze mit reduzierten dynamischen Modellen zum Einsatz kommen, bei denen die verschiedenen Regler miteinander durch Datenaustausch kommunizieren.

1 *Unterstation mit Leitungen und Transformatoren*