

Moderne Lösungen zur Dämpfung von Gleichtaktströmen im Hochfrequenzbereich

In diesem Artikel erfolgt eine Betrachtung moderner Lösungen für die Dämpfung von leitungsgebundenen elektromagnetischen Gleichtaktstörungen.



und smarte Lösungen werden notwendig. Durch schnelle Taktfrequenzen und hohe Schalttransienten du/dt erhöht sich zum einen die Amplitude der Gleichtaktströme und das gesamte Spektrum verschiebt sich zu höheren Frequenzen.

Für den ferromagnetischen Kern

der SKD sind zwei verschiedene Materialien von Relevanz: Ferrite und nanokristalline Legierungen. In den vergangenen Jahren haben nanokristalline Legierungen immer breitere Anwendung gefunden und größere Marktanteile gewonnen. Dies ist in den besonderen Eigenschaften von nanokristallinen Legierungen gegenüber Ferriten begründet. Diese sind z.B. eine Sättigungsinduktion von 1,2 Tesla, flexible und höchste Permeabilitätsniveaus, nahezu keine Temperaturabhängigkeit im relevanten Temperaturbereich sowie ein breitbandiges Dämpfungsverhalten, das ein zweistufiges Ferritfilter unnötig machen kann. In vielen Anwendungen, in denen höchste Dämpfung bei geringster Baugröße notwendig ist, sind nanokristalline Legierungen mittlerweile die bevorzugte Lösung.

Die VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG (VAC) ist der einzige europäische Hersteller, der die gesamte Wertschöpfungskette vom Gießen der nanokristallinen Legierung bis hin zur fertigen SKD abbilden kann. Die bisher marktgängige nanokristalline Legierung der VAC ist VITROPERM 500 F. Diese Legierung wird seit vielen Jahren weltweit in verschiedenen

Elektronische Anwendungen im privaten sowie im industriellen Umfeld finden eine stetig steigende Verbreitung. Gleichzeitig werden die Anwendungen immer kompakter und leichter und immer schneller schaltende Halbleiter aus SiC und GaN finden in der Leistungselektronik Verwendung. Dies führt zu einem steigenden Bedarf von innovativen Lösungen für die Dämpfung von elektromagnetischen Störungen.



Gleichtaktströme (Common Mode Currents)

fließen sowohl im Hin- als auch Rückleiter in einer Stromrichtung und Phasenlage durch die Anwendung und somit asymmetrisch mit dem Phasenstrom. Mit Kondensatoren gegen Erde bzw. Masse kann ein Anteil dieser Gleichtaktströme abgeleitet werden, allerdings dürfen diese Ableitströme je nach Norm nur

ein spezifiziertes Limit erreichen. Aus diesem Grund werden zur Dämpfung der Gleichtaktströme stromkompensierte Drosseln (SKD, englisch CMC) eingesetzt. Die Stromleiter werden bei einer SKD so um einen ferromagnetischen Kern gewickelt, dass sich die magnetischen Felder des Phasenstroms der Hin- und Rückleiter aufheben – mit Ausnahme des Streufelds, das durch die Streuinduktivität verursacht wird.

Es wird somit vorrangig der Gleichtaktstrom gedämpft, was die Verwendung eines hochpermeablen Materials ermöglicht, da der Gleichtaktstrom im Verhältnis zum Phasenstrom sehr klein ist. Durch die generelle Miniaturisierung in der Leistungselektronik sowie der Verwendung von SiC- und GaN-Halbleitern steigen die Anforderungen an die Dämpfung von Gleichtaktströmen immer mehr

Autor:
Nico Schöniger
Product Manager Energy
Conversion & Automation
VACUUMSCHMELZE
GmbH & Co. KG
www.vacuumschmelze.de

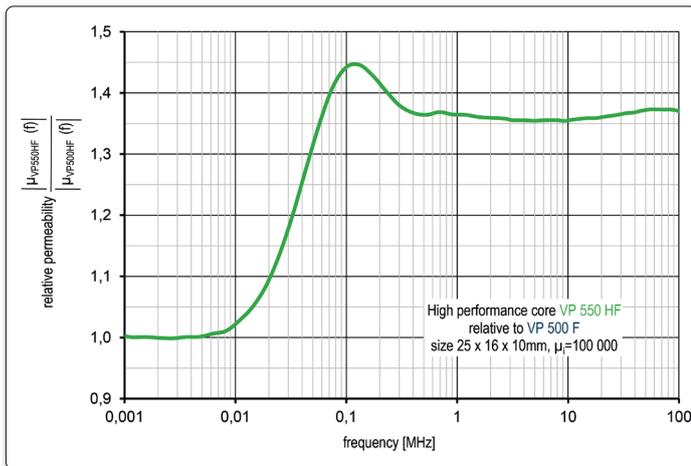


Bild 1: Vergleich der relativen Permeabilität von VITROPERM 500 F und VITROPERM 550 HF

Anwendungen wie z.B. Schaltnetzteilen, Photovoltaikwechselrichtern, Frequenzumrichtern und Elektroautos in Millionen von EMV-Filtern verwendet. Durch diese Erfahrung hat VAC eine tiefgreifende Kompetenz über die gesamte Wertschöpfungskette aufgebaut und speziell für die Herausforderungen der Dämpfung von hochfrequenten Gleichtakt-Fehlerströmen intelligente Lösungen entwickelt.

Die neuen Lösungen

heißen VITROPERM 550 HF und VACOCOIL. Dahinter stecken neue Legierungen für verbessertes Hochfrequenzverhalten.

VITROPERM 550 HF bietet grundsätzlich die gleichen guten weichmagnetischen Eigenschaften wie VITROPERM 500 F. Zusätzlich weist VITROPERM 550 HF ein signifikant verbessertes Hochfrequenzverhalten auf. Trotz höherer Induktivität der SKD und somit höherem Dämpfungsverhalten führt dies zu keiner Reduktion des Sättigungsstroms. In Bild 1 ist ein Vergleich der relativen Permeabilität der beiden Materialien gezeigt. Es zeigt sich, dass insbesondere im normrelevanten Bereich >150 kHz die Permeabilität von VITROPERM 550 HF um ca. 35% höher liegt.

Dieser Vorteil kann nun wahlweise für ein deutlich reduziertes Volumen und Gewicht oder eine

signifikant erhöhte Dämpfung bei gleicher Baugröße genutzt werden. Bild 2 zeigt beide Möglichkeiten. Ausgangslage ist eine SKD mit 15 Windungen und einem VITROPERM-500-F-Kern (grüne Kurve). Bei Verwendung von VITROPERM 550 HF, gleicher Windungszahl und gleichen Kernabmessungen, wird die Impedanz der SKD deutlich erhöht (rote Kurve). Alternativ kann auf Basis von VITROPERM 550 HF eine in ihrer Wirkung vergleichbare SKD designt werden (schwarze Kurve). Diese SKD hat eine vergleichbare Dämpfung, obwohl sich die Einsatzmenge von VITROPERM von 17 g auf 7 g reduziert hat und damit sowohl die CO₂-Bilanz wie auch der Preis reduziert wurden.

Die Reduzierung der Wickelkapazitäten

gelingt mit neuartiger Wicklungstechnologie: Mit der neuen VACOCOIL-Technologie hat VAC eine neue Lösung für den Wicklungsaufbau einer SKD entwickelt, welcher insbesondere für Nennphasenströme >50 A geeignet ist. Standardmäßig werden bei diesen Strömen parallele Kupferdrähte verwendet, die noch wickelbar sind. Allerdings führen diese zu parasitären Wickelkapazitäten und somit niedrigeren Dämpfungseigenschaften im Hochfrequenzbereich.

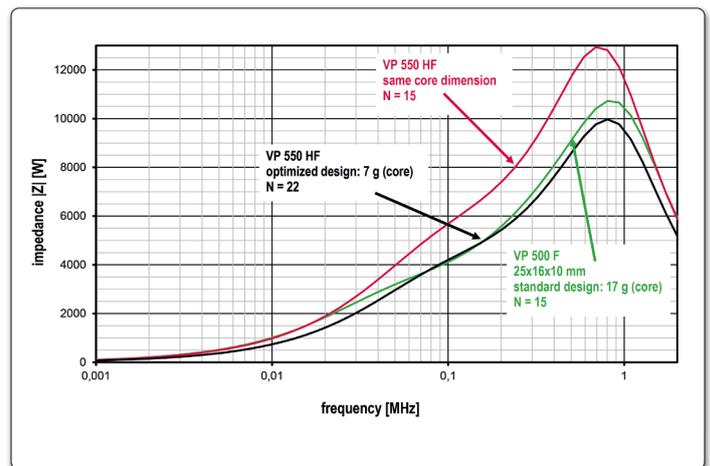


Bild 2: Vergleich der Auslegung von stromkompensierten Drosseln mit VITROPERM 500 F und VITROPERM 550 HF

Bei der VACOCOIL-Technologie werden die parallelen Kupferdrähte durch einen massiven Kupferbügel ersetzt. Dies führt zu einer niedrigeren Wickelkapazität und verbesserten Dämpfungseigenschaften typischerweise im Bereich >1 MHz. Dies wird in einem Beispiel in Bild 3 gezeigt. Es wird eine SKD mit drei parallelen Kupferdrähten (3x Ø 3 mm, blaue Kurve) mit einer SKD mit VACOCOIL-Technologie (1x Ø 4,5 mm, rote Kurve) verglichen. Der verwendete Ringbandkern unterscheidet sich nicht.

Durch die deutlich reduzierte Wickelkapazität der VACOCOIL-Technologie zeigt sich eine deutlich höhere Impedanz im Frequenzbereich >1 MHz. Neben den wesentlich besseren Dämpfungseigenschaften stellt

die VACOCOIL-Technologie eine kostenoptimierte und oftmals kompaktere Lösung gegenüber der Standardlösung dar.

VACOCOIL und VITROPERM 550 HF

können auch zusammen eingesetzt werden. Beide Lösungen, ob alleine oder in Kombination, können zu deutlich kleineren und leichteren EMV-Filtern mit signifikant niedrigerem CO₂-Fußabdruck führen. VAC hat kürzlich das Portfolio an EMV-Ringbandkernen aus VITROPERM 550 HF sowohl für Industrie- als auch Automobilanwendungen deutlich erweitert, sodass eine schnelle Verfügbarkeit gewährleistet ist. Auch sind kundenspezifische Abmessungen und Permeabilitätsniveaus auf Anfrage möglich. ◀

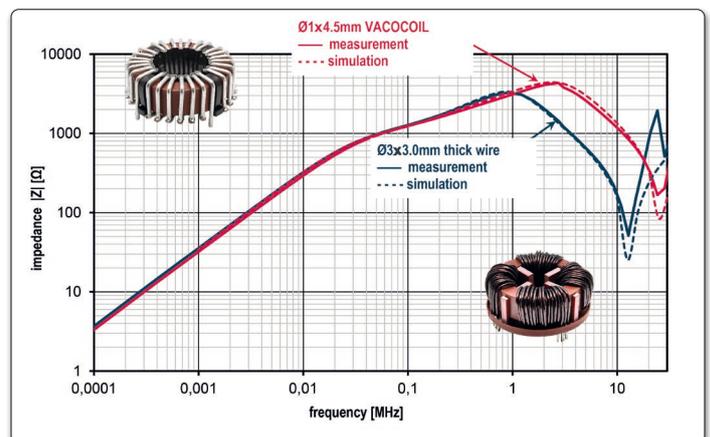


Bild 3: Verbesserte Dämpfung mit VACOCOIL-Technologie