Fraunhofer IZM

Hochleistungs-Wechselrichter für die E-Mobilität

Antriebsumrichter mit 600 kW Dauerleistung – dank Leiterplattenembedding

Fast Facts

1. 3-phasiger Antriebsumrichter mit einer Spitzen-Effizienz von 98,7%
2. Dauerleistung von 600 kW (835 V x 720 ARMS)
3. Spitzenleistung von 720 kW (800 V x 900 ARMS)
4. Kommutierungsinduktivität von 1,1 nH
5. 3D-gedrucktes Kühlsystem mit nur 20 K Temperaturanstieg
6. Leistungsdichte 200 kVA pro Liter

Antriebsumrichter für die Elektromobilität bereiten die elektrische Energie der Hochvolt-Batterie für den Motor auf. Am Fraunhofer IZM wurde dieses zentrale Modul nun neu definiert: Ein verbessertes Kühlmanagement und die Verwendung von Silizium-Karbid (SiC)-Halbleitern ermöglichen eine Effizienz von 98,7 Prozent. Ein spezielles Verfahren zur Einbettung der Halbleitermodule senkt nicht nur die Modulinduktivität, sondern erlaubt zudem eine kostengünstige Massenproduktion. Dank einer speziell entwickelten Software laufen alle Prozesse reibungslos Hand in Hand.

Die Basis des Erfolgs bilden 48 1200 V-SiC-Transistoren, gruppiert in drei Modulen. Ebenfalls verwendet werden DC-Link-Kondensatoren mit PolyCharge NanoLam-Technologie, mit doppelter Energiedichte im Vergleich zu den üblichen Polypropylen-Kondensatoren. Ein spezielles Leiterplattenverfahren zur Einbettung der Komponenten ermöglicht es, den Abstand zwischen Hin- und Rückleiter kurz zu halten und so die Streuinduktivität des Kommutierungskreises zu reduzieren. Das wiederum erlaubt die volle Ausnutzung der Halbleiterperformance durch schnellere Schaltvorgänge und verringert die Verluste abermals.

Trotz der kompakten Bauweise bleibt die Wärmeentwicklung auf niedrigem Niveau. Dafür sorgt das zweistufige Kühlsystem: Die temperaturkritischen Komponenten sind über Silbersinterverbindungen mit Kupferkühlelementen verbunden. Diese Kupferelemente haben nicht nur eine hohe thermische Leitfähigkeit, ihre Herstellung im 3D-Drucker garantiert eine perfekt auf die angrenzenden Bauteile abgestimmte Passform. Vom Kupfer wird die Wärme im zweiten Schritt an eine Aluminium-Komponente weitergereicht, die ebenfalls im 3D-Druckverfahren hergestellt wird. Sie führt das Kühlwasser in einer parallelen Kühlstruktur, die den Druck im System optimal verteilt. Bei 10 Litern Kühlmittel pro Minute liegt der Druckabfall bei nur 150 Millibar und damit im äußerst niedrigen Bereich. Messungen nach 15 Minuten Dauerlastbetrieb ergaben eine Temperaturdifferenz zwischen Gehäuse und Kühlmedium von nur 20 Kelvin, die Temperatur am gekühlten Phasenausgang lag lediglich um 41 Kelvin höher.

Mit 200 kVA pro Liter liegt die Leistungsdichte des Wechselrichters zwei- bis viermal höher als in Wandlern gängiger Elektroautos.

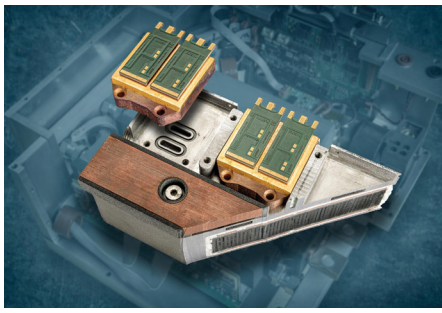

Abbildung: Schnitt durch eines der drei Phasenmodule des 600 kW-Umrichters

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

Dominik Seidenstücker
Tel. +49 30 46403-7999
dominik.seidenstuecker@izm.fraunhofer.de

www.izm.fraunhofer.de

04/2025