



[Bericht von von Ralf Higgelke](#) (wurde für das WEB angepasst)

Kompakter, modularer Inverter

Standard-Bauelemente bilden die Basis

5. Mai 2023, 10:00 Uhr | Von Wolfgang Rambow, Fabian Beck, Michael Mankel, Elvis Keli und Katharina Mankel



Mankel-Engineering hat gemeinsam mit TDK und Infineon Technologies einen sehr kompakten Motor-Inverter entwickelt. Er ist modular aufgebaut und mit Standardbauelementen ausgestattet, was eine kostengünstige Lösung für diverse Antriebsaufgaben in der E-Mobilität und Industrieelektronik ermöglicht.

Der neue Inverter zeichnet sich durch einen weiten DC-Eingangsspannungsbereich von 240 V bis 475 V aus und bietet eine Spitzenleistung von 120 kW bei 400 V (DC). Zur Verbesserung der EMV sind die gesamte Elektronik des Inverters sowie alle Anschlüsse und Durchführungen in einem geschirmten Gehäuse aus Aluminium verbaut, in das auch der Flüssigkeitskühler auf der Unterseite integriert ist.

Dieser dient zur Entwärmung des IGBT-Moduls wie auch der passiven Bauelemente. Als maximale Kühlmittel-Zulauftemperatur wurden die in der Automobilindustrie

üblichen 65 °C vorgesehen. Neben der Version mit einer Zwischenkreisspannung von 500 V gibt es auch eine Version mit 850V. Da der Inverter mit einem Softwarepaket mit selbst entwickeltem GUI (Graphical User-Interface) ausgestattet ist, ist er sofort betriebsbereit.

Standard-IGBT-Module mit hoher Leistung

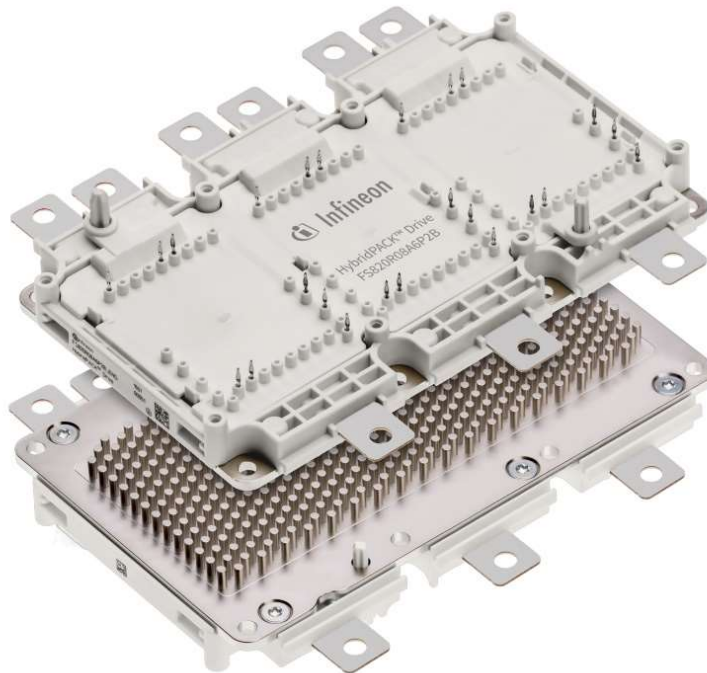


Bild 1. Die Infineon-Serie HybridPACK™ zeichnet sich durch hohe Robustheit und Zuverlässigkeit aus.

Herzstück des Inverters ist das HybridPACK™ Drive-Modul FS 820R08 PinFin von Infineon (**Bild 1**) mit einer maximalen Spannung von 750V, das beim beschriebenen Umrichter mit einer DC-Link-Spannung von maximal 470V zum Einsatz kommt.

Das HybridPACK™ Drive ist ein sehr kompaktes Leistungsmodul, das sich gut für Hauptwechselrichteranwendungen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen (xEV) eignet. Bei dem Leistungstyp FS820R08 (820A/750V) handelt es sich um ein Sixpack-Modul, das für Umrichter mit maximal 150-kW-Wechselrichter optimiert ist. Das Leistungsmodul implementiert die EDT2-IGBT-Chipgeneration, bei der es sich um ein Micro-Pattern-Trench-Field-Stop-Zellendesign für die Automobilindustrie handelt.

Der Chipsatz verfügt über eine hohe Stromdichte in Kombination mit Kurzschlussrobustheit und erhöhter Sperrspannung für einen zuverlässigen Umrichterbetrieb unter rauen Umgebungsbedingungen. Die EDT2-IGBTs weisen zudem sehr gute Leichtlastverluste auf, die dazu beitragen, die Systemeffizienz über

einen realen Fahrzyklus deutlich zu verbessern. Der Chipsatz wurde für Schaltfrequenzen im Bereich von 10 kHz optimiert.

Die Leistungsmodulfamilie HybridPACK™ Drive ist mit mechanischen Führungselementen ausgestattet, die eine einfache Montage ermöglichen. Außerdem vermeiden die „Press-Fit“ Einpressstifte für die Signalanschlüsse zusätzliche zeitaufwendige Selektivlötprozesse, was die Systemzuverlässigkeit erhöht. Die direkt gekühlte Grundplatte mit PinFin-Struktur im FS820R08A6P2B-Modul weist zusammen mit dem implementierten EDT2-Chipsatz sehr gute thermische Eigenschaften auf.

Aufgrund der hohen Luft- und Kriechstrecken ist die Modulfamilie auch für erhöhte Systembetriebsspannungen geeignet und unterstützt modulare Wechselrichteransätze bezüglich Leistung und Spannung, wodurch eine Skalierbarkeit dieser beiden Parameter gegeben ist.

Kompakter Zwischenkreis



Bild 2. PCC-Kondensatoren von TDK sind mit ihren Geometrien und Anschlüssen passgenau auf die IGBT-Module abgestimmt. Dadurch ergeben sich sehr geringe Induktivitätswerte

Der Hochleistungs-DC-Link-Kondensator aus dem PCC-Programm (Power-Capacitor-Chip) von TDK bietet eine Kapazität von 650 μF bei einer maximalen Gleichspannung von 500V (**Bild 2**). Dieser robuste Kondensator mit der Automotive-Zulassung nach AEC-Q200 wird auf einer vollautomatisierten Fertigungslinie hergestellt und weist sehr hohe Dauer- als auch Spitzenstromwerte von bis zu 180 A auf. Viele Tier-Ones und OEMs nutzen bereits kundenspezifische Varianten dieses Kondensators in ihren Serienumrichtern.

Seine niedrigen ESL-Werte von minimal 10nH unterstützen das EMV-Filter, während er gleichzeitig das Halbleiter-Modul vor Schaltüberspannungen – dem sogenannten Overshoot – schützt. Des Weiteren wurde er für eine Dauerspannung von 500V ausgelegt, um auch die Überspannungen, die beim Laden auftreten, kompensieren

zu können. Seine geschweißten Kontaktstellen sorgen für eine sehr hohe Stromtragfähigkeit – insbesondere bei voller Beanspruchung durch Temperaturwechsel – und sorgen für eine große Zuverlässigkeit in der Automobiltechnik.

Die integrierten Busbars symmetrieren gleichzeitig den verbauten Kondensatorstapel und erlauben somit die größtmögliche Nutzung von deren Kapazität für alle Halbleiterschalter. Die überlappende Ausführung der Busbars bis hin zum Halbleitermodul reduziert gleichzeitig die Scheininduktivität ESL, sodass in der Regel auf spezielle Snubber-Kondensatoren verzichtet werden kann. Durch die Herstellung eigener Filme ist für eine begrenzte Zeit sogar ein Einsatz bei bis zu 110 °C möglich.

EMV im Griff mit den CarYield™-Hochstromfiltern



Bild 3. Die EMV-Filter der CarYield™-Serie eignen sich für Ströme von bis zu 400 A.

CarYield™ (**Bild 3**) ist eine modulare EMV-Filterserie, die zwischen die Hochvoltbatterie und den DC-Link-Eingang des Inverters geschaltet wird. An diesen Filtern werden die HV-DC-Leistungsanschlüsse direkt angeschlossen. Das Filter verfügt hierfür über spezielle – extra für erhöhte Stromtragfähigkeit und verbesserte Kriechstrecken ausgelegte – L-Form-Anschlüsse (**Bild 3.1**) für die Aufnahme der Rohrkabelschuhe.



Bild 3.1. L-Förmige Anschlüsse zur Erhöhung der Stromtragfähigkeit

Die verwendete Filterkombination reduziert die Hochfrequenzstörungen deutlich, die grundsätzlich immer beim Schalten des Leistungsmoduls auftreten. Aber auch Signale, die im akustisch wahrnehmbaren Bereich liegen, werden merklich vermindert. Verfügbar sind die Filter derzeit für Gleichspannungen von 500V oder 900V bei Strömen von bis zu 400A und bei 85 °C.

Die CarXield™-EMV-Filter decken unterschiedliche Leistungs- und Spannungsklassen ab. Auch für die nächsten IGBT-Generierungen mit 1.200V und Wide-Bandgap-Module wie 1.200-V-SiC – und somit maximal 850V DC-Link-Spannung – ist damit bereits Rechnung getragen. Unterschiedliche Ausführungen der Stromschienen sorgen für eine hohe Flexibilität. Zudem gibt es auch eine Variante ohne integrierte Stromschiene.

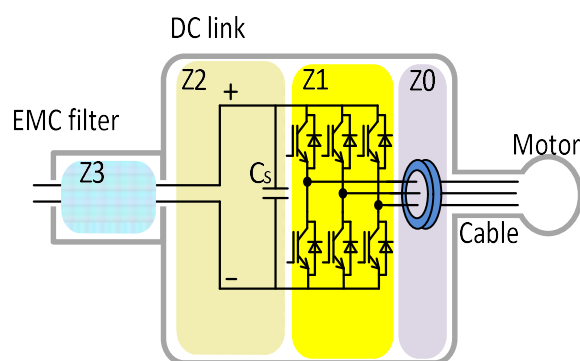


Bild 4. EMV-Zonen-Diagramm: In der Zone Z0, den AC-Anschlüssen für den Motor, können speziell geformte TDK-Ferritkerne für eine Dämpfung hochfrequenter Störungen sorgen

Bild 4 zeigt den typischen systematischen Aufbau und die Anordnung der EMV-Filter-Komponenten als sogenanntes Zonenregime innerhalb eines typischen Inverters, wobei Zone Z3 für den CarXield™ steht und Z0 für einen zusätzlich Common-Mode-bedämpfenden Kern über den AC-Anschlüssen. Weitere Maßnahmen sind die saubere Anordnung sowie Trennung und Abschirmung der jeweiligen Komponenten, um gute EMV-Ergebnisse zu erzielen.

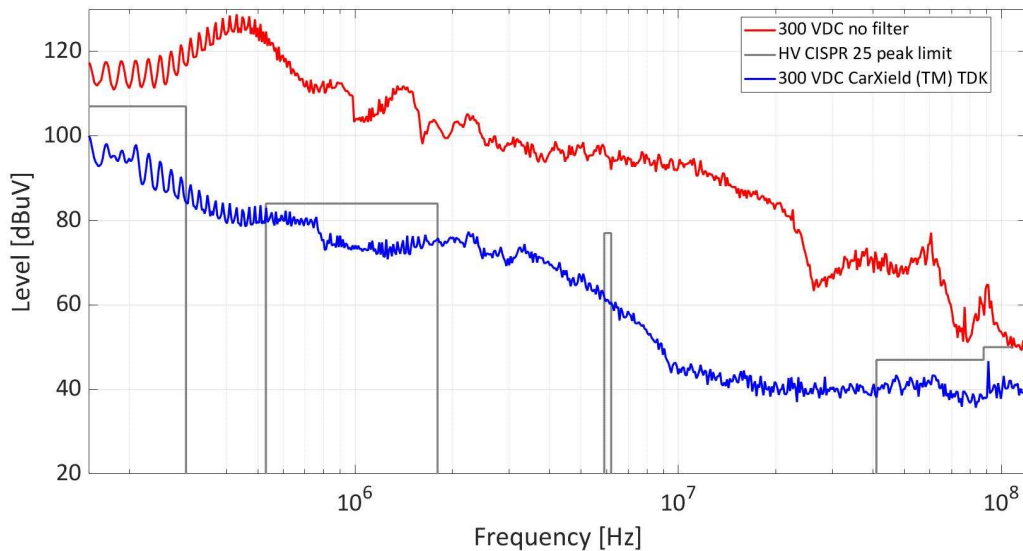


Bild 5. Durch den Einsatz von CarXield (blaue Kurve) lassen sich hochfrequente Störungen unter die von CISPR 25 Class HV5 senken.

Messungen, die im Labor von Mankel-Engineering durchgeführt wurden, zeigen die sehr gute EMV-Leistung des CarXield™-Filters sowie die des Umrichters unter Last versus der Grenzforderung nach CISPR 25, Class HV5 (Bild 5).

Bauelemente für die Controller- und Schnittstellen-Baugruppe

Neben der Hochvolt-Leistungseinheit benötigt der Inverter einen Controller sowie Schnittstellen, zum Beispiel zur Drehzahl- und Richtungserfassung, die mit 12V versorgt werden. Auch hierfür hat der Hersteller TDK einige Bauelemente im Programm.

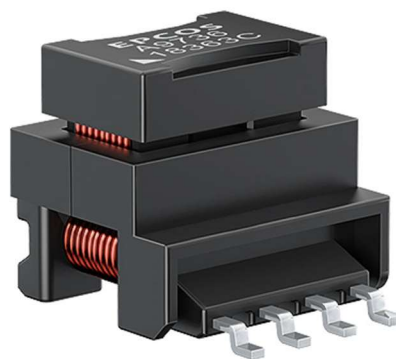


Bild 6. Gate-Drive-Übertrager der Serie E13EMHV eignen sich für Flyback-, Push-Pull- und Half-Bridge-DC/DC-Wandler.

So sind Gate-Drive-Übertrager fester Bestandteil der Controller-Einheit. Dafür eignet sich zum Beispiel die EPCOS-Serie E13EMHV, die aus kompakten SMT-Übertragern (B78308*A003) mit hoher Spannungsfestigkeit für verschiedene DC-DC-Wandler-Topologien besteht (**Bild 6**). Die Isolationsabstände entsprechen der Norm IEC 60664-1, 61558-2-16, wodurch eine hohe Arbeitsspannung von 1.000V erreicht wird. Transiente Überspannungen von bis zu 2.500V sind dabei zulässig. Die hohe Spannungsfestigkeit zwischen Primär- und Sekundärseite beträgt 3.000 V (AC) (50 Hz, 60 Sekunden). Die Typen der Serie sind mit unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen verfügbar.

Für die digitalen Kommunikationsschnittstellen bietet das Unternehmen CAN-Bus-Drosseln der Serien ACT1210 und ACT45B. Sie verhindern das sogenannte „Ringing“ beim Pegelwechsel der CAN-Bus-Signale und ermöglichen so eine störungsfreie Kommunikation.

Die Autoren

Wolfgang Rambow und **Fabian Beck**, beide TDK Electronics

Michael Mankel und **Elvis Keli**, beide Infineon Technologies

Katharina Mankel, Mankel-Engineering