

# Harte Schale, weicher Kern

## Induktivitäten mit Vitroperm-Kern verbessern Wirkungsgrad von Stromversorgungen

Zu effizienten Stromversorgungen tragen in erster Linie die Leistungsbausteine bei. Doch auch die passiven Komponenten, wie Induktivitäten, haben in der Hinsicht ein Wörtchen mitzureden. Die Vacuumschmelze nutzt zur Entwicklung der Induktivitäten ihre Vitroperm-Kerne, um den Wirkungsgrad getakteter Schaltungen zu optimieren. Wie's funktioniert, lesen Sie auf den folgenden Seiten.

Autor: Lars Kvarnsjö



**Der Schaltnetzteilmarkt wächst** ständig. Je nach Anwendung kommen AC/DC-, DC/DC-, DC/AC- oder AC/AC-Umwandlungen zum Einsatz. Gleichrichter lassen sich in vielen Anwendungen aus dem gewerblichen und nichtgewerblichen Bereich für die Versorgung von elektronischen Schaltungen und dem Laden von Batterien einsetzen, beispielsweise für PC, Mobiltelefone, Telekommunikationsbasisstationen, im Automobilbau und für Haushaltsgeräte. DC/DC-Wandler dienen zur Anpassung von Gleichspannungspiegeln an elektronische Schaltungen und Geräte. Beispiele für den Einsatz von Wechselrichtern: der Anschluss von Sonnenkollektoren an das Stromnetz und die Bereitstellung von Netzspannung für Unterhaltungselektronik im Automobil. Frequenzumrichter steuern in modernen Motorantrieben das Drehmoment und die Drehzahl. Soweit so gut.

### Auf induktive Bauelemente zurückgreifen

Die Leistung der Schaltwandlerarten reicht von wenigen Watt bei Einchip-DC/DC-Wandlern bis zu etwa 100 Megawatt bei großen Frequenzumrichtern für Motorantriebe und Gleichrichtern in der Metallindustrie. Alle benötigen induktive Bauelemente, wie Übertrager für die galvanische Trennung und für die Spannungstransformation sowie Induktionsspulen zur Stromglättung und Unterdrückung von Störungen. Je nach Leistung, Schaltfrequenz und Topologie kommen für induktive Bauelemente diverse magnetische Materialien in Betracht. Das Material lässt sich meist durch eine Kombination aus dem, was im Unternehmen und in der Branche üblich ist, und dem Preis-Leistungs-Verhältnis wählen.

Durch die zunehmende Konzentration auf energieeffiziente Lösungen sind weitere Parameter hinzugekommen, die bei der Auswahl magnetischer Materialien zu berücksichtigen sind. Hierbei handelt es sich um die Leistungsverlustkosten, die Umweltauswirkungen von Energieverschwendung und den zunehmenden Marktwettbewerb bei hocheffizienten Lösungen. An diesem Punkt kommt die Vacuumschmelze ins Spiel, die induktive Bauelemente mit gewickelten Ringbandkernen aus dem weichmagnetischen

Material Vitroperm 500F entwickelt und herstellt. Dabei handelt es sich um einen nanokristallinen Werkstoff, der durch Rascherstarung in dünnen Bändern mit einer Dicke von rund 20 Mikrometern hergestellt wird. Aufgrund diverser Wärmebehandlungen ergibt sich ein Material, das sowohl für Leistungsübertrager als auch zur Störunterdrückung gut geeignet ist.

### Leistungsübertrager betrachten

Niedrige Kernverluste und eine möglichst hohe Permeabilität zum Erreichen niedriger Magnetisierungsströme sind wichtige Anforderungen an das Kernmaterial von Leistungsübertragern. Für Anwendungen mit niedrigen bis mittleren Leistungen kommen oft Leistungsferrite zum Einsatz. Abbildung 1 zeigt typische Kernverlustdaten von Vitroperm und Ferroxcube 3C96, einem modernen Leistungsferrit mit niedrigen Verlusten, im Vergleich. Je nach Anwendungsart, beispielsweise stationär oder mobil, ist das Gewicht oder das Volumen ein wichtiger Punkt bei der Auswahl des Kernmaterials. Daher sind die typischen Kernverluste im Vergleich pro Gewichtseinheit und pro Volumeneinheit dargestellt.

