

DIODEN FÜR PFC-SCHALTUNGEN

Optimierte Power Factor Correction

Schaltnetzteile sind überall; ohmsche Lasten sind Vergangenheit: Selbst die Glühlampe wird durch Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten ersetzt. Power Factor Correction ist daher inzwischen Vorschrift, doch die PFC-Schaltungen erzeugen zusätzliche Verluste. Wie kann PFC optimiert werden?



Doch die Gleichrichtung direkt am Netz, ohne die dämpfende und linearisierende Wirkung eines vorgeschalteten 50-Hz-Netztransformators, hat weitere Auswirkungen: Statt der kontinuierlichen Belastung eines Widerstands (Beispiel: Glühlampe) oder der zwar phasenverschobenen, aber dennoch kontinuierlichen Belastung durch induktive und kapazitive Lasten ist die Belastung durch den Gleichrichter mit nachfolgendem Ladekondensator impulsartig: Die Netzspannung wird praktisch nur im Spitzenwert belastet, um den Kondensator nachzuladen. Die Folge: In Büroräumen mit vielen Computern, gar in Rechenzentren, wird die Sinuswelle der Netzspannung verzerrt und an den Spitzen abgeschnitten, was zu Oberwellen im Netz führt; zudem entstehen starke impulsartige Ströme im Netz und damit hohe Leitungsverluste. Schließlich führen die abgeschnittenen Spannungsspitzen auch noch zu sinkenden Ladespannungen an den Ladekondensatoren der Schaltnetzteile.

PFC: Putzfrau der Schaltnetzteile

Schaltungen zur Power Factor Correction (PFC, **Bild 1**) arbeiten üblicherweise mit einem weiteren Aufwärtswandler, der Gleichrichter und Ladekondensator kontinuierlich mit Strom bedient und nicht nur in den Spitzenwerten der Sinusspannung. Damit verschwinden die Probleme der Leitungsüberlastung und Oberwellen, doch der Wirkungsgrad sinkt trotz der nun besseren Netzauslastung ab, weil ein weiterer Wandler im Spiel ist. Es ist also notwendig, den PFC-Wandler möglichst effektiv zu machen, um die PFC nicht zu entwerten.

DER AUTOR

WOLF-DIETER ROTH ist technischer Redakteur bei Hy-Line Power Components in Unterhaching.

WOLF-DIETER ROTH

Konventionelle Schaltnetzteile stellen für das Stromnetz mitunter ein Problem dar. Sie erzeugen eine Ausgangsspannung durch Wechselrichten, Transformieren und Gleichrichten einer Gleichspannung, die ihrerseits über normale Diodengleichrichter aus den 50 Hz des 230-V-Netzes gewonnen wird. Die Vorteile der Schaltnetzteile: Regelung bereits auf der Primärseite des Transformators, hohe Schaltfrequenzen mit dadurch kleinen Induktivitäten, hoher Wirkungsgrad.

KONTAKT

HY-LINE Power Components Vertriebs GmbH,
82008 Unterhaching,
Tel. 089/614503-10,
Fax 089/614503-20,
www.hy-line.de/power

1 EINGANGSGLEICRICHTER

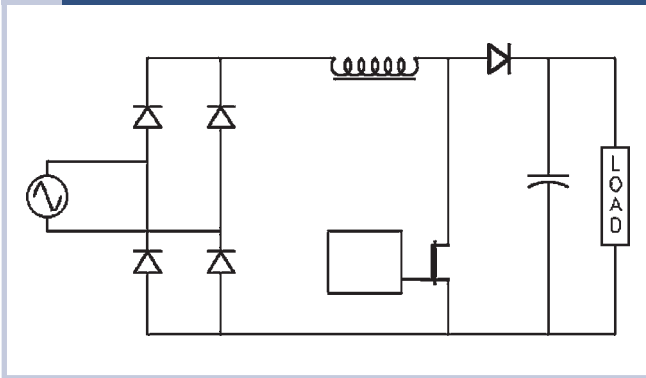


Bild 1. Prinzipschaltbild des Eingangsgleichrichters eines Schaltnetzteils mit PFC-Stufe

Eine Schlüsselkomponente ist neben der Induktivität die verwendete Diode: Sie muss schnell schalten, doch nicht zu hart, und vor allem eine geringe Reverse Recovery-Ladung (Q_{RR}) haben. Die meisten anderen Dioden werden dagegen nur auf eine kurze Abschaltzeit (t_{RR}) optimiert.

Der US-amerikanische Hersteller Qspeed bietet unter anderem besonders effiziente Dioden für PFC-Applikationen an (**Bild 2**). Diese Dioden liefern bei Durchlassspannung, Sperrspannung und -strom sowie Geschwindigkeit die Werte von teuren SiC-Dioden, doch kosten sie nur wenig mehr als gewöhnliche Silizium-High-Speed- (Ultra-Fast-) Dioden.

Geschwindigkeit ist nicht alles

Da die Qspeed-Dioden dank Soft Recovery geringere Funkstörungen verursachen als normale, hart schaltende Silizium-Ultra-Fast-Dioden mit Platindotierung, eignen sie sich hervorragend für die PFC-Applikation, die direkt am Stromnetz agiert und bei der sich sonst jede Art von Funkstörungen durch harte Schaltflanken sofort ausbreitet. Somit ersparen sie zusätzliche Funkentstörungskomponenten, die ebenfalls Wirkungsgrad kosten – und Geld. In Gleichrichterschaltungen sind zusätzliche Snubber-Komponenten entbehrlich, was Kosten erspart und die Sicherheit

erhöht: Nicht vorhandene Komponenten können auch nicht ausfallen.

Die Qspeed-Dioden erreichen im Vergleich zu konventionellen Silizium-Ultra-Fast-Dioden in PFC-Schaltungen bis zu 5 Prozent mehr Wirkungsgrad (**Bild 3**), sorgen durch geringere Q_{RR} für eine Temperaturreduktion der MOSFETs von 5 bis 20 K und liefern bessere EMV-Werte. Werden die MOSFETs dann etwas kleiner dimensioniert, bleiben die Gesamtkosten trotz gesteigerter Energieeffizienz gleich oder sinken sogar, da ja auch weniger Aufwand bei der Filterung anfällt. So steigt der Wirkungsgrad eines Netzteils mit PFC dank Qspeed-Diode um fast 1 Prozent an.

Qspeed-Dioden sind gegenwärtig bis 600 V / 8 A (in Kürze: 20 A) sowie 300 V / 30 A (in Kürze: 60 A) lieferbar. Es ist dabei übrigens nicht sinnvoll, die Qspeed-PFC-Diode sicherheitshalber ein oder zwei Nummern größer zu dimensionieren, als für die Schaltung benötigt wird: Dioden mit höheren Spannungs- oder Stromfestigkeiten haben nämlich auch eine höhere beim Umpolen der Spannung abzubauenen Ladung (Q_{RR}). Damit sinkt die Effizienz. Zudem sind die größeren Dioden unnötig teuer. Als Faustregel zur richtigen Dimensionierung empfiehlt der Hersteller etwa 1 A pro 100 W Netzteilleistung.

2 DIODENAUFBAU

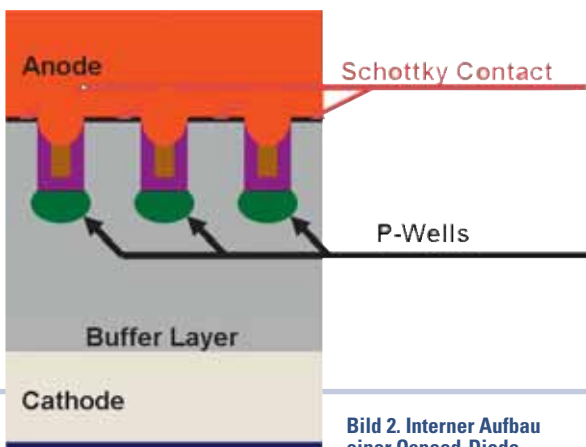


Bild 2. Interner Aufbau einer Qspeed-Diode

Patentierter Zwitter

Das Geheimnis der patentierten Qspeed-Technologie liegt in der internen Halbleiterstruktur der Dioden. Sie werden in Trench-Technik gefertigt und besitzen sowohl Schottky-Übergänge als auch normale p-n-Übergänge. Dazu werden den nahe an der Anode platzierten Schottky-Übergängen in Richtung Kathode p-dotierte Zapfen vorgelagert. Die Schottky-Übergänge sorgen in Durch-

3 WIRKUNGSGRAD

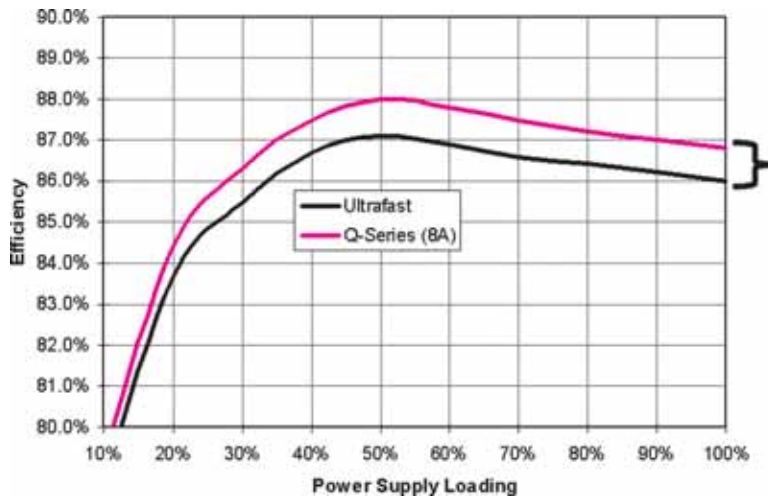


Bild 3: Wirkungsgradzuwachs von normalen Ultra-Fast- auf Qspeed-Dioden bei einem PFC-Netzteil mit 110 V Eingangsspannung und 840 W Ausgangsleistung

flussrichtung bei Polaritätswechsel für ein schnelleres Öffnen der Diode und eine niedrigere Durchlassspannung, während die bei anhaltendem Stromfluss ebenfalls durchschaltenden p-n-Übergänge höchste Stromdichten möglich machen, diese aber insgesamt über ein deutlich größeres Volumen verteilen als bei SiC, was zur Robustheit des Bauelements beiträgt.

In Sperrrichtung wird der Reverse-Strom wiederum schneller und kontrol-

lierter geblockt: Während reine Schottky-Dioden hier hohe Leckströme aufweisen, bringt die Trench-Technik beim Sperrn des Halbleiters zusätzliche Bereiche geringerer Ladungsdichte um die p-Zapfen herum, die sich bis zum Schottky-Übergang ausbreiten. Dies reduziert die Leckströme und verbessert nicht nur das Einschaltverhalten (Schottky-Übergang leitet bereits bei geringer Durchlassspannung, p-n-Übergang schaltet sich bei steigenden Strömen zu), sondern auch das Abschaltverhalten und die Stabilität der Diode bei hoher Sperrspannung.

FAZIT

Günstige Alternative. Qspeed-Dioden können es trotz der Standard-Silizium-Fertigungsprozesse mit mehr als doppelt so teuren Spezialhalbleitermaterialien wie SiC und GaN aufnehmen. Gegenwärtig gibt es zwei unterschiedlich gefertigte Serien von Qspeed-Dioden, die X- und die Q-Serie. Letztere hat ein besonders niedriges Q_{RR} und ist für Schaltfrequenzen ab 75 kHz optimal, erstere ist besonders kostengünstig bei niedrigeren Schaltfrequenzen. Weitere Serien sind in Planung. Damit werden auch höhere Schaltfrequenzen mit kompakteren passiven Komponenten wirtschaftlich realisierbar.

Die Problematik bei der Konstruktion solcher Halbleiter ist, dass Q_{RR} und V_F (Durchlassspannung) je nach Dotierung und Temperatur bei der Herstellung unterschiedlich eingestellt werden können, doch gegeneinander laufen: Eine Diode mit geringer Q_{RR} hat automatisch eine höhere Durchlassspannung und ist damit für niedrige Betriebsspannungen weniger geeignet, weil ihr Wirkungsgrad absinkt. Die Strukturen des Fertigungsprozesses liegen bei 0,3 μm wie bei CMOS-ICs. (m/)