



EMV - elektromagnetische Verträglichkeit Teil 15

Aufbau, Funktion und Montage von Netz-Entstörfiltern

Beginnend mit Teil 15 dieser Serie wollen wir Maßnahmen zur Verbesserung der EMV aufzeigen. Neben den allgemein üblichen EMV-Konstruktionsdetails sollen insbesondere auch die in der Praxis bewährten Maßnahmen beschrieben werden.

Allgemeines

Die Ausbreitung von Störungen erfolgt im Frequenzbereich unterhalb vom 30 MHz überwiegend leitungsgebunden. Dem Netzkabel kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.

Auf der Netzzuleitung und den weiterführenden Installationsleitungen können sich stehende Wellen ausbilden, womit die gesamte Einheit dann als Antenne wirkt. Aus diesem Grunde ist die Schnittstelle Netzkabel/Gehäuse ein günstiger Ort, um mit Hilfe geeigneter Filter diesen Störaussendungen entgegenzuwirken.

Grundsätzlich ist es immer besser, Störungen direkt an der Quelle zu verringern oder besser noch, gar nicht erst entstehen zu lassen. Im Zeitalter moderner Mikroprozessortechnik und immer kompakter und leistungsfähiger werdender Schaltnetzgeräte ist der Einsatz eines Netz-Entstörfilters vielfach jedoch unabdingbar.

Netz-Entstörfilter sind in den vielfältigsten Versionen als komplette Einheiten erhältlich. Allen gemein ist ihr Tiefpaß-Charakter mit der Hauptaufgabe, die 50Hz-Netzspannung möglichst ungehin-

dert durchzulassen und höher frequente Störkomponenten wirkungsvoll zu unterdrücken. Für die optimale Filterauswahl bzw. für das Filterdesign bei Eigenbaufiltern ist die Kenntnis der verschiedenen Störspannungsarten von Bedeutung.

Störspannungsarten

Bei den leitungsgebundenen Störaussendungen im 230V-Lichtnetz mit dem

Außenleiter (L), Neutraleiter (N) und dem Schutzleiter (PE) unterscheidet man zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Störkomponenten (Störarten).

Wir sprechen von einer symmetrischen Störspannungsausbreitung, wenn der Störstrom wie der Nutzstrom von der Störquelle über den Leiter zum Störfänger und über den N-Leiter zurück zur Störquelle fließt. Abbildung 1 verdeutlicht den be-

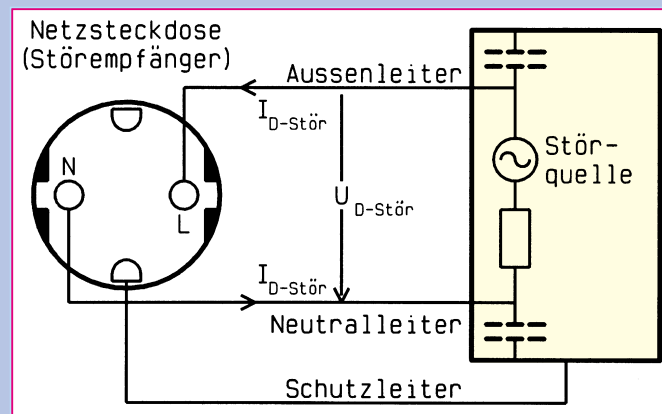


Abbildung 1: Symmetrische Störspannung

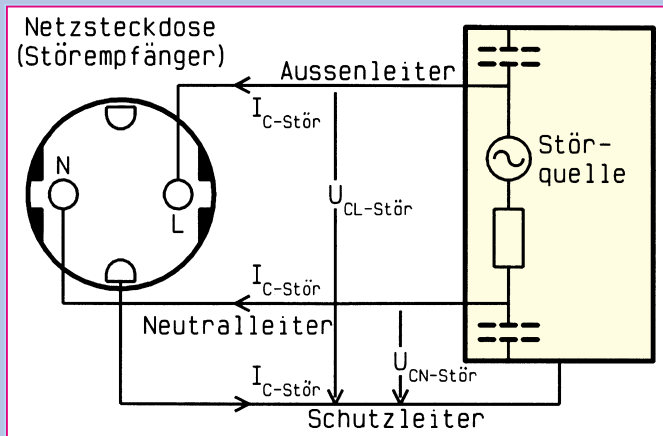


Abbildung 2: Un-/Asymmetrische Störspannung

schriebenen Zusammenhang. Bei der symmetrischen Störkomponente stehen Störspannung und Nutzspannung zwischen den Einzelleitern L und N an. Dieses Störphänomen wird oft auch als Gegentakstörung (differential mode) bezeichnet.

Fließt der Störstrom hingegen auf beiden Leitern L und N von der Störquelle zur Störsecke (Netzsteckdose) und über den Schutzleiteranschluß (PE) wieder zur Störquelle zurück, so sprechen wir dann von unsymmetrischen Störausbreitungen.

Wie in Abbildung 2 gezeigt, liegt eine Störspannung nun sowohl zwischen dem Neutralleiter und dem Schutzleiter als auch zwischen Außenleiter und Schutzleiter an.

Sind die einzelnen Störspannungen ($U_{CL\text{Stör}}$ und $U_{CN\text{Stör}}$) sowohl phasengleich als auch in der Amplitude identisch, so sprechen wir von asymmetrischer Störspannung. Dieser Sonderfall der unsymmetrischen Störung wird oft auch mit Gleichtaktstörung (common mode) bezeichnet.

In der Praxis kommen im allgemeinen Mischformen der hier genannten Störungen vor. Die rein asymmetrische Störspannungsausbreitung kommt in der Praxis kaum vor, dennoch ist sie von großer Bedeutung, wenn es darum geht, verschiedene Netz-Entstörfilter bezüglich ihrer Eigenschaften meßtechnisch zu vergleichen.

Bei Störungen im Frequenzbereich unter ca. 500 kHz handelt es sich überwiegend um symmetrische Störspannungen, während oberhalb von ca. 500 kHz Störungen üblicherweise als unsymmetrische Störspannungen vorliegen.

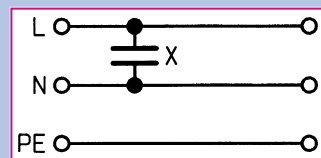
Bauelemente für den Aufbau von Netz-Entstörfiltern

Grundsätzlich bestehen Netz-Entstörfilter aus verschiedenen Querkapazitäten und

geeigneten Längsinduktivitäten.

Aufgrund der relativ hohen Betriebsspannungen und -ströