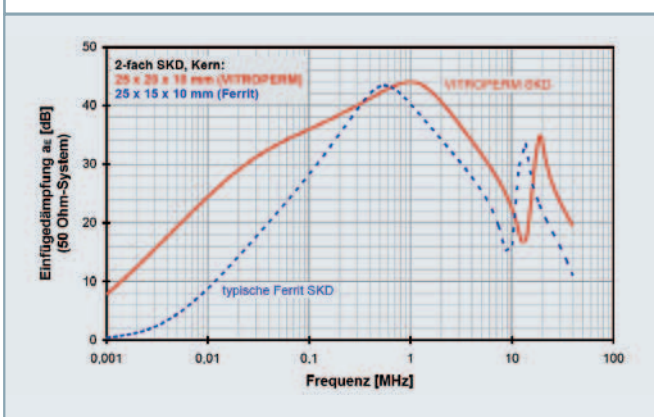


Entstören mit Nanokristallen

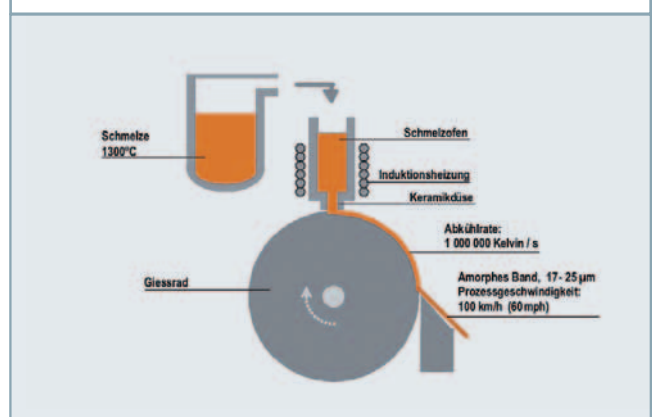
Weichmagnetische Werkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik haben in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt und zur Entwicklung zahlreicher Sonderwerkstoffe geführt. Sie sorgen unter anderem für einen störungsfreien Betrieb elektronischer Geräte.

BREITBANDIGES DÄMPFungsverhalten



SKDs zeichnen sich durch Hochfrequenzdämpfungseigenschaften aus. Herstellung von amorphen Metallbändern

RASCHERSTARRUNGSTECHNOLOGIE



Bilder: Vacuumschmelze

Roman Klinger

■ Ringbandkerne aus der nanokristallinen Legierung Vitroperm haben sich auf Grund des überlegenen Eigenschaftsprofils in stromkompensierten Drosseln (SKD) bei der Entstörung elektronischer Geräte bewährt. Neben einer hohen Dämpfung im niederfrequenten Bereich zeichnen sich die SKDs durch ausgezeichnete Hochfrequenzdämpfungseigenschaften aus. Gegenüber Drosseln mit Ferritkernen ergibt das breitbandige Entstörverhalten gepaart mit überlegenen thermischen Eigenschaften spürbare Vorteile bei der Filterauslegung und ermöglicht zuverlässige Funkenstörfilter. Unter bestimmten Bedingungen lassen sich einstufige EMV-Filter an Stelle von zweistufigen Versionen realisieren und damit die Anzahl der passiven Komponenten, Systemkosten und Baugröße reduzieren.

Durch die Verwendung von kostengünstigen Legierungsbestandteilen (Fe-Basis) und moderner Großserienproduktion hat

sich Vitroperm bereits in vielfältigen Applikationen als wettbewerbsfähige Universallegierung für EMV-Probleme etabliert. Hauptanwendungsfelder für nanokristalline SKDs sind Schaltnetzteile, unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Schweißgeräte, Solarwechselrichter, Windkraftanlagen und Frequenzumrichter.

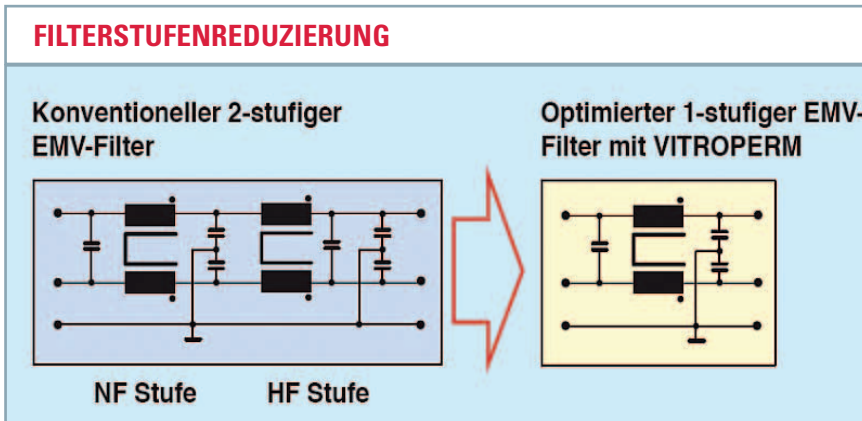
Legierung als Werkstoff

Die nanokristallinen Vitroperm-Legierungen sind Werkstoffe auf der Basis von Fe, Si und B mit Zusätzen von Nb und Cu. Sie werden mit Hilfe der Rascherstarrungstechnologie als dünne Bänder in einem Schritt in Enddicken von zirka 20 µm hergestellt. Auf speziellen Wickelmaschinen werden die Bänder zu Ringbandkernen im Abmessungsbereich von 2 mm bis 600 mm weiterverarbeitet. Zur Ausbildung der nanokristallinen Mikrostruktur werden die im Herstellungsstand noch amorphen Bänder einer Wärmebehandlung bei

500 °C bis 600 °C unterzogen. Dabei entsteht eine Zweiphasenstruktur mit feinkristallinen Körnern (mittlerer Durchmesser 10 bis 40 nm), die in eine amorphe Restphase eingebettet sind. Dieses strukturelle Merkmal ist die Voraussetzung für das Erreichen höchster Permeabilität und kleinster Koerzitivfeldstärke. Daneben sorgen die geringe Banddicke und der relativ hohe elektrische Widerstand von 1,1 bis 1,2 µΩ

KONTAKT

Vacuumschmelze GmbH & Co. KG
Grüner Weg 37
D-63450 Hanau
Tel.: +49 6181 38-0
Fax: +49 6181 38-2645
E-Mail: info@vacuumschmelze.com
www.vacuumschmelze.de



Filterstufenreduzierung mittels nanokristalliner SKDs

für niedrigste Wirbelstromverluste und einen ausgezeichneten Frequenzgang der Permeabilität. Die Kombination dieser Eigenschaften, verknüpft mit einer Sättigungsflussdichte von 1,2 T sowie günstige thermische Eigenschaften, machen das nanokristalline weichmagnetische High-Tech-Material Vitroperm zur universellen Lösung für EMV-Probleme, die konventionellen Ferriten und amorphen Werkstoffen in vielen Punkten überlegen ist.

Vitroperm versus Ferrit

Vitroperm unterscheidet sich in seinen Eigenschaften ganz wesentlich von herkömmlichen Ferritmaterialien. Um zu einer guten Lösung zu kommen, muss dies bei der Filterauslegung berücksichtigt werden. Die Permeabilität von Vitroperm 500F liegt im niederfrequenten Bereich deutlich höher als diejenige von Ferrit. Bei höheren Frequenzen zeigen die nanokristallinen Materialien einen weniger starken μ -Abfall. Bei Ferriten weist $\mu(f)$

einen flachen Verlauf in dem Bereich von einigen 100 kHz bis rund 1 MHz auf. Hier bestimmt μ' die Dämpfungseigenschaften und die Induktivität L dominiert die Impedanz $|Z|$. Liegt die Eigenresonanz der Drossel in diesem Frequenzbereich, so ist die Dämpfungskurve schmalbandig und die Dämpfung erfolgt vor allem durch Reflexion des Störsignals. Erst oberhalb von 1 MHz übernimmt $\text{Re}(Z)$ den Hauptanteil der Dämpfung und μ'' dominiert das Geschehen. Liegt hier die Eigenresonanz, wird die Dämpfungskurve zunehmend breitbandiger.

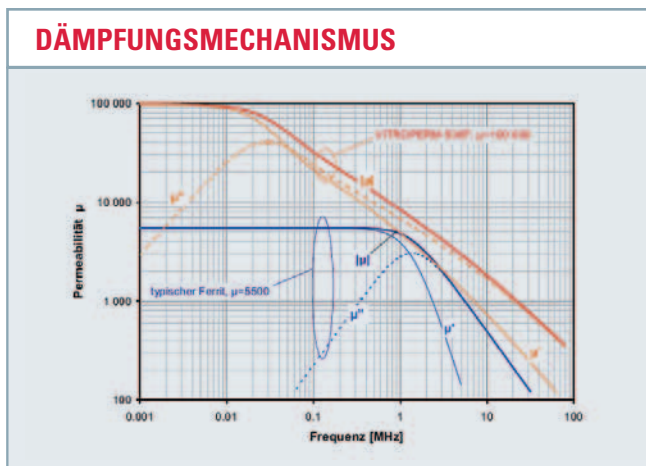
Bei Vitroperm reicht der flache Bereich von $\mu(f)$ je nach Permeabilitätsniveau nur bis zu Frequenzen von einigen 10 kHz. Die Dämpfung (beziehungsweise $|Z|$) wird folglich bereits bei diesen Frequenzen von $\text{Re}(Z)$ dominiert und erfolgt im EMV-relevanten Bereich oberhalb 150 kHz immer breitbandig. Die Induktivität spielt eine untergeordnete Rolle und beschreibt das Dämpfungsverhalten nur anteilig. Maßgeblich ist der komplette

