
**Contributions to simulation and control of power-electronic systems with
focus on railway applications**

Leistungselektronische Systeme als die wichtigsten Stellglieder für die Leistungssteuerung in antriebstechnischen Prozessen und im Energietransport werden in immer höheren Leistungsklassen (bis 1000 MW) und in immer komplexer werdenden, z.B. räumlich weit ausgedehnten Strukturen realisiert.

Trotz der immensen Bedeutung existiert zur Zeit keine umfassende Theorie für Simulation und Regelung leistungselektronischer Systeme, die den spezifischen Systemeigenschaften voll Rechnung trägt. Vor allem für Anwendungen der Höchstleistungsstufe – für die lediglich geringe Schaltfrequenzen in der Größenordnung von einigen 100 Hz zur Verfügung stehen – ist der hybride Charakter leistungselektronischer Systeme von besonderer Bedeutung. [’hybrid’ bezeichnet hierbei die Kombination kontinuierlicher und diskreter Elemente.]

Bei zur Zeit eingesetzten Konzepten für Anwendungen im Höchstleistungsbereich wird der hybride Charakter bei Lösungen für Simulation und Regelung außer Acht gelassen. Bei fast allen Regelungsansätzen wird der zeitvariable Systemcharakter zu Gunsten einer Mittelwertsbetrachtung über eine Schaltperiode vernachlässigt. Diese Dissertation setzt an diesem Mangel an: systematisch stringente Ansätze für Simulation und Regelung leistungselektronischer Systeme, die den Einfluss der einzelnen Schaltvorgänge auf die Eigenwerte berücksichtigt, werden präsentiert. Einerseits soll das Verhalten der geregelten hybriden leistungselektronischen Systeme stark verbessert und andererseits die Systemkosten und die Dauer der Entwicklungsprozesse deutlich reduziert werden. Die Kernaspekte und die Leistungsfähigkeit werden am anschaulichsten Beispiels eines Einphasenwechselrichters am Einphasennetz dargestellt. Der vorgestellte Ansatz für Simulation und Regelung kann auf alle leistungselektronischen Anwendungsgebiete übertragen werden. Exemplarisch sollen Verteilungsnetze, Windparks, Bordnetze von Schiffen, Bahn- sowie Elektrostraßenfahrzeuge genannt werden. Vor allem in Anwendungen mit niedriger Schaltfrequenz können mit Hilfe des neuen Regelungsansatzes erhebliche Verbesserungen erzielt werden.

Traktionsantriebe gehören zu den typischen Anwendungsgebieten mit niedrigen Schaltfrequenzen. Sie stellen aufgrund der hohen Leistungsdichte bei modernen Triebfahrzeugen und aufgrund der niedrigen Kurzschlussleistung der speisenden Bahnnetze besondere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Regelungen.

Um den Simulationsansatz validieren und das stationäre und dynamische Verhalten der entworfenen Regelungen analysieren zu können, wurde ein Versuchsstand aufgebaut, an dem die Wechselwirkung von Triebfahrzeug und WS-Bahnnetz nachgebildet wird. U.a. kann eine gewünschte Netzimpedanz emuliert und der vollständige Leistungsteil eines Triebfahrzeugs nachgebildet werden. Die Leistungsfähigkeit des entwickelten Regelungsansatzes wird auf diese anspruchsvolle Anwendung mit niedriger Kurzschlussleistung und niedrigen Schaltfrequenzen übertragen. Neben einem exzellenten dynamischen Verhalten bietet das Regelungsverfahren eine hohe Robustheit. Als Resultat wird die Netzstabilität deutlich erhöht und so ein aktuelles Stabilitätsproblem gelöst, das sich in verschiedenen Europäischen Bahnnetzen in niederfrequenten Oszillationen manifestiert hat.