Universität Stuttgart
Institut für Elektrische Energiewandlung

7/2026 MA · FA · BA

STUDENTISCHE ARBEIT

Analyse und Charakterisierung der Schaltverluste moderner Traktionsumrichter-Topologien bei >800 V und >100 A

Bachelorarbeit · Masterarbeit · Forschungsarbeit | Smarte Converter & Leistungselektronik | Deutsch oder Englisch

Hocheffiziente Traktionsumrichter sind ein Schlüssel für elektrische Antriebe mit hoher Reichweite, Leistungsdichte und Zuverlässigkeit. Moderne Topologien wie 2-Level-, 3-Level-, T-Type-, Flying-Capacitor- oder resonante Konzepte unterscheiden sich deutlich in Schaltverhalten, Verlusten und Messbarkeit. In dieser Arbeit untersuchen Sie eine geeignete Topologie zunächst theoretisch und simulativ und charakterisieren anschließend Schaltverluste an einer Umrichterphase bei hohen Spannungen und Strömen über 100 A.

Ziel der Arbeit

Ziel ist die wissenschaftliche Auslegung, Simulation und experimentelle Schaltverlustmessung einer modernen Leistungstopologie für Traktionsumrichter. Dazu werden geeignete Topologien und Halbleitertechnologien verglichen, zum Beispiel 1200-V-Klasse-SiC-Bauelemente sowie gegebenenfalls monolithisch bidirektionale oder andere 650-V-GaN-Bauelemente. Anschließend wird ein Schaltungs- und Leiterplattenkonzept für eine Umrichterphase entwickelt und das Schaltverhalten mit Doppelpulstests, schneller Strom- und Spannungsmessung sowie Oszilloskopmessungen bewertet.

Mögliche Forschungsfragen

- Welche moderne Leistungstopologie eignet sich für eine hocheffiziente Traktionsumrichterphase mit Spannungen oberhalb von 800 V und Strömen über 100 A?
- Wie stimmen simulierte und gemessene Schaltvorgänge, Schaltverluste und parasitäre Effekte im Doppelpulstest überein?
- Welche Mess- und Layoutanforderungen sind notwendig, um Schaltenergien bei schnellen Spannungs- und Stromflanken reproduzierbar zu erfassen?

Erwartetes Ergebnis

Erwartet wird eine nachvollziehbare Topologie- und Bauelementauswahl, ein simulationsgestütztes Verlustmodell, ein Schaltungs- und Leiterplattenentwurf für eine Traktionsumrichterphase sowie eine dokumentierte Doppelpulstest-Charakterisierung. Die Arbeit soll quantitative Aussagen zu Schaltenergien, parasitären Effekten, Messunsicherheiten und dem Potenzial der untersuchten Topologie für höchsteffiziente Traktionsumrichter liefern.

Vorkenntnisse

Erforderlich

- Grundlagen der Elektrotechnik und Schaltungstechnik
- Sicherer Umgang mit technischen Berechnungen
- Sorgfältige und sicherheitsbewusste Arbeitsweise im Labor

Hilfreich, aber nicht zwingend

- Grundlagen der Leistungselektronik oder elektrischer Antriebe
- Erfahrung mit LTspice, PLECS oder SPICE
- Interesse an Messtechnik, Leiterplattendesign oder Wide-Bandgap-Halbleitern

Relevanz

Schaltverluste bestimmen wesentlich Effizienz, Kühlaufwand und Leistungsdichte elektrischer Traktionsumrichter. Die Arbeit leistet einen Beitrag zu kompakteren und effizienteren Antrieben für die Elektromobilität und schafft eine messtechnische Grundlage, um moderne Topologien und Halbleitertechnologien für zukünftige Umrichterkonzepte fundiert zu vergleichen.

Vorgehen & Aufgaben

1. Stand der Technik zu Traktionsumrichter-Topologien wie 2-Level, 3-Level, T-Type, FCML oder ARCP strukturieren und eine geeignete Untersuchungsvariante auswählen.
2. Schaltverhalten und Verlustmechanismen in LTspice, PLECS oder SPICE modellieren und relevante Betriebsbereiche definieren.
3. Schaltplan und Leiterplatte für eine Phase eines 3-Phasen-Traktionsumrichters auslegen, inklusive Messpunkten, Sensorik und sicherem Hochvoltaufbau.
4. Doppelpulstests mit schnellen Strom- und Spannungssensoren, Tastköpfen und Oszilloskop vorbereiten und Schaltvorgänge bei hohen Strömen und Spannungen oberhalb von 800 V vermessen.
5. Messdaten auswerten, Schaltenergien bestimmen, Simulation und Experiment vergleichen und Topologie, Halbleitertechnologie, Layout sowie Messunsicherheiten bewerten.

Geeignet für

Elektrotechnik und Informationstechnik · Electrical Engineering · Elektromobilität

* weitere

* Bei fachlicher Passung und nach Prüfungsordnung.
Anpassbar: Technisch, Praxisorientiert, Empirisch

Methoden & Tools

- LTspice, PLECS und SPICE
- Leiterplattendesign und Schaltungsentwurf
- Doppelpulstest, Oszilloskop und schnelle Sensorik

Was Sie lernen

- Sie lernen, moderne Traktionsumrichter-Topologien hinsichtlich Schaltverlusten und Effizienzpotenzial zu bewerten.
- Sie verbinden Simulation, Schaltungsentwurf, Leiterplattendesign und Hochvolt-Messtechnik in einer durchgängigen Entwicklungsaufgabe.
- Sie sammeln praktische Erfahrung mit Doppelpulstests, schnellen Messsignalen und der Auswertung von Schaltenergien.
- Sie verstehen, wie Topologie, Halbleiter, Layout und Messtechnik die Effizienz elektrischer Antriebe beeinflussen.

Betreuung & Bewerbung

Die Arbeit verbindet Theorie, Simulation, Schaltungsentwurf und experimentelle Charakterisierung. Je nach Interesse und Vorkenntnissen kann der Schwerpunkt stärker auf Topologievergleich, Simulationsmodell, Leiterplattendesign, Doppelpulstest, Messtechnik oder Auswertung der Schaltverluste gelegt werden.
Weitere Hinweise: Geben Sie gerne an, ob Sie bereits Erfahrung mit Leistungselektronik, Simulation, Leiterplattendesign, Messtechnik oder Hochvoltsystemen haben.

Interesse? Bewerben Sie sich gerne mit vollständigen Unterlagen: aktuellem Leistungsnachweis, idealerweise einem Lebenslauf sowie kurzen Angaben zu relevanten Interessen und Vorkenntnissen, Wünschen zur Ausrichtung, möglichem Beginn und parallel geplanten Lehrveranstaltungen oder Tätigkeiten.

BETREUUNG
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Mönch (Prüfer)

E-MAIL
stefan.moench@iew.uni-stuttgart.de

START · ORT
Nach Absprache · Pfaffenwaldring 47 (ETI-II)