

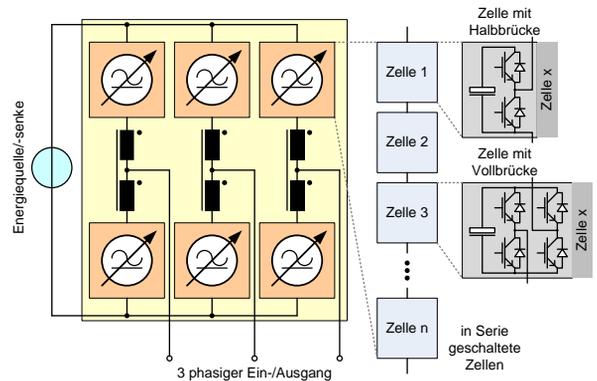
Modulare Multilevel-Umrichter

Mathias Schnarrenberger, Dennis Bräckle

Der Modulare Multilevel-Umrichter (MMC) ist eine Topologie, die in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus der Wissenschaft rückt. Dank seiner sehr guten Skalierbarkeit, der Modularität und sehr hohen Spannungsqualität eignet er sich im Mittel- und Hochspannungsbereich hervorragend für Antriebsanwendungen und zur stabilen Energieversorgung – auch im Hinblick auf einen immer größer werdenden Anteil an Leistungselektronik im Stromnetz durch die Energiewende. Am Elektrotechnischen Institut (ETI) werden unterschiedliche Topologien auf Basis des MMCs untersucht. Die Forschung erstreckt sich über den DC/3AC Umrichter, den 1AC/3AC Umrichter bis hin zur direkten 3AC/3AC Variante. Dafür werden grundlegende Modelle der einzelnen Topologien entwickelt, eine Regelung entworfen und an eigens aufgebauten Prototypen verifiziert.

Das Hauptaugenmerk der bisherigen Forschung am ETI lag auf der Anwendung als Antriebsumrichter. Die dafür entwickelten Modelle und neuartigen Transformationen der Messgrößen erlauben eine zwischen der Eingangs- und Ausgangsseite entkoppelte Regelung der MMCs. Dadurch ist es auch möglich eine galvanische Trennung der Eingangsseite über einen Mittelfrequenztransformator mit Rechteckspeisung einfach zu realisieren. Diese Topologie (SPM2C – square-wave powered M2C) ermöglicht jetzt den Einsatz einer MMC – Topologie als universell einsetzbare, dreiphasige Spannungsquelle zur Emulation von Lasten und ganzer AC – Netze.

	M2C	M3C	SPM2C
P_N	10 kW	15 kW	50 kW
U_N	400 V	400 V	400 V
I_{max}	15 A	25 A	75 A
$f_{T,max}$	8 kHz	8 kHz	100 kHz
N	5	5	8

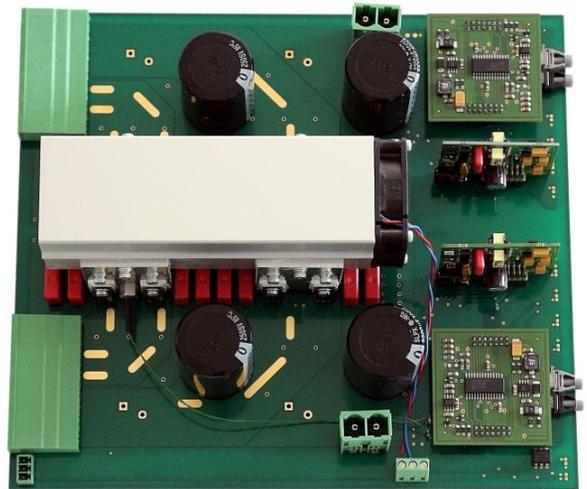


Grundlegende Untersuchungen zur Auslegung der Systeme, Entwurf von Regelalgorithmen sowie die rechnereffiziente Bestimmung von Halbleiterverlusten gehören ebenso zum Forschungsgebiet, wie der Aufbau und die Inbetriebnahme weltweit einzigartiger Laborprototypen unterschiedlicher Leistungsklassen über den gesamten Frequenzbereich.

Die Topologie des Modulare Multilevel-Umrichters erlaubt eine Skalierbarkeit mit der hohe Eingangs- und Ausgangsspannungen mit Bauteilen erreicht werden kann, die für deutlich niedrigere Spannungen ausgelegt sind. So sind zum Beispiel die Prototypen des ETI für eine Zwischenkreisspannung von 700 V – 900 V ausgelegt, allerdings bestehen die einzelnen Zellen aus MOSFET-Brücken mit einer Spannungsfestigkeit von ~200V. Dies erlaubt hohe Schalt- und damit Ausgangsfrequenzen, was zu einer zusätzlichen Steigerung der Spannungs- und Stromqualität beiträgt.

Die Regel- und Modulationsalgorithmen können mit Hilfe von Matlab/Simulink aufgebaut und simuliert werden. Die Algorithmen werden anschließend direkt mit Hilfe der automatischen Codegenerierung in C-Code und HDL-Code umgesetzt und auf dem realen Prüfstand verifiziert.

Der Ansatz der Forschungsarbeiten am ETI im Bereich der Modulare Multilevel-Umrichter verfolgt eine strikte Achtung der prinzipbedingten Modularität des Systems. Durch den Aufbau aus gleichartigen Zellen in einer Phase erfolgt eine Trennung und Entkopplung zwischen Regelalgorithmus und tatsächlicher Modulation um die Sollwerte der Spannungen zu generieren. Dadurch werden die modellbasierten Ansätze der Regelung unabhängig von der konkreten Zellenanzahl in einem Zweig. Die Kommunikation erfolgt galvanisch getrennt über Lichtwellenleiter. Jede einzelne Zelle wird damit direkt oder über einen eigenen Mikrocontroller angesteuert und überwacht.



Das Design der einzelnen Komponenten erfolgt dabei ebenfalls direkt im Haus. Die Entwicklung und Auslegung ist dabei soweit fortgeschritten, dass das ETI über einen von weltweit nur zwei funktionierenden Modulare Multilevel Umrichtern in Matrix Konfiguration verfügt.

Gegenstand der aktuellen Forschung am ETI beinhalten alle Aspekte von der Modellbildung für neue Topologien, über deren Aufbau bis hin zur Verifikation der Regelalgorithmen an den Prototypen. Neue und hochdynamische Ansätze zur Regelung erlauben nicht nur den Einsatz der Topologie als Antriebsumrichter, vielmehr eröffnen sie die Möglichkeit weitere Einsatzgebiete zu identifizieren und zu erschließen. Vor allem im Hinblick auf die Energiewende rücken Netzdienstleistungen immer mehr in den Fokus. Der Modulare Multilevel-Umrichter und seine Einsatzmöglichkeiten werden somit auch zukünftig eine große Rolle in der Leistungselektronik einnehmen.