Betrag der Impedanz. Die für Ferritdrosseln mögliche Näherung $|Z| = \omega L$ ist für Vitroperm-Drosseln nicht möglich: hier gilt $|Z| \gg \omega L$. Die Dämpfung erfolgt weniger durch Reflexion, sondern vor allem durch Absorption des Störsignals.

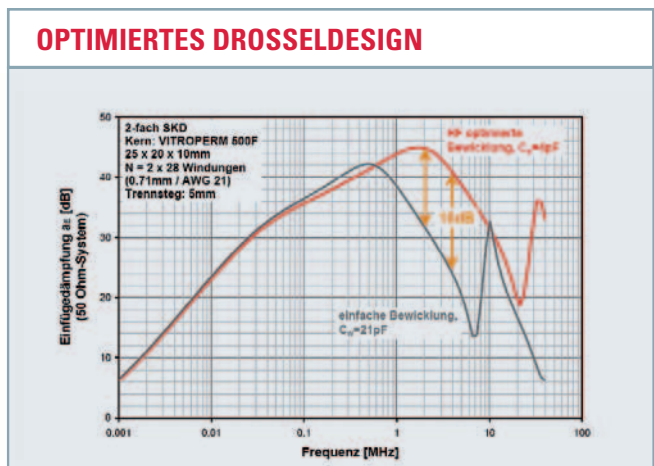
Eine hohe Impedanz erreicht man besser durch Einsatz eines hochpermeablen Kernmaterials als durch eine Erhöhung der Windungszahl, da eine kleine Windungszahl zu einer niedrigen Wicklungskapazität und dadurch zu verbesserten HF-Eigenschaften führt. Aufbauend auf den vorteilhaften Werkstoffeigenschaften nanokristalliner Kerne verfügt die Vacuumschmelze (VAC) über sehr viel praktische und theoretische Erfahrung im Design stromkompensierter Drosseln und in der Auslegung von Filtern. Mit optimierten und kapazitätsarmen Drosseln der VAC lassen sich bei gleichem Materialeinsatz deutlich bessere Hochfrequenzeigenschaften erzielen.

Thermische Eigenschaften

Die Sättigungsflussdichte von Vitroperm ändert sich im Anwendungstemperaturbereich bis 150 °C nur um wenige Prozent, während MnZn-Ferrite bis 100 °C um bis zu 40 Prozent abfallen. Durch die hohe Curie-Temperatur von mehr als 600 °C darf die maximale Arbeitstemperatur von Vitroperm zeitlich befristet 180 bis 200 °C erreichen. Die Einfügedämpfung (beziehungsweise auch die Impedanz) einer Drossel aus Vitroperm 500F bleibt im Temperaturbereich von -40 °C bis über 150 °C nahezu temperaturunabhängig. Bei Ferritdrosseln ist mit steigender Temperatur eine deutliche Abnahme der Einfügedämpfung zu verzeichnen.



Für den Dämpfungsmechanismus maßgebliche Unterschiede in der Balance zwischen μ' und μ''



Durch optimiertes Drosseldesign um bis zu 16 dB (oder mehr) verbesserte Dämpfung bei 4 MHz

VITROPERM: PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Sättigungsflussdichte	$B_s=1.2T$
Koerzitivfeldstärke (statisch)	$H_c < 3A/m$
Sättigungsmagnetostriktion	$\lambda_s =$
VITROPERM 500F	$10^{-8} \dots 10^{-6}$
VITROPERM 250F	$\approx 8 \times 10^{-6}$
Spez. Elektr. Widerstand	$\approx 115 \mu\Omega\text{cm}$
Curie-Temperatur	$T_c > 600^\circ\text{C}$
Maximale Arbeitstemperatur	$T_{\text{max}} =$
dauernd Epoxy	$120^\circ\text{C}^{(1)}$
dauernd Kunststofftrog	$130/155^\circ\text{C}^{(1)}$
kurzzeitig	$180^\circ\text{C}^{(1)}$
Permeabilität	$\mu_i =$
VITROPERM 500F	$15\,000 \dots 150\,000$
VITROPERM 250F	$4000 \dots 6000$
Kernverluste (100kHz, 0.3T)	$P_{\text{Fe}} = 80 \text{ W/kg}_{(\text{typ.})}$

Sättigungsverhalten

Durch hohe Induktivitäten in extrem kompakten Drossel- beziehungsweise Kernabmessungen erhöht sich jedoch die Empfindlichkeit gegenüber unsymmetrischen Magnetisierungsbedingungen, die durch Common-Mode-, Unsymmetrie- oder Ableitströme verursacht werden.

Bei Vitroperm wirkt sich die gegenüber Ferriten etwa dreimal höhere Sättigungsflussdichte von 1,2 T vorteilhaft aus, es muss jedoch das für den Anwendungsfall passende μ -Niveau gewählt werden, um eine sättigungsfeste Lösung zu finden. Die überlegenen Materialeigenschaften von nanokristallinen Kernwerkstoffen

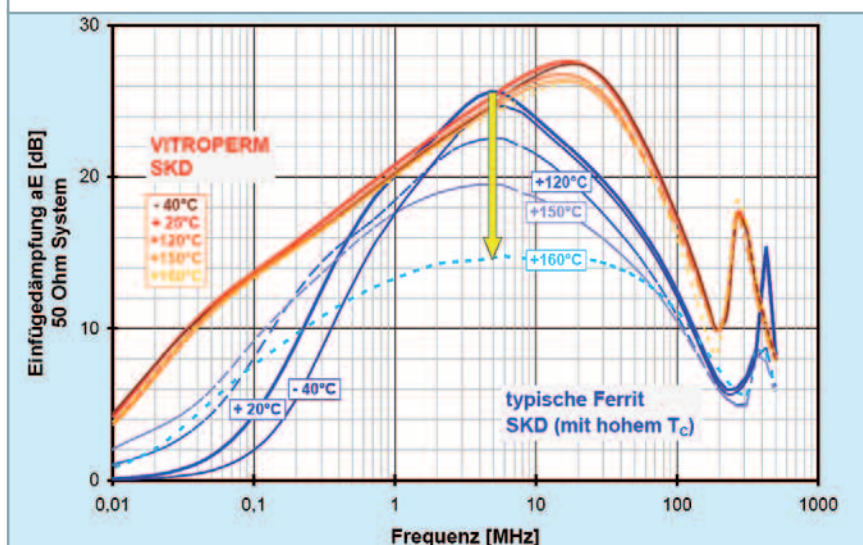
ermöglichen stromkompensierte Drosseln mit hoher Induktivität bei auffallend niedrigen Windungszahlen. Deshalb eignen sich Vitroperm-Drosseln bei hohen Strömen und bei hohen Spannungen gleichermaßen. (vvp) ■

Autor

Roman Klinger ist Manager Produkte, Industrieapplikationen bei der Vacuumschmelze in Hanau

www.mechatronik.info

Diesen Artikel finden Sie im Internet, wenn Sie im Feld »Suche« die Dokumentennummer ME2117900 eingeben.

TEMPERATURABHÄNGIGKEIT

Temperaturabhängigkeit der Einfügedämpfung von Vitroperm-Ferrit

Literaturhinweise

- 1/ Petzold, J., „Applications of nanocrystalline softmagnetic cores in modern electronics“; Soft Magnetic Materials 16 (09.-12.09.2003), Vol. 1, S. 97
- 2/ Klinger R., „Nanokristallines VITROPERM / EMV-Produkte“; Beichler, J. Vacuumschmelze GmbH & Co KG, Produktschrift 2010
- 3/ Petzold, J., „Nanocrystalline materials in common-mode chokes“; Klinger, R. PCIM Europe 6/2000
- 4/ Petzold, J., „Nanokristalline Kernwerkstoffe in stromkompensierten Funkenstördrosseln“; Klinger, R. EMC Kompendium 2001, S. 148
- 5/ Beichler, J., „Designvorteile durch nanokristalline Kerne“ E&E Kompendium 2005/2006, S. 112
- 5/ Kvarnsjöe, L., „Green Inductive Components“; Power Systems Design Europe, June 2009

SPS IPC Drives 2013:
Halle 4, Stand 282