

# Mehrstufiger Wechselrichter für Hochspannungsanwendungen mit SiC Halbleiter

## Design und Konstruktion eines dreistufigen, einphasigen Wechselrichters mit einer Ausgangsspannung von 1500 V

Student



Raphael Baumeler

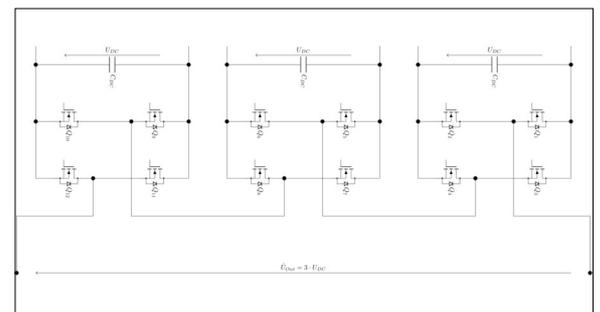
**Ausgangslage:** Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) hat ein Verfahren zur Herstellung von nachhaltigem Brennstoff aus CO<sub>2</sub> entwickelt. Das CO<sub>2</sub> strömt dabei durch einen Dielectric Barrier Discharge (DBD) Reaktor, worin ein Plasma gezündet wird. Aufgrund des Plasmas wird das CO<sub>2</sub> in CO und O<sub>2</sub> umgewandelt. Das entstandene Produkt ist ein CO-basierter Brennstoffmix, der als PlasmaFuel bezeichnet wird. Neben Müllverbrennungsanlagen gehört die Zementindustrie zu den grössten Erzeugern von CO<sub>2</sub>. In der Zementindustrie werden 40 % des CO<sub>2</sub>-Ausstosses durch fossile Brennstoffe und 60 % durch die Klinkerproduktion verursacht. Für die Produktion von Klinker wird das Rohmaterial, ein Gemisch hauptsächlich aus Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) und Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>), auf 1400-1450 °C erhitzt, wodurch faustgrosse und unregelmässig geformte Zementklinker entstehen. Das durch die Verbrennung entstandene CO<sub>2</sub> wird anschliessend durch den geschilderten Prozess in PlasmaFuel umgewandelt und der Verbrennung für die Klinkerherstellung zugeführt. Mit diesem Prozess können die fossilen CO<sub>2</sub> Emissionen reduziert werden, indem das CO<sub>2</sub> in PlasmaFuel umgewandelt und in der Verbrennung wiederverwendet wird.

**Ziel der Arbeit:** Für die Herstellung von PlasmaFuel muss ein Plasma im DBD Reaktor erzeugt werden, was eine Hochspannungsquelle erfordert. Als Hochspannungsquelle bietet sich der mehrstufige Wechselrichter (MW) an. Im Vergleich zum Resonanz Wechselrichter bietet der MW den Vorteil des lastunabhängigen Betriebs. Dies ist für das UMTEC eine gute Lösung, weil sich die DBD Reaktoren noch in der Entwicklungsphase befinden. Messungen an den DBD Reaktoren vom UMTEC, unter anderem dem Prototyp Cram241, haben gezeigt, dass Spitzenspannungen von 7 - 10 kV für die Plasmagenerierung nötig sind. Für 10 kVpk mit einer Zwischenkreisspannung von UDC = 500 V sind 20 Stufen nötig, was den Aufwand für diese Arbeit deutlich überschreitet. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit ein MW mit drei Stufen und einer Ausgangsspannung von 1.5 kVpk entwickelt. Der MW kann später mit mehr Stufen erweitert werden, um die geforderte Spannungsamplitude zu erreichen. Somit dient diese Arbeit als Grundlage für das Endprodukt.

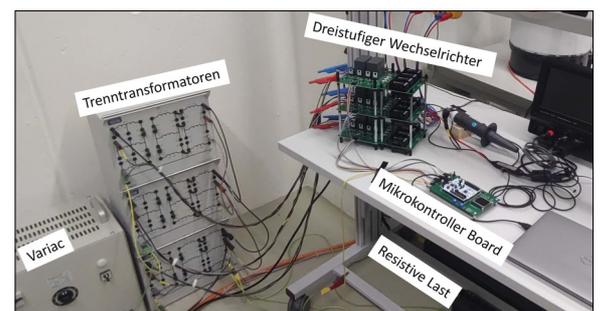
**Ergebnis:** Die Funktionalität des MW ist mit der Simulationssoftware PLECS abgebildet worden. Mit dem Simulationsmodell können die Anzahl Stufen (1-4), die Signalart (Sinus, Dreieck und Sägezahn), die Frequenz und die Amplitude variiert werden. Das Printed Circuit Board (PCB) ist mit KiCAD 8.0 erstellt und erfolgreich getestet worden. Dabei sind die einzelnen Stufen identisch aufgebaut. Eine Stufe besteht aus einem einphasigen Wechselrichter und den ansteckbaren Spannungsversorgungen (18 VDC) für die Gate Treiber, welche mit 9 V Blockbatterien

realisiert wurden. Der Ladezustand dieser Spannungsversorgung wird über eine grüne (> 16 V) und rote (< 16 V) LED signalisiert. Der Wechselrichter kann mit Gleichspannung oder Wechselspannung (dreiphasig) versorgt werden. Die Software läuft auf einem Mikrokontroller Board von STM32 und stellt wichtige Statusinformationen auf einem Display dar. In der Software kann die Signalfrequenz, die Amplitude und die Totzeit zwischen High- und Lowside FET eingestellt werden. Die Signalmodulation wird mittels Taster gestartet und gestoppt. Die Messungen zeigen die Funktionsweise des MW mit zweierlei Frequenzen.

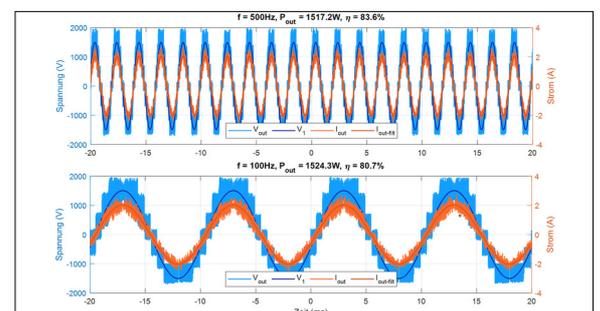
Schema des mehrstufigen Wechselrichters (MW) mit drei Stufen  
Eigene Darstellung



Hardware Aufbau mit UDC = 500 V  
Eigene Darstellung



Messungen mit resistiver Last und UDC = 500 V  
Eigene Darstellung



Referent  
Prof. Dr. Michael Schueller

Themengebiet  
Energy and Environment

