

Bidirektionaler Buck/Boost Konverter mit GAN Technologie

Diplomand



Nicolai Dombrowski

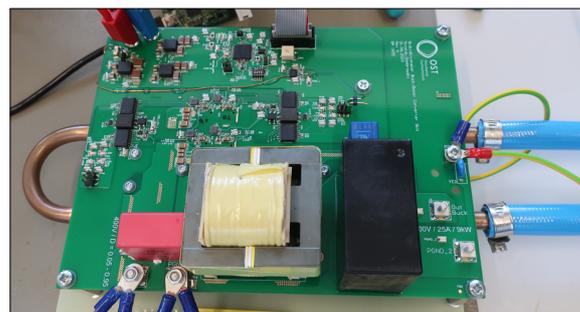
Einleitung: Die Nachfrage nach immer leistungsfähigeren Technologien nimmt stetig zu. Gefragt denn je sind die die Wide-Band Gap Halbleitertechnologien in der Leistungselektronik, da sie fähig sind den hohen Spannungen zu trotzen bei geringen Verlusten. Nebst dem bereits gut erforschten Siliciumcarbid (SiC), erobert auch der Halbleiter Gallium-Nitrid (GaN) immer mehr den Markt. Im Vergleich zu SiC ist dieser Halbleiter noch eine junge Technologie, welche noch nicht vollständig ausgereift ist. Für die Firma Regatron soll diese Halbleitertechnologie nun genauer erforscht werden und deren Performance untersucht werden. Von besonderem Interesse sind dabei die entstehenden Schaltverluste und Durchlassverluste. Mit steigender Schaltfrequenz verringert sich die Grösse von Induktivität oder Transformator bei Konvertern. Wer am Markt konkurrenzfähig bleiben will, muss die Geräte kompakter und effizienter bauen. Bei der neusten TopCon-Serie (G5) der Firma Regatron sind SiC-Halbleiter im Einsatz. Mit dieser Arbeit sollen Erkenntnisse in Bezug der GaN-Technologie erlangt werden, um einen Vergleich zur eingesetzten SiC-Technologie aufzeigen zu können.

Vorgehen: Für diese Untersuchung soll ein Design für einen bidirektionalen Buck/Boost-Konverter entwickelt werden. Eine ähnliche Topologie wird auch bereits im G5 verwendet, wurde jedoch mit der SiC-Technologie realisiert. Zum Umfang der Arbeit gehörte einerseits die Berechnung des Konverters, eine Simulation zur Abschätzung der Temperaturen und Verluste, Entwicklung eines Kühlkonzeptes, die Erstellung von Schema und Layout und anschliessende Messungen zur Verifikation von Simulation und Berechnungen. Es wurde für das Design ein GaN-HEMT gewählt, welcher einen Direct-Drive Konfiguration verwendet und einen integrierten Gate-Treiber besitzt und über Feedback-Signal der Junction-Temperatur verfügt. Anhand dieses Feedbacksignal wurde ein Ansatz ausgearbeitet, um die Schalt- und Durchlassverluste zu ermitteln. Dadurch entfällt die Strommessung bei den HEMTs, wodurch im Design keine weiteren parasitären Elemente beigefügt werden. Bereits im Vorhinein wurde klar, dass das Layout die Schlüsselkomponente für minimale Verluste und optimale Performance der Halbleiter darstellt.

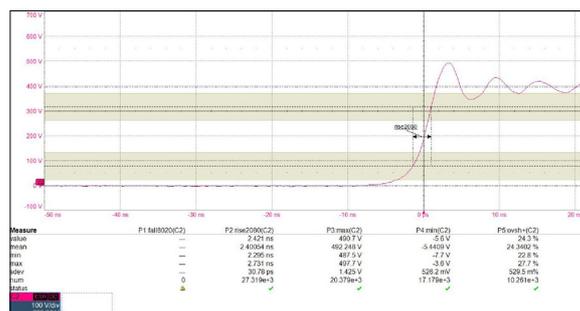
Ergebnis: Es konnte erfolgreich ein bidirektionaler Buck/Boost Konverter entwickelt werden, welcher mit einer Leistung von 9 kW betrieben werden kann und einen Wirkungsgrad von $> 99\%$ aufweist. Durch ein optimales Layout-Design konnte die Induktivität der kritischen Schlaufe unter 2 nH gebracht werden. Dadurch betrug die Überschwingsweite am Switch-Node nur 24 %. Die abgeschätzten Verluste aus dem Simulationsmodell weichen nicht stark von den gemessen ab, wodurch das Modell eine gute Näherung darstellt. Die Anforderung, dass sich das PCB nicht stärker als 50 °C erwärmt, konnte nur

bedingt erfüllt werden. Es konnte aufgezeigt werden, dass mit der GaN-Technologie eine gute Performance erreichbar ist und der Halbleiter eine mögliche Alternative zu SiC ist für die Firma Regatron.

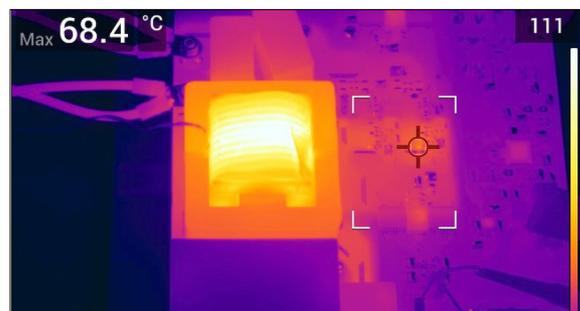
Bidirektionaler Buck/Boost-Konverter
Eigene Darstellung



Messung am Switch-Node bei (400 V, 22.5 A, D = 0.5)
Eigene Darstellung



Temperaturentwicklung nach 20 min Dauertest (400 V, 22.5 A, D = 0.5)
Eigene Darstellung



Referent
Simon Nigsch

Korreferent
Prof. Dr. Daniel Gstöhl

Themengebiet
Elektronik

Projektpartner
Regatron, Rorschach,
St.Gallen