Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

School of
Engineering

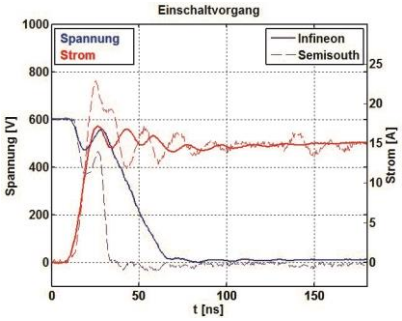
IMS Institut für
Mechatronische Systeme

Entwicklung und Inbetriebnahme einer Brückenschaltung mit SiC-JFETs

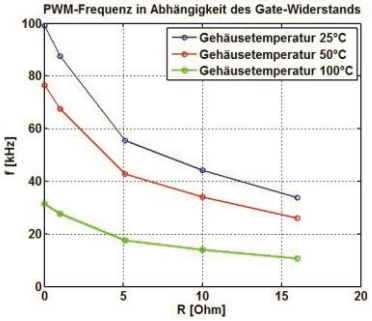
Diplomierende
Pascal Gut
Abdullah Kirez

Dozent
Alberto Colotti

Die Leistungselektronik ist aus der heutigen technologischen Welt nicht mehr wegzudenken. Mit der Weiterentwicklung der Technik steigen auch die Anforderungen an die Leistungselektronik. Es soll mehr Leistung bei geringerer Baugrösse umgeformt werden. Dies bedingt eine Erhöhung der Leistungsdichte. Heute ist das am weitesten verbreitete Material für die Herstellung von Leistungshalbleiter-Bauelementen das Silizium, mit dem Leistungsdichten bis zu ca. 5W/cm3 möglich sind. Neue Materialien erlauben eine Erhöhung der Leistungsdichte, da sie eine reduzierte Verlustleistung ermöglichen. Beispielsweise zeichnet sich Siliziumkarbid durch hohe Leistungsdichten bis zu ca. 30W/cm3 und Temperaturen bis 300°C aus.
Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden verschiedene Eigenschaften einer Halbbrückenschaltung mit Siliziumkarbid JFETs im Hinblick auf eine praktische Anwendung untersucht. Dafür standen ein von der ZHAW entwickeltes Evaluationsboard und ein Evaluationsboard der Firma Semisouth aus der vorangegangenen Projektarbeit zur Verfügung. Während das ZHAW Evaluationsboard mit einer Treiberschaltung arbeitet, ist auf dem Semisouth Evaluationsboard eine Kaskodenschaltung aufgebaut. Der grösste Teil der Messungen wurde am ZHAW Evaluationsboard durchgeführt. Es wurden die Schalt- und Leitverluste, der Einfluss des Gate-Widerstands auf die Schaltflanken und somit die Schaltverluste und die Verluste bei verschiedenen Freilaufstrategien gemessen. Die Messungen zeigen, dass Siliziumkarbid JFETs normalen Schaltern aus Silizium deutlich überlegen sind. Die Leistungselektronik wird in Zukunft mit höheren PWM-Frequenzen (Pulsweitenmodulation) arbeiten als bisher. Die Untersuchungen bei Berücksichtigung verschiedener Parameter zeigen, dass mit Siliziumkarbid Schaltfrequenzen im Bereich von 20 bis 100kHz möglich sind. Dies bedeutet eine Erhöhung um etwa einen Faktor 10 gegenüber normalen IGBTs. Ein Vergleich der beiden Evaluationsboards mit den unterschiedlichen Ansätzen der Ansteuerung ergab, dass eine Ansteuerung aus diskreten Bauteilen bessere Eigenschaften liefert, als eine Ansteuerung mit einem Treiber-IC. Als praktische Anwendung wurden ein DC-Motor mit Hilfe des ZHAW Evaluationsboards angetrieben und diverse Messungen durchgeführt.
Die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit liefern Erkenntnisse über die optimale Konfiguration einer Schaltung mit SiC-JFETs und somit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Wechselrichtern mit Siliziumkarbid-Technologie.



In Abbildung 1 sind die Einschaltvorgänge des ZHAW und Semisouth Boards übereinander dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass die Spannungsflanke des Semisouth Boards erheblich steiler ist und dadurch die Schaltverluste niedriger ausfallen.



In Abbildung 2 ist die maximal mögliche PWM-Frequenz in Abhängigkeit des Gate-Widerstands mit unterschiedlichen Gehäusetemperaturen dargestellt (600V/20A). Die Messungen zeigen, dass mit Siliziumkarbid bisher