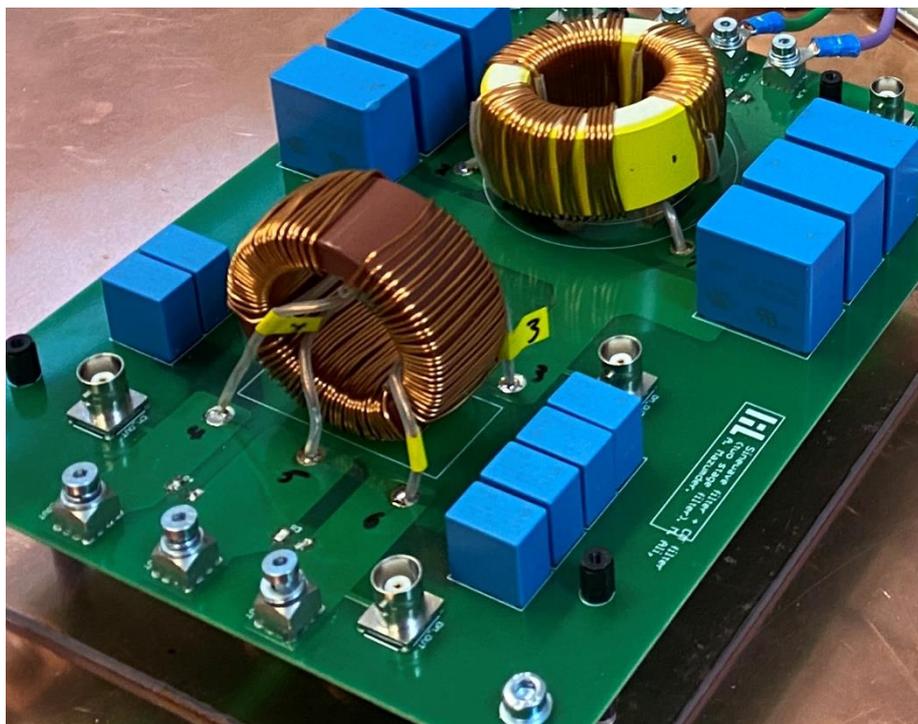


Optimierung des Aufbaus und der Komponenten von EMV-Filtern

Im Vorgängerprojekt FVA 637 IV wurde gezeigt, dass das Dämpfungsverhalten von EMV-Filtern nicht nur von parasitären Induktivitäten und Kapazitäten beeinflusst wird, sondern sehr stark auch von aufbauabhängigen, magnetischen Kopplungen zwischen den Filterkomponenten. Für bestimmte Filterarten sind auch bereits Aussagen möglich, welche Kopplungen am wichtigsten und unbedingt zu beachten sind. Im Projekt FVA 637 V wurden diese Erkenntnisse praxisingerecht erweitert, indem die Auswirkungen des geometrischen Aufbaus auf diese Kopplungen genauer untersucht und günstige Anordnungen gefunden wurden. Die in diesem Projekt vorgestellten Untersuchungen beleuchten die Auswirkung magnetischer Kopplungen und parasitärer Elemente von Filterbauelementen auf die Dämpfung von EMV-Filtern sowie die entsprechenden Entwurfsregeln für eine Optimierung. Außerdem wurden EMV-Messungen mit den optimierten EMV-Filtern durchgeführt.



Zunächst wurden zwei reale parallele DM- und CM-Kondensatoren mit Leiterbahnen in einem 3D-Modell dargestellt und die hochfrequenten parasitären Elemente entsprechend der externen geometrischen Merkmale extrahiert. Die numerischen Ergebnisse wurden durch Messergebnisse validiert. Es wurde beobachtet, dass die gegenseitigen Kopplungen zwischen zwei DM-Kondensatoren und die parasitäre Induktivität der masseverbundenen Leiterbahn der CM-Kondensatoren große Auswirkungen auf die Dämpfung im Bereich hoher Frequenzen haben. Anschließend wurde das Verfahren der parasitären Reduktion (Opposite Current Direction - OCD) zwischen zwei DM-Kondensatoren unter Berücksichtigung der Störeffekte von Leiterbahnen und magnetischer Kopplungen zwischen diesen untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Dämpfung mit der Reihen-Ersatzinduktivität (ESL) Reduktion ungefähr 10 –

15 dB im Frequenzbereich von 1,2 MHz bis 50 MHz verglichen mit dem Fall ohne ESL-Reduktion zunimmt.

Im nächsten Schritt wurde das 3D-Modell eines einphasigen EMV-Filters entsprechend der geometrischen Abmessungen und Materialien des praktischen Modells modelliert, um so die parasitären Elemente und elektromagnetischen Kopplungen zwischen den Bauelementen extrahieren zu können. Bei der CM-Konfiguration zeigte sich ein erheblicher Einfluss der masseverbundenen Induktivität auf die Dämpfung des CM-Filters. Bei der DM-Konfiguration haben induktive Kopplungen zwischen den DM- und CM-Kondensatoren große Auswirkungen auf die DM-Filterleistung. Es konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den numerischen Ergebnissen und den Messergebnissen der Filterdämpfung festgestellt werden.

Des Weiteren wurde die Optimierung der Filterbauelemente hinsichtlich des CM- und DM-Verhaltens bei unterschiedlichen Anordnungen untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass eine optimierte Anordnung der EMI-Filterbauelemente die magnetischen Kopplungen beträchtlich reduziert. Es wurde auch verdeutlicht, dass ein geeigneter Leiterplattenentwurf die Dämpfung bei hohen Frequenzen erheblich verbessern kann.

Außerdem wurde eine Gleichtaktdrossel zusammen mit einem Hochfrequenzmodell dieser Drossel in einer 3D-FEM-Simulation entworfen, um ihre Performance in der Praxis vorherzusagen. Die Studie zeigt, dass die Streukapazität (Equivalent Parallel Capacitance - EPC) einer Gleichtaktdrossel weitgehend von der Windungszahl in der Wicklung, der relativen Permeabilität sowie den geometrischen Abmessungen des Kerns abhängt. Außerdem wird der Einfluss der Streukapazität einer Gleichtaktdrossel auf die EMV-Filter untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Streukapazität der Gleichtaktdrossel einen großen Einfluss auf die Filterdämpfung bei hohen Frequenzen hat. Zur Verbesserung der einphasigen Gegentaktinduktivität werden eine integrierte Gegentaktinduktivität und eine Wicklungsstrategie vorgeschlagen. Die hierdurch zusätzlich erreichte Gegentaktinduktivität kann die Gegentaktdämpfung herkömmlicher Gleichtaktdrosseln verbessern, ohne deren Gleichtaktdämpfung wesentlich zu beeinträchtigen, und benötigt keinen zusätzlichen Platz auf der Leiterplatte des EMV-Filters.

Schließlich wurden die allgemeinen Entwurfsregeln für optimierte EMV-Filter aufgestellt. Der Vergleich der Dämpfungseigenschaften eines einphasigen und eines dreiphasigen EMI-Filters für unterschiedliche Leiterplattenentwürfe und Anordnungen von Bauelementen wurde untersucht. Für einen breiten Frequenzbereich konnte eine Verbesserung der Dämpfung von ungefähr 30 – 40 dB beobachtet werden. Es wurden EMV-Messungen (leitungsgebundene Störungen) mit den optimierten EMV-Filtern und einer optimierten Erdanbindung der Komponenten durchgeführt. Es zeigt sich, dass die leitungsgebundenen Störungen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz unterhalb der Grenzwerte bleiben.

Autor: **M. Sc. Mohammad Ali**
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH)
IAL – Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Alexander Rassmann
T 069- 66 03- 18 20

Das Projekt FVA 637 V der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.