

Presseinformation

05. Mai 2026

Seite 1 | 3

500 Kilowatt pro Liter

Wechselrichter definiert die Leistungsdichte neu

Wechselrichter sind die Zentrale moderner Elektroantriebe. Sie steuern den Energiefluss zwischen Batterie und Motor und entscheiden maßgeblich über Effizienz und Performance. Am Fraunhofer IZM wurde diese Schlüsselkomponente erneut grundlegend weiterentwickelt: Ein neuartiger Inverter verarbeitet 500 Kilowatt Leistung bei einem Volumen von nur einem Liter und erreicht dank seiner extrem niedrigen Induktivität einen Wirkungsgrad von 99 Prozent. Alle anschnallen, es geht los.

Kräftige Elektromotoren werden meist mit Drehstrom angetrieben, sogenanntem Dreiphasenwechselstrom. Das gilt auch für aktuelle Elektroautos, deren Batterien die Energie allerdings als Gleichstrom bereitstellen. Für die Umwandlung in Drehstrom sorgt der Wechselrichter, das Herzstück im Antriebsstrang. Unter der Motorhaube eines Elektroautos ist der verfügbare Platz begrenzt, also gilt auch hier: je kleiner, desto besser – natürlich bei gleicher Leistung.

Die Gruppe Power Electronic Systems des Fraunhofer IZM hat auf diesem Feld ein weiteres Mal neue Maßstäbe gesetzt: Im Auftrag von Mitsubishi Heavy Industries (MHI) entwickelten Wiljan Vermeer und seine Kolleg*innen vom Fraunhofer IZM einen kostengünstigen Wechselrichter, der bei einer Effizienz von 99 Prozent ganze 0,5 Megawatt Leistung liefert (knapp 680 PS), aber nur einen Liter Volumen beansprucht. Wie konnte das gelingen?

Zwölf SiC-Halbleiter pro eingebettetem Leistungsmodul

Genau genommen sind es gleich vier Kunstgriffe, die dem Wechselrichter den richtigen Dreh verleihen. Es beginnt mit dem Leistungsmodul, das in dreifacher Ausführung zum Einsatz kommt, je eins pro Phase. Sie sind durch einen RC-Dämpfer vom Zwischenkreiskondensator entkoppelt, um unerwünschte Schwingungen und andere Nebeneffekte zu reduzieren. In jedem Modul sitzen zwölf Siliziumkarbid-Schalter: die vom Partner und Kunden MHI vorgegebenen MOSFETs. Sie sind platzsparend auf Basis von PCB-Technologie direkt in die Leiterplatte eingebettet.

Das Ergebnis sind äußerst kompakte Module mit einer extrem kleinen elektromagnetischen Grundfläche. Das führt zu einer effektiven Induktivität von einem Nanohenry – so niedrig, dass die Schaltgeschwindigkeit nicht begrenzt und ein Schalten am Limit der MOSFETs mit 63 Volt pro Nanosekunde möglich wird. Da dieses schnelle Schalten mit wenig Verlusten einhergeht, ist vergleichsweise wenig Kühlleistung erforderlich. Und damit zum zweiten Kniff.

Strangepresster Aluminiumkühler

05. Mai 2026

Seite 2 | 3

Unter den drei Modulen sitzt ein flacher, strangepresster Aluminiumkühler. Sein niedriger Aufbau spart nicht nur enorm viel Platz, zugleich erlaubt er einen kurzen thermischen Pfad vom Halbleiter zum Kühlmittel. Im Inneren verlaufen über 40 dünne, leicht gewellte Stege, die dem durchfließenden Kühlmittel ausreichend Berührungsfläche zum Wärmeaustausch bieten. Aluminium überzeugt durch geringe Materialkosten und eine äußerst wirtschaftliche Herstellung im Strangpressverfahren: In nur einem Produktionsschritt entsteht so der komplette Kühlkörper – ein Design, das sowohl Platz als auch Kosten spart.

Smartes Design – vom Laser zusammengeschweißt

Als Drittes kommt das Laserschweißen als Verbindungstechnik ins Spiel: „Die Kontaktpunkte der Stromschienen sind so geformt, dass wir sie per Laser direkt auf die Leiterplatte schweißen können. Schraubverbindungen entfallen damit. Sie würden nicht nur mehr Raum beanspruchen, sondern auch die Induktivitäten erhöhen“, so Wiljan Vermeer. Nebenbei bemerkt erlaubt die vertikale Integration der beiden Eingangs-Stromschienen, sie nah genug beieinander zu positionieren, dass ihre Felder sich nahezu aufheben, was die Induktivität ein weiteres Mal minimiert.

NanoLam™-Kondensatoren – vom Kupferkontakt thermisch entlastet

Der vierte Kunstgriff betrifft die Technologie und die Anordnung der Zwischenkreiskondensatoren, die die Leistung der Module puffern. In Zusammenarbeit mit der Firma PolyCharge wurden deren NanoLam-Kondensatoren speziell für diesen Zweck konfiguriert. Sechs Kondensatoren sind gemeinsam mit den Stromschienen so nebeneinander angeordnet, dass der Gleichstrom-Zwischenkreis trotz seiner Kapazität von 300 Mikrofara auf eine Gesamtinduktivität von nur zwei Nanohenry kommt.

