

Vereinfachte EMV-Lösungen für getaktete DC/DC-Wandler

Philip Lioio, Vicor, und Chester Firek, Picor

Bei jedem getakteten DC/DC-Wandler ergeben sich Interferenzen auf Grund der hohen Schaltfrequenzen und des Schaltens hoher Leistungen. Leitungsgebundene Störungen am Eingang treten als Gegentakt- sowie als Gleichtakt-Störströme auf. Die Gegentaktstörungen auf den Eingangsleitungen, die meist im niedrigeren Frequenzbereich liegen, werden durch die Schaltfrequenz sowie deren Harmonische verursacht. Im Gegensatz dazu sind die Gleichtaktstörungen meist hochfrequent und können zwischen den Wandlereingängen und Masse gemessen werden. Ebenso findet man am Ausgang getakteter Wandler sowohl Störspannungen als auch eine Restwelligkeit. Gut entwickelte und implementierte EMV-Filter reduzieren diese Störungen auf ein erträgliches Maß.



rage-Werte für die vom Eingang eines Netzgerätes auf das Netz geleiteten Störströme über einen Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz. Um den Standards gerecht zu werden, müssen alle leitungsgebundenen Störungen, also auch die Spitzen im gesamten Spektrum, unter den Grenzwerten liegen.

Komplettlösungen oder diskrete Lösungen

Die meisten EMV-Filter werden als Komplettlösung mit Gehäuse eingesetzt. Eine Beispielkonfiguration ist in Bild 1 dargestellt. Es handelt sich dabei um ein EMV-Filter mit Pins zum Einlöten auf der Platine, das eine

Gleichtaktdrossel, Y-Kondensatoren (Netz zu Masse) sowie zwei zusätzliche Längsdrosseln und einen X-Kondensator zwischen den Netzleitungen enthält. Schutz vor Transienten wird durch Z1 gewährleistet. Diese Filterkonfiguration bietet genug Dämpfung, um die Grenzwerte nach Klasse B zu erreichen.

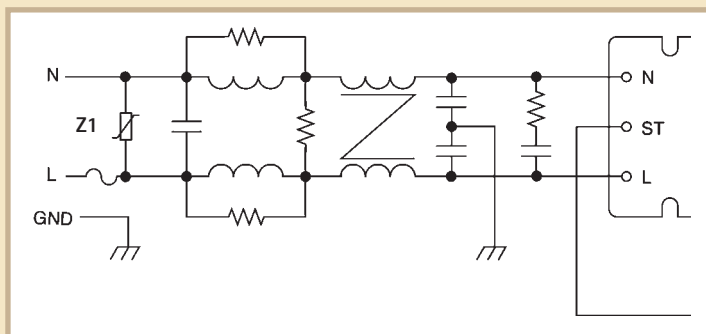
Trotz allem werden üblicherweise in den Netzgeräten Kapazitäten, Induktivitäten und Filter verwendet, um die leitungsgebundenen Gleich- und Gegentakt-Störungen zu reduzieren. Im Folgenden werden die durch das Hinzufügen einzelner Bauteile oder Filter erzielten Effekte im Störspektrum ge-

In Europa und den USA werden die Maximalwerte für leitungsgebundene Störungen durch die Klasse A und B in den FCC- und VDE-Normen festgelegt. In Europa verlangen alle Länder im Heim- und Industriebereich die Einhaltung der Klasse B. In den USA wird für die Industrie die Klasse A nach FCC-Normen benötigt, dagegen wird im Privatbereich die striktere Klasse B verwendet.

Lösungen zur Eingangsentstörung

Die meisten Schaltnetzgeräte arbeiten heutzutage mit einer Frequenz zwischen 100 kHz und 1 MHz. Im Normalfall dominieren die Spitzen der Schaltfrequenz des Wandlers sowie deren Harmonische das leitungsgebundene Störspektrum. Standards für leitungsgebundene Störungen wie die EN55011 und die EN55022 definieren QuasiPeak- und Ave-

Bild 1. Eingangse-EMV-Filter für EN55022, Klasse B



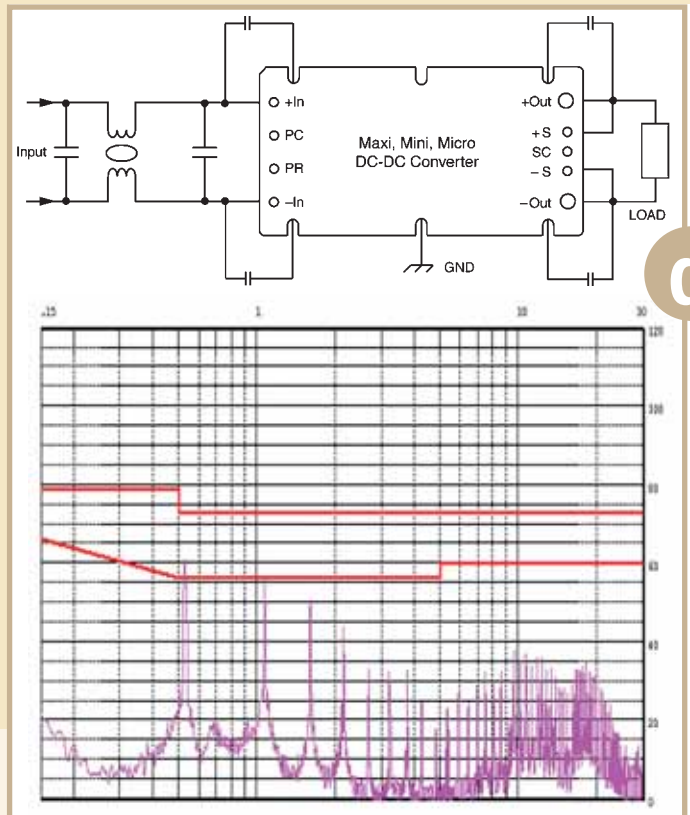
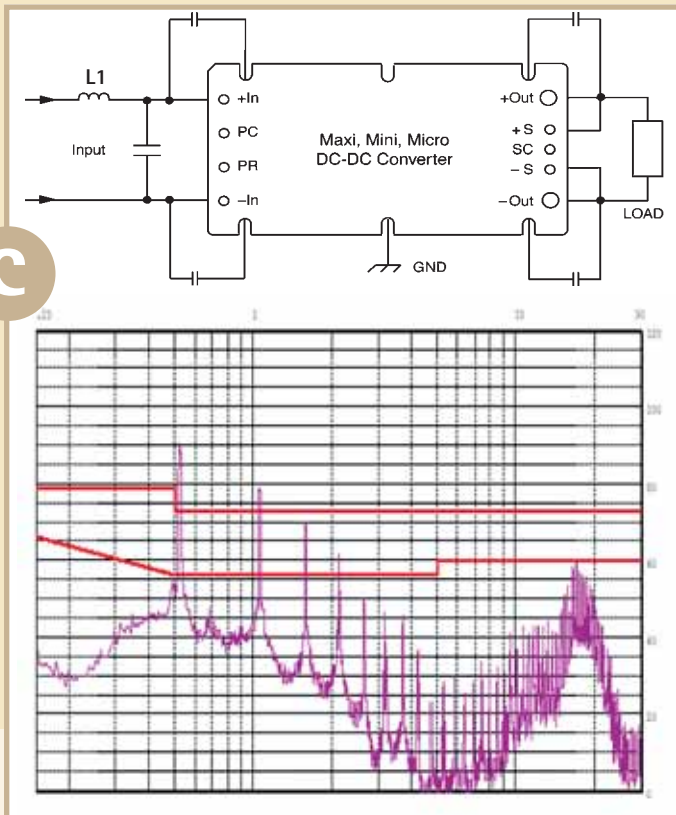
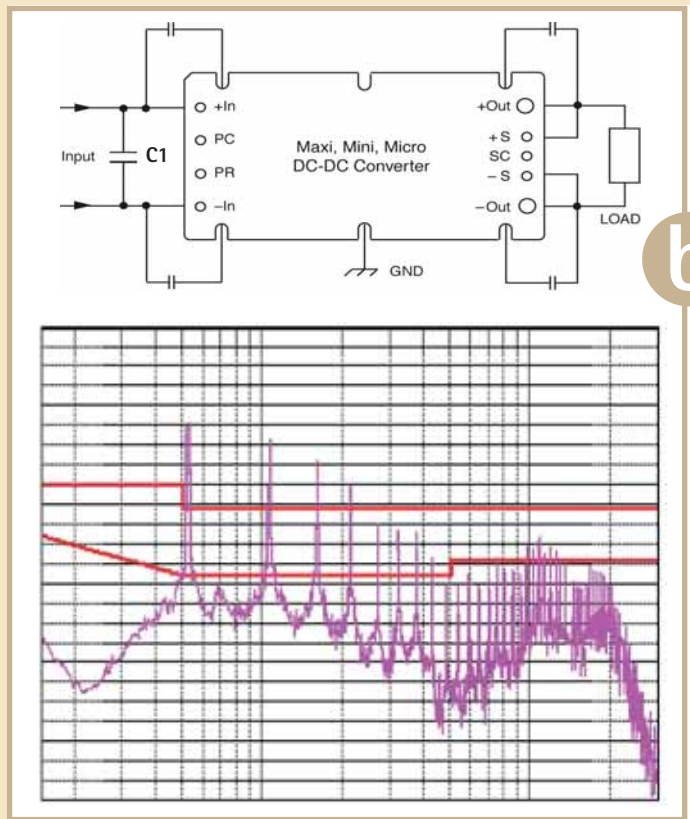
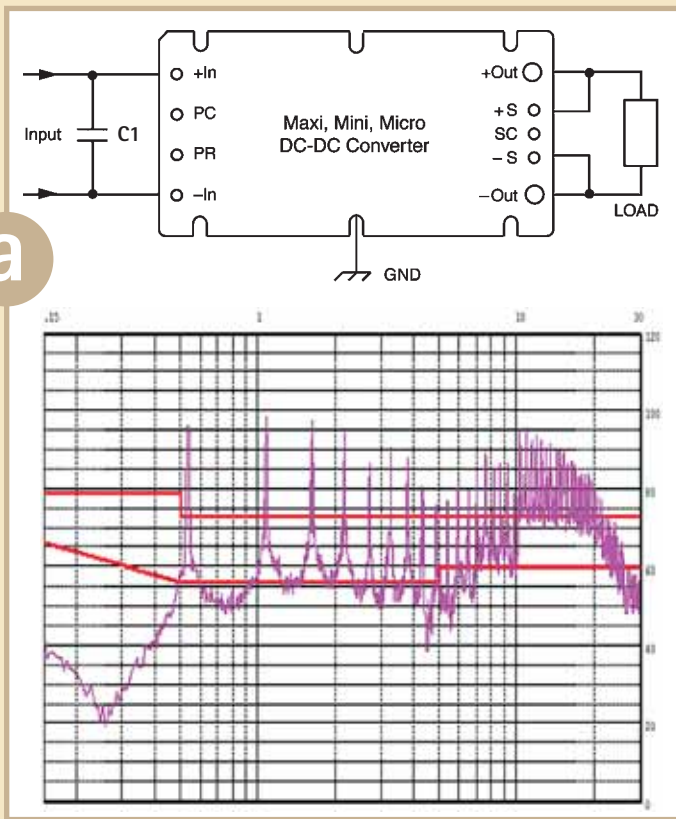


Bild 2. Ein 48 V, 150 W DC/DC-Wandler Design mit den jeweiligen Messergebnissen: a) Kondensator am Eingang, b) Bypasskondensatoren, c) normale Induktivität in Reihe, d) Common Mode Filter (ohne Längsdrossel)

zeigt, was letztendlich zu einem vollständigen Filter führt.

Am Eingang eines 48 V DC/DC-Wandlers befindet sich, wie in **Bild 2a** dargestellt, der Kondensator C1. Dieser 120 $\mu\text{F}/100\text{ V}$ Elektrolytkondensator wird verwendet, um niedrige Eingangsimpedanz, Stabilität und gute Reaktion auf Laständerungen zu sichern. Er dient als Energiespeicher für den Wand-

ler. Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, muss der Kondensator so nah wie möglich am Eingang des Moduls angebracht werden.

Das Modul und dieser Kondensator bilden das Grundgerüst, auf dem weiter aufgebaut wird. Die Grafik in Bild 2a zeigt das Frequenzspektrum für diese Kombination sowie die Grenzwerte der Klasse A und B. Diese Werte wurden bei 100 % Last und der

nominellen Eingangsspannung von 48 V mit 150 W gemessen. Nur mit diesem Kondensator C1 werden die erforderlichen Grenzwerte natürlich nicht erreicht, d. h. der Aufbau ist noch nicht fertig.

Größere Auswirkungen hat der Einbau von Bypasskondensatoren in Kombination mit Kondensator C1. Dieser Aufbau wird in **Bild 2b** dargestellt. Wichtig sind die Bypasskon-

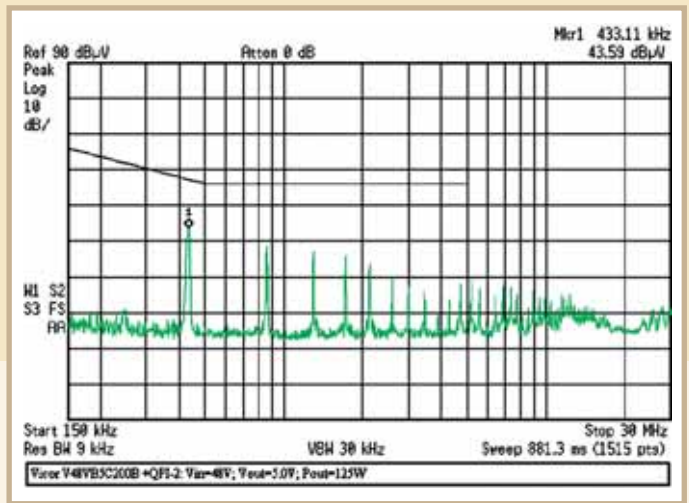
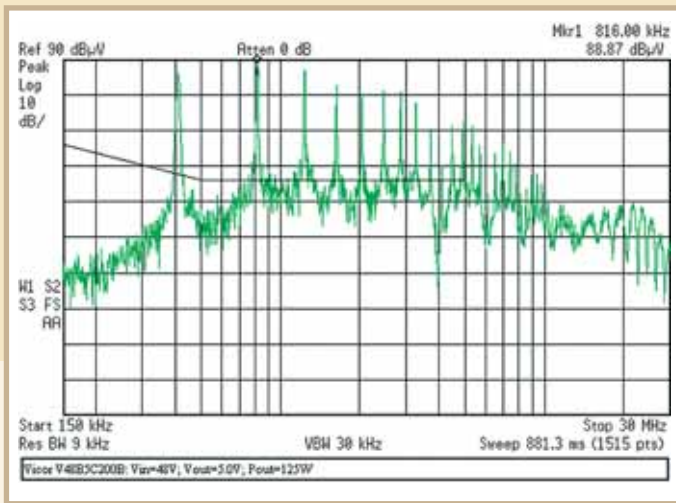


Bild 4. Aufnahmen der EMV-Störungen (links ohne Filter und rechts mit aktivem Filter)

densatoren von jedem Eingangs- und Ausgangspin zur Baseplate, welche auf Masse liegt. Es handelt sich hierbei um 4,7 nF/100 V Y-Kondensatoren, die standardmäßig in der Industrie verwendet werden. Die Y-Kondensatoren dämpfen sehr stark Störspannungen, welche durch die Leistungselemente generiert werden.

Ein Design mit 48 V Ausgang erzeugt bei 100 % Last etwas stärkere Störungen als ein Design mit 3,3 V und 50 % Last. Deshalb zeigt die Messung in Bild 2b eindeutige Verbesserungen.

Wie im Bild 2c zu erkennen, reicht auch eine zusätzliche Induktivität von 27 mH (L1) nicht aus, um ein 48 V Design in den niedrigeren Frequenzen nach Klasse B zu entschärfen.

In Bild 2d wird durch den Einbau einer Common Mode Drossel (stromkompensierte Drossel) die nächste Stufe erreicht. Die Längsdrossel wurde entfernt, da die Streuinduktivität der stromkompensierten Drossel bereits als Längsinduktivität wirkt. Die Common Mode Drossel verstärkt die Wirkung der Y-Kondensatoren. So ergibt sich für die im Wandler generierten Störspannungen ein großer Widerstand und die Störungen werden über den niederohmigeren Pfad der Y-Kondensatoren zurückgeführt.

Doch noch immer überschreiten die Peaks des 48 V Wandlers die Grenzen der Klasse B. Daher wäre für das 48 V Design eine noch etwas verbesserte Filterung nötig. Bei einem 3,3 V Design lägen die Werte nun bei halber und voller Last bereits unterhalb der Grenzwerte von Klasse B.

Aktives EMV-Eingangsfilter

Durch die strengen Richtlinien in der Telekommunikation wurden aktive EMV-Filter immer wichtiger. In der Vergangenheit wurde das Hauptaugenmerk bei der Messung von leitungsgebundenen Störungen und der Prüfung der Einhaltung aller Richtlinien auf Netzgeräte gerichtet. Dies änderte sich im Jahre 2003, als PICMG für Blades im Telekommunikationsbereich die neue Spezifikation PICMG 3.0 ratifizierte, besser bekannt unter dem Namen Advanced Telecom Computing Architecture (AdvancedTCA). Diese neue Norm fordert von DC betriebenen Blades, dass sie die Grenzwerte der EN55022 einhalten. Filterung auf der Blade-Ebene gewährleistet einen problemlosen Betrieb zwischen verschiedenen Blades und reduziert den am Eingang eines Gesamtracks benötigten Filteraufwand.

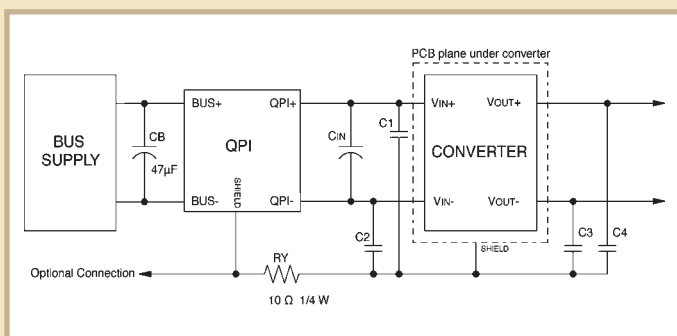
Zusätzlich hält der Trend nach immer kleineren Modulen mit mehr Funktionalität in der Elektronikindustrie an. Durch die klei-

neren Abstände erhöhen sich die möglichen Interferenzen zwischen den Schaltungsteilen, da immer mehr Funktionalität in immer kleineren und kompakteren Einheiten untergebracht wird. Durch niedrigere Spannungen und steigende Frequenzen wird die EMV-Entstörung eine immer wichtigere Designaufgabe. Von diesem Trend der kleineren Modulgrößen und mehr Leistung sind auch die Telekommunikationsblades nicht ausgeschlossen. Ein voll bestücktes ATCA-Rack hat bis zu 14 Blades in einem 19 x 21 x 15 Zoll großen Gehäuse. Um höhere Funktionalität zu erzielen, darf jedes Blade bis zu 200 W Leistung aufnehmen. Da es sich selbst aus einem redundanten -48 V Eingang versorgen muss, wird die Funkentstörung schwieriger. Durch die onboard DC/DC-Wandler in Brickform und die diskreten Wandler entstehen leitungsgebundene und abgestrahlte Störungen. Im Vergleich zu CompactPCI, wo der Hauptteil der DC/DC-Wandlung nicht auf dem Board stattfindet, wird die EMV-Steuerung unter diesen Umständen ein Alptraum.

Um die Interferenzen zwischen den Blades und Racks klein zu halten, müssen ATCA-Blades eigene EMV-Filter besitzen. Nach PICMG 3.0 muss jedes Blade die Spezifikationen nach EN55022B einhalten. Durch eine bessere Filterung der einzelnen Blades werden die Interferenzen zwischen den Blades ebenfalls gesenkt. Gleichzeitig verlangt PICMG 3.0 auch, dass die kompletten Racks die EMV-Normen einhalten. Durch die Aufteilung der EMV-Filter auf die Karten können die Filter für das Rack kleiner gehalten werden. Ein ATCA-Rack-Filter muss für einen DC-Strom von 60 A ausgelegt sein. Durch die Verbesserung der EMV-Eigenschaften auf dem Board können die Drosseln für diese Ströme auf Rackebene möglichst klein gehalten werden.

Aktive Filter (Bild 3) dämpfen leitungsgebundene Störungen in dem von der Norm

Bild 3. Typische Anwendung eines EMV-Filters (QP1) für einen DC/DC-Wandler



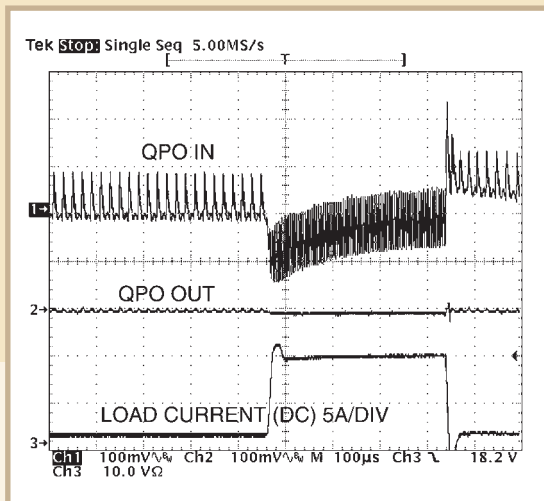


Bild 5.
Typische Kurvenform
eines aktiven Filters
für den Ausgang

EN55022 (CISPR22) geforderten Bereich von 150 kHz bis 30 MHz. Die für den 48 V Bus (36 bis 76 V) entworfenen Filter können mit maximal 7 A mehrere DC/DC-Wandler bis zu einer Boardtemperatur von 60 °C unterstützen.

Durch die Verwendung von aktiven Filtern kann die Common Mode Drossel sehr klein gehalten werden, was wiederum eine große Platzersparnis mit sich bringt. Ebenfalls werden durch den Gebrauch eines aktiven Filters auch die induktiven Elemente kleiner. Dadurch ist es möglich, ein aktives Filter in einem 2,5 x 2,5 x 5,1 mm großen Gehäuse unterzubringen. Durch die kleineren Baugrößen wird wertvoller Platz auf der Leiterkarte eingespart und die geringe Bauhöhe erlaubt eine bessere Durchströmung des Blades mit Kühlluft. Dadurch werden die zusätzlichen Kosten für die Entstörung der einzelnen Boards zum Teil wieder kompensiert. Ein aktives Filter mit 7 A Nennstrom kann problemlos den Strom für ein 200 W ATCA-Blade liefern.

Um die Leistung des Filters zu demonstrieren, zeigt **Bild 4** die Messwerte eines DC/DC-

Wandlers mit und ohne aktives EMV-Filter. Zur Erstellung der Messwerte wurden die Standard Messtechniken und Setups nach CISPR22 verwendet. Das Ergebnis veranschaulicht die gesamten Störungen, die bei einem DC/DC-Wandler unter voller Last auftreten. Die Messungen zeigen, dass mit Hilfe des aktiven Filters alle Grenzwerte nach EN55022 Klasse B weit unterschritten werden.

Reduzierung der Ausgangsstörungen

Am Ausgang eines DC/DC-Wandlers sind Störungen und Restwelligkeit immer anzutreffen. Sie setzen sich aus verschiedensten periodischen und unregelmäßigen Störungen am Ausgang des DC/DC-Wandlers zusammen. Bei einem DC/DC-Wandler liegen die Werte meist im Bereich von mehreren 10 mV.

Ein Modul zur Reduzierung der Restwelligkeit am Ausgang, das ein aktives und ein passives Filter beinhaltet, kann diese Störungen bei einer Last von 20 A am Ausgang bis auf 3 mV Peak/Peak herabsenken. Diese nur 58

ZUM AUTOR

Philip Lioio

ist Senior Field Applications Engineer bei Vicor.

Chester Firek

ist Marketing Manager bei Picor.

x 61 x 12,7 mm großen Filter dämpfen das komplette Spektrum von DC bis hinauf zu Frequenzen von 20 MHz und erzielen trotzdem Wirkungsgrade von 93 bis 99 %.

Ein weiteres Ausgangsfilter (**Bild 5**) in einer System-in-a-Package (SIP) Konfiguration benutzt ebenfalls ein aktives Filter und reduziert die Restwelligkeit am Ausgang im Bereich von 1 kHz bis 500 kHz um 30 dB. Diese Konfiguration verbessert auch das Lastsprungsverhalten und gewährleistet bei Verwendung mit den meisten getakteten Netzteilen eine saubere Versorgungsspannung für die Last. Die Lastspannung wird entweder über Fühlerleitungen des Wandlers oder über den Adjust-Pin des Filters geregelt. Falls der Wandler über keine Sense-Leitungen verfügt, erfolgt die Ausregelung der Ausgangsspannungen mittels des vorher eingestellten Spannungsabfalls über das Filter. Dieser programmierte Spannungsabfall reduziert drastisch die sonst für die Kompensation eines Lastsprunges nötigen Kapazitäten.

Zielapplikationen sind Test- und Messgeräte, Distributed Point-of-Load Systeme, Sensoren, die extreme rauscharme Versorgungsspannungen benötigen, sowie medizinische Geräte. (jo)

- **Vicor**
- Kennziffer: 210
- Webcode: 07210