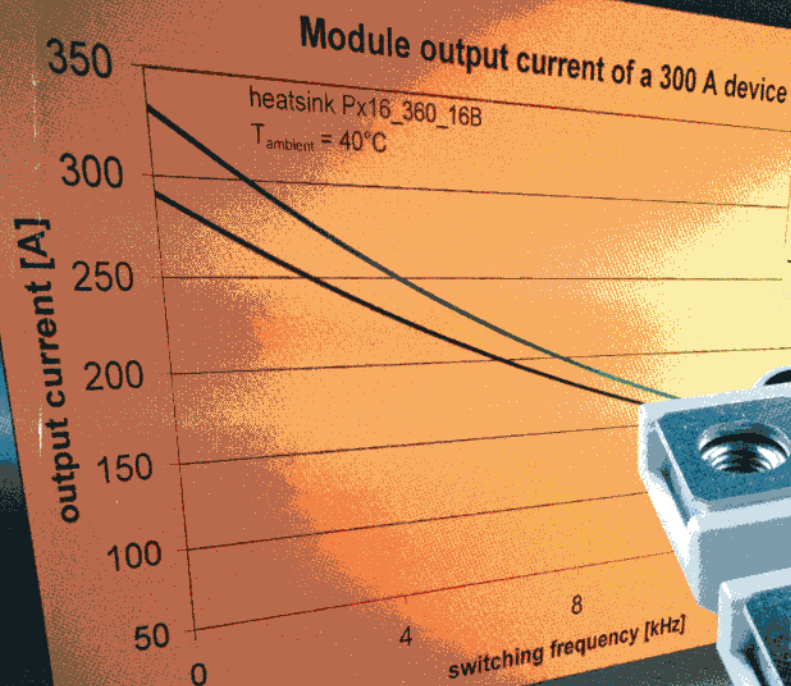


Sonderheft 2/2007

Leistungselektronik & Stromversorgungen



Titelstory: Power-Module

Seite 22 **Weniger dynamische Verluste**

MOSFET-Treiber

Seite 26 **Leistungshalbleiter richtig ansteuern**

Hysteretic-Controller

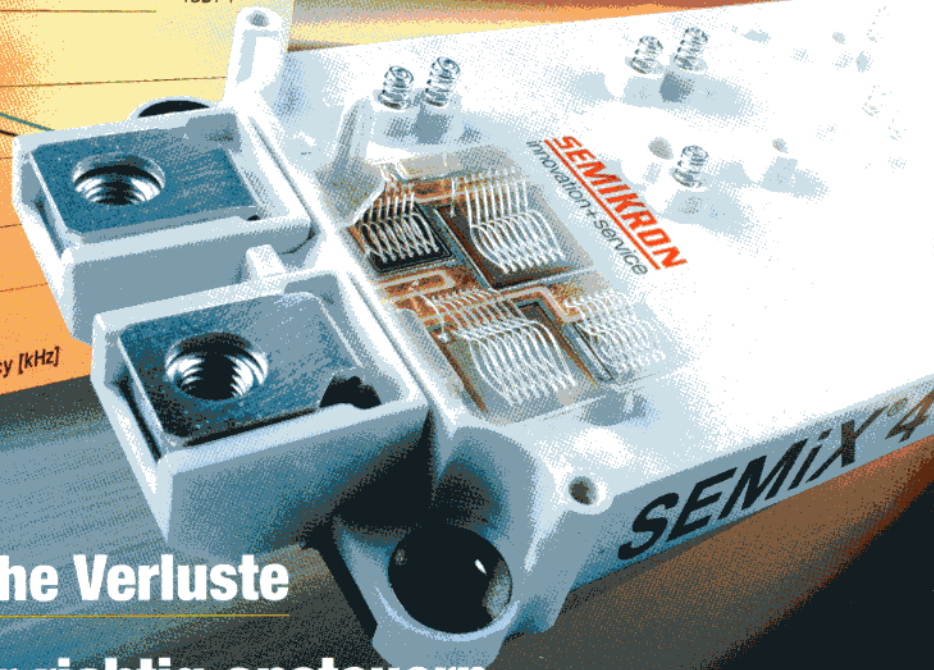
Seite 30 **Problem der Restwelligkeit gelöst**

Stromversorgungen

Seite 48 **Richtlinien für den Netzteile-Entwickler**

DC/DC-Wandler

Seite 52 **Ungeregelt und doch kurzschlussfest**



Weniger dynamische Verluste

Neue Eigenschaften und Vorteile der vierten IGBT-Generation für Energie sparende Frequenzumrichter

Output current of a 300 A device

360_16B

SPT +

IGBT 4

4

8

switching frequency [kHz]

Thomas Grasshoff*

Die kontinuierlichen Verbesserungen bei Frequenzumrichtern für die Antriebstechnik beeinflussen seit einigen Jahren auch maßgeblich die Entwicklung von IGBTs. Für solche Leistungselektronik ist Motion & Drives weltweit der größte Markt geworden. Herausforderungen bei der Entwicklung moderner Energie sparender Leistungshalbleiter kommen sowohl auf die Chiptechnologie als auch auf die Aufbau- und Verbindungstechnik zu. Eine vierte IGBT-Generation punktet nun mit weiter optimierten Kennlinien, geringeren Verlusten und höherer Robustheit, wie dieser Beitrag zeigt.

Frequenzumrichter werden kompakter und damit erhöht sich die Leistungsdichte. Die Auswahl der richtigen IGBT-Technologie und die Abstimmung auf Kühlsystem und Schaltfrequenz sind grundlegende Voraussetzungen, um dieses Design-Ziel zu erreichen. Bei näherer Betrachtung der Anforderungen ist zu erkennen, dass die Schaltverluste die dominierende Größe bei IGBTs sind. Ein EMV-gerechter Entwurf und das Treiben langer Kabelstrecken erfordern heute oftmals zusätzlichen Aufwand mit Snubber-Kondensatoren und Filtern. Ursache sind die schnell schaltenden IGBTs der dritten Generation. Die vierte IGBT-Generation erfüllt nun alle aktuellen Anforderungen moderner Frequenzumrichter mit verbesserter Sanftheit, geringeren Verlusten und einer erhöhten Robustheit.

Kleinere Baugröße bedeutet erhöhte Leistungsdichte

1200-V-IGBT-Module sind zur Zeit die am häufigsten eingesetzten Schalter in modernen industriellen leistungselektronischen Anlagen. Sie kommen in vielen Frequenzumrichtern in elektrischen Antrieben, unterbrechungsfreien Stromversorgungen und elektronischen Schweißanlagen zum Einsatz. Ein wichtiger Trend bei der Entwicklung von Frequenzumrichtern ist die Reduktion der Baugröße, um in immer kompakteren Anlagen und

*Thomas Grasshoff ist Leiter Produktmanagement bei SEMIKRON International, Nürnberg.

Schaltströme zu passen. Das erfordert eine höhere Leistungsdichte. Weil die Kühlung der Leistungselektronik zu akzeptablen Kosten nicht beliebig verbessert werden kann, muss man die Gesamtverluste reduzieren. Neben einem kompakten Design werden zudem Störeinstrahlungsfestigkeit und Störaussendung immer wichtiger. Auch die Lage der Anschlüsse für eine geringe Streuinduktivität spielt eine entscheidende Rolle. Um die Systemgesamtverluste zu reduzieren sind die beiden IGBT-Parameter Schaltverluste und statische Verluste essenziell. Denn die Schaltverluste dominieren bei schnell schaltenden Anwendungen.

Die SPT+-Technologie – seit Jahren erfolgreich im Einsatz

Die Soft-Punch-Through-Technologie (SPT) basiert auf einer planaren Gate-Struktur. Der SPT-Chip bietet im Vergleich zu anderen IGBT-Technologien einige besondere Vorteile – geringere Schaltverluste, große Chipfläche, positiver Temperaturkoeffizient und einfache Herstellprozedure.

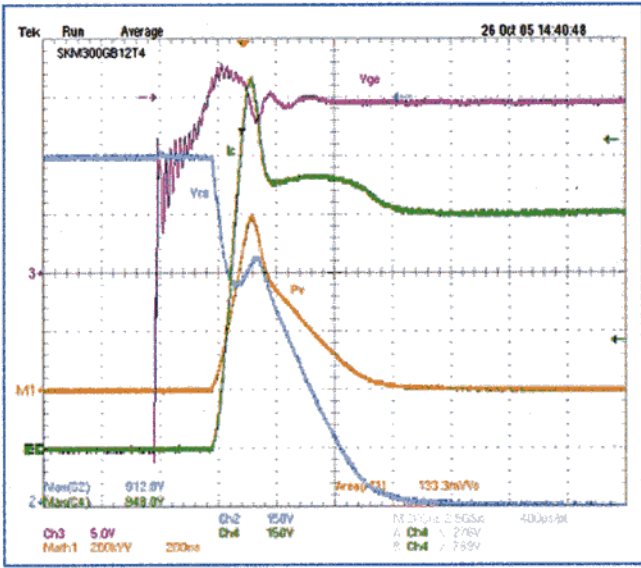


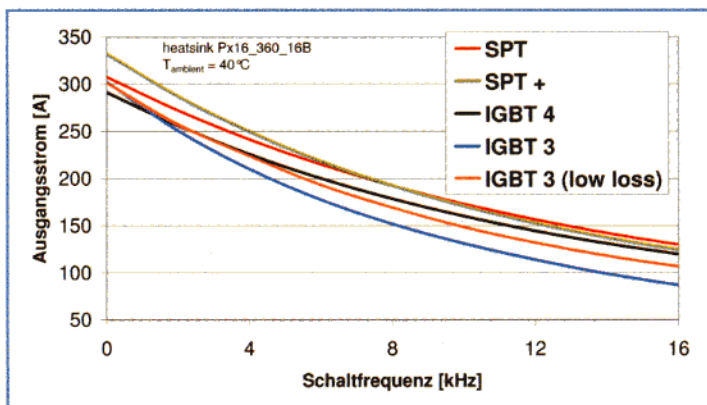
Bild 1: Ein- und Ausschalten des IGBT 4 bei VDC = 900 V

	gegenwärtige Technologie			neue Technologie	
	SPT	IGBT 3	IGBT 3 Low loss	SPT+	IGBT 4
$I_c = 300 \text{ A}$					
$E_{on} + E_{off} \text{ [mJ]}$	53	76,8	69,0	53	57
$V_{cesat} \text{ [V] Chip @ } 125 \text{ }^\circ\text{C}$	2,1	2,0	2,0	1,8	2,05
$R_{thjc} \text{ [K/W]}$	0,060	0,080	0,080	0,065	0,090

Tabelle: Vergleich gemessener statischer und dynamischer IGBT-Werte

Power-Module

■ Bild 2:
Modulau-
gangsströme
in Abhängig-
keit von der
Schaltfrequenz



► 2005 wurde die SPT+-Variante vorgestellt. Diese ermöglicht eine Verkleinerung der Chipfläche bei einer verbesserten elektrischen Leistung. Ein weiches Schaltverhalten unter Beibehaltung der hohen Ausschaltrobustheit ist mit geringeren statischen Verlusten kombiniert. Die Trench-Fieldstop-Technologie führt zu geringen statischen Verlusten und einer erheblichen Verkleinerung der Chip-

fläche. Die IGBT-3-Technologie war optimiert für geringe VCESat-Werte. Durch den Trend bei Frequenzumrichtern zu höheren Schaltfrequenzen lag der Fokus der IGBT-4-Entwicklung auf der Reduktion der Schaltverluste, um die dynamischen Anforderungen für Schaltfrequenzen oberhalb von 6 kHz zu erfüllen. Dies wurde durch eine Optimierung der Vertikalstruktur erreicht.

Robuste IGBT-Chips für einfache Ansteuerung

Im Frühjahr 2006 stellte SEMIKRON die neue SPT+-Chiptechnologie im SEMiX vor – ein skalierbares und anwendungsgerechtes Gehäuse. Der vorliegenden Artikel vergleicht die dynamischen und statischen Eigenschaften der planaren SPT+ und der im IGBT 4 eingesetzten Trench-Technologie. Beide IGBT-Varianten reduzieren die dynamischen Verluste und durch die geringere Steilheit werden weniger Überspannungen und EMV-Störungen erzeugt. Die Chips sind robuster und einfacher anzusteuern. Damit lassen sich die Chipeigenschaften besser ausnutzen, der Filteraufwand sinkt und damit kann der Anwender ein kostengünstigeres Design entwickeln. Die moderate Verkleinerung der Chipflächen erzeugt im Modul eine Wärmedichte, die mit kostengünstigen Standardkühlern an die Umgebung ableitbar sind.

Ein detaillierter Vergleich beider neuen Chiptechnologien gegenüber der dritten IGBT-Generation ist unter gleichen Meßbedingungen durchgeführt worden. Der SPT+-Chip wurde für ein besseres Preis-Leistungsverhältnis optimiert und die Stromdichte um 15% von 85 A/cm² auf 96 A/cm² erhöht. Obwohl die Baugröße des SPT+-Chips verkleinert wurde, sind der VCESat-Wert kleiner und die Schaltverluste identisch.

Vergleich von Planar- und Trench-IGBT-Technologien

Die Größe des IGBT-4-Chips ist ebenfalls für ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis optimiert. Je nach Strom-Rating ist im Vergleich zum IGBT 3 der Chip um 10 bis 20% kleiner geworden. Die Stromdichte beträgt jetzt 125 A/cm². Die Ausschaltverluste sind um 30% gesenkt. Alle IGBT-4-Chips haben eine maximale Sperrschichttemperatur von 175 °C. Das ermöglicht ein um 25% höheres nominelles Strom-Rating. Allerdings muss beachtet werden, dass bei gleicher Aufbau- und Verbindungstechnik die Lebensdauer eines Moduls durch höhere Temperaturzyklen geringer ist. Der IGBT-Vergleich in der Tabelle basiert auf gleichen Chip-Ratings bezogen auf 150 °C. Die Tabelle mit Messwerten zeigt, dass statische und dynamische Verluste beider neuer Chipgenerationen im gleichen Bereich liegen. Die Einführung der dritten IGBT-Generation im Jahr 2002 bedeutete für viele Anwendungen einen erhöhten Aufwand und damit höhere Kosten, um das relativ schnelle Schalten der IGBTs zu beherrschen. Die hohen di/dt-Werte verursachten Überspannungen und EMV-Prob-

leme. Die neuen IGBTs haben ein softeres Schaltverhalten, um die Nachteile der dritten Generation zu verbessern. Die di/dt -Werte bei Einsatz des gleichen Gate-Widerstandes sind 20 bis 25% geringer als bei der Vorgängergeneration. Während des Ausschaltens eines IGBTs wird die durch die Induktivität des Zwischenkreises induzierte Überspannung zur Zwischenkreisspannung addiert, sodass die maximale IGBT-Sperrspannung überschritten werden kann.

Die maximale IGBT-Sperrspannung ist auf Chipebene spezifiziert. Der Anwender hat aber nur Zugriff auf die Modulschlüsse und muss deshalb die Überspannung am Chip abschätzen. Bei typischen Modulinduktivitäten und Stromsteilheiten beträgt die Spannungsdifferenz zwischen Chip und Modulschlüssen 50 bis 100 V. Bild 1 zeigt das Schaltverhalten des IGBT 4 bei hoher Zwischenkreisspannung (900 V). Durch die geringere Steilheit sind die Überspannungen beherrschbar. Die Leistungsmodule mit dem IGBT-4-Chip und SPT+ werden jetzt in den Markt eingeführt und bieten damit für den Anwender neue

Kostenoptimierungsmöglichkeiten durch ein vereinfachtes Umrichterdesign.

