

## STS – Spezialseminar

**Datum:** Donnerstag, den 08.11.2018  
**Uhrzeit:** 09:00 – 18:00 Uhr  
**Ort:** Zollhaus, Hafenstrasse, 78351 Ludwigshafen-Bodman  
**Anmeldeschluss:** 23.10.2018

### Seminarinhalte:

#### 1. Zuverlässigkeit von Si Leistungsmodulen und Herausforderungen für die Aufbau- und Verbindungstechnik von SiC-Bauelementen

*Gastreferent:*

*Uwe Scheuermann, Prof. Dr., FAU Erlangen/Nürnberg, Honorarprofessor im Fachgebiet Elektrotechnik*

Mit der Einführung des Si-IGBTs vor mehr als 30 Jahren hat sich die klassische Aufbau- und Verbindungstechnik, bestehend aus einer Lotverbindung zum DCB-Substrat und Al-Drahtbonds für den oberen Chipkontakt, etabliert. Der Technologiefortschritt ermöglichte eine Steigerung der Modulzuverlässigkeit und eine Vielzahl von Untersuchungen haben zu einem tieferen Verständnis der klassischen Fehlermechanismen Bonddegradation und Lotermüdung und deren Einflussfaktoren geführt. Fortschrittliche Verbindungstechnologien wie Silber-Diffusionsintern und verbesserte Oberseitenkontakte bewirken eine gesteigerte Modullebensdauer und erlauben so die Erweiterung der maximalen Betriebstemperatur von 150°C auf 200°C. SiC MOSFETs haben heute eine Reife erreicht, die ihren Einsatz in realen Anwendungen ermöglicht. Die besonderen Eigenschaften von Leistungsbauerelementen mit großem Bandabstand bieten das Potential für höhere Betriebstemperatur, höhere Sperrspannung, höhere Schaltfrequenz und höhere Effizienz oder höhere Leistungsdichte. Die Anforderungen an das Moduldesign wird davon abhängen, welche dieser Potentiale genutzt werden sollen. Ein Prototyp-Konzept für ein Leistungsmodul mit niedriger parasitärer Induktivität wird vorgestellt und zusätzliche Herausforderungen für das gesamte Antriebssystem werden aufgezeigt.

## 2. GOOGLE Little Box Reloaded – Advances In Ultra-Compact GaN Based Single-Phase DC/AC Power Conversion

*Gastreferent:*

*Dominik Neumayr, MSc, ETH Zürich*

Der GOOGLE Little Box Wettbewerb zielte darauf ab den weltweit kleinsten, luftgekühlten 2kVA DC/AC Wechselrichter zu entwickeln was innerhalb der Leistungselektronikgemeinschaft auf großes Interesse stieß und auf eine massive Verbesserung der Leistungsdichte im Vergleich zum Industriestandard führte. In dieser Präsentation wird die Herangehensweise der Autoren beschrieben um die Hürden des Wettbewerbes zu überwinden und es werden alle zur Realisierung eines hochkompakten PV Wechselrichter entscheidenden Entwurfsbetrachtungen im Detail besprochen.

In einem ersten Schritt werden die technischen Spezifikationen des Wettbewerbes vorgestellt und die wichtigsten zur Verfügung stehenden Möglichkeiten den Hauptkonverter, den zur Pufferung der Leistungspulsation mit doppelter Netzfrequenz verwendeten Hilfskonverter, das EMI Filter und die Regelung des Wechselrichter zu realisieren im Detail besprochen.

Im Anschluss wird die Performance von GaN und SiC Halbleitertechnologie bewertet, wobei ein neuartiges Messverfahren zur präzisen Ermittlung der Verluste bei "weichem" Schalten der Leistungshalbleiter vorgestellt wird. In einem nächsten Schritt wird die Implementierung von Hochfrequenzspulen mit verteiltem Luftspalt und speziell angeordneter Folienwicklung diskutiert.

In diesem Zusammenhang wird die Erhöhung der Kernverluste des verwendeten MnZn Ferrits durch mechanischen Stress aufgrund des Bearbeitungsverfahrens besprochen.

Im Anschluss wird die erzielte Effizienz und Leistungsdichte aller Finalisten verglichen und die Lösungsvorschläge von zwei weiteren Finalisten im Detail vorgestellt.

In einem weiteren Schritt werden basierend auf den Resultaten einer Mehrkriterien-Optimierung die absoluten Performance-Grenzen, z.B.: die bei Idealisierung der Leistungshalbleitern erreichbare Performance, analysiert und die technologische Anforderung an die aktiven und passiven Komponenten sowie dem Kühlsystem diskutiert um eine weitere Steigerung der Leistungsdichte zu erreichen.

Zuletzt wird basierend auf einer modifizierten Topologie die verbesserte Little Box 2.0 vorgestellt, welche eine fast doppelt so hohe Leistungsdichte wie das ursprünglichen System aufweist.

