**Universität Stuttgart**
Institut für Elektrische Energiewandlung

8/2026

MA · FA · BA

STUDENTISCHE ARBEIT

# Digital Twin eines Flying Capacitor Multilevel Converters für kapazitive Lasten

Bachelorarbeit · Masterarbeit · Forschungsarbeit

Smarte Converter & Leistungselektronik; Multilevel-Wandler; Regelung und Messtechnik

Deutsch oder Englisch

Flying Capacitor Multilevel Converter werden aufgrund ihrer hohen Effizienz und Leistungsdichte zunehmend in modernen leistungselektronischen Anwendungen eingesetzt. Gleichzeitig stellt die zuverlässige Balancierung der Kondensatorspannungen im Multilevel-Betrieb, insbesondere bei kapazitiven Lasten, eine zentrale Herausforderung dar. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Digital Twin für einen Flying Capacitor Multilevel Converter weiterentwickelt. Verschiedene Regelungs- und Steuerungsverfahren, beispielsweise Hysteresestromregelung, Phaseshift PWM und sensorlose Methoden, werden auf einem PSoC5 implementiert und anschließend mittels Controller Hardware-in-the-Loop (CHIL) auf einer PLECS RT Box validiert. Die Verfahren werden insbesondere hinsichtlich Effizienz, Robustheit und Spannungsbalancierung untersucht.

## Ziel der Arbeit

Weiterentwicklung eines Digital Twins sowie Implementierung, Vergleich und Validierung verschiedener Regelungs- und Steuerungsverfahren zur zuverlässigen Spannungsbalancierung eines Flying Capacitor Multilevel Converters bei kapazitiven Lasten.

## Mögliche Forschungsfragen

- Welche Regelungs- oder Steuerungsmethode gewährleistet eine zuverlässige Spannungsbalancierung bei kapazitiven Lasten?
- Wie unterscheiden sich Hysteresestromregelung, Phaseshift PWM und sensorlose Methoden hinsichtlich Effizienz und Robustheit?
- Wie können die Regelungs- oder Steuerungsmethoden auf eine beliebige Anzahl an Leveln verallgemeinert werden

## Erwartetes Ergebnis

Ein validierter Digital Twin einschließlich Controller Hardware-in-the-Loop (CHIL)-Validierung sowie ein dokumentierter Vergleich verschiedener Regelungs- und Steuerungsverfahren hinsichtlich Spannungsbalancierung, Effizienz und Robustheit.

## Vorkenntnisse

**Erforderlich**

- Grundlagen der Elektrotechnik
- Grundlagen der Regelungstechnik
- Bereitschaft zur Einarbeitung in Simulation und Embedded-Programmierung

**Hilfreich, aber nicht zwingend**

- Leistungselektronik und Multilevel-Wandler
- Erfahrung mit Mikrocontrollern
- Kenntnisse in PLECS oder MATLAB

## Was Sie lernen

- Digital Twins für leistungselektronische Systeme entwickeln
- Regelungs- und Steuerungsverfahren auf einem Mikrocontroller implementieren und mittels CHIL validieren
- Regelungsverfahren für Multilevel-Wandler vergleichen und bewerten
- Hardware-in-the-Loop-Methoden für eingebettete Regelsysteme anwenden

## Vorgehen & Aufgaben

1. Digital Twin des Flying Capacitor Multilevel Converters weiterentwickeln und eine CHIL-Umgebung mit PSoC5 und PLECS RT Box aufbauen.
2. Hysteresestromregelung, Phaseshift PWM und gegebenenfalls sensorlose Verfahren implementieren und vergleichen.
3. Die Verfahren hinsichtlich Spannungsbalancierung, Effizienz und Robustheit bewerten.
4. Ergebnisse dokumentieren und Empfehlungen für geeignete Regelungs- und Steuerungsverfahren ableiten.

## Geeignet für

Elektrotechnik und Informationstechnik · Electrical Engineering · Elektromobilität

* Technische Kybernetik, Mechatronik

* Bei fachlicher Passung und nach Prüfungsordnung.

**Anpassbar:** Technisch, Konzeptionell, Praxisorientiert

## Methoden & Tools

- Digital Twin, Controller Hardware-in-the-Loop (CHIL)
- PSoC5, PLECS RT Box
- Hysteresestromregelung, Phaseshift PWM

## Literatur & Quellen

- ieeexplore.ieee.org/document/9172101
- ieeexplore.ieee.org/document/6450221
- ieeexplore.ieee.org/document/11494638

## Relevanz

Die Kombination aus Digital Twin und Controller Hardware-in-the-Loop ermöglicht eine effiziente Entwicklung und Validierung moderner Regelungsverfahren für leistungsdichte Flying Capacitor Multilevel Converter.

## Betreuung & Bewerbung

Die Arbeit wird fachlich begleitet. Der Schwerpunkt kann innerhalb des Themengebiets entsprechend Ihren Interessen und Vorkenntnissen angepasst werden.
**Weitere Hinweise:** Interesse an Regelungstechnik, Leistungselektronik und Embedded-Entwicklung ist von Vorteil.

**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**
M.Sc. Adrian Söllner

**E-MAIL**
adrian.soellner@iew.uni-stuttgart.de

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