Bild 2 zeigt ein Beispiel eines 3-Phasen-Umrichters mit sinusförmigem Strom. Der maximal mögliche Ausgangsstrom IRMS pro Phase für ein SEMiX-Modul, bestückt mit unterschiedlichen IGBT-Chips aber gleichen nominalen Strom-Ratings, wurden berechnet. Die Kühlbedingungen, Spannungen, $\cos \varphi$ sind für alle IGBTs identisch.

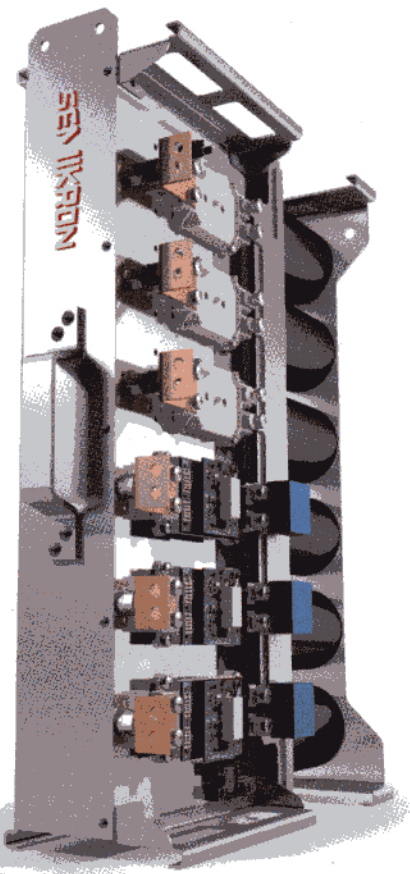
Im Fokus: die Leistung und das Design eines Umrichters

Es ist erkennbar, dass die SPT+-Variante eine bessere Leitung als der SPT für Schaltfrequenzen unter 6 kHz zeigt. Ursache hierfür sind die reduzierten statischen Verluste. Der Trench-IGBT-Vergleich illustriert den Unterschied in den Schaltverlusten zwischen IGBT 3 und IGBT 4. Der neue IGBT 4 verringert die Leistungslücke zum SPT, hat aber immer noch den Nachteil des höheren thermischen Widerstandes.

Bei Schaltfrequenzen oberhalb 12 kHz ist in der Simulation der thermische Widerstand zwischen dem Kühler und der Umgebung der limitierende Faktor. Neben den elektrischen und thermischen Eigenschaften des IGBTs ist auch das mechanische Design des Umrichters wichtig für dessen Gesamtleistung. Ein niederinduktiver Zwischenkreis und symmetrische Stromaufteilung zwischen parallel geschalteten Modulen sind entscheidend. Die neuen IGBT-Technologien in Verbindung mit den innovativen SEMiX-Modulen ermöglichen Entwicklern ein sehr kompaktes Plattformdesign bei minimalem Aufwand. Bild 3 zeigt einen flachen Umrichtereinschub. Die sehr kurze Zwischenkreisverschwenkung und die Anordnung aller Module auf einer Ebene zusammen mit den besonderen Eigenschaften der neuesten IGBT-Chipgeneration ermöglicht es, neue Wege beim Umrichterdesign zu gehen. Damit lassen sich die Abmaße weiter verringern, der Kühlaufwand und die Verluste reduzieren. (ku)

SEMİKRON

Tel. +49(0)911 6559158



■ Bild 3:

Ein Umrichterkonzept

mit SEMiX-IGBT-Modulen und SEMiX-Eingangsbürsten

www.elektronikpraxis.de

250 Seiten Grundlagen und Applikationshinweise zu SEMİKRON-Leistungshalbleitern

InfoClick

196040