

EMV - elektromagnetische Verträglichkeit Teil 16

Aufbau, Funktion und Montage von Netz-Entstörfiltern

Allgemeines

Im vorangegangenen Kapitel dieser Artikelserie haben wir neben den verschiedenen Störspannungsarten auch die wesentlichen zur Anwendung kommenden Filterbauelemente kennengelernt.

Im folgenden wollen wir nun verschiedene Filterkonstruktionen betrachten und anhand von Ersatzschaltbildern für unterschiedliche Störsignaleinkopplungen die Wirksamkeit bestimmter Filterelemente untersuchen, um hierdurch ein optimales Filterdesign zu ermöglichen.

Einfaches Netz-Entstörfilter

Abbildung 3 zeigt das Schaltbild eines einfachen Netz-Entstörfilters, wie es in den verschiedensten Ausführungen, z. B. eingebaut in Kaltgeräte-Netzbuchsen oder

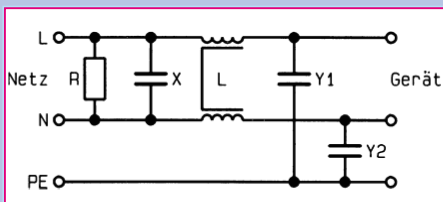


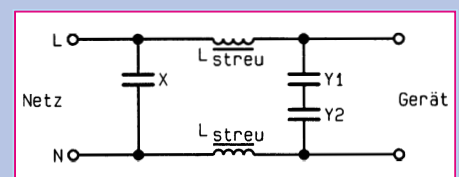
Bild 3: Schaltbild eines einfachen Netz-Entstörfilters

als Aufbaufilter, erhältlich ist. Diese Standard-Filterschaltung besteht aus einem X-Kondensator und aus zwei Y-Kondensatoren mit dazwischenliegender stromkompensierter Drossel.

Bild 4: Ersatzschaltbild des in Abbildung 3 gezeigten Netz-Entstörfilters bei symmetrischer Störeinkopplung

Der Widerstand R dient zur raschen Entladung des relativ großen X-Kondensators. Wird die Entladung dieses X-Kondensators durch anderweitige Schaltungsmaßnahmen sichergestellt (geeignete Positionierung des Netzschalters und Entladung des Kondensators über den Verbraucher selbst), so ist der Entladewiderstand nicht erforderlich. Aufgrund des passiven Aufbaus werden sowohl netzseitige Störer

als auch Störungen vom Gerät gedämpft. Betrachten wir die Schaltung bei symmetrischer Störeinkopplung, so entsteht das in Abbildung 4 gezeigte Ersatzschaltbild.



Bei netzseitiger, symmetrischer Störspannungseinkopplung bewirkt der relativ große X-Kondensator einen direkten Nebenschluß für die Störspannung. Aufgrund des parallel zum Netzstrom fließenden Störstromes erzeugen sowohl der Netz- als auch der Störstrom ein gegensinniges Magnetfeld in der stromkompensierten Drossel L. Dieses hat wiederum zur Folge, daß die Induktivität der Drossel bis auf die geringe Streuinduktivität L_{Streu} verkleinert ist, also nur noch sehr eingeschränkt in der Wirkung bezüglich der vorherrschenden symmetrischen Störspannung ist.

Ausgangsseitig erfolgt durch die für die symmetrische Störspannungsbetrachtung nun in Reihe liegenden Y-Kondensatoren eine weitere Dämpfung.

Aufgrund der ohnehin nur relativ geringen Kapazität der Y-Kondensatoren (typ. 2,2 nF), die zudem noch durch die vorliegende Serienschaltung zu halbieren ist, ergibt sich nur eine geringe Wirkung dieser Entstörbauelemente auf symmetrische Störspannungen.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß die Haupt-Entstörwirkung für symmetrische Störspannungen bei dieser einfachen Filterstruktur durch den X-Kondensator erreicht wird, wobei die Entstörwirkung immer im Zusammenhang mit den davorliegenden parasitären Impedanzen (z. B. Netzzuleitung) zu sehen ist.

Durch die nur geringe Wirkung der stromkompensierten Drossel und der Y-Kondensatoren werden sowohl die netzseitigen als auch die geräteseitigen Störer praktisch gleichermaßen gedämpft.

Abbildung 5 zeigt das Ersatzschaltbild des Netzfilters für asymmetrische Störeinkopplung. Netzseitige, asymmetrische Störspannungen werden zunächst durch die stromkompensierte Drossel wirksam be-

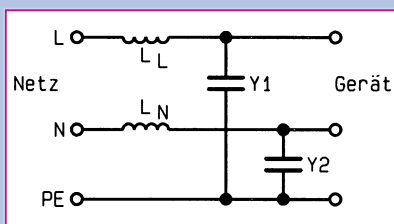


Bild 5: Ersatzschaltbild für asymmetrische Störeinkopplung

dämpft, da bei dieser Störspannungsart die volle Induktivität der Drossel (je nach Typ bis zu mehreren mH) wirksam ist.

Diese Störunterdrückung wird durch die nachgeschalteten Y-Kondensatoren noch wesentlich erhöht, wodurch dieses vergleichsweise einfache Filter schon recht gute Filtereigenschaften bezüglich netzseitiger, asymmetrischer Störspannungen erreicht.

Soll das Filter auf die Reduzierung von geräteseitigen Störungen optimiert werden, so sind die Y-Kondensatoren in der Regel netzseitig zu positionieren.