So ist Vitroperm in Bezug auf die Kernverluste die optimale Wahl bei einer Magnetisierung von weniger als 100 Millitesla und Schaltfrequenzen von weniger als 100 Kilohertz. Darüber hinaus gilt es, die höhere magnetische Sättigung des Materials im Vergleich zu Leistungsferriten zu berücksichtigen. Bei Schaltfrequenzen bis zu 40 Kilohertz sind Leistungsübertrager mit Ferritkern nicht durch die Verluste, sondern durch den Fluss begrenzt, was zu voluminösen und schweren Konstruktionen führt. Kompaktere und energieeffizientere Konstruktionen sind mit einem nanokristallinen Kern möglich. Anwendungsbereiche: elektrische Antriebe (Traktion) und Schweißgeräte.

Die Kernverluste von Vitroperm sind über den gesamten relevanten Temperaturbereich entweder nahezu konstant oder der Temperaturkoeffizient der Kernverluste ist sogar leicht negativ, wie Abbildung 2 verdeutlicht. Das hat zur Folge, dass induktive Bauelemente mit Vitroperm-Kernen über eine hohe Energieeffizienz über



Blick: Fotolia, hikata

den gesamten Umgebungs- und Betriebstemperaturbereich verfügen. Die fast temperaturunabhängigen Kernverluste von Vitroperm gewährleisten zudem einen störunanfälligen Aufbau ohne Risiko einer thermischen Rückkopplung.

### Vitroperm in Drosseln einsetzen

Der Laststrom von DC- und PFC-Drosselspulen besteht aus einem Gleich- oder einem niederfrequenten Wechselstrom mit überlagerten hochfrequenten Stromrippeln. In Schaltwandlern mit niedriger Leistung finden sich oftmals ringförmige Pulverkerne wieder. Bei höheren Leistungen wird es zunehmend schwierig, damit akzeptable Eigenschaften zu erreichen. Im Vergleich zu Vitroperm sind die Kernverluste diverser Pulverkerne, etwa Sendust, MPP, High-Flux und Eisenpulver sowie die von amorphen Eisenbasis-Ringbandkernen, etwa zehnmal höher oder liegen sogar noch darüber. Um den magnetischen Fluss und somit die Kernverluste auf einem akzeptablen Niveau zu halten, sind viele Windungen erforderlich.

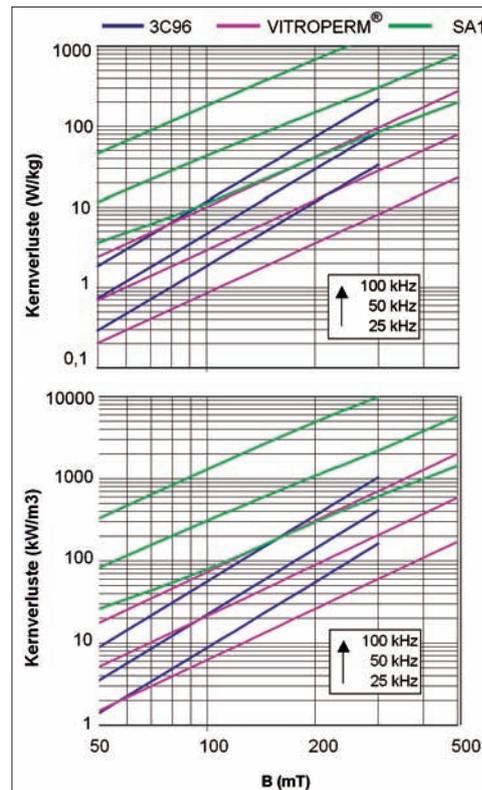
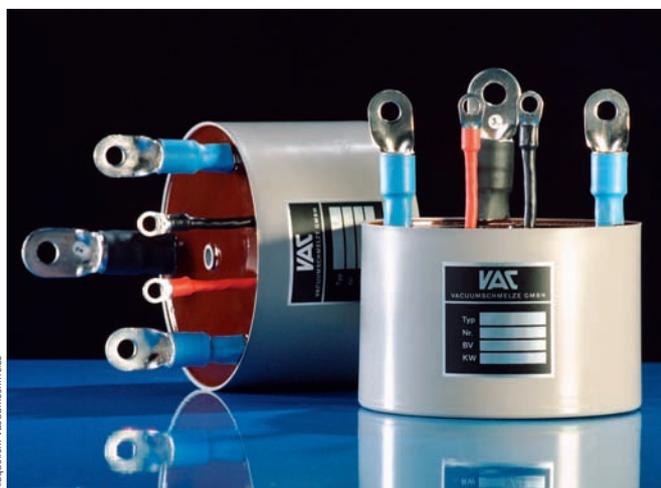


Abbildung 1 Im Vergleich: Kernverlustdaten von Vitroperm und Ferroxcube 3C96. Vitroperm ist in Bezug auf die Kernverluste bei einer Magnetisierung von weniger als 100 Millitesla und Schaltfrequenzen von weniger als 100 Kilohertz klar die erste Wahl.

derlich. Dadurch werden jedoch höhere Kupferverluste verursacht. Ein Aufbau mit einem geschlitzten Kern aus einem verlustarmen Material führt in der Regel zu einer energieeffizienteren Lösung. Aufgrund niedriger Kernverluste und der hohen Sättigungsflussdichte von Vitroperm lassen sich damit kompakte induktive Bauelemente konstruieren. Für diese ist ein hoher Ripplestrom ohne übermäßige Eigenerwärmung zulässig.

Durch ihre hohe Sättigungsflussdichte kommen für DC- und Leistungsfaktorkorrektur-Drosseln (PFC-Drosseln) bei hohen Leistungen und hohen Frequenzen manchmal Ringbandkerne aus amorphen Eisenbasislegierungen zum Einsatz. Allerdings sind die Kernverluste von amorphen Eisenbasis-Ringbandkernen höher als die von nanokristallinen Kernen. Eine weitere wichtige Eigenschaft von Vitroperm: es ist nahezu magnetostruktionsfrei. Daher sind, wenn nanokristalline Kerne genutzt werden, bei Niederfrequenzanwendungen auch keine Störgeräusche zu befürchten. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte ist es offensichtlich, →



Blickquellen: Vacuumschmelze

Leistungsübertrager lassen sich mit Vitroperm in Hinsicht auf Kompaktheit und Effizienz erheblich verbessern.

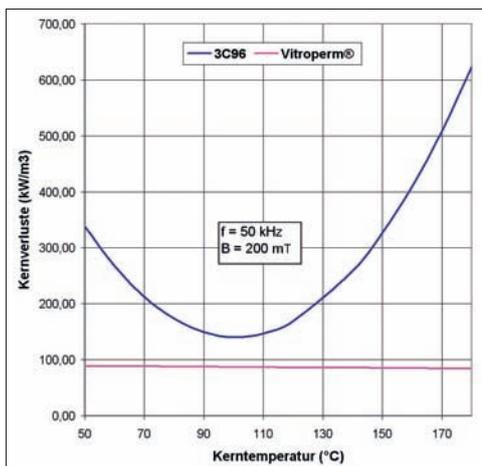
## Auf einen Blick

### Nicht nur eine Frage der Leistungskomponenten

Wer denkt passive Bauelemente sind out, ist schief gewickelt. Zwar erwarten Experten vom ZVEI für 2009 für den deutschen Markt der passiven Bauelemente einen Umsatzrückgang von nahezu 20 Prozent. Allerdings lassen sich mit modernen weichmagnetischen Materialien induktive Bauelemente, wie Übertrager, Drosseln oder Spulen, optimieren. So tragen sie dazu bei, den Wirkungsgrad der Endprodukte entscheidend zu verbessern und damit deren Energieeffizienz zu erhöhen.

**i** infoDIREKT [www.elektronikjournal.de](http://www.elektronikjournal.de) 108ej1109  
Link zu Vacuumschmelze

**✓ VORTEIL** Aufgrund niedriger Kernverluste und der hohen Sättigungsflussdichte von Vitroperm lassen sich kompakte induktive Bauelemente konstruieren.



**Abbildung 2**  
Die Kernverluste von Vitroperm sind über den gesamten Temperaturbereich entweder nahezu konstant oder der Temperaturkoeffizient der Kernverluste ist sogar leicht negativ.

dass Vitroperm für Hochleistungs-DC- und PFC-Drosseln wegen der hohen Sättigungsflussdichte und den niedrigen Kernverlusten eine ausgezeichnete Wahl für energieeffiziente Aufbauten ist.

Alle Schaltwandler erzeugen Störungen, die unterdrückt werden müssen, um die EMV-Normen für diverse Anwendungsbereiche zu erfüllen. Diese treten als leitungsgebundene und gestrahlte Störungen auf. Bei leitungsgebundenen Störungen wird zwischen Gegentakt- und Gleichtaktstörungen unterschieden. Die Dämpfung von Gleichtaktstörungen kann durch stromkompensierte Drosseln (SKD) und durch Y-Kondensatoren (Cy) erfolgen. Vitroperm hat sich als SKD-Material bewährt. Hier spielt die komplexe Permeabilität eine wichtige Rolle. Diese ist eine Kombination des induktiven und des ohmschen Anteils, definiert als  $\mu = \mu' - j\mu''$ . Vitroperm hat im Vergleich zu den üblichen Materialien für Ferrit-SKD über den gesamten Frequenzbereich eine höhere Permeabilität. Dies gilt sowohl für  $\mu'$  als auch für  $\mu''$ . Es sind noch zwei Eigenschaften zu

nennen: Die negative Steigung von  $|\mu(f)|$  verläuft bei höheren Frequenzen bei Vitroperm nicht so steil wie bei Ferriten. Folge: ein breitbandigeres Dämpfungsverhalten von SKD mit Vitroperm-Kern. Außerdem ändert sich die Permeabilität von Ferriten mit der Temperatur stark, während die von Vitroperm über den gesamten Temperaturbereich konstant bleibt.

