A blurred background image showing a person in a light blue shirt standing in a room with large windows, possibly presenting or speaking.

Schulungskatalog Cluster Leistungselektronik ■



Schulungs-Themen ■

I Einführung und Grundlagen	9
Grundlagen der Leistungselektronik	9
Elektrische Antriebstechnik I für Einsteiger und Quereinsteiger	38
Isolationskoordination in leistungselektronischen Baugruppen und Geräten	10
Getaktete Stromversorgungen: Einführung in die aktiven und passiven Bauelemente	34
Getaktete Stromversorgungen, Gleichstromsteller und EMV	35
I Leistungs-Halbleiter und Treiber	11
Leistungshalbleiter – Bauelemente und Technologien	11
Anwendertraining zur Wide-Bandgap Systemintegration	12
Ansteuer- und Schutzschaltungen für MOSFET und IGBT	13
Schaltkreise für sauberes Schalten und geringe Verluste	14
Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen - Teil 1	15
Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen - Teil 2	16
Use and Assessment of Power Device Models in Power Electronics Simulation	17
Getaktete Stromversorgungen: Einführung in die aktiven und passiven Bauelemente	34
I Passive Bauelemente	18
Induktivitäten in der Leistungselektronik	18
Getaktete Stromversorgungen: Einführung in die aktiven und passiven Bauelemente	34
I Aufbau- und Verbindungstechnik: Modul- und Leiterplattenebene	19
Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) in der Leistungselektronik	19
Laborkurs: Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) für leistungselektronische Module	20
Ausfallmechanismen: Isolationspolymere in der Leistungselektronik	30
Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppen, Praxiskurs	21
I Thermisches Management	22
Thermal Engineering of Power Electronic Systems Part I: Thermal Design and Verification	22
Thermal Engineering of Power Electronic Systems Part II: Thermal Management and Reliability	23
Konzeption und Auslegung moderner Schaltschränke	40
I EMV in der Leistungselektronik	24
EMV in der Leistungselektronik	24
Laborkurs: Parasitäre Effekte in der Leistungselektronik	25
Laborkurs: Effektive Entstörung von Schaltnetzteilen mit Abstrahlung	26
I Test und Zuverlässigkeit	27
Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Systeme	27
Testing Automotive Power Modules according to the ECPE Guideline AQG 324	28
Korrosion in der Leistungselektronik	29
Ausfallmechanismen: Isolationspolymere in der Leistungselektronik	30
I Steuerung von leistungselektronischen Systemen	31
Modellprädiktive Regelungskonzepte für Leistungselektronik, Antriebe und elektrische Netze	31
Modellbildung, analoge und digitale Regelung von Schaltnetzteilen	32
Simulation von Schaltnetzteilen mit LT-Spice: Simulation, Regelung, Stabilitätsprobleme	33
I Topologie und Anwendungen	34
Getaktete Stromversorgung: Einführung in die aktiven und passiven Bauelemente	34
Getaktete Stromversorgung, Gleichstromsteller um EMV	35
Getaktete Stromversorgung: Resonanzschaltungen	36
Konzeption, Auslegung, Funktion und Eigenschaften von Multilevel-Umrichtern	37
Elektrische Antriebstechnik I für Einsteiger und Quereinsteiger	38
Elektrische Antriebstechnik II: Auswahl und Auslegung von elektrischen Antriebssystemen	39
Konzeption und Auslegung moderner Schaltschränke	40

Cluster Leistungselektronik ■

■ Das bayerische Kooperationsnetzwerk des Clusters Leistungselektronik umfasst Akteure aus allen Bereichen entlang der Wertschöpfungskette der Leistungselektronik.

Durch die aktive Vernetzung von Unternehmen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden Forschung und Innovation gefördert. Kooperationen stärken zudem die Wettbewerbsfähigkeit aller beteiligten Partner.

Qualifizierung ist ein weiterer wichtiger Schwerpunkt: der Cluster Leistungselektronik organisiert Schulungen und Seminare für diverse Themengebiete der Leistungselektronik. Die Veranstaltungen erleichtern den Einstieg in das Fachgebiet der Leistungselektronik oder vermitteln das für die Arbeit benötigte Spezialwissen. Außerdem bieten die Veranstaltungen eine ideale Möglichkeit zum gegenseitigen Austausch im gleichen Fachgebiet.

Durch die enge Zusammenarbeit mit dem europäischen Netzwerk European Center for Power Electronics e.V. (ECPE) ist eine sehr gute nationale und europäische Vernetzung gewährleistet.

Cluster Leistungselektronik



Schwerpunkte der Aktivitäten ■

Forschung und Innovation

Initiierung, Planung, Begleitung von Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsprojekten

Fachveranstaltungen / Aus- und Weiterbildungen

Cluster-Seminare und Schulungen

Öffentlichkeitsarbeit

Rolle und Bedeutung der Leistungselektronik, Nachwuchswerbung für Ingenieure

Netzwerkbildung

Kooperationsnetzwerk mit Akteuren aus Wirtschaft und Forschung; ClusterLE ist zentraler Ansprechpartner für alle Fragen rund um Leistungselektronik

Schulungsprogramm und Überblick



Dr.-Ing. Bernd Bitterlich
Cluster-Manager

☎ +49 (0)911/810288-14
✉ bernd.bitterlich@ecpe.org

■ Die Aus- und Weiterbildung von Technikern, Ingenieuren sowie Quereinsteigern und Interessierten ist einer der Schwerpunkte des Clusters Leistungselektronik. Dieser Schulungskatalog gibt Ihnen einen Überblick über die Themenvielfalt unserer Veranstaltungen mit Stand vom Oktober 2022. Das jeweils aktuelle Schulungsangebot können Sie unserer Webseite entnehmen, unter: www.clusterle.de/veranstaltungen. Dort finden Sie die jeweils aktuellen Termine und Informationen zu jeder Veranstaltung. Einen Jahresüberblick bietet unser Veranstaltungskalender. Ergänzt wird das Angebot um die Veranstaltungen von ECPE e.V., die sie unter www.ecpe.org/events events finden können. Dabei handelt es sich um englischsprachige Schulungen und Workshops in Deutschland und im europäischen Raum.

Fachexperten aus dem Kooperationsnetzwerk

■ Unsere Referenten sind Fachexperten aus Industrie und Forschung aus unserem breiten Kooperationsnetzwerk, die ihre Praxiserfahrung gerne an andere weitergeben. Die Teilnehmenden sollen sowohl das theoretische Grundverständnis erwerben als auch praktische Anwendungen kennenlernen. Weiterhin bieten die Veranstaltungen die Möglichkeit, sich gegenseitig im speziellen Fachgebiet der Leistungselektronik auszutauschen und zu netzwerken.

Veranstaltungsformate

■ Wir beherrschen alle Veranstaltungsformate (Präsenz, online, hybrid) und wählen je nach Thema und Situation das geeignetste Format aus. Neue Schulungsmethoden werden verfolgt und eingesetzt. In den Jahren 2021 bis 2022 wurden in einem öffentlich geförderten Projekt moderne digitale und interaktive Methoden recherchiert und getestet. Ihren Wünschen stehen wir offen gegenüber: gerne organisieren wir z.B. Inhouse-Schulungen und/oder Schulungen mit besonderen Fachthemen.

Preise und Rabatte

■ Unsere Schulungen können wir zu vergleichsweise niedrigen Gebühren anbieten. Eine 1-tägige Schulung kostet in der Regel um die 450 €, eine 2-tägige Schulung ca. 630 € (Stand: 9/2022). Eine reduzierte Teilnahmegebühr gibt es für Universitäten und Institute. Selbstverständlich bezahlen Studierende nur eine geringe Veranstaltungsgebühr. Teilnehmende von Mitgliedsfirmen im ECPE e.V. wird ein **Rabatt von 25%** auf die Schulungsgebühr gewährt.

Hoher Qualitätsstandard

■ Wir achten auf eine hohe Qualität der Schulungen und verbessern diese kontinuierlich. Dazu analysieren wir nach jeder Schulung sorgfältig das Feedback der Teilnehmenden und besprechen die Ergebnisse gemeinsam mit den Referenten. Auch intern setzen wir uns Ziele und prüfen diese regelmäßig. Unser Cluster-Management ist mit dem „Silver Label“ zertifiziert.

Professionelle Organisation

■ Unsere Veranstaltungen werden von uns mit jahrelanger Erfahrung professionell organisiert. Wir legen Wert darauf, dass der organisatorische Aufwand für die Teilnehmenden minimal ist, indem wir bspw. frühzeitig Kalendereinträge, alle relevanten Informationen rund um die Veranstaltung sowie Erinnerungsemails versenden und für Rückfragen jederzeit zur Verfügung stehen.

ClusterLE-Schulungen

■ Unsere **Schulungen** dienen vor allem der Vermittlung diverser spezieller Fachthemen im Bereich der Leistungselektronik, so dass Anwender aus Industrie und Forschung ihr Wissen für Ihren Arbeitsbereich vertiefen und erweitern können. Zusätzlich werden Einführungs- und Grundlagen-Schulungen angeboten, um Neulingen den Einstieg in die speziellen Fachgebiete der Leistungselektronik zu erleichtern. Die Schulung „Einführung in die Leistungselektronik“ beispielsweise gibt einen Überblick über die Leistungselektronik und vermittelt ein grundlegendes Verständnis des Funktionsprinzips.

Schulungen werden von einem kleineren Team aus 2 - 5 Referenten geleitet. Hier handelt es sich um Fachexperten aus Industrie und Forschung. Es werden i.d.R. zwischen 15 und 40 Teilnehmenden aufgenommen, um möglichst eine „Klassenraum-Atmosphäre“ und somit intensives Lernen auf hohem Niveau zu ermöglichen. Schulungen werden meist jährlich mit denselben Referenten wiederholt, manchmal im Wechsel in deutscher oder englischer Sprache. Schulungen können sowohl 1-tägig als auch 2-tägig sein (bei komplexeren Themen). Cluster-Schulungen finden in der Regel in deutscher Sprache statt.



Ergänzend zu den Schulungen gibt es sogenannte **Labor- oder Praxiskurse**, in denen der Schwerpunkt auf praktischen Übungen/ Messungen im Labor liegt. Hier ist die Teilnehmerzahl noch einmal deutlich reduziert und variiert zwischen 6 und max. 15 Teilnehmenden.

ClusterLE-Seminare

■ Unsere Seminare behandeln ein großes Spektrum von aktuellen Themen entlang der Wertschöpfungskette der Leistungselektronik und Trends aus Forschung und Innovation, wie Elektromobilität, erneuerbare Energien oder Batterie- und Ladesysteme. Seminare finden auch in Kooperation mit anderen Clustern, z.B. aus dem Bereich der Nanotechnologie oder Mechatronik statt.

Kurze Fachvorträge von typischerweise je 30 min von unterschiedlichen Referenten aus Forschung und Industrie bieten einen aktuellen Überblick über die unterschiedlichsten Aspekte eines Themas. Seminare stellen überdies eine einzigartige Plattform für Expertengespräche und Gelegenheiten zum Vernetzen dar.



Moderne digitale und interaktive Methoden bei Online-Schulungen

■ Mit Beginn der Corona-Pandemie mussten gezwungenermaßen die Schulungen in ein Online-Format übertragen werden. Nachdem die Technik eingerichtet war und Referenten sowie Teilnehmenden den Umgang gelernt hatten, gelang es tatsächlich problemlos, bisherige Präsenz-Schulungen in Online-Schulungen umzuwandeln: die Referenten nutzten ihre normalen Präsentationen, die Teilnehmenden schauten einzeln auf ihre Computer-Bildschirme anstatt in einem Schulungsraum gemeinsam auf eine Leinwand. Rasch zeigten sich jedoch die Nachteile: beim stundenlangen Lernen vor dem Bildschirm sank die Aufmerksamkeit schnell ab, zumal die soziale Kontrolle durch die Mitlernenden fehlte. Außerdem blieben die gemeinschaftlichen Pausen aus, bei denen man mit anderen ins Gespräch kommen konnte, um Fragen zur Schulung zu diskutieren oder um von anderen Erfahrungen inspiriert zu werden.

Bei Online-Veranstaltungen müssen daher Methoden eingesetzt werden, um die Motivation und damit die Aufmerksamkeit aller Teilnehmenden auf konstantem Niveau zu halten. Dem Cluster Leistungselektronik gelang es, vom BMWK eine finanzielle Förderung über ein Jahr für das Projekt „Moderne Interaktive Online-Schulungen (ECPE Online-Akademie) – online4all“ zu bekommen. In diesem Projekt wurde sowohl recherchiert, welche digitalen interaktiven Methoden existieren, als auch, welche Erfahrungen damit bei Firmen und Hochschulen vorliegen. In einem zweiten Schritt wurde eine bisherige Präsenzschiung, die neben einem Theorieteil auch eine Art Experimentalvorlesung, eine Versuchsdurchführung und Simulations-Übungen enthält, in ein Online-Format umgewandelt und als Demonstrationsschiung unter realen Bedingungen getestet. Das Feedback war durchgehend positiv!

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Quelle: ECPE e.V.

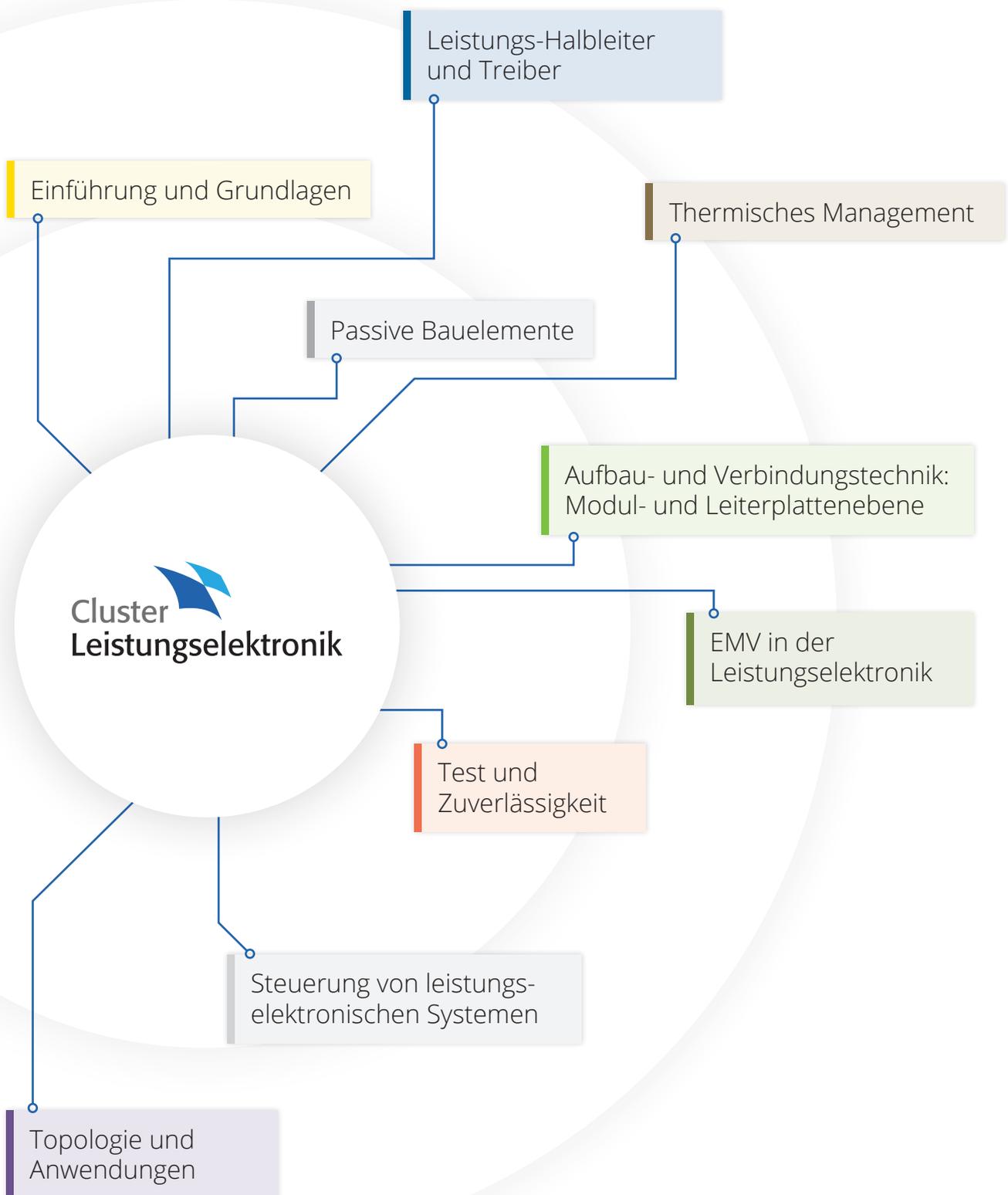
■ Viele der verwendeten Methoden erfordern eine Aktion der Teilnehmenden und reißen diese dadurch aus dem passiven Zuhören heraus, wie dies beispielsweise bei regelmäßig eingestreuten, kurzen Quiz-Fragen der Fall ist. Die per Online-Tool anonym durchgeführten Quizze geben den Teilnehmenden zudem immer wieder den Impuls konzentriert aufzupassen. Andere Methoden wie Live-Vorfürungen oder handschriftliche Live-Ergänzungen der Folien per Grafiktablett führen zu nicht wiederholbaren Ereignissen, die auch nicht in den Unterlagen nachgelesen werden können, und steigern

dadurch unbewusst die Aufmerksamkeit. Die wichtigsten, erfolgreich getesteten Methoden werden nach und nach in den normalen ClusterLE-Schulungen eingeführt – sowohl im Online- als auch im Präsenz-Format.

Eines aber zeigte das Projekt sehr deutlich: ungezwungene Gespräche in den Pausen dienen nicht nur der Vernetzung untereinander, sondern helfen auch bei der Verarbeitung der vielen fachlichen Inhalte. Keines der getesteten Online-Tools konnte diese besondere Pausen-Atmosphäre bisher nachstellen.

Schulungs-Themen ■

Die Schulungsunterlagen werden vor einer Schulung via Download zur Verfügung gestellt!



Theoriekurs



Praxiskurs

Grundlagen der Leistungselektronik ■

Tag 1:

- **Kurzwiederholung: elektronische Grundlagen**
- **Bauteile der Leistungselektronik**
- **Funktionsprinzip von Wandlern**
- **Schaltvorgänge und Ansteuerung von Halbleitern**

Tag 2:

- **Schaltungstopologien Teil 1**
- **Schaltungstopologien Teil 2**
- **EMV-Betrachtungen**
- **Aufbaukonzepte, elektrisch & thermisch**
- **Anwendungen**

Beschreibung:

■ Im Zuge der fortschreitenden Automatisierung und steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz werden in vielen industriellen Anwendungen geregelte Antriebe eingesetzt, die auf Leistungselektronik basieren. Auch bei der Netzeinspeisung erneuerbarer Energien aus Photovoltaik und Windkraft sowie bei der Kopplung unterschiedlicher Spannungssysteme z.B. bei Batteriespeichern kommt der Leistungselektronik eine Schlüsselrolle zu. Dies gilt weiterhin für die

Elektromobilität, und zwar auf der Fahrzeugseite mit dem Antriebsumrichter und diversen leistungselektronischen Konvertern im Auto, wie auch auf der Netzseite bei der Ladeinfrastruktur z.B. für das DC-Schnellladen. Ziel der Schulung ist die Vermittlung des grundlegenden Aufbaus und vor allem des Verhaltens von Leistungselektronik. Die wichtigen Schaltungstopologien werden besprochen, sowie deren Einsatz in verschiedenen Anwendungen dargestellt.

Zielgruppe:

- Elektronikentwickler, Konstrukteure, Softwareentwickler, Physiker, Chemiker oder Materialwissenschaftler, die sich in unterschiedlichen Arbeitsfeldern neu mit der Leistungselektronik beschäftigen, und das grundlegende Verhalten und die Besonderheiten der Leistungselektronik kennenlernen wollen.
- Anwender von Leistungselektronik, die mehr auf Systemebene arbeiten. Hier hilft das Wissen um die Grundlagen der Leistungselektronik, die richtigen Entscheidungen und Maßnahmen zu treffen.

Vorkenntnisse: Kenntnisse der elektrotechnischen Grundlagen sind vorteilhaft.



Quelle: Wulf-Toke Franke

Referenten:

- Dipl.-Ing. Hans-Peter Feustel, ECPE e.V.
- Prof. Dr.-Ing. Wulf-Toke Franke, University of Southern Denmark



Isolationskoordination in leistungselektronischen Baugruppen und Geräten ■

Inhalt:

- **Physikalische Grundlagen, Begriffe, Normen**
- **Typische Vorgehensweise bei der Auslegung von Luft- und Kriechstrecken anhand eines Beispiels**
- **Haftungsrisiken im Kontext der Nichteinhaltung technischer Normen**
- **PCB-Design für Leistungselektronik; Definition und Analyse der Kriechstrecke in der Praxis**
- **Überprüfung der normativen Anforderungen der Isolationskoordination im Rahmen einer Zertifizierung**

Beschreibung:

■ Die elektrische Isolationsfestigkeit bestimmt wesentlich die Betriebssicherheit von elektronischen Geräten als auch den Schutz des Anwenders. Ziel der Isolationskoordination ist es, durch geeignete Bemessung von Luftstrecken, Kriechstrecken und festen Isolierungen eine ausreichende Kurzzeit- und Langzeitspannungsfestigkeit sowie einen vom jeweiligen Anwendungsfall abhängigen Mindestisolationswiderstand zu gewährleisten.

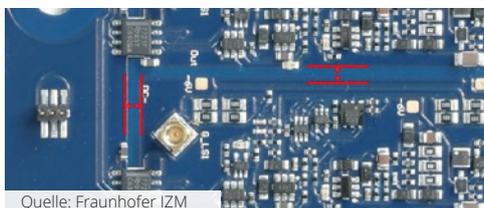
Die Schulung gibt eine Übersicht über die physikalischen Grundlagen und die wesentlichen Vorgaben aus Normen und Standards. Der Schwerpunkt der Schulung liegt auf der Darstellung und Diskussion von Anwendungsbeispielen auf dem Gebiet der Luft- und Kriechstrecken. Ein Exkurs zu Fragen der Haftung bzw. möglichen strafrechtlichen Konsequenzen der Nichteinhaltung von technischen Normen rundet die Darstellung ab.

Die Schulungsunterlagen bieten Ihnen eine wertvolle Arbeitsgrundlage mit vielen Berechnungs- und Anwendungsbeispielen, Daten und Diagrammen.

Zielgruppe:

Das Seminar wendet sich insbesondere an Ingenieure und Techniker, die sich neu mit der Thematik der Isolationskoordination befassen.

Entwickler von Baugruppen, Geräten und Anlagen der Leistungselektronik, Entflechter von Leiterplatten, Experten für Aufbau- und Verbindungstechnik, Mitarbeiter in Prüffeldern



Quelle: Fraunhofer IZM

Referenten:

- René Hopperdietzel, Schaeffler Technologies, Herzogenaurach
- Bernd Kreitmeier, TÜV SÜD Product Service, München
- Michael Schleicher, SEMIKRON Elektronik, Nürnberg
- Dr. Simon Menz, Roche Diagnostics GmbH, Mannheim

Leistungshalbleiter

– Bauelemente und Technologien ■

Tag 1:

- **Einführung:**
Leistungselektronik-Anwendungen zu Leistungshalbleiter-Bauelementen
- **Grundlagen der Halbleiter- und Bauelementephysik I**
- **Grundlagen der Leistungshalbleiter-Bauelemente**
- **Leistungsdiode und Thyristoren**
- **Power-MOSFETs und Superjunction-Bauelemente**
- **Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)**
- **Unipolare Wide Bandgap Devices (SiC, GaN)**

Tag 2:

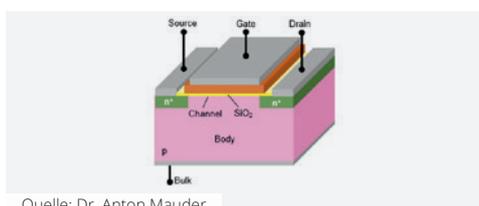
- **Packaging f. Leistungshalbleiter und Module I & II**
I: Aufbautechniken, Entwärmung, Zuverlässigkeit
II: Parasitäre Effekte
- **Modellierung und Virtuelles Prototyping**
- **Komponenten und Grundprinzipien von leistungselektronischen Systemen, Grundlagen von Gatetreibern**
- **Gatetreiber mit galvanischer Isolation**
für mittlere und hohe Leistungen und deren Integration in Smart-Power-Technologien
- **Gatetreiber** für kleine Leistung mit vollständiger Integration; Integrationstechnologien
- **Multichip-Gatetreiber und ihre Technologien;**
IPM und Single Chip Inverter, Spezifik der Gatetreiber für SiC und GaN-Bauelemente

Beschreibung:

■ Der Kurs beginnt mit einer sehr vereinfachten Erklärung der allgemeinen Funktion von Halbleiterbauelementen. Es folgen die wichtigsten Konsequenzen für die Ausgestaltung als Halbleiter-Leistungsschalter. Danach werden die derzeit im Einsatz befindlichen Bauelemente im Einzelnen ausführlich betrachtet. Den Abschluss des ersten Tages bildet eine knapp gehaltene Übersicht über Integrationstechnologien bei Modulen. Der zweite Tag beginnt mit der Betrachtung parasitärer Effekte in der Aufbautechnik und motiviert damit den anschließenden Abschnitt über "virtual Prototyping", in dem die Modellbildung der Bauelemente und die Anwendung der Modelle für die Schaltungs- und Systemsimulation erläutert werden. Es folgt eine sehr ausführliche Behandlung der Ansteuertechniken und der Konsequenzen für das Schaltverhalten derzeitiger, aber auch zukünftiger Bauelemente. Dieser Teil richtet sich in besonderer Weise an die Anwender. Den Abschluss des Tutorials bildet ein Überblick über den derzeitigen Stand und die zu erwartende Entwicklung von Bauelementen auf der Basis von SiC und GaN.

Zielgruppe:

Ingenieure der Leistungselektronik und alle, die sich über die besonderen Technologien der leistungselektronischen Halbleiterbauelemente informieren wollen.



Quelle: Dr. Anton Mauder

Referenten:

- Dr.-Ing. Anton Mauder, Infineon Technologies
- Prof. Dr.-Ing. Nando Kaminski, Universität Bremen
- Dr.-Ing. Reinhard Herzer, Semikron
- Dr.-Ing. Peter Türkes, Infineon



Anwendertraining zur Wide-Bandgap Systemintegration ■

Tag 1:

- Einleitung und Motivation der WBG-Leistungselektronik
- Wide-Bandgap Leistungshalbleiter
- Design von WBG-Leistungselektronik
- Integration von schnell schaltenden Leistungshalbleitern: The Era of Designing Parasitics
- Ansteuer- und Schutzschaltungen (Treiber) für WBG-Schalter
- Testen von WBG-Bauelementen I (Fokus: Chip)

Tag 2:

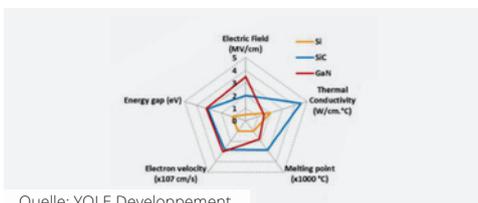
- State of the Art Packaging
- Anforderungen an die induktiven Komponenten
- Herausforderungen durch hohe Leistungsdichte (hohe Temperaturen) bei integrierten Systemen
- Testen von WBG-Bauelementen II (Fokus: Aufbau- & Verbindungstechnik)

Beschreibung:

■ Wide-Bandgap (WBG) Halbleiterbauelemente auf Basis von SiC und GaN haben großes Potenzial, die Leistungsdichte und Effizienz leistungselektronischer Systeme zu steigern. Wesentliche Herausforderungen liegen dabei in der Beherrschung des schnellen Schaltens und der hohen Leistungsdichte auf Systemebene. Die Schulung vermittelt das für die Entwicklung dieser Art von Leistungselektronik erforderliche Know-how. Die 2-tägige Schulung behandelt alle Aspekte der WBG-Systemintegration - von der Auswahl der SiC bzw. GaN-Leistungshalbleiterbauelemente über das Design von WBG-Leistungselektronik bis zu den Herausforderungen durch das schnelle Schalten (parasitäre Effekte, EMV, Filter) und die hohe Leistungsdichte bei hochintegrierten Systemen. Ein weiteres wichtiges Thema für den Anwender ist das Testen: einerseits der elektrische Test der neuen Leistungshalbleiter-bauelemente und andererseits die erweiterten Zuverlässigkeitstests der Leistungsmodule und Systeme.

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich insbesondere an Ingenieure und Techniker, die sich mit den Besonderheiten der schnell schaltenden Bauelemente aus SiC und GaN und deren effiziente Integration in das Gesamtsystem beschäftigen. Praktische Hinweise für den Anwender stehen im Mittelpunkt der Schulung.



Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Eckart Hoene, Fraunhofer IZM
- Prof. Dr.-Ing. Nando Kaminski, Universität Bremen
- Dipl.-Ing. Andreas Schletz, Fraunhofer IISB, Erlangen
- Prof. Dr.-Ing. Alexander Stadler, Hochschule Coburg

Ansteuer- und Schutzschaltungen für MOSFET und IGBT ■

Inhalt:

- **Aufbau und Verhalten moderner Leistungshalbleiter:** Physikalische Begründung ihrer Eigenschaften und Besonderheiten • Internes Verhalten beim Kommutieren und Einflussfaktoren
- **Steuerung von Leistungshalbleitern:** Zünden oder Steuern • Steuerverhalten von MOSFET und IGBT • Trends bei MOSFET und IGBT • Reduktion der Speicherladung vor dem Abschalten • Steuermethoden zur Begrenzung der Strom- bzw. Spannungsteilheiten • Gate-Induktivitäten • Sicherer Arbeitsbereich
- **Schutzschaltungen und Aspekte der Treiberversorgungsspannung:** Schalten mit und ohne negative Spannung • Schalten mit erhöhter Gate-Einschaltspannung • Einflüsse auf Schaltverhalten und -zeiten • Maßnahmen gegen parasitäres Wiedereinschalten • Schutzschaltungen zum Abschalten von Kurzschlüssen • Maßnahmen gegen Abschaltüberspannungen
- **Schnelles Schalten und ausgewählte Anwendungsprobleme:** Grenzen der Schaltgeschwindigkeit • Ausgewählte Anwendungsprobleme • Störgrößen und Störpfade • Design-Tipps

Beschreibung:

■ Ansteuer- und Schutzschaltungen (Treiber) bilden die Schnittstelle zwischen der Signalebene und den Leistungsschaltern innerhalb eines Leistungselektronischen Systems. Sie sind für den sicheren, aber auch effizienten und störungsarmen Betrieb der Leistungsschalter verantwortlich. Eine schnelle und sichere Treiberentwicklung erfordert umfassende Kompetenzen:

Kenntnisse der Eigenschaften der aktiven Bauelemente (MOSFET, IGBT, Dioden)

- Logik- und Interface-Design mit galvanischer Trennung
- Stromversorgung für galvanisch getrennte Schaltungsteile
- Beherrschung von extremen Störquellen (hohe di/dt bzw. du/dt)
- Kenntnisse der Systemtopologien und Schaltungstechnologien der Leistungselektronik

Die Schulung vermittelt Schaltungsentwicklern die Anforderungen an Treiber, die Kenntnisse der Wirkungsweise von Treibern und das erforderliche Bauelemente-Wissen. SiC-MOSFETs und GaN-HEMT werden nicht speziell behandelt. Die grundsätzlichen Eigenschaften von MOSFETs und deren Treiberschaltungen sind aber eng verwandt und übertragbar.