Aus den Betrachtungen der jeweils relevanten Ersatzschaltbilder für symmetrische und asymmetrische Störeinkopplung geht hervor, wie das beschriebene einfache Filter zu erweitern ist, um eine verbesserte Störunterdrückung für bestimmte Störspannungsarten zu erzielen.

Soll die Dämpfung für symmetrische Störspannungen, die üblicherweise im Frequenzbereich unter 500 kHz liegen, erhöht werden, so kann dieses durch den Einbau von Längsinduktivitäten in Einfach- oder Zweifach-Ausführung geschehen. Eine

weitere Verbesserung läßt sich auch durch die Vergrößerung des X-Kondensators oder den Einbau von zusätzlichen X-Kondensatoren erreichen.

Bei asymmetrischen Störungen, d. h. Störungen, die überwiegend im Frequenzbereich oberhalb von 500 kHz liegen, ist die stromkompensierte Drossel sehr wirksam. Eine Verbesserung der Störunterdrück-

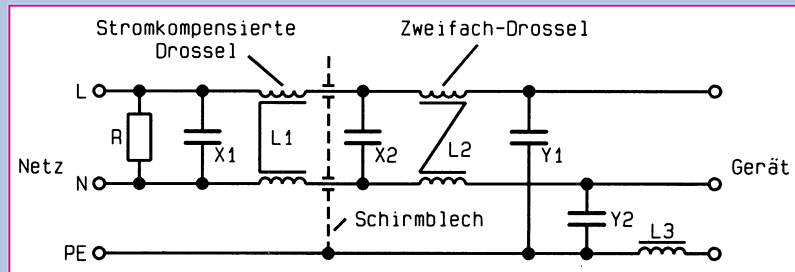


Bild 6: Schaltbild eines Netz-Entstörfilters für erhöhte Anforderungen

kung kann durch eine Vergrößerung dieser Drossel oder auch einfach durch Zuschalten einer zweiten stromkompensierten Drossel erzielt werden.

Aufgrund von Geräte-Sicherheitsanforderungen lassen sich die Y-Kondensatoren oft nicht weiter vergrößern, so daß eine Filteroptimierung in der Regel hier nicht mehr möglich ist.

Eine weitere, sehr wirkungsvolle Maßnahme liegt in der Verwendung einer Schutzleiterdrossel.

Entstörfilter für erhöhte Anforderungen

Um eine gute Störunterdrückung für beide Störungsarten zu erreichen, ist die einfache Filterschaltung (Abbildung 3) zu erweitern, wie dies Abbildung 6 zeigt. Hier sind alle zuvor beschriebenen Maßnahmen zur Verbesserung der Störunterdrückung eingebaut.

Um auch im oberen Frequenzbereich von ca. 1 MHz bis hin zu 30 MHz optimale Dämpfungswerte zu erzielen ist der Filteraufbau von entscheidender Wichtigkeit. Hier sollten insbesondere die Leiterbahnführung und die Bauelementepositionierung so gewählt werden, daß eine möglichst geringe Kopplung entsteht.

Hochwertige Filterkonstruktionen sind grundsätzlich in ein entsprechendes geschirmtes Gehäuse (üblicherweise ein Metallgehäuse) eingebaut, wobei oftmals zwischen den verschiedenen Bauelementen zusätzliche Trennbleche mit entsprechenden Durchführungskondensatoren eingesetzt sind.

Filtermontage

Abbildung 7 a und b zeigen Beispiele für richtige und falsche Filtermontage. Zweckmäßigerweise sollte der Einbau immer di-

rekt am Eingang der Netzleitung eines Gerätes oder einer Baugruppe erfolgen.

Beim Einbau in ein Metallgehäuse wird hierbei eine direkte Kopplung zwischen der ankommenden Netzleitung und den ausgangseitigen Leitungen vermieden.

Ebenso wichtig ist eine gute Masseverbindung zwischen Filter und Gehäuse. Optimal ist eine direkte, flächige Ver-

schraubung des Filters mit dem Gerätegehäuse. Insbesondere komplexere Netzfilter reagieren sehr empfindlich auf nicht optimale Masseverbindungen.

Um die geräteinterne Störeinkopplung

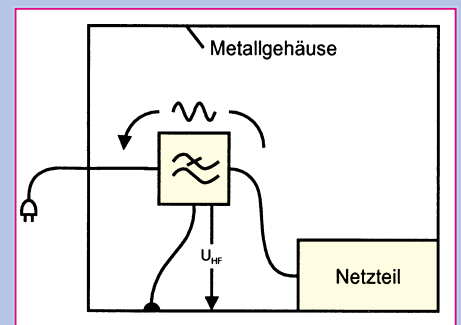


Bild 7a: falsche Filtermontage

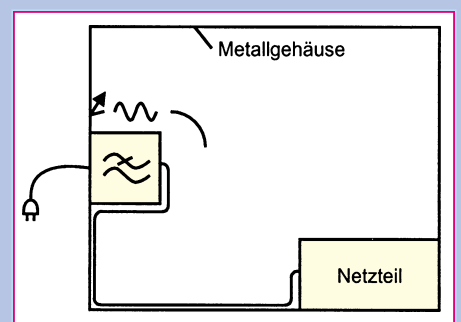


Bild 7b: korrekte Filtermontage

so gering wie möglich zu halten, sollte die Netzzuführung, wie in Abbildung 7 b gezeigt, so dicht wie möglich am Gehäuse entlang geführt werden.

Nach den Betrachtungen zum Filterdesign und zur Filtermontage stellen wir im folgenden Artikel 2 konkrete Schaltungen mit den zugehörigen, gemessenen Dämpfungsverläufen vor.