### Auf die Impedanz achten

Für die Filterauslegung ist eine SKD mit möglichst hoher Impedanz wichtig, weil sich so die Störungen am effektivsten unterdrücken lassen. In der Praxis kommt oft eine bestimmte Impedanz zum Einsatz, um die entsprechende EMV-Norm zu erfüllen. In diesem Fall kann eine SKD mit Vitroperm-Kern einen kleineren Kern und/oder weniger Windungen als eine entsprechende SKD mit Ferritkern haben. Dadurch ist der Aufbau mit Vitroperm-Kern energieeffizienter, weil ein niedrigerer Gleichstromwiderstand möglich ist und somit die normalen Leitungsverluste niedriger sind.

Vitroperm-SKD ermöglichen in der Regel eine Reduktion der Filterstufen durch den Übergang von zweistufigen Ferritfiltern auf einstufige Vitroperm-Filter. Eine einphasige SKD enthält zwei Wicklungen, die so gewickelt sind, dass sich der normale Laststrom kompensieren lässt. So erzeugt dieser keinen magnetischen Fluss im Kern. Der magnetische Streufluss breitet sich aber über den Kern zwischen den beiden Wicklungen aus, so dass die Gefahr partieller Sättigung des Magnetkerns besteht, wodurch die SKD bezüglich Dämpfung unwirksam wird. Durch die hohe Permeabilität und die höhere Sättigungsflussdichte ist dieses Risiko bei Vitroperm-Kernen im Vergleich zu Ferritkernen niedrig. (eck) ■



**Der Autor:** Lars Kvarnsjö ist Key Account Manager ABB im Sales Office der Vacuumschmelze für Schweden, Dänemark und Norwegen im schwedischen Bastad.

## Kurvendiskussion

### Die Effizienz von SAW-Oszillatoren erhöhen



Verfügt über eine optimierte Frequenz-Temperatur-Charakteristik: der EG-4101/4121CA.

Epson will seine Technologie nutzen, um einen SAW-Resonator mit einer Frequenz-Temperaturkurve in Form einer liegenden S-Kurve zu entwickeln. Dieser Resonator soll dann in den hochfrequenten (100 bis 700 Megahertz) SAW-Oszillatoren EG-4101/4121CA zum Einsatz kommen, die sich durch niedrigen Jitter, geringes Pha-

senrauschen und hoher Frequenzstabilität über einen weiten Temperaturbereich auszeichnen.

„In den letzten Jahren hat sich die in elektrischen Geräten entstehende Abwärme erhöht“, erklärt Stefan Hartmann, Leiter der QD-Abteilung bei Epson Europe Electronics in München und ergänzt: „Verursacht wurde dies nicht nur durch die steigenden Taktfrequenzen, die für die erhöhten Übertragungsgeschwindigkeiten benötigt werden, sondern auch durch die Verkleinerung der Komponenten und Geräte selbst.“ Steigende interne Temperaturen erhöhen den Bedarf an elektronischen Komponenten, die höhere Stabilität auch über einen weiteren Temperaturbereich erzielen. Zudem besteht Bedarf an elektronischen Geräten, die den stabilen Betrieb über längere Zeiträume auch bei extremen Temperaturen ermöglichen, wie

**Bietet hochfrequente Oszillatoren:** Stefan Hartmann von Epson Europe Electronics in München.



Bildquellen: Epson Toyocom

bei im Freien stehenden Basisstationen für Mobiltelefone. Um diesen Markttrends gerecht zu werden, hat Epson Toyocom sein SAW-Design eingesetzt, um SAW-Oszillatoren für LAN- und SAN-Anwendungen mit Hochgeschwindigkeitsschnittstellen zu entwickeln. Die SAW-Oszillatoren punkten mit einer verbesserten Frequenz-Temperatur-Charakteristik (eck) ■

#### **i** infoDIREKT

www.elektronikjournal.de  
Link zu Epson Toyocom

114ej1109



**VORTEIL** Erhöht die Systemzuverlässigkeit von Servern und Netzwerken, die hohe Stabilität und hohe Taktfrequenzen benötigen.