Zielgruppe:

Entwickler und Ingenieure, die Schaltnetzteile entwerfen oder neu in die Entwicklung einsteigen wollen.

Vorkenntnisse:

Ein elektrotechnisches Grundverständnis ist erforderlich.



Quelle: Fraunhofer IISB

Referenten:

- Dr. Reinhold Bayerer, Physics of Power Electronics
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Basler, Technische Universität Chemnitz
- Prof. Dr.-Ing. Martin März, Fraunhofer Institut (Fraunhofer IISB)
- Dr.-Ing. Arendt Wintrich, Semikron Elektronik



Schaltkreise für sauberes Schalten und geringe Verluste ■

Tag 1:

- **Schalten von induktiven Lasten mit Leistungshalbleitern**
- **Geometrie von elektrischen Leitern und ihre Induktivität – Berechnung und Bewertung**
- **Auswirkung der Streuinduktivität auf das Schaltverhalten und die Beanspruchung von Leistungshalbleitern**
- **Ausschaltverhalten von bipolaren Leistungshalbleitern - IGBT und Diode: Einfluss von DC-Spannung, Strom und Ansteuerung I & II**
- **Auswirkung der Streuinduktivität auf die Stromaufteilung unter parallel geschalteten Leistungshalbleitern**
- **Fallstudie I:** Asymmetrische Parallelschaltung und Bewertung

Tag 2:

- **Fallstudie II:** Asymmetrische Parallelschaltung und Bewertung
- **Auswirkung von Streuinduktivität auf Systemverluste**
- **Schwingungen im Zwischenkreis**
- **Streuinduktivität korreliert zu elektrischem Widerstand von Leiteranordnungen**
- **Induktivität der Gate-Ansteuerung,**
- **Streukapazität und Aspekte der EMI**
- **Sauberes Schalten mit WBG-Leistungshalbleitern I & II und mit SiC-Leistungshalbleitern**
- **Messung von Schaltvorgängen, Vorteile von Schaltkreisen mit niedriger Streuinduktivität**

Beschreibung:

- Die Schulung zeigt die verschiedenen Auswirkungen einer hohen Streuinduktivität in der Leistungselektronik auf und erläutert konstruktive Möglichkeiten, um eine niedrige Streuinduktivität zu erreichen.

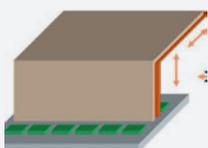
Zielsetzung:

- Kenntnis der physikalischen und technischen Grundlagen der Streuinduktivität
- Kenntnis der Auswirkungen der Streuinduktivitäten
- Kenntnis der Besonderheiten bei parallel geschalteten Leistungshalbleitern
- Kenntnis möglicher konstruktiver Maßnahmen, um eine niedrige Streuinduktivität zu erreichen
- Kenntnis der Vorteile des sauberen Schaltens

Um in die Materie einzuführen wird das Seminar mit einer Beschreibung der Schaltvorgänge an induktiven Lasten und den entsprechenden Schaltkurven beginnen. Darauf folgt die Betrachtung der Auswirkungen von Streuinduktivität. Auswirkungen auf Parallelschaltungen ergeben sich auch aus zwei Fallstudien. Konstruktive Maßnahmen in Systemen und resultierte Geometrien von elektrischen Leitern zur Erreichung niedriger Streuinduktivität und Symmetrie in Parallelschaltungen stellen wesentliche Teile des Seminars dar. Den Abschluss bildet eine Zusammenfassung der sich ergebenden Vorteile in der Leistungselektronik.

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich insbesondere an: Entwickler von leistungselektronischen Baugruppen, die schnell schaltende Leistungshalbleiter-Bauelemente einsetzen wollen und an Hochschulen und Forschungseinrichtungen.



Quelle: Infineon Technologies AG

Referenten:

- Dr.-Ing. Reinhold Bayerer, Physics of Power Electronics
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Basler, Chemnitz University of Technology



Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen - Teil 1 ■

Inhalt:

- **Datenblattparameter von Leistungshalbleiter-Bauelementen**
- **Statische Messungen Teil 1**
- **Statische Messungen Teil 2**
- **Grundlagen des Schaltens und Kommutierens**
- **Dynamische Messungen von Datenblattparametern an Si-Bauelementen**
- **Thermische Charakterisierung**
- **Relevanz der Datenblattparameter in der Anwendung**

Beschreibung:

■ Die performance- und kostenoptimierte Auslegung leistungselektronischer Schaltungen verlangt zunehmend ein tieferes Verständnis der Eigenschaften und physikalischen Parameter von Leistungshalbleiter-Bauelementen. Im Rahmen der Veranstaltung sollen wesentliche, relevante Messverfahren dargestellt werden, die zur Prüfung und Charakterisierung von Leistungshalbleiter-Bauelementen eingesetzt werden können. Während der Vorträge werden, begleitend die jeweils relevanten Versuche vorgeführt und erläutert.

Zielsetzung:

- Kenntnis relevanter physikalischer Größen zur Prüfung bzw. Charakterisierung v. Leistungshalbleiter -Bauelementen
- Kompetenz, die entsprechenden Angaben in den Normen bzw. Datenblättern zu interpretieren
- Kenntnis der physikalischen und technischen Grundlagen der Messverfahren
- Kenntnis der Vor- und Nachteile bzw. Grenzen der verschiedenen Messverfahren
- Kompetenz zur Durchführung von Messungen

Thematisch ähnliche Schulung:

Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen – Teil 2 – Vertiefung

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich insbesondere an: Entwickler von leistungselektronischen Baugruppen, die Leistungshalbleiter-Bauelemente einsetzen, spezifizieren und auswählen, Mitarbeiter im Bereich Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement, Hersteller von Leistungshalbleiter-Bauelementen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Ingmar Kallfass, Universität Stuttgart
- Dr. Daniel Domes, Infineon Technologies AG
- Prof. Dr.-Ing. Tobias Reimann, ISLE Steuerungstechnik und Leistungselektronik GmbH



Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen – Teil 2 ■

Tag 1 (Theorie)

- Einführung in die Doppelpulsmessung
- Messung schneller Schaltvorgänge mit Wide Bandgap Transistoren
- Messung von Bauelementinduktivitäten und –widerständen mit RLC Meter und Netzwerkanalysator
- Strommessung
- Messung schneller Schaltvorgänge mit GaN Leistungstransistoren
- „Arbeitssicherheit und Tipps für die messtechnische Praxis“

Tag 2 (Praxiskurs - optional)

- Einführung und Überblick
- Vorstellung Bosch EPC-Labor
- Sicherheitsbelehrung
- Labormessungen (Hauptteil)

Beschreibung:

■ Die dynamischen Eigenschaften von schnell schaltenden Leistungshalbleiter-Bauelementen können messtechnisch nur dann richtig erfasst werden, wenn die Leistungshalbleiter in Applikationen, d.h. in realen Schaltungen eingebaut sind. Aufbauend auf der Grundlagenschulung sollen im Rahmen dieser Veranstaltung wesentliche, relevante Messverfahren dargestellt werden, die zur Prüfung und Charakterisierung von Leistungshalbleiter-Bauelementen in Applikationen eingesetzt werden können. Die Vorträge können optional durch den Besuch eines Praxiskurses im Bosch EPC-Labor ergänzt werden, in dem in Kleingruppen bestimmte messtechnische Versuche unter Anleitung selbst durchgeführt werden können.

Zielsetzung:

- Kenntnis relevanter physikalischer Größen zur Prüfung/Charakterisierung v. schnell schaltenden LHL -Bauelementen
- Kompetenz, die entsprechenden Angaben in den Normen bzw. Datenblättern zu interpretieren
- Kenntnis v. möglichen Messverfahren, um schnell schaltenden Bauelemente in Applikationen prüfen und charakterisieren zu können
- Kenntnis der Vor- und Nachteile bzw. Grenzen der verschiedenen Messverfahren
- Kompetenz zur Konzeption und Durchführung von Messungen

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich insbesondere an: Entwickler von leistungselektronischen Baugruppen, die schnell schaltende Leistungshalbleiter-Bauelemente einsetzen, spezifizieren, auswählen; Mitarbeiter im Bereich Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement; Hersteller von Leistungshalbleiter-Bauelementen; Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Vorkenntnisse:

Es wird empfohlen, den Grundkurs dieser Schulungsreihe: Messen, Prüfen und Charakterisieren von Leistungshalbleiter-Bauelementen - Grundlagen zu besuchen.

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Ingmar Kallfass, Universität Stuttgart
- Stefan Böhm, Robert Bosch GmbH, Power Semiconductores
- Harald Jung, Robert Bosch GmbH, Innolab

Use and Assessment of Power Device Models in Power Electronics Simulation ■

in englischer Sprache

Inhalt:

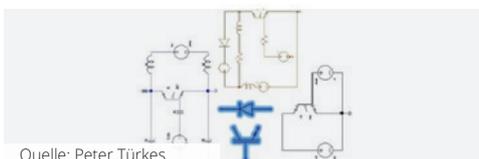
- **Einführende Bemerkungen**
- **Praktische Übung: Leistungsbauelement-Modelle und das Datenblatt**
 - Gleichstrom-Eigenschaften von Leistungsbauelementen (IGBT, MOSFET, Diode)
 - Schaltungen zur Bewertung von Gate-Ladung und Kapazität
 - Transiente Eigenschaften
- **Praktisches Training: Leistungsbauelement-Modelle in Anwendungsschaltungen**
 - Regelverfahren mit geregelten Spannungs-/Stromquellen
 - Einseitige Resonanztopologie mit Zweipunktstromregelung (Induktionsherd)
 - H-Brücke mit PWM-Steuerung
- **Feedback**

Beschreibung:

■ Einige Hersteller von Leistungsgeräten bieten kompakte Simulationsmodelle ihrer Produkte an. Der Zweck dieser kompakten Modelle ist die Unterstützung des Kunden, der sie für das virtuelle Prototyping verwenden kann. Der Einsatz von „Virtual Prototyping“ in der Leistungselektronik zielt auf die Beschleunigung des Systementwicklungsprozesses ab. Daher müssen die verwendeten Leistungsgerätemodelle ein hohes Maß an Genauigkeit aufweisen. Dieses ‚hands on training‘ soll Sie in die Lage versetzen, kompakte Modelle von Leistungsbauelementen zu bewerten und zu verwenden. Es konzentriert sich auf IGBTs, Dioden und MOSFETs. Es beginnt mit einer kurzen Beschreibung der verfügbaren Modelle von Leistungsbauelementen und den dazugehörigen Datenblättern. Beides ist auf den Websites der verschiedenen Hersteller erhältlich. Darüber hinaus folgt eine kurze Einführung in die empfohlene Simulationssoftware LTSPICE (erhältlich auf der Website von Analog Devices für Ausbildungszwecke <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#>). Im Laufe dieses Kurses werden Sie Standard-Simulationsschaltungen aus dem Datenblatt durcharbeiten und die verwendeten Modelle im Hinblick auf die Korrelation mit den Datenblattwerten bewerten. Um die Leistung der Modelle von Leistungsbauelementen zu bewerten, werden Sie schließlich einige Anwendungsschaltungen durcharbeiten. Die Vereinfachung der notwendigen Treiber- und Steuerschaltungen durch kontrollierte Quellen macht diese Anwendungsschaltungen leicht handhabbar. Die Teilnehmenden sollten LTSPICE auf ihrem Notebook zur Verfügung haben, um damit arbeiten zu können. Modellbibliotheken und Testschaltungen, die für dieses Tutorial benötigt werden, werden im Voraus verteilt.

Zielgruppe:

- Ingenieure, die am Anfang ihrer Karriere im Bereich des Entwurfs oder der Simulation von Leistungsschaltungen stehen;
- Entwickler von Bauelementen, die an der Bewertung leistungselektronischer Systeme interessiert sind;
- Studierende mit einem Hintergrund in Leistungselektronik.



Quelle: Peter Türkes

Referenten:
Dr. Peter Türkes, Consultant (DE)



Induktivitäten in der Leistungselektronik ■

Tag 1:

- Exemplarische Auslegung einer Drossel (Buck/ Boost)
- Magnetische Materialien, Auslegung von Magnetkreisen, Berechnung/Simulation von Kernverlusten Teil I & Teil II
- Messung der Eigenschaften von Elektroblechen
- Messung der Eigenschaften von Ferriten
- Messung und Modellierung der Kernverluste bei Gleichfeldvormagnetisierung
- Kupferverluste und thermische Anbindung verschiedener Wickelarten (CuB, FD, CuL, HF-Litze, Luftspalteinfluss)

Tag 2:

- Parasitäre Kapazitäten in Wickelgütern
- Optimierung einer Sinusfilterdrossel für eine SiC-Anwendung
- Grundlagen der thermischen Berechnung
- Design-Kriterien und Anwendungsbeispiel eines MF-Trafos
- Simulation und Optimierung direkt wassergekühlter Bauteile auf Basis von Trafo-Blechen mit Kupferrohr als Wickelmaterial
- Aktuelle Trends bei Wickelgütern
- Live-Auslegung eines induktiven Bauteils

Beschreibung:

■ Ziel dieser Schulung ist es, die Wissensbasis sowohl auf Seiten der System- als auch auf Seiten der Komponentenentwickler zu stärken. Zu diesem Zweck werden neben den physikalischen Grundlagen auch Themen, wie etwa die praktische Bestimmung der Kern- und der Kupferverluste sowie die Vorhersage der Hot-Spot-Temperatur und der parasitären Effekte der Bauteile im Detail diskutiert und anhand von vielen praktischen Beispielen verdeutlicht. Zum besseren Verständnis der physikalischen Zusammenhänge werden zahlreiche Simulationen vorgeführt und die Ergebnisse bezüglich der praktischen Umsetzung und des zu erwartenden Fertigungs- und Kostenaufwandes diskutiert. Da die induktiven Komponenten einen erheblichen Einfluss auf die Kosten, den Wirkungsgrad, das Volumen und Gewicht sowie das EMV-Verhalten des leistungselektronischen Gesamtsystems haben, ist es unabdingbar, dass eine Zusammenarbeit zwischen Systementwicklern und Entwicklern der induktiven Bauteile zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in der Projektphase aufgenommen wird. Nur so kann gewährleistet werden, dass durch die Anpassung von technischen Parametern und Spezifikationen durch beiderseitige Zusammenarbeit ein optimales Ergebnis im Hinblick auf das Gesamtsystem erzielt wird.

Zielgruppe:

Entwickler und Ingenieure, die induktive Bauelemente auslegen oder einen detaillierten Überblick über die Komplexität der Thematik gewinnen wollen.

Vorkenntnisse:

Grundkenntnisse über induktive Bauelemente sind erforderlich.



Quelle: Block Transformatoren-Elektronik GmbH

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Alexander Stadler, Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg
- Dipl.-Ing. Michael Owzareck, BLOCK Transformatoren-Elektronik GmbH
- Dipl.-Ing. Sascha Langfermann, BLOCK Transformatoren-Elektronik GmbH
- Dr.-Ing. Dennis Kampen, BLOCK Transformatoren-Elektronik GmbH
- Dr.-Ing. Erika Stenglein, EMC Center Erlangen, Siemens AG



Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) in der Leistungselektronik ■

Tag 1:

- **Einführung und Grundlagen**
 - Einführung in die Leistungselektronik-AVT
 - Werkstoffe der AVT
 - Materialeigenschaften und Zuverlässigkeitsaspekte
 - Technologien zur Chiprückseitenverbindung
 - Technologien zur Chipvorderseitenverbindung
 - Verkapselung und Gehäuse
- **Bauelemente und Module**
Diskrete Leistungshalbleiter und System Integration

Tag 2:

- **Bauelemente und Module**
 - Leistungsmodule
 - Grundlagen der thermischen Auslegung
- **AVT auf Umrichter-/Systemebene**
 - AVT für Systeme höherer Leistung und Kühlung
 - AVT für Systeme kleinerer und mittlerer Leistung
 - Fehlermechanismen
 - Testmethoden für Zuverlässigkeit und Lebensdauer
 - AVT für WBG-Halbleiter

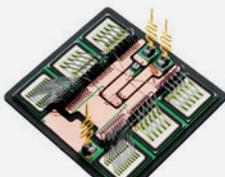
Beschreibung:

- Auch in der Leistungselektronik verbindet die Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) den Halbleiterkristall mit der Systemumgebung, wobei folgende Basisfunktionen sichergestellt werden:
 - Bereitstellung handhabbarer Bauteile und Module vorzugsweise mit standardisierten Schnittstellen
 - Bereitstellung von elektrischen Verbindungen und Anschlüssen
 - Abführung von Verlustwärme
 - Schutz vor Umwelteinflüssen (z.B. mechanisch, Feuchte)

Im Vergleich zur Mikroelektronik kommen allerdings verschärfte Randbedingungen hinzu: es müssen hohe Ströme geleitet und hohe Spannungen sicher isoliert werden. Der Abführung der im Leistungshalbleiter freigesetzten Verlustwärme kommt eine zentrale Bedeutung zu (thermisches Management). Somit beeinflusst die AVT maßgeblich die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Systeme. Die Haupttreiber und Entwicklungstrends bei den leistungselektronischen Systemen sind eine hohe Leistungsdichte, hohe Zuverlässigkeit, eine industrielle Fertigbarkeit und niedrige Kosten. Die Grenzen der heutigen AVT nach dem Stand der Technik werden im Kurs aufgezeigt sowie alternative Verbindungs- und Integrationstechniken vorgestellt.

Zielgruppe:

Die Schulung richtet sich an Ingenieure z.B. aus den Bereichen Elektrotechnik, Konstruktion oder Werkstoffe, die entweder neu einsteigen in das Gebiet der AVT speziell für die Leistungselektronik oder ihre Kenntnisse auf diesem Gebiet vertiefen möchten.



Quelle: ABB

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Uwe Scheuermann, Semikron
- Dr. Reinhold Bayerer, Physics of Power Electronics
- Dr. Karsten Guth, Infineon Technologies, Warstein
- Dr. Max H. Poech, Senior Scientist
- Dipl.-Ing. Gudrun Feix, ECPE e.V.



Laborkurs: Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) für leistungselektronische Module ■

NEU
AB 2023

Tag 1:

AVT-Grundlagen: Technologien, Prozesse, Gerätetechnik

- Aufbau- und Verbindungstechnik: Grundlagen,
Technologien und Prozesse
- Chipmontage (Löten, Sintern)
 - Chip-Kontaktierung (Drahtbonden)
 - Gehäuse und Verguss

Praktische Durchführung in Kleingruppen an diversen
Laborstationen

Tag 2:

Prüfen und Charakterisieren (Analyseverfahren) und Lebensdauertests

- Verfahren zum Messen, Prüfen und Charakterisieren
von Leistungsmodulen (Praktische Durchführung in
Kleingruppen an diversen Laborstationen)
- Verfahren zur thermischen Charakterisierung (Rth)
und Lebensdauerprüfung (Praktische Durchführung in
Kleingruppen an diversen Laborstationen)

Beschreibung:

■ Der Laborkurs vermittelt die wichtigsten Grundlagen der Aufbau- und Verbindungstechnik für leistungselektronische Module. An einzelnen Laborstationen wird die praktische Durchführung eingeübt. Der Anteil der Praxisübungen beträgt ca. 50% der Schulungsdauer. Der Laborkurs wird an Anlagen durchgeführt, die für die tägliche Institutsarbeit verwendet werden. Die Referenten verfügen daher über eine hohe Praxiserfahrung und können auf die speziellen Besonderheiten der Anlagen und auf Fragen der Teilnehmenden eingehen.

Ziel der Schulung:

Die Teilnehmenden lernen neben den wichtigsten Grundlagen die relevanten Aspekte in der praktischen Umsetzung kennen. Ziel ist nicht das Erlernen der Bedienung der einzelnen Gerätschaften, sondern der Überblick über die gesamte Kette der AVT: vom einzelnen Chip bis hin zu den verschiedenen Prüf- und Charakterisierungsmethoden für Leistungsmodule. Erfahrene Teilnehmende können neue Impulse für ihre eigene Arbeit aufnehmen.

Zielgruppe:

- Einsteiger im Bereich AVT
- Personen mit geringer bis mittlerer Erfahrung im Bereich AVT
- Entwickler, Hersteller und Anwender, die sich einen Überblick über die AVT und Prüfmethode von Leistungsmodulen verschaffen möchten.

Referenten:
Dr.-Ing. Hubert Rau, Gruppenleiter Advanced Power Modules,
Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelemente-
technologie IISB



Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppen, Praxiskurs ■

Inhalt:

- **Einführung**
Übersicht Verbindungstechniken Eigenschaften im Vergleich Anforderungen an die Einpresstechnik
- **Entwicklung einer Einpressverbindung**
Baulemente der Einpresstechnik Anforderungen an Leiterplatte und Layout Entwicklung einer Einpressverbindung Prozesse, Werkzeuge, Vorrichtungen Repair und Rework Qualifikation von Einpressverbindungen Relevante Normen und IPC Vorschriften
- **Praxisteil 1**
Vorführung verschiedener Arten von Einpresstechnik
- **Praxisteil 2**
Erstellung von Einpressverbindungen Qualifizierung von Einpressverbindungen

Beschreibung:

- Neben dem Löten und Sintern konnten in den letzten Jahren substantielle positive Erfahrungen mit der Einpresstechnik in der Leistungselektronik gewonnen werden. **Als Vorteile werden gesehen**
 - Geringe/keine Wärmebelastung der Bauelemente
 - Bestückung von Leistungsmodulen auf der Unterseite der Leiterplatte
 - Vermeidung von Lötbrücken, -Spritzer, Flussmittelresten
 - Verbindungen sind bleifrei
 - Gute Stromtragfähigkeit
 - Hohe Langzeitzuverlässigkeit / Wirtschaftlichkeit /Geringe Fertigungskosten

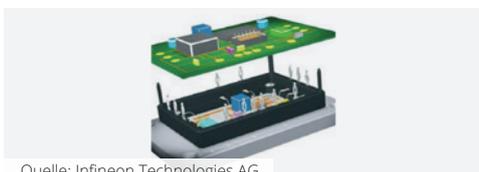
Als potentielle Risiken werden gesehen:

- Mechanische Beeinträchtigung der Leiterplatte (Metallisierung, Delamination) & benachbarter Bauelemente beim Einpressen
- Mangelnde mech. Stabilität bei Vibrationsbelastung
- Höhere Anforderungen an das Leiterplatten-Layout

In der Schulung mit Praxisteil wird eine Übersicht über die Technologie und die Möglichkeiten der Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppen gegeben. Im Anschluss daran erlernen die Teilnehmenden das Herstellen von Einpressverbindungen und die Überprüfung selbst hergestellter Verbindungen anhand industriell geforderter Prüfmethode.

Zielgruppe:

Experten im Bereich Aufbau- und Verbindungstechnik in der Leistungselektronik (AVT)/ Fertigungstechnologen (Elektronikmontage)/ Qualitätsmanager für Elektronikprodukte/ Betriebsingenieure, Anlagenführer, Techniker, Meister/ Hersteller von Bauelementen der Leistungselektronik/ Forschungseinrichtungen im Bereich AVT



Quelle: Infineon Technologies AG

Referenten:
Dr.-Ing. Frank Ansorge, Fraunhofer EMFT



Thermal Engineering of Power Electronic Systems

Part I: Thermal Design and Verification ■

in englischer Sprache

Tag 1:

- Wärme: Grundlagen, Beispiele, Wärmetausch I
- Wärme: Grundlagen, Beispiele, Wärmetausch II
- Erste Schritte eines Konverterdesigns
- Thermische Messungen I - Grundprinzipien und Techniken
- Thermische Netzwerksimulation
- Einführung in die Finite-Elemente-Simulation
- Zusammenfassung 1. Tag

Tag 2:

- Thermische Messungen II
- Praktische Übung: Thermische Simulationen mit drei Optionen:
 1. Thermische Netzwerksimulation (LTspice)
 2. CFD-Simulation thermischer Systeme mit der Finite-Elemente-Methode
 3. Modellierung einer Leistungsplatine mit 3D-CFD-Thermoanalyse (Simulation und Messung)
- Zusammenfassung 2. Tag

Beschreibung:

■ Die thermische Auslegung leistungselektronischer Systeme ist ein Schlüssel zur Erreichung hoher Leistung und Zuverlässigkeit. Mit einem klaren Schwerpunkt auf Leistungsmodulen befasst sich das Tutorial mit dem thermischen Design und der Validierung von leistungselektronischen Komponenten am Beispiel eines 100 kW IGBT-Umrichters, der mit zusätzlichen thermischen Sensoren ausgestattet ist. **Teil 1:** Nach einem Überblick über die grundlegende Theorie der Wärmeübertragung wird die Berechnung der Verluste in einem Spannungsquellenwechselrichter erläutert. Für ausgewählte stationäre Betriebsbedingungen werden die zu erwartenden Gerätetemperaturen des Beispielumrichters anhand von Datenblattwerten berechnet. Die Anwendung von Online-Tools zur Erleichterung dieses Prozesses wird demonstriert. Die Teilnehmenden können zwischen FEM-Simulationen und der Berechnung des thermischen Ersatznetzes mit LTspice™ wählen, um diese Betriebsbedingungen zu simulieren. Die Ergebnisse werden mit thermischen Messungen mit Thermoelementen und einer IR-Kamera verglichen. Darüber hinaus wird sich eine 3. Praktikumsgruppe mit der Modellierung einer Leistungsplatine mit 3D-CFD-Thermoanalyse befassen.

Thematisch ähnliche Schulung:

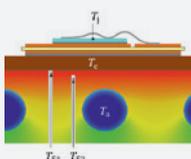
Thermal Engineering of Power Electronic Systems Part II: Thermal Management and Reliability

Zielgruppe:

Entwickler und Hersteller von leistungselektronischen Schaltungen und Geräten bzw. deren Integration in ein Gesamtsystem

Vorkenntnisse:

Grundlegende Kenntnisse über Leistungshalbleiter und leistungselektronische Systeme



Quelle: Prof. Dr.-Ing. Martin März

Referenten:

- Prof. Dr. Uwe Scheuermann, Semikron Elektronik
- Dr. Thomas Heckel, Fraunhofer IISB
- Nils Jahn, TU Dortmund University
- Prof. Martin Pfof, TU Dortmund University
- Andreas Simon-Kajda, Siemens Industry Software
- Dr. Arendt Wintrich, Semikron Elektronik

Thermal Engineering of Power Electronic Systems

Part II: Thermal Management and Reliability ■

in englischer Sprache

Tag 1:

- Thermische und elektrische Versagensmechanismen auf Halbleiterebene
- Temperatur und Verlässlichkeit: Versagensmechanismen auf Verpackungsebene I
- Temperatur und Verlässlichkeit: Versagensmechanismen auf Verpackungsebene II
- Thermo-/Schadensempfindliche elektrische Parameter
- Messung der thermischen Impedanz - Vorbereitung
- Extraktion und Anwendung thermischer Netze
- Zusammenfassung 1. Tag

Tag 2:

- Design für Zuverlässigkeit
- Lebensdauermodelle basierend auf dem Power Cycling Test
- Missionsprofil-basierte Lebensdauerabschätzung
- Elektrothermische und thermomechanische Simulation
- Thermische Simulation komplexer Leistungspakete unter Berücksichtigung von Zuverlässigkeitsaspekten
- Spezialeffekte und alternative Kühlungstechnologien
- TIM-Materialien
- Zusammenfassung des 2. Tages

Beschreibung:

■ Die thermische Auslegung leistungselektronischer Systeme ist ein Schlüssel zur Erreichung hoher Leistung und Zuverlässigkeit. Mit einem klaren Schwerpunkt auf Leistungsmodulen befasst sich das Tutorial mit dem thermischen Design und der Validierung von leistungselektronischen Komponenten am Beispiel eines 100 kW IGBT-Umrichters, der mit zusätzlichen thermischen Sensoren ausgestattet ist.

Teil 2: Nach einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse des ersten Teils werden Ausfallmechanismen sowohl auf Halbleiter- als auch auf Gehäuseebene vorgestellt. Danach werden thermo-/schadensempfindliche Parameter zusammen mit dem theoretischen Hintergrund der Messung der thermischen Impedanz diskutiert. Ein praktisches Experiment zur Messung der thermischen Impedanz mit Standard-Labora-ausrüstung wird den ersten Tag abschließen. Der zweite Tag beginnt mit konkreten Konzepten zur Auslegung der Zuverlässigkeit und zielt dann direkt auf die Abschätzung der Lebensdauer ab, die sowohl auf Leistungszyklen als auch auf Einsatzprofilen basiert. Es folgen fortgeschrittene elektrothermische und thermomechanische Simulationen. Ein Überblick über Kühlsysteme schließt den zweitägigen Lehrgang ab.

Zielgruppe:

Entwickler und Hersteller von leistungselektronischen Schaltungen und Geräten bzw. deren Integration in ein Gesamtsystem

Vorkenntnisse:

Teilnahme am ersten Teil dieser Schulung.

Referenten:

- Prof. Dr. Uwe Scheuermann, Semikron Elektronik
- Prof. Francesco Iannuzzo, Aalborg University
- Prof. Martin Pfof, TU Dortmund University
- Andreas Simon-Kajda, Siemens Industry Software
- Dr. Arendt Wintrich, Semikron Elektronik



EMV in der Leistungselektronik ■

Tag 1:

- **Einführung und Motivation**
Problemdarstellung an konkreten Beispielen
- **Grundlagen EMV I**
Ausbreitungsmodell, Störquellen, Senken, Kopplungen
- **Grundlagen EMV II**
 - Störquelle in der LE
 - Zeitbereich – Frequenzbereich - Maßeinheiten
 - Praktische Vorführung (galvan. Kopplung – Senke; Vergleich mit Grenzwerten)
- **Grundlagen EMV III**
 - Kopplungen
 - DM- und CM-Störungen, Modenkonzersion
 - Messtechnik (Messgeräte, Messprinzipien)
 - Leitungsgebunden / abgestrahlt
- **Methoden**
 - Passive Filter – Topologie, Auslegung
 - Bauteileigenschaften – Prakt. Beispiel
- **EMV in Schaltnetzteilen**
Entstehung von EMV-Störungen - praktische Aspekte des EMV-gerechten Entwurfs von Schaltnetzteilen

Tag 2:

- **Methoden III**
Filterung/ Schirmung
- **EMV gerechtes Design**
Filterdesign - PCB-Design - Rückwirkung auf mechanisches Design
- **EMV-Simulation I + II**
 - Überblick - Extraktion v. parasitären Bauteileigenschaften-
Kopplungssimulation
 - Schaltplansimulation zur Ermittlung der Störemissionen
- **EMV-optimierte Leistungselektronik**
am Beispiel Leistungsmodule
- **EMV in der Elektromobilität**
Spezifische EMV-Anforderungen im Fahrzeugbereich
- Messverfahren auf Komponentenebene - Schirmung -
Filterung
- **Praktische Entstörung u. Fehlersuche in Geräten**
- **Vorführung von Störungsmessungen**

Beschreibung:

Die Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) durch Reduzierung elektromagnetischer Störungen wird zunehmend wichtiger. Die Fortschritte in der Halbleitertechnologie ermöglichen in der Leistungselektronik eine höhere Effizienz und kompaktere Systeme, bringen damit in der Regel aber auch verstärkte elektromagnetische Wechselwirkungen mit sich. Die zunehmende Integration als Antwort auf die Forderungen des Marktes verstärkt das Problem. Durch die Bauteildichte nimmt die elektromagnetische Kopplung zwischen den Komponenten zunehmenden Einfluss auf das Systemverhalten. Der Aufbau wird komplexer und führt zu erheblich höheren Entwicklungskosten. Unbedingt sollten daher EMV-Aspekte schon zu Beginn einer Bauteilentwicklung beachtet werden.

Zielgruppe:

Die Schulung richtet sich sowohl an Personen, die einen umfassenden Überblick über das Thema benötigen, als auch an Anwender, die in der täglichen Praxis mit EMV-Problemen umgehen müssen. Die Schulung vermittelt alle relevanten Inhalte zum Thema. Die theoretischen Zusammenhänge und methodischen Möglichkeiten im Umgang mit EMV-Fragen werden mit praktischen Vorführungen veranschaulicht. Anhand verschiedener Anwendungsbeispiele werden die theoretischen Aspekte vertieft. **Es besteht die Möglichkeit einer Laborführung.**



Quelle: Fraunhofer IZM, Stefan Hoffmann

Referenten:

- Dipl.-Ing. Stefan Hoffmann, Fraunhofer IZM
- Dipl.-Ing. Matthias Trebeck, Westsächsische Hochschule Zwickau
- Prof. Günter Keller, Technische Hochschule Deggendorf
- Dr. Andre Domurat-Linde, FUSS-EMV Ing. Max Fuss GmbH & Co. KG



Laborkurs: Parasitäre Effekte in der Leistungselektronik ■

Tag 1:

- Thematische Einführung
- 1. Praktische Übungen im Labor
- 2. Praktische Übungen im Labor
- Diskussion der Ergebnisse

Tag 2:

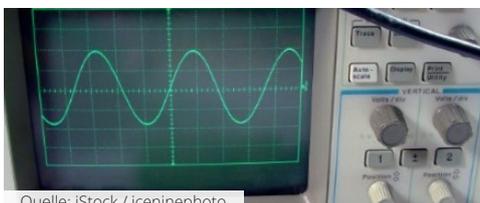
- 3. Praktische Übungen im Labor
- 4. Praktische Übungen und Auswertung
- 5. Präsentationen (Schulungsraum):
 - Entwurfsstrategien für Leiterplatten
 - Parasitäre Effekte: Entwurf von Schaltzellen und Filtern
 - Entwurf von Leistungsmodulen für niedrigere Emissionen

Beschreibung:

■ In der Leistungselektronik spielen parasitäre Effekte, die durch das Layout, Bauteile oder die Konstruktion entstehen, eine wichtige aber meist unerwünschte Rolle. Das Wissen, mit dem diese Effekte eingeschätzt und minimiert werden können, ist bisher nur rudimentär in Lehrbüchern beschrieben und muss in den meisten Fällen von den Entwicklern individuell erarbeitet werden. Das ist mit aufwändigen Entwurfs-Durchläufen und vielen Prototypen verbunden, der Aufbau an Erfahrung erfolgt dabei jedoch langsam. Dieser Laborkurs soll durch praktische Experimente einen Einblick in die parasitären Effekte geben. Durch die Untersuchung einer bewußt schlecht entworfenen Schaltung durch die Teilnehmenden, werden häufig gemachte Fehler identifiziert und durch anschließende Modifikationen behoben. Dafür ist auch der zielführende Einsatz der Messgeräte notwendig, was einen weiteren Teil des Lernziels ausmacht. Anschließend werden die Effekte und deren Ursachen in Präsentationen der Referenten aufgearbeitet und aktuelle Forschungsergebnisse zur Reduzierung der parasitären Eigenschaften vorgestellt. Es besteht die Möglichkeit, eigene Beispiele im Rahmen der Veranstaltung zu diskutieren.

Zielgruppe:

Ingenieure und Techniker, die sich mit Entwicklung, Layout und Konstruktion von Leistungselektronik beschäftigen oder neu in dieses Themenfeld einsteigen.



Quelle: iStock / iceninephoto

Referenten:
Prof. Dr.-Ing. Eckart Hoene, Fraunhofer IZM, Berlin



Laborkurs: Effektive Entstörung von Schaltnetzteilen mit Abstrahlung ■

Inhalt:

- Einfluss des EMV Messplatzes
- Erkennen von Störquellen und Koppelpfaden
- Messung des Gleich- und Gegentaktanteils im Zeit- und Frequenzbereich
- Praktische Durchführung von Entstörmaßnahmen an vorhandenem Schaltnetzteil
- Praxisgerechte Umsetzung

Beschreibung:

■ Ziel moderner Schaltnetzteil-Entwicklungen ist es, immer kleinere und leichtere Schaltungen zu erhalten. Dazu muss der Wirkungsgrad gesteigert werden, um den Kühlaufwand zu verringern und um Bauteile enger platzieren zu können. Außerdem wird die Taktfrequenz erhöht, da dadurch die Komponenten in der Regel kleiner und leichter werden. Durch größere Packungsdichte und höhere Taktfrequenzen steigt aber auch die Gefahr, dass empfindliche Komponenten im Netzteil selbst oder außerhalb, gestört werden.

Es gibt viel Literatur und zahlreiche Schulungen, die dieses Thema theoretisch behandeln, nur wie kann dieses Problem praktisch angegangen werden? Dafür ist dieser Kurs gedacht.

Mit Hilfe eines Signalgenerators lernen die Teilnehmenden die Wirkungsweise und den Einfluss der Netznachbildung kennen. Außerdem wird die Korrelation eines Signals im Zeit- und Frequenzbereich veranschaulicht.

Thematisch ähnliche Schulung:

Cluster-Praxiskurs: Effektive Entstörung von Schaltnetzteilen mit LT-Spice (Modul I: Simulation, Modul II: Regelung, Modul III: Stabilitätsprobleme), (3tägig)

Zielgruppe:

Der Kurs richtet sich an Ingenieure und Techniker, die sich für die praxisorientierte Entstörung von Schaltnetzteilen interessieren und die erforderlichen Kenntnisse in konzentrierter Form erwerben wollen.

Vorkenntnisse:

Erste Erfahrungen bei Entwurf und Aufbau von Schaltnetzteilen sind empfehlenswert.



Quelle: Ingenieurbüro Horst Edel

Referenten:

- Dipl.-Ing. Horst Edel, Ingenieurbüro Horst Edel
- Dipl.-Ing. Tobias Pröll, Siemens Healthcare GmbH

Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Systeme ■

Tag 1:

- Zuverlässigkeitsanforderungen an Elektronik
- Statistische Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsanalyse
- Ausfallraten elektronischer Bauelemente und Systeme
- Zuverlässigkeitsexperimente Planen und durchführen - Teil 1
- Experimentdaten Auswerten
- Erfahrungsaustausch

Tag 2:

- „Physics of Failure“ und Statistik
- Zuverlässigkeitsexperimente planen und durchführen - Teil 2
- Experimentdaten auswerten und Modellierung der Lebensdauer
- Ausblick: Möglichkeiten aus Big-Data monitoren, verifizieren und validieren
- Wunschthemen und offene Punkte, Erfahrungsaustausch

Beschreibung:

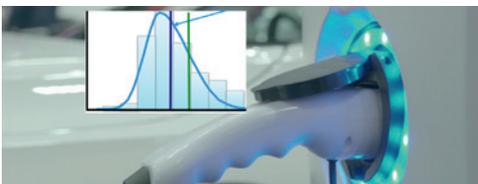
■ In dieser Schulung besprechen wir die Grundlagen der modernen Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsanalyse für elektronische Systeme – sowohl für den Systementwurf als auch für die Überprüfung durch Simulation und Test. Während der Schulung führen Sie mit den Teilnehmenden gemeinsam Tests durch und werten diese aus. Zusätzlich zu den gängigen Verfahren zur Auslegung der Zuverlässigkeit lernen Sie statistische Ansätze und die der Robustness Validation kennen. Die Vorgehensweise basiert auf dem geforderten Beanspruchungsprofil, der Testplanung, Fehlerphysik sowie statistischer Beschreibung und Modellierung der Ausfälle. In Praxisbeispielen erleben Sie die statistischen Verfahren und gängigen Teststrategien und können diese hinterfragen sowie anwenden.

Ziel:

Die Teilnehmenden kennen unterschiedliche Test- und Analysestrategien sowie damit verbundene Begriffe. Sie kennen gängige Verfahren zur Planung, Strukturierung von Beschleunigungstests und zur Bewertung von Experiment- und Felddaten. Sie können Experimente planen und statistische Ergebnisse beurteilen. Für die Schulung benötigen die Teilnehmenden keinen Computer. Die Auswertungen der Experimentdaten erfolgt live durch die Referenten mit der Software Minitab®. Wichtige statistische Grundlagen und Ergebnisse werden so anschaulich und leichter zu interpretieren

Zielgruppe:

Techniker und Akademiker, die Testverfahren selbständig durchführen oder entwickeln müssen oder in der Lage sein wollen, derartige Ergebnisse kritisch bewerten zu können.



Quelle: iStock, basketman23 /Diagramm: Björn Noreik

Referenten:

- Björn Noreik, BNB Qualitätsstatistik und Training
- Dr.-Ing. Mike Röllig, Fraunhofer IKTS, Schwerpunkt: Zuverlässigkeit von elektronischen Mikrosystemen



Testing Automotive Power Modules according to the ECPE Guideline AQG 324 ■

in englischer Sprache

Tag 1:

- Einführung und Motivation
- SiC-basierte Leistungsmodule in AQG 324
- Überblick relevanter Normen
- Charakterisierung von Modultests
- Lebensdauerprüfung: Power Cycling
- Lebensdauerprüfung: Temperaturtests
- Offene Diskussion über Lebensdauerprüfung

Tag 2:

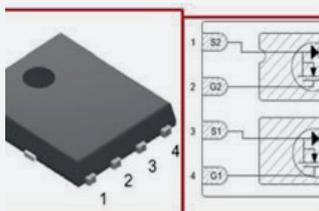
- Lebensdauerprüfung: HTRB (High-Temperature Reverse Bias) und HTGB (High-Temperature Gate Bias)
- Lebensdauerprüfung: H³TRB
- HTRB: Nächste Schritte und offene Diskussion
- Mechanische Tests
- Test-Dokumentation
- Ausblick
- Zusammenfassung, Abschlussdiskussion

Beschreibung:

■ Die ECPE-Richtlinie AQG 324 wird von der ECPE-Arbeitsgruppe „Automotive Power Module Qualification“ erarbeitet und veröffentlicht, die sich aus ECPE-Mitgliedsunternehmen aus der Automobilzulieferkette zusammensetzt. Die beschriebenen Tests betreffen sowohl das Moduldesign als auch die Qualifizierung von Geräten auf Modulebene (d.h. der Baugruppe), nicht aber die Qualifizierung von Halbleiterchips oder Fertigungsprozessen. Die im Tutorium vorgestellten Anforderungen, Prüfbedingungen und Prüfungen beziehen sich im Wesentlichen auf Release 03.1/2021 der AQG 324 Richtlinie vom 31.05.2021, die Leistungsmodule auf Basis von Si-Leistungshalbleitern im Hauptdokument und SiC-basierte Module in einem speziellen Anhang adressiert. Die Schulung mit Referenten aus dem AQG 324 Kern-Team gibt praktische Informationen und Ratschläge, wie Leistungsmodule nach der AQG 324 Richtlinie unter vergleichbaren Bedingungen getestet werden können. Es richtet sich an direkte Nutzer von Anfängern bis hin zu erfahrenen Experten, die von Leistungsmodullieferanten, Tier-1-Lieferanten für die Automobilindustrie oder Testservice- und Geräteanbietern kommen.

Zielgruppe:

Direkte Nutzer von Anfängern bis hin zu erfahrenen Experten, die von Leistungsmodullieferanten, Automobilzulieferern (Tier-1) oder Testservice- und Geräteanbietern kommen



Quelle: STMicroelectronics

Referenten:

- Dr. Martin Rittner, Robert Bosch
- Peter Dietrich, Richardson RFPD Germany
- Steffen Ewald, Fuji Electric Europe
- Dr. Gábor Farkas, Siemens Digital Industries
- Frank Heidemann, Mathias Gebhardt, SET
- Stefan Schmitt, Semikron Elektronik
- Prof. Dr. Markus Thoben, Fachhochschule Dortmund
- Marc Tüllmann, Infineon Technologies

Korrosion in der Leistungselektronik ■

**NEU
AB 2023**

Tag 1:

- **Motivation und Bedeutung, Sonderfall Leistungselektronik**
- **Korrosions- und Fehlermechanismen**
 - elektrochemische Grundlagen
 - ECM, CAF und AMP
 - ...
- **Korrosionsschutz I**
 - Design
 - Materialauswahl

Tag 2:

- **Korrosionsschutz II**
 - Vorbehandlung, Reinigung
 - Schutzschichten
- **Prüfverfahren für die Praxis**
- **Fallbeispiele**

Beschreibung:

■ An Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Leistungselektronik werden stetig steigende Anforderungen gestellt. Korrosion durch Feuchte ist ein häufiger Grund für Fehlfunktionen oder vollständiges Versagen der Elektronik. Leistungselektronik ist besonders anfällig, da die meist hohen Feldstärken Korrosionsprozesse stark beschleunigen können. Nur durch das Verständnis der Zusammenhänge und Einflussfaktoren können schon bei der Entwicklungsphase leistungselektronischer Geräte wirksame Vorbeugemaßnahmen eingeplant werden. Ebenso wichtig sind jedoch auch optimale Prozessbedingungen bei Vorbehandlung bzw. Reinigung während der Herstellprozesse. Es werden Prüfverfahren vorgestellt, die in der Praxis umsetzbar sind.

Ziel der Schulung:

Die Schulung vermittelt die Grundlagen der wichtigsten Korrosionsmechanismen und stellt wirksame Abhilfemaßnahmen sowie praxisrelevante Prüfverfahren vor.

Zielgruppe:

Entwickler, Konstrukteure, Designer, Hersteller und Anwender von leistungselektronischen Baugruppen.

Referenten:
Dr. Helmut Schweigart, GfKORR Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.

Ausfallmechanismen: Isolationspolymere in der Leistungselektronik ■

Inhalt:

- Einleitung und Motivation
- Grundlagen der Ausfallmechanismen
- Physik der elektrischen Alterung
- Prüfmethoden
- Feuchte- und Material-induzierte Ausfallmechanismen

Beschreibung:

■ Ziel der Cluster Schulung ist es, die Grundlagen der Ausfallmechanismen von Isoliermaterialien (Polymere), die in der Leistungselektronik Verwendung finden, zu vermitteln. Immer größere Leistungsdichte und hohe Betriebsspannungen führen in der Leistungselektronik zu einer hohen Belastung des elektrischen Isoliersystems. Daher wird es immer wichtiger, hochwirksame und zuverlässige Isoliermaterialien zu verwenden. Für die Gestaltung der Isolation ist eine umfassende Kenntnis der auftretenden Versagensmechanismen erforderlich. Zusätzlich ist die im Außenbereich eingesetzte Leistungselektronik unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Die Isolationseigenschaften von Materialien werden durch einen erweiterten Temperaturbereich, Feuchtigkeit und Verschmutzung beeinflusst. Der Einfluss dieser Umgebungsbedingungen auf die Versagensmechanismen des Isoliermaterials wird ebenfalls erläutert.

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich an Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker, die sich mit der Konstruktion, Zuverlässigkeit und insbesondere Isolationstechnik befassen.

- Entwickler von Baugruppen und Modulen
- Konstrukteure, Schaltungsentwickler
- Mitarbeiter von Prüf- und Zuverlässigkeitsabteilungen
- Material-Wissenschaftler



Quelle: Fraunhofer IMWS

Referenten:

- Prof. Dr. Albert Claudi, Universität Kassel
- Dr. Markus Meier, Zestron Europe
- Dr. Sebastian Wels, Volkswagen

Modellprädiktive Regelungskonzepte für Leistungselektronik, Antriebe und elektrische Netze ■

Tag 1:

- Einführung und Grundlagen
- Regelungstechnische Grundlagen
- Numerische Optimierungsverfahren
- MPC für Antriebe
- MPC für elektrische Netze - ein Lehrbeispiel

Tag 2:

- MPC für netzgekoppelte Umrichter
- MPC für Photovoltaik-Wechselrichter
- Implementierung und Algorithmen von MPC
- Weiterführende MPC-Konzepte
- Zusammenfassung & Diskussion

Beschreibung:

■ Modellprädiktive Regelungskonzepte (model predictive control, MPC) sind moderne, vielversprechende Regelungskonzepte, die seit den 1980er Jahren zur Regelung und Optimierung von komplexen Prozessen eingesetzt werden. Für die Regelung von leistungselektronischen Umrichtern, elektrischen Antrieben und elektrischen Netzen versprechen MPC-Verfahren eine verbesserte Regelgüte. Insbesondere können Systeme optimal geregelt werden, bei denen klassische Frequenzbereichsmethoden an ihre Grenzen stoßen. Solche (nichtlinearen) Systeme haben oft mehrere Ein- und Ausgänge, Nebenbedingungen, starke Kopplungen zwischen den Eingangsgrößen und erlauben keine einfache Trennung der Zeitkonstanten.

Die Schulung vermittelt regelungstechnische Grundlagen, die wesentlichen MPC-Verfahren und die notwendigen numerischen Optimierungsmethoden. Der anwendungsspezifische zweite Teil der Schulung befasst sich mit praktischen Herausforderungen von MPC-Verfahren für elektrische Antriebe, netzgekoppelte Umrichter, Photovoltaikwechselrichter und Stromnetze. Fallstudien demonstrieren den MPC-Entwurf und die notwendigen Implementierungsschritte.

Zielgruppe:

- Entwickler von leistungselektronischen Baugruppen und Systemen
- Entwickler von Regelungen leistungselektronischer Systeme, Antriebssysteme und elektrischer Stromnetze

Vorkenntnisse:

Grundkenntnisse der Regelungstechnik werden empfohlen.

Referenten:

- Prof. Dr. Tobias Geyer, ABB System Drives, Turgi (Schweiz)
- Prof. Dr. Ralph Kennel, Technische Universität München
- Prof. Dr. Steven Liu, Technische Universität Kaiserslautern



Modellbildung, analoge und digitale Regelung von Schaltnetzteilen ■

Tag 1:

Vortrag (optional): Einführung in PLECS

- **Modellbildung**
Einführung, diverse Modelle für den Zeit- und Frequenzbereich, Übertragungsfunktionen, Übungen mit PLECS
- **Analoge Regelung, Teil 1**
Ein- und zweischleifige Regelkreise am Beispiel Tiefsetzsteller und Sperrwandler

Tag 2:

- **Analoge Regelung, Teil 2**
Fortsetzung, Übungen mit PLECS
- **Digitale Regelung**
Diskretisierung, Dead-Beat-Regler u.a., Realisierung digitaler Regler, Besonderheiten und praktische Aspekte, Übungen mit PLECS

Beschreibung:

■ Schaltnetzteile werden oft über einen weiten Eingangsspannungsbereich und einen großen Laststrombereich betrieben. Die Regelung soll dafür sorgen, dass die Ausgangsspannung unabhängig von den Störgrößen und dem Design des Leistungsteils konstant ist. Die Schulung vermittelt im ersten Schritt die für den Reglerentwurf notwendige Modellbildung. Auf dieser Basis wird zunächst die ein- und zweischleifige analoge Regelung von Schaltnetzteilen diskutiert und an mehreren Beispielen bis hin zu den Bauelementen der elektronischen Reglerschaltung gezeigt. Der zweite Teil der Regelung behandelt die digitale Regelung. Neben Reglerentwurf und Realisierung werden hier Besonderheiten wie z. B. Wortlängeneffekte und Grenzyklen besprochen. Aufgrund der begrenzten Zeit kann selbstverständlich nur ein Überblick in Modellbildung und Regelung gegeben werden. Der Fokus liegt auf dem theoretischen Verständnis, so dass die Teilnehmenden befähigt werden, ihre eigenen Anwendungsfälle selbständig lösen zu können.

Diese Schulung ist ein eigenständiger Teil einer Schulungsreihe zum Thema getaktete Stromversorgungen:

- Gleichstromsteller und EMV
- Aktive und passive Bauelemente
- Resonanzschaltungen

Jede Schulung ist thematisch abgeschlossen und kann einzeln gebucht werden.

Ihr Nutzen:

Sie erhalten eine umfangreiche Einführung in die Fragestellung der Regelung von Schaltnetzteilen, die anhand einer Vielzahl von Beispielen veranschaulicht wird. Jeder Themenblock wird anhand von Übungen mit dem Simulationsprogramm PLECS vertieft.

Optionale Einführung in PLECS am Vortag (Dauer ca. 1h):

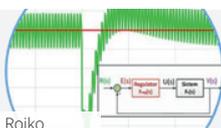
Es werden die grundlegende Bedienung und die wesentlichen Funktionen vorgestellt und eingeübt (für Teilnehmende, die keine od. geringe Vorkenntnisse mit PLECS haben).

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich an Entwickler und Ingenieure, die Schaltnetzteile entwerfen oder neu in die Entwicklung einsteigen wollen.

Vorkenntnisse:

Dabei wird ein Grundverständnis der Schaltungen und der Regelungstechnik vorausgesetzt.



Quelle: Andreja Rojko

Referenten:
Prof. Dr.-Ing. Günter Keller, Technische Hochschule Deggendorf

Simulation von Schaltnetzteilen mit LT-Spice: Simulation, Regelung, Stabilitätsprobleme ■

Beschreibung:

Die Schulung besteht aus 3 Kursmodulen, die aufeinander aufbauen:

Tag 1 - Modul I - Effektive Simulation:

Der Kurs besteht zum großen Teil aus einem Praktikum am PC, bei dem die Teilnehmenden Simulationen an einem Schaltnetzteil mit LTSpice unter Anleitung selbst durchführen. Mit Hilfe einer einfach anzuwendenden Linearisierungsmethode wird gezeigt, wie man mit SPICE, bei vernünftigen Rechenzeiten, zu aussagekräftigen Ergebnissen im Zeit- und Frequenzbereich gelangen kann. Es werden Linearmodelle von Pulsweitenmodulatoren (PWMs) vorgestellt, die die Simulation eines Schaltnetzteils mit und ohne Stromschleife (current loop) ermöglichen.

Tag 2 - Modul II:- Effektive Regelung:

Aufbauend auf dem Kursmodul I wird etwas Theorie und sehr viel praktisches Wissen zur erfolgreichen Regelung von Schaltnetzteilen vermittelt. Es werden Entwurfsmethoden vorgestellt, die es erlauben, für eine gewünschte Wandlertopologie passende Regler zu entwerfen. Um bei einer Schaltnetzteilentwicklung entscheiden zu können, ob eine analoge oder eine digitale Regelung sinnvoll ist, muß man die Vor- und Nachteile beider Techniken kennen. Dazu werden analoge und digitale Spice Modelle der drei Reglervarianten I, PI und PID zur Verfügung gestellt.

Tag 3 - Modul III - Lösung von Stabilitätsproblemen:

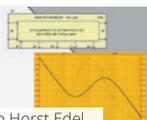
Aufbauend auf dem Kursmodul I vermittelt dieses Modul die Grundlagen, viele Tricks und Kniffe zur eleganten Lösung von Stabilitätsproblemen bei der Reihenschaltung von Schaltnetzteilen. Moderne Stromversorgungen werden immer häufiger aus niedrigen Eingangsspannungen mit relativ hohen Strömen betrieben. Das hat zur Folge, dass die negative Eingangsimpedanz der Wandler klein wird. Es kommt deshalb häufig zu Stabilitätsproblemen, wenn diesen Wandlern ein Eingangsfilter vorgeschaltet ist. Bei konservativen Lösungen wird dafür gesorgt, dass die Ausgangsimpedanz des Filters im gesamten Frequenzbereich kleiner bleibt als die Eingangsimpedanz des Wandlers. Bei einigen Anwendungen, wie beispielsweise im Luftfahrtbereich, ist dies aber nicht immer möglich. Bei neuen Schaltungstopologien werden häufig mehrere Wandler in Reihe geschaltet um kleine Ausgangsspannungen zu erhalten. Hierbei ergibt sich das Problem, dass Wandler, die für sich allein stabil arbeiten, in dieser Anordnung aber Stabilitätsprobleme verursachen können.

Thematisch ähnliche Schulung:

Cluster-Praxiskurs: Effektive Entstörung von Schaltnetzteilen mit Abstrahlung (1-tägig)

Zielgruppe:

Die Kurse richten sich an Ingenieure und Techniker, die sich für den fortschrittlichen rechnergestützten Entwurf von Schaltnetzteilen interessieren und die erforderlichen Kenntnisse in konzentrierter Form erwerben wollen.



Quelle: Ingenieurbüro Horst Edel

Referenten:
Dipl.-Ing. Horst Edel, Ingenieurbüro Horst Edel



Getaktete Stromversorgungen: Einführung in die aktiven und passiven Bauelemente ■

Tag 1:

- **Leistungshalbleiter**
Einführung, Grundlagen, Dioden
- **Aktive Leistungshalbleiter**
MOSFET, IGBT, JFET; p/n-Kanal
Statische und dynamische Eigenschaften,
Temperaturverhalten, sichere Betriebsbereiche
- **Aktive Leistungshalbleiter**
SiC, und GaN Schalter, Entwärmung
- **Ansteuerschaltungen**

Tag 2:

- **Magnetische Bauelemente:**
 - Einführung
 - Technologien
 - Drosseln
 - Transformatoren
- **Kondensatoren:**
 - Theorie
 - Technologien
- **Widerstände**

Beschreibung:

■ Dieser Teil der Reihe ‚Getaktete Stromversorgungen‘ behandelt die sogenannten aktiven und passiven Bauelemente, die für den Aufbau von Schaltnetzteilen erforderlich sind. Es werden die für Schaltnetzteile relevanten Eigenschaften von Widerständen, Kondensatoren und magnetischen Bauelementen behandelt. Dabei wird auch auf die verstärkten Anforderungen für diese Bauelemente eingegangen, die der vermehrte Einsatz durch schnellschaltende Halbleiter wie SiC und GaN mit sich bringt.

Schulungsreihe:

Teil 1: Gleichstromsteller und EMV

Teil 3: Resonanzschaltungen

Teil 4: Modellbildung, analoge und digitale Regelung von Schaltnetzteilen

Der Teilnehmende erhält eine umfangreiche Einführung in die Schaltungstechnik, Funktionsweise und Auslegung von Schaltnetzteilen und der aktiven Bauelementen. Ein erfahrenes Team stellt Ihnen sein umfangreiches theoretisches und praktisches Wissen zur Verfügung, das in den Schulungsunterlagen mit vielen Berechnungs- und Anwendungsbeispielen zusammengefasst ist.

Zielgruppe:

Entwickler und Ingenieure, die Schaltnetzteile entwerfen oder neu in die Entwicklung einsteigen wollen.

Vorkenntnisse:

Ein elektrotechnisches Grundverständnis ist erforderlich.



Quelle: Fraunhofer IISB

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Günter Keller, Technische Hochschule Deggendorf
- Prof. Dr.-Ing. Martin März, Fraunhofer IISB



Getaktete Stromversorgungen, Gleichstromsteller und EMV ■

Tag 1:

- **Einführung:**
- **Topologien nicht potentialtrennender Gleichstromsteller**
- **Topologien potentialtrennender Gleichstromsteller**

Tag 2:

- **Fortsetzung: Topologien potentialtrennender Gleichstromsteller**
- **Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

Beschreibung:

■ Schaltnetzteile werden heute in einer ständig wachsenden Vielzahl von Geräten zur Stromversorgung eingesetzt. Neben Standardgeräten besteht Bedarf an individuell angepassten Stromversorgungen: wie z. B. mit geringer Baugröße (Flugzeug), hohem Wirkungsgrad (Datenzentren) oder hoher Zuverlässigkeit (Medizintechnik). Die Schulung vermittelt Aufbau und Funktionsweise von nichtpotentialtrennenden und potentialtrennenden Gleichstromstellern. Dabei werden die typischen Grundsaltungen besprochen und an beispielhaften Dimensionierungen erläutert, sowie die heute üblichen Betriebsarten, wie stromkontinuierlicher Betrieb und Lückbetrieb, behandelt. Die theoretischen Grundlagen und deren zugrunde liegenden mathematischen Berechnungen werden durch Simulationen und realen Messergebnissen ergänzt. Da insbesondere Gleichstromsteller durch ihre Funktionsweise häufig starke elektromagnetische Störungen verursachen, behandelt die Schulung auch die wichtigsten Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Abgestimmte Folgeschulungen zum Thema Getaktete Stromversorgungen komplettieren Ihr Wissen um Schaltnetzteile:

Teil 2: Aktive und passive Bauelemente

Teil 3: Resonanzschaltungen

Teil 4: Modellbildung, analoge und digitale Regelung von Schaltnetzteilen

Ihr Nutzen: Sie erhalten eine umfangreiche Einführung in die Grundlagen der Schaltungstechnik. Ein erfahrenes Team stellt Ihnen sein umfangreiches theoretisches und praktisches Wissen zur Verfügung, das in den Schulungsunterlagen mit vielen Berechnungs- und Anwendungsbeispielen zusammengefasst ist.

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich an Entwickler und Ingenieure, die Schaltnetzteile entwerfen oder neu in die Entwicklung einsteigen wollen. Gleichzeitig eignet sich die Schulung auch als allgemeiner Einstieg in die Leistungselektronik.

Vorkenntnisse:

Elektrotechnische Grundkenntnisse sind empfehlenswert.

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Günter Keller, Technische Hochschule Deggendorf, Labor für Leistungselektronik
- Prof. Dr.-Ing. Manfred Reddig, Hochschule Augsburg, Labor für Leistungselektronik und Mechatronik



Getaktete Stromversorgung: Resonanzschaltungen ■

Tag 1:

- Einführung
- Soft-Switching Schaltungen
- Phase-shifted-fullbridge (PSFB)

Tag 2:

- Einführung lastresonante Schaltungen
- Lastresonante Schaltungen
- Hocheffiziente Schaltungen und Bausteine

Beschreibung:

- Die Schulung baut auf den Grundlagen getakteter Stromversorgungen auf und vermittelt im ersten Teil Aufbau und Funktionsweise von resonant arbeitenden Schaltungen, wie weich schaltende Wandler und Resonanzwandler. Hierbei wird insbesondere der weitverbreitete LLC-Wandler besonders detailliert besprochen.

Diese Schulung ist Teil einer Reihe zum Thema Getaktete Stromversorgungen:

Teil 1: Gleichstromsteller und EMV

Teil 2: Aktive und Passive Bauelemente

Teil 4: Modellbildung, analoge und digitale Regelung von Schaltnetzteilen

Ihr Nutzen:

Ein erfahrenes Team stellt Ihnen sein umfangreiches theoretisches und praktisches Wissen zur Verfügung, das in den Schulungsunterlagen mit vielen Berechnungs- und Anwendungsbeispielen zusammengefasst ist.

Zielgruppe:

Die Schulung wendet sich an Entwickler und Ingenieure, die Schaltnetzteile entwerfen oder neu in die Entwicklung einsteigen wollen

Vorkenntnisse:

Grundkenntnisse über getaktete Stromversorgungen

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Günter Keller, Technische Hochschule Deggendorf
- Dipl.-Ing. Alfredo Medina-García, Infineon Technologies AG
- Dr. Daniel Kübrich, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Konzeption, Auslegung, Funktion und Eigenschaften von Multilevel-Umrichtern ■

Tag 1:

- Topologien für Multilevel-Umrichter
- Leistungshalbleiter für Multilevel-Umrichter
- 3L-NPC Grundlagen I
- 3L-NPC Grundlagen II
- Weitere 3L-Topologien
- Zusammenfassung

Tag 2:

- Modulare Multilevel Umrichter: MMC
- Kaskadierte H-Brücken
- Flying Capacitor Topologien
- Stacked Multicell Umrichter
- Zusammenfassung und Diskussion

Beschreibung:

■ Multilevel-Umrichter nutzen Schaltungstopologien mit mehreren Spannungsstufen am Ausgang. Anwendungsbeispiele finden sich in den Bereichen Photovoltaik, Windkraftanlagen, Mittelspannungsantrieben, Fahrzeug- und Eisenbahnantriebe, sowie aktive Filter. In zunehmendem Maße finden sich auch Varianten mit verteilten Zwischenkreisen in stationären Umrichtern für elektrische Netze (SVC, aktive Filter) sowie für Übertragungsnetze (HVDC).

Als wichtige Vorteile / Eigenschaften werden gesehen:

- + Bessere EMV Eigenschaften (guter Sinus)
- + Verminderung passiver Filter (Kosten, Gewicht)
- + Wirkungsgradsteigerung
- + Erhöhte Verfügbarkeit durch Redundanz
- + Einsatz kostengünstigerer Bauelemente (HV > LV; IGBT > MOSFET)
- + Verbesserte Regelungsdynamik

Herausforderungen für die Konzeption:

- Erhöhte Kosten
- Erhöhte Komplexität
- Erhöhter Aufwand für die Regelung
- Erhöhte Anforderungen an die Konzeption

Die Schulung vermittelt die Kompetenzen, um Multilevel-Umrichter fachgerecht zu konzipieren, auszulegen bzw. einsetzen zu können. Im Vordergrund stehen 3- und 5-Level-Umrichter, aber auch feinstufigere Konzepte werden erläutert.

Zielgruppe:

- Entwickler von leistungselektronischen Baugruppen und Systemen
- Systemingenieure mit Bezug zur Leistungselektronik in den genannten Applikationsbereichen, insbesondere in der Antriebstechnik und in elektrischen Netzen.

Referenten:

- Prof. Dr.-Ing. Marc Hiller, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Professur für Leistungselektronische Systeme
- NN

Elektrische Antriebstechnik I für Einsteiger und Quereinsteiger ■

Inhalt:

- **Einführung (findet optional am Vortag statt):**
 - Grundlagen der Elektrotechnik
 - Elektrische Maschinen
 - Einführung in die Leistungselektronik
- **Elektrotechnische, leistungselektronische und regelungstechnische Grundlagen**
- **Antriebe mit Synchronmotoren**
- **Antriebe mit Asynchronmotoren**
- **Gemeinsame Gesichtspunkte, Antriebsauswahl und Dimensionierung**
- **Beispiele**

Beschreibung:

■ Die elektrische Antriebstechnik ist eine Schlüsseltechnologie in der Automatisierungstechnik, für verfahrenstechnische Anlagen, Werkzeugmaschinen, Förderanlagen, Haushaltsgeräte, Pumpen, Kompressoren, Lüftungs- und Klimaanlage, Schienenfahrzeuge und zunehmend auch für Straßenfahrzeuge (Elektrofahrzeuge). Ziel der Schulung ist die Vermittlung von grundlegendem Verständnis und Kenntnissen der Hauptgebiete der elektrischen Antriebstechnik: Elektromaschinenbau, Leistungselektronik und darauf angewandte Regelungstechnik. Darauf aufbauend werden aktuelle Trends bei Industrie- und Fahrzeugantrieben behandelt.

Zielgruppe:

Quereinsteiger, d.h. Techniker und Ingenieure der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik, Fahrzeugbau, Informationstechnik und auch Naturwissenschaftler (z.B. Physiker), die mit antriebstechnischen Fragestellungen befasst sind und sich dazu entsprechendes Fachwissen erschließen bzw. aktualisieren wollen.

Vorkenntnisse:

Für Teilnehmende ohne oder nur mit geringen Vorkenntnissen der für die elektrische Antriebstechnik relevanten Elektrotechnik wird eine entsprechende Einführung am Vortag angeboten.

Thematische Fortsetzung:

Cluster-Schulung: Elektrische Antriebstechnik II – Auswahl und Auslegung von elektrischen Antriebssystemen



Quelle: AUDI AG

Referenten:
NN

Elektrische Antriebstechnik II: Auswahl und Auslegung von elektrischen Antriebssystemen ■

Inhalt:

- Analyse der Antriebsaufgabe
- Betrieb des Asynchronmotors am Netz und am Umrichter
- Betrieb des Synchronmotors am Netz und am Umrichter
- Schaltungstechnik für Antriebsumrichter
- Antriebsregelung
- Effizienz

Beschreibung:

■ Ziel der Schulung ist die Vermittlung der Kompetenz, verschiedenste Antriebsaufgaben zu lösen, elektrische Antriebssysteme zu konzipieren sowie Komponenten auszuwählen und auszulegen. In der vorliegenden Schulung werden die wichtigsten Grundlagen elektrischer Antriebssysteme kurz wiederholt, um daraufhin die Kenntnisse zu ergänzen und praxisorientiert zu vertiefen. Nach jeweils einer kurzgefassten Darstellung der technischen Zusammenhänge werden dazu beispielhaft verschiedene Antriebsaufgaben aus folgenden Anwendungsgebieten bearbeitet: Strömungsmaschinen, Förderanlagen, Hebezeuge, Aufzüge, Industrieroboter, Bearbeitungsmaschinen, Schienenfahrzeuge, Elektromobilität. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem logischen Verständnis der Zusammenhänge. Detailliert werden Betrieb und Regelung behandelt. Mit dieser Basis fällt es dann nicht schwer, das Wissen in der Praxis umzusetzen oder auch Berechnungswege und Simulationsmodelle selbständig zu erstellen.

Zielgruppe:

Techniker und Ingenieure der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik, Fahrzeugbau, Informationstechnik sowie Naturwissenschaftler.

Vorkenntnisse:

Notwendig sind Grundkenntnisse der elektrischen Antriebstechnik, wie sie z.B. in der Cluster-Schulung „Elektrische Antriebstechnik für Einsteiger und Quereinsteiger“ vermittelt werden.



Quelle: Getriebebau Nord

Referenten:
NN

Konzeption und Auslegung moderner Schaltschränke für den Schaltanlagenbau, Automatisierungstechnik und Stromrichter ■

Tag 1:

- Übersicht über relevante Richtlinien, Normen
- Elektrische Sicherheit, Risikoanalyse
- Nachweise und Dokumentationen
- Anlagenschutz, Schutz gegen schädigende Einflüsse
- Auswahl von Schalt- und Schutzgeräten
Praktische Tipps und Empfehlungen
- Engineering im industriellen Schaltschrankbau
- Was und wie?

Tag 2:

- Grundlagen elektromagnetischer Beeinflussungen
- EMV gerechter Schaltschrankbau
- Energieeffiziente Schaltschrank- und Maschinenkühlung in der Automatisierungstechnik
- Berechnung und fachgerechte Auslegung von Klimatisierungskomponenten nach DIN EN 14511

Beschreibung:

■ Die Anforderungen an Schaltanlagen werden immer vielseitiger und somit auch die notwendige Fachkompetenz der Hersteller. Bei der Konzeption und Projektierung von Schaltanlagen in Schaltschränken, die fit für die Zukunft und für Industrie 4.0 sein sollen, sind die neuesten technischen Anforderungen und Normen zu beachten wie:

- Elektrische Sicherheit, Isolationskoordination
- Schutz gegen schädigende Umwelteinflüsse
- Anlagenschutz, effiziente Montage und wartungsgerechte Anlagenplanung
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- Energieeffizientes Klimatisierungs-Management

Ziel der Schulung:

Die Schulung gibt Empfehlungen zur fachgerechten Konzeption und effizienten Auslegung von Schaltschränken.

Zielgruppe:

- Hersteller von elektrischen Anlagen: Schaltanlagen, Automatisierungstechnik, Stromrichter
- Hersteller von Komponenten für den Schaltschrankbau
- Ingenieure der Elektrotechnik, Elektronik, Mechatronik
- Ingenieure, Techniker für die mechanische Konstruktion / Elektrokonstruktion
- Ingenieure, Techniker für den Bau von Prüfanlagen
- Hochschulen und Forschungseinrichtungen, die Schaltschränke aufbauen



Quelle: Siemens AG

Referenten:

- Heinrich Styppa, HS Consulting, ehem. Bereichsleiter Systemklimatisierung Fa. Rittal GmbH & Co. KG Herborn
- Juliane Rembeck, Staudinger GmbH Automatisierungstechnik
Referentin Compliance
- Hartmut Lohrey, ehemaliger Leiter Technischer Support Rittal GmbH & Co. KG Herborn
- Martin Berger, Siemens AG, Geschäftsbereich Smart Infrastructure

Cluster - Stellenangebote ■

Jobbörse des Cluster Leistungselektronik:

■ Die Jobbörse des Cluster Leistungselektronik bietet eine Vielzahl an offenen Positionen im Bereich Leistungselektronik. Sie finden hier ingenieurwissenschaftliche Positionen sowohl für Berufserfahrene und Jungingenieure als auch für Studenten. Darüber hinaus werden auf der Plattform auch Angebote für Studienabschlussarbeiten und Promotionen veröffentlicht.

Besuchen Sie die Jobbörse des Cluster Leistungselektronik unter: www.clusterle.de/stellenangebote

The screenshot shows the homepage of the Cluster Leistungselektronik job portal. At the top, there is a navigation menu with links for 'cluster', 'forschung', 'veranstaltungen', 'informationen', 'kontakt', and 'interner bereich'. A search bar and a language selector (German flag) are also present. The main heading is 'Stellenangebote'. Below it, a short introductory text explains the platform's purpose. There are two tabs: 'INGENIEURE' (selected) and 'STUDENTEN'. A search form includes a text input for 'Bitte Suchbegriff eingeben', dropdown menus for 'Bitte wählen Sie einen Firmennamen --', 'Bitte wählen Sie eine Stadt aus --', and 'Bitte wählen Sie ein Land aus --', and a 'SUCHE' button. A featured job listing for 'Business Development Engineer (m/f/d) Power Solutions' at 'Murata Electronics Europe B.V. Germany Branch' in Nuremberg, Germany, dated 27-09-2022, is displayed. The Murata logo is visible on the left.

Stellenanzeigen veröffentlichen

■ Mitgliedsfirmen im ECPE e.V., Kernakteure im Cluster Leistungselektronik sowie Competence Center können hier **kostenlos Stellenanzeigen** veröffentlichen. In den Stellenanzeigen suchen kann jeder Benutzer der Webseite.



Referenten ■



Reinhold Bayerer studierte an der Technischen Hochschule Darmstadt (THD) Physik und beendete es 1979 mit dem Abschluss als Dipl.-Ing. (Physik). Er setzte seine Mitarbeit an der THD bis 1985 als wissenschaftlicher Mitarbeiter fort und promovierte zum Dr. rer. nat. Seit dieser Zeit arbeitet er in der Halbleiterindustrie auf dem Gebiet der IGBT-Module. Er entwickelte zu Beginn eines der ersten IGBT-Module, das er mit einem Vortrag auf der PCI-Konferenz in München 1987 vorstellte. Während der langjährigen Tätigkeit hat er zu Modulkonzepten, Aufbau- und Verbindungstechniken, Treiberkonzepten, Prüftechnik und Applikation beigetragen. Mehrere Publikationen und Patente dokumentieren die Ergebnisse. Zuletzt, bis zu seiner Rente war er „Fellow“ für Physik der Leistungs-Module bei Infineon Technologies AG in Warstein. Heute steht er als Berater in Physik der Leistungselektronik zur Verfügung.



Albert Claudi studierte und promovierte an der RWTH Aachen. Seine berufliche Laufbahn begann 1985 bei der AEG in Frankfurt im Bereich Anlagenplanung. Von 1990 bis 1998 war er Leiter der Entwicklung und stellvertretender Geschäftsführer bei der Haefely AG in Basel, Schweiz. Von 1998 bis zum Jahr 2000 leitete er die Forschung und Entwicklung bei der Raychem GmbH/ Tyco Electronics Energy Division in Deutschland, USA, England und Frankreich. Von 2000 bis 2020 war er Universitätsprofessor und Leiter des Fachgebiets Anlagen und Hochspannungstechnik an der Universität Kassel. Derzeit ist er Partner der CRW-Engineering UG in Kassel.



Horst Edel hat langjährige Erfahrungen in der Entwicklung und Entstörung von Schaltnetzteilen. Von 1981 bis 1996 war er bei der Firma GOSSEN im Entwicklungslabor für Stromversorgungen tätig. Seit 1997 ist Herr Edel mit einem eigenen Ingenieurbüro für Entwurf und Simulation von Schaltnetzteilen tätig.



Hans-Peter Feustel studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Energietechnik an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt. Nach Abschluß seiner Hochschulausbildung in 1978 entwickelte er 17 Jahre in einem Unternehmen der Antriebstechnik Leistungselektronik für die Anwendung in Werkzeugmaschinen. Ab 1995 war er bei Temic, später Teil von Continental, in leitender Position beschäftigt und entwickelte dort Leistungselektronik für automotive Anwendungen. Unter seiner Führung wurden zahlreiche Produkte für Hybrid- und Elektrofahrzeuge entwickelt und in Serie gebracht. Von 2010 bis 2018 war er als Principal Technical Expert Power Electronics für Continental konzernweit tätig. Seit 2018 ist er im Ruhestand. Herr Feustel ist seit seiner Gründung im ECPE e.V. engagiert und war viele Jahre 2. Vorstand des ECPE.



Wulf-Toke Franke studied electronics at the Christian-Albrechts-Universität of Kiel and received his PhD in the field of power electronics. Between 2011 and 2013 he worked as a technology engineer in the research group of Danfoss Solar Inverters. In 2014 he joined Danfoss Silicon Power with focus on power stack development and research projects. In December 2017 he was appointed to an associate professorship at the just founded Center for Industrial Electronics at the University of Southern Denmark. His research interests are in the field of the reliability of modern power devices and their applications.



Tobias Geyer received the Dipl.-Ing. and Ph.D. degrees in electrical engineering from ETH Zurich and in 2000/2005 and 2017 the Habilitation degree in power electronics. After his Ph.D., he spent three years at GE Global Research, Munich, three years at the University of Auckland, Auckland, New Zealand, and eight years at ABB's Corporate Research Centre, Baden-Dättwil, Switzerland. There, in 2016, he became a Senior Principal Scientist for power conversion control. He was appointed as an extraordinary Professor at Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, from 2017 to 2023. In 2020, he joined ABB's medium-voltage drives business. He is the author of 35 patent families and the book "Model predictive control of high power converters and industrial drives" (Wiley, 2016). He teaches a regular course on model predictive control at ETH Zurich. Dr. Geyer received the Semikron Innovation Award in 2021.



Marc Hiller, studied Electrical Engineering at the Technical University Darmstadt from 1993 to 1998. After one year working in the Siemens R&D department for high power railway traction converters he joined the University of Federal Armed Forces in Munich, where he obtained his Dr.-Ing degree. From 2005 to 2015 he was working as R&D engineer, project manager and group leader in the Siemens R&D department for Industrial Low and Medium Voltage drives. His main focus was on the development and market introduction of the first modular multilevel converter based industrial MV drive system. In 2009 Mr. Hiller was named "Siemens Inventor of the Year". In May 2015 he has been appointed Professor for Power Electronic Systems at the Electrotechnical Institute (ETI) of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). His main research focus is on power electronics and control for drive and grid applications



Eckart Hoene studied Electrical Engineering at the Technical University Berlin, where he received his Dipl.-Ing degree. He joined the Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration in 1997 and worked as scientific assistant on EMC in power electronics. This was also the topic of his PhD degree he received from the TU Berlin in 2001. Since then, he worked at the Fraunhofer IZM as Post-doc, group leader for the power electronics group and now chief expert power electronic. Main topics are high speed switching and semiconductor packaging.

Referenten ■



Stefan Hoffmann ist nach seinem Masterstudium der Elektrotechnik an der TU Berlin seit Anfang 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Leistungselektronik-Gruppe des Fraunhofer IZM tätig. Seine Kernkompetenzen sind der Entwurf von leistungselektronischen Systemen, das Design von induktiven Komponenten und die elektromagnetische Verträglichkeit. In diesen Bereichen war er bereits mit mehreren Veröffentlichungen als Hauptautor auf internationalen Konferenzen aktiv. Weiterhin schloss er zahlreiche Projekte mit Industriepartnern auf diesen Gebieten erfolgreich ab. Beispielsweise war er maßgebend am Design, am Aufbau und an der Inbetriebnahme von drei Solarwechselrichtern mit schnell schaltenden Halbleitern und den daraus resultierenden Herausforderungen bezüglich der passiven Komponenten beteiligt.



René Hopperdietzel studierte Allgemeine Elektrotechnik an der TH in Nürnberg. Nach Erlangung seines Diploms trat er bei der Semikron GmbH & Co KG ein, wo er 6 Jahre im Bereich Elektronik- und Umrichter Entwicklung für industrielle Anwendungen tätig war. Weitere Tätigkeitsfelder waren FMEA-Moderation, Stromsensorik und Projektleitung. Danach folgte ein Wechsel als wissenschaftlicher Mitarbeiter zum Fraunhofer Institut IISB, wo er ebenfalls gut 6 Jahre tätig war. Die Forschungsschwerpunkte hier lagen in Treiberelektronikentwicklung für Multi-Level Umrichter im Bereich der HVDC-Energieübertragung. Weitere Tätigkeitsfelder waren Fehleranalysen, Gutachtenerstellung, Design-Reviews, Consulting für Automotive und Industriekunden. Seit 2017 ist Herr Hopperdietzel bei Schaeffler Technologies AG & Co KG in Fachexpertenlaufbahn mit Schwerpunkt HW-Elektronik-entwicklung angestellt.



Ingmar Kalfass erhielt den Grad eines Dipl.-Ing. in Elektrotechnik von der Universität Stuttgart im Jahr 2000 und den Grad eines Dr.-Ing. von der Universität Ulm in 2005. Im Jahr 2001 war er als Gastwissenschaftler an der National University of Ireland in Dublin tätig. 2002 war er wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung Elektronische Bauelemente und Schaltungen an der Universität Ulm. 2005 ging er an das Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik in Freiburg. Von 2009 bis 2012 war er Professor am Karlsruher Institut für Technologie. Seit 2013 hält er den Lehrstuhl für robuste Leistungshalbleitersysteme an der Universität Stuttgart inne, wo sich seine hauptsächliche Forschung auf die Gebiete der leistungselektronischen und Hochfrequenz-Schaltungen und Systeme konzentriert.



Nando Kaminski schloss das Studium der Elektrotechnik an der Universität Bremen 1994 mit dem Dipl.-Ing. ab und wurde dort 2001 zum Dr.-Ing. promoviert, nachdem er als Doktorand am Daimler-Benz Forschungsinstitut in Frankfurt am Main an SiC Leitungsbaulementen geforscht hatte. Von 1998 bis 2008 arbeitete er bei ABB in der Schweiz an IGBTs, IGCTs, Dioden, Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Zuverlässigkeit und war zuletzt Leiter der IGBT Modulfertigung. 2008 kehrte er als Professor an die Universität Bremen zurück. Sein Arbeitsgebiet umfasst alternative Halbleiter, Materialgrundlagen, Bauelementkonzepte, Simulation, Aufbau- und Verbindungstechnik, Zuverlässigkeit, den Einfluss von parasitären Komponenten und EMV.



Günter Keller graduierte 1988 zum Diplomingenieur in Elektrotechnik an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen-Nürnberg. Bis 1997 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Solare Energieversorgungstechnik in Kassel im Bereich der Anwendung photovoltaischer Solarenergie. Im Jahr 1997 promovierte er an der Universität Kassel im Bereich von netzgekoppelten Solarwechselrichtern. Im gleichen Jahr wurde er als Professor an die Technische Hochschule Deggendorf berufen. Seine Lehr- und Forschungsgebiete sind Schaltnetzteile mit den Schwerpunkten Elektromagnetische Verträglichkeit und Regelung. Seit 2010 leitete er weltweit mehr als 60 Seminare und Schulungen für die Industrie und an Universitäten und Workshops in internationalen Konferenzen.



Anton Mauder studied electrical engineering and received his PhD in 1996 from the Technical University Munich. He joined Siemens Semiconductor Group, now Infineon Technologies AG in Munich, Germany, and started his work in the product development of IGBT modules. From 1998 to 2004 his focus was the technology development of bipolar power semiconductor devices where he developed innovative freewheeling diodes and led several IGBT and diode development projects. During this time he participated in the development of SiC diodes. From 2005 to 2015 he worked as a project leader in the technology development of high voltage MOS power transistors. Since begin of 2015 he is leading projects in the technology development of IGBTs.



Björn Noreik ist Gründer der BNB-Qualitätsstatistik und Training und erfahrener Trainer und Berater von Unternehmen und Projektteams. Im Wesentlichen hat er bisher in der Automobil- und Automobilzuliefererindustrie, Elektronik- und Halbleiterindustrie sowie pharmazeutischen Industrie als Trainer, Data Scientist und Lean Six Sigma Master Black Belt Projekterfahrung gesammelt. Als Vorstandsmitglied des European Six Sigma Clubs Deutschland (ESSC-D) widmet er sich aktiv den Themen rund um Six Sigma, Qualität, Projektmethoden und -strukturen. Darüber hinaus hat er bereits an verschiedenen Forschungsarbeiten und Entwicklungen aktiv und erfolgreich mitgewirkt.

2017 – Gründung der Firma BNB-Qualitätsstatistik und Training

Seit 2020 – Vorstandsmitglied des European Six Sigma Clubs Deutschland (ESSC-D)



Martin Rittner ist Fachreferent für die Aufbau- und Verbindungstechnik leistungselektronischer Baugruppen in der Zentralen Forschung der Robert Bosch GmbH. Er studierte und promovierte in der Physik an der Universität Stuttgart. Seit dem Beginn seiner Arbeiten in der Industrie im Jahr 2001 begleitete er mehrere Verbundforschungsprojekte auf dem Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik für automobile und leistungselektronische Anwendungen. Für die deutsche Automobilzuliefererindustrie ist er gegenwärtig der Vorsitzende des ZVEI-ECPE Expertenarbeitskreises "Hochtemperatur- und Leistungselektronik", und darüber hinaus auch gegenwärtig der Vorsitzende des ECPE Expertenarbeitskreises „Automotive Power Module Qualification Guideline (AQG324)“. Im Jahr 2015 rundete er seine akademischen Kompetenzen mit dem Grad eines Master of Business Administrations (MBA) ab.

Referenten ■



Uwe Scheuermann has been active in the field of power electronic for 25 years. He worked for SEMIKRON in the development and qualification of power modules and is currently responsible for reliability of components. He is a member of several program committees of international conferences, has published more than 70 papers in the field of power electronics and is co-author of the textbook "Semiconductor Power Devices". Since 2006, he serves as a lecturer at FAU Erlangen/Nuremberg, where he became an honorary professor in the field of electrical engineering in 2014.



Helmut Schweigart studierte Maschinenbau und promovierte anschließend an der TU München über die Zuverlässigkeit von Elektronikschutzlacken. Er ist bei Zestron für den Dienstleistungsbereich Reliability & Surfaces verantwortlich und koordiniert Zestrons Engagement in Forschungsprojekten. Darüber hinaus leitet er bei der Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V. den Arbeitskreis für Korrosionsschutz elektronischer Baugruppen und ist bei der European Federation of Corrosion der CoChair der Spiegel-Working-Party zur GfKorr. Bei der Gesellschaft für Umweltsimulation e.V. leitet er den Arbeitskreis Klimabeständigkeitsuntersuchung.



Alexander Stadler begann nach seinem Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, im September 2002, seine Tätigkeit als Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Elektromagnetische Felder. Neben der Maxwell'schen Theorie bildete die Messung und Simulation von Kernverlusten den Schwerpunkt seiner Forschungstätigkeit und Dissertation. Ende 2008 wechselte er als Leiter der Grundlagenentwicklung zur STS Spezial-Transformatoren-Stockach GmbH & Co. KG. Viele Ergebnisse dieser Arbeiten wurden in ca. 70 Publikationen veröffentlicht und durch einige Patente geschützt. 2015 wurde er als Professor für Leistungselektronik und Energiespeicher an die Hochschule Coburg berufen. Sein Forschungsinteresse gilt nach wie vor den induktiven Bauteilen.



Heinrich Styppa studierte an der Fachhochschule Gießen Energie und Wärmetechnik und im Anschluss Mathematik und Physik an der Universität Gießen. Zurückblickend kann er auf 40 Jahre internationale Berufserfahrung in verschiedenen Bereichen der deutschen Industrie mit dem Schwerpunkt Kältetechnik, Anlagen-/ Maschinenbau und Elektroindustrie sehen. Die letzten 24 Jahre seiner aktiven Berufstätigkeit war er bei der Firma Rittal GmbH & Co KG in Herborn tätig, wo er 20 Jahre zum Führungskreis und TOP Management gehörte. Nach seinem altersbedingten Ausscheiden bei der Fa. Rittal im Jahre 2013 ist er selbständig und als Interim Manager bei verschiedenen Unternehmen in Deutschland und Schweden beschäftigt. Ab dem Jahre 2014 ist Herr Styppa auch als Fachdozent an der THM Gießen / Wetzlar im Bereich duales Studium und in der Personalberatung für Führungskräfte NEXPOTENTIAL in Bonn als Partner aktiv.

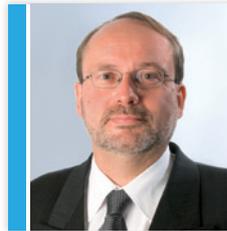


Peter Türkes ist Physiker und erlangte das Diplom und den Doktorgrad in Experimentalphysik an der Universität Erlangen in den Jahren 1979 bzw 1983. Im Jahr 1984 arbeitete er als PostDoc am ‚Laboratory of Atomic and Solid State Physics (LASSP)‘ der Cornell University in Ithaca NY/USA an Themen zu den thermischen Eigenschaften von Bor-Karbid. Von 1985 bis 2000 war er im Bereich ‚Zentrale Forschung und Entwicklung‘ der SIEMENS AG angestellt und bearbeitete leistungshalbleiter bezogene bauelementphysikalische Fragen. Im Jahr 2000 wechselte er in die Entwicklungsabteilung für leistungshalbleiter der INFINEON TECHNOLOGIES AG, wo er dann für den Bereich leistungshalbleiter-Kompakt- und thermische Modellierung bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand zuständig war.

ClusterLE Team ■

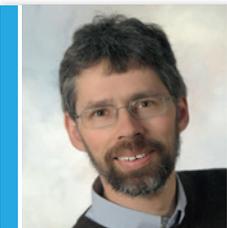


■ **Prof. Dr. Leo Lorenz**
Cluster-Sprecher



■ **Dipl.-Phys. Thomas Harder**
Cluster-Geschäftsführer

☎ +49 (0)911/810288-11
✉ thomas.harder@ecpe.org



■ **Dr.-Ing. Bernd Bitterlich**
Cluster-Manager

☎ +49 (0)911/810288-14
✉ bernd.bitterlich@ecpe.org



■ **M. Sc. Peter Rechberger**
Cluster-Internationalisierung

☎ +49 (0)911/810288-12
✉ peter.rechberger@ecpe.org



■ **Krista Schmidt**
Veranstaltungen & Sekretariat

☎ +49 (0)911/810288-16
✉ krista.schmidt@ecpe.org



■ **Angela von der Grün**
Veranstaltungen & Webseite

☎ +49 (0)911/810288-17
✉ angela.vondergruen@ecpe.org



Cluster
Leistungselektronik

**Cluster Leistungselektronik
im ECPE e.V.**

Landgrabenstrasse 94
90443 Nuremberg
Germany

Phone: +49 (0) 911 / 81 02 88 - 0
E-mail: info@ecpe.org

Web: www.ClusterLE.de