Dieser Vortrag zielt darauf ab die wichtigsten Resultate der Little Box Challenge zu vermitteln und ist auf das Interesse einer breiten Hörerschaft mit akademischen und industriellen Hintergrund zugeschnitten.

### 3. Zeitliches Temperaturverhalten induktiver Bauteile in Theorie und Praxis – Ein Vergleich von Puls- und Dauerbelastung

*Referenten:*

*Daniel Benner, Dr. rer. nat, Entwicklung Forschung & Technologie,  
STS GmbH & Co. KG*

*und Achim Wegmann, Dipl.-Phys. Ing, Entwicklung, STS GmbH & Co. KG*

In vielen Anwendungen der Leistungselektronik wird die benötigte Leistung nicht gleichförmig über die gesamte Periodendauer des Systems erzeugt. Aufgrund dieser pulsartigen Belastung ist es unter bestimmten Voraussetzungen möglich, induktive Bauteile kompakter auszulegen, wenn zumindest das zeitliche Lastprofil näherungsweise bekannt ist. Dabei kommt dem Verhältnis zwischen thermischer Zeitkonstante des induktiven Bauteils und gewichteter Einschaltdauer der treibenden Quelle eine tragende Rolle zu. Darüber hinaus kann die gewichtete Einschaltdauer bestimmte Auslegungsparameter für das induktive Bauteil derart beeinflussen, dass das induktive Bauteil in vielerlei Hinsicht effizienter werden kann. Daher soll in diesem Vortrag sowohl in Theorie als auch in Praxis das zeitliche Temperaturverhalten von induktiven Bauteilen erläutert werden, um ein optimales Design zu erzielen.

### 4. Optimaler nichtlinearer L(I)-Verlauf für leistungsdichte Pulver-Drosseln unter Berücksichtigung des Rippelstroms

*Referenten:*

*Tobias Appel, Dr.-Ing., Entwicklung Forschung & Technologie, STS GmbH & Co. KG  
und Manuel Pingitore, Dipl.-Phys., Entwicklung, STS GmbH & Co. KG*

Die Größe und damit auch Kosten einer Drossel hängen davon ab wie gut das Kernmaterial hinsichtlich seines magnetischen Flusses ausgenutzt werden kann.

Abhängig von den spezifizierten lastabhängigen Induktivitätswerten (Leerlaufinduktivität, Nenninduktivität, Induktivität bei Überlast) und der Höhe des Rippelstroms in Kombination mit der Taktfrequenz, eignen sich eher lineare oder nichtlineare Kernmaterialien.

Durch die Änderung der Induktivität in Abhängigkeit des Grund-Stroms, verändert sich ebenfalls der überlagerte Rippelstrom.

Im Vortrag werden Anwendungsfälle gezeigt, bei denen durch geeignete Wahl von Induktivität und Rippelstrom das Kernmaterial einer nichtlinearen Drossel optimal genutzt werden kann und damit auch Wirkungsgrad und Leistungsdichte steigen.

Des Weiteren werden die Einflüsse bei Änderung der Induktivität und des Rippelstroms in der Schaltungstopologie behandelt.

## 5. Auslegung und Charakterisierung von 3-Phasen-Drosseln mit Eisenpulverkern für die Leistungselektronik

*Referent:*

*Tobias Appel, Dr.-Ing., Entwicklung Forschung & Technologie, STS GmbH & Co. KG*

3-Phasenwechselstrom bzw. kurz Drehstrom ist in der Energieübertragung und in der Antriebstechnik unabdingbar. Die Betrachtung dieses Stroms im Netz erfolgt mittels symmetrischer Komponenten, in maschinennahen Anwendungen mittels Flusszeiger. Die Berechnung einer 3-Phasen-Drossel mit Eisenpulverkern für Anwendungen ohne Schiefast gestaltet sich einfach wohingegen für nicht ausbalancierte Umstände eine Auslegung z.B. mit Streupfad nötig wird.

Der Vortrag zeigt die verschiedenen Komplexitätsstufen der Berechnung solcher Drosseln und dazugehörige Praxisfälle. Anhand von Theorie und Praxis werden mit dem Vortrag die Grundlagen für ein Verständnis der 3-Phasen-Drosseln mit Eisenpulverkern aufgezeigt. Hierzu gehört unter anderem der auf den ersten Blick unkonventionelle Induktivitätsverlauf und dessen Interpretation mit Hilfe z.B. eines Ersatzschaltbildes. Anhand der Praxisbeispiele werden Vorteile, Größen- und Kostenvergleiche demonstriert. Der Vortrag adressiert Zuhörer, die in die Entwicklung von Umrichtern für die mehrphasigen Anwendungen involviert sind.