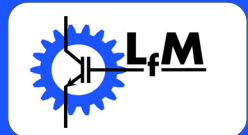




Dr.-Ing. Michael Gleißner

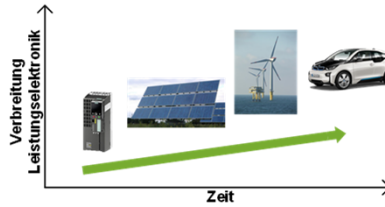
„Stromrichterstrukturen zur Steigerung der Verfügbarkeit durch Fehlertoleranz“

Promotionsprüfung am 11.10.2016



Motivation

Der wachsende Anteil von Leistungselektronik in der Energieversorgung und Antriebstechnik rückt die Zuverlässigkeit dieser Systeme immer stärker in den Fokus, weil das Risiko für Unfälle von Personen und finanzielle Einbußen ansteigt. Die Arbeit befasst sich mit Möglichkeiten zur Erreichung von Zuverlässigkeitsanforderungen durch fehlertolerante Stromrichterstrukturen, die gleichzeitig weitere wichtige Anforderungen wie hohe Effizienz und Leistungsdichte sowie geringe Kosten erfüllen.



→ Relevanz von Sicherheit & Wirtschaftlichkeit



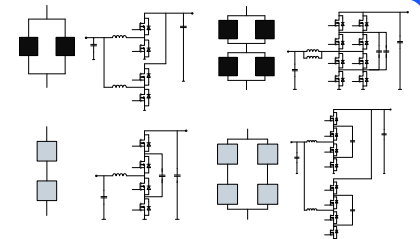
→ Verbesserung in einem Bereich nicht zu Lasten der anderen

Zuverlässigkeit elektrischer Systeme und Strukturen

Die Grundvoraussetzung für Sicherheit und Funktionserfüllung ist die Verfügbarkeit des Systems. Im Entwicklungsprozess stellt insbesondere die fehlertolerante Auslegung ein großes Potential dar. In der Leistungselektronik kann durch Schaltungen mit mehreren Phasen oder Levels Fehlertoleranz erreicht werden. Durch die Kombination von parallelen und seriellen Strukturen kann die Toleranz gegenüber Ausfällen als Open- und Kurzschlusszustand von Bauteilen gesteigert werden. Die Wahl einer geeigneten Schaltungsstruktur zur Erzielung von Fehlertoleranz hängt damit maßgeblich vom Ausfallverhalten der verwendeten Halbleiter ab.



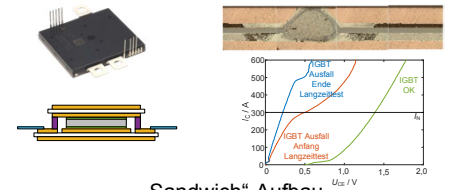
Steigerung der Verfügbarkeit durch
 - Überwachung und Wartung
 - Bauteile mit geringer Ausfallrate
 - **Fehlertoleranz**



- Parallel: Multiphase → offen Ausfälle
 - Seriell: Multilevel → Kurzschlussausfälle
 → Kombination von parallelen & seriellen Strukturen

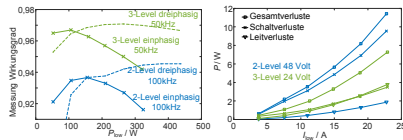
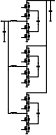
Ausfallverhalten von Halbleiterschaltern

Je nach Ausfallursache und Aufbau können sich verschiedene Zustände des ausgefallenen Bauteils ergeben, von denen wiederum Maßnahmen zur Abtrennung der Fehlerstelle oder Rekonfiguration der Schaltung abhängen. Die meisten Gehäuseformen für Leistungs-halbleiter, wie z.B. gebondete Module, weisen ein nicht ideales Ausfallverhalten auf. Ein Ausfall als idealer Kurzschluss von Modulen mit zwischen zwei Kupferschichten eingebetteten Halbleiterschaltern wird in dieser Arbeit identifiziert und untersucht, wodurch sich neuartige und einfachere Rekonfigurationsmöglichkeiten für leistungselektronische Schaltungen ergeben.

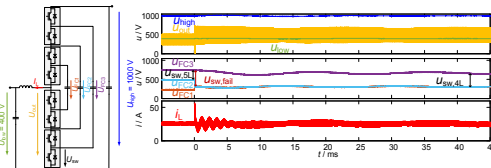
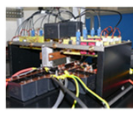


„Sandwich“-Aufbau
 ✓ideales Kurzschlussausfallverhalten
 ✓einfache Montage

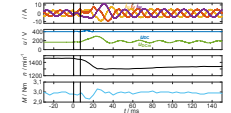
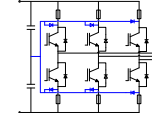
Fehlertolerante Gleich- und Wechselspannungswandler



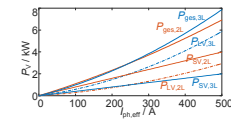
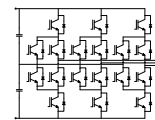
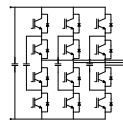
Fehlertoleranter 3-Level Wandler für Kfz-Bordnetz mit Effizienzvorteil



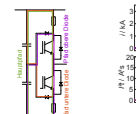
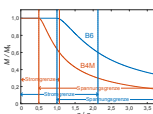
Fehlertoleranter Wandler mit Levelreduktion ohne Bypassschalter



Aufwandsreduzierter fehlertoleranter Wechselrichter



Fehlertolerante Multilevelwechselrichter mit vergleichbarer Effizienz



Verhalten von elektrischen Maschinen und Schmelzsicherungen

Als innovative Gleichspannungswandler werden mehrphasige Multilevelwandler für ein 48 V-Fahrzeuggordnetz sowie Multilevelwandler mit Levelreduktion auf Basis des Flying Capacitor Multilevel DC-DC-Wandlers analysiert. Deren vorteilhaftes Verhalten im Normalbetrieb sowie die erfolgreiche Rekonfiguration im Fehlerfall werden anhand von Prototypen verifiziert.

Im Bereich der Wechselspannungswandler wird eine neuartige, aufwandsreduzierte Schaltung präsentiert. Neben der Auslegung von Sicherungen zur Abtrennung fehlerhafter Phasen werden die Potentiale von fehlertoleranten DC-AC-Multilevelschaltungen erörtert. Überdies werden die Auswirkungen von Wechselrichterfehlern auf das Verhalten von elektrischen Maschinen abhängig von deren Typ erläutert.