Die Nano-Technologie der Kondensatoren erlaubt eine sehr hohe Leistungsdichte, geht jedoch mit erhöhten thermischen Verlusten einher – eine weitere Herausforderung für die Kühlung. „Die Kupferanschlüsse der elektrischen Kontakte dienen dabei gleichzeitig für eine bessere Ableitung der Wärme“, so Vermeer. „Wir haben sie so konzipiert, dass die elektrischen Verbindungen die schlechte Wärmeleitung ausgleichen und die Wärme sowohl horizontal als auch vertikal gleichmäßig verteilen. Die Kondensatoren sind zwar für eine Maximaltemperatur von 150°C ausgelegt, wir haben sie aber auf 130°C begrenzt, um ihre Zuverlässigkeit zu erhöhen.“

Nach konventionellen Maßstäben ist das noch immer ein sehr hoher Wert. Die überschüssige Wärme wird auf kurzem Weg an den oben beschriebenen Aluminium-Kühler geleitet, über den auch die Wärme der Leistungsmodule abfließt. Dafür ist die Kondensatoren-Einheit unter dem Aluminium-Kühler platziert und innerhalb des Gehäuses integriert, was den benötigten Raum abermals verkleinert.

Durch die Kombination innovativer Leistungsmodul-, Kondensator- und Kühlkonzepte hebt unser Wechselrichter die 800-V-Antriebstechnik auf ein neues Level. Mit 500 Kilowatt, also 0,5 Megawatt pro Liter sind die gängigen Alternativen um das Fünffache übertroffen, die bisherige Spitzentechnologie um das Zweieinhalbfache. Die Effizienz von 99 Prozent setzt ebenfalls neue Maßstäbe – bei zugleich moderaten Herstellungskosten für dieses zukunftsweisende Gesamtpaket.

Auf der PCIM Europe in Nürnberg wird Wiljan Vermeer den neuen Wechselrichter der Öffentlichkeit vorstellen: vom 9. bis 11. Juni 2026 am Stand des Fraunhofer IZM (Halle 6, Stand 260). Unsere Wissenschaftler erläutern Ihnen gerne die technischen Innovationen unseres Antriebsumrichters – und gewähren damit auch in diesem Jahr einen Blick in die Zukunft der E-Mobilität.

Weitere Infos: https://www.izm.fraunhofer.de/de/news_events/events/pcim.html

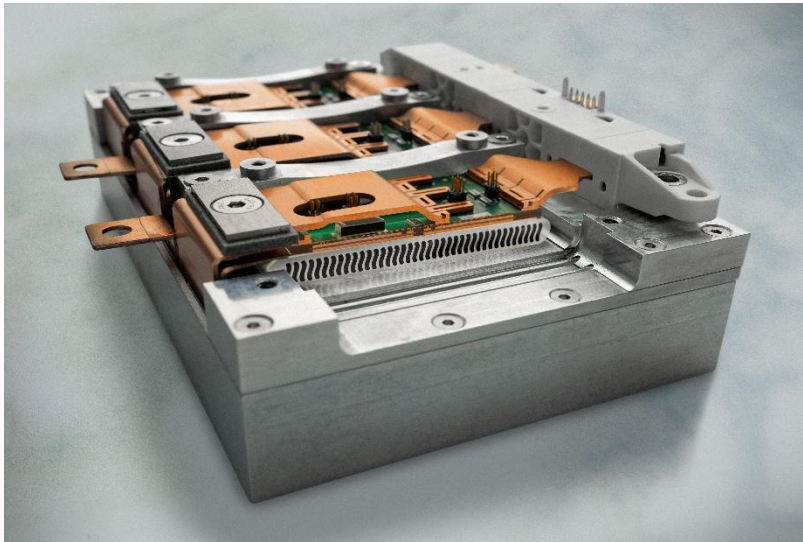
05. Mai 2026

Seite 3 | 3

(Text: Christoph Hein)

Technische Daten

3-phasiger Antriebsumrichter, Leistungsdichte: 500 kVA pro Liter
500 A_{RMS} pro Phase bei 800 V DC-Spannung, Schaltgeschwindigkeit: 65 V/ns
Effektive Induktivität: ca. 1 nH, Spitzeneffizienz: >99%



Hochintegrierter Wechselrichter mit einer Leistungsdichte von 500 kW/l, optimiert für maximale Leistungsdichte © Fraunhofer IZM/Volker Mai | Bild in Farbe und Druckqualität: www.izm.fraunhofer.de/pics

Kontakt

Ansprechpersonen

Fachliche Ansprechperson

Dr. Wiljan Vermeer

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit
und Mikrointegration IZM

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Tel. +49 30 46403-175

wiljan.vermeer@izm.fraunhofer.de

Redaktionelle Ansprechperson

Georg Weigelt

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit
und Mikrointegration IZM

Marketing & PR

Tel. +49 30 46403-279

georg.weigelt@izm.fraunhofer.de

<https://www.izm.fraunhofer.de/>



Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon fallen 3,1 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Das **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM** ist ein weltweit führendes Forschungsinstitut im Bereich Electronic Packaging, das hochintegrierte und multifunktionale elektronische Systeme entwickelt. Mit Fokus auf Miniaturisierung, Zuverlässigkeit und modernster Laborausstattung unterstützt das Institut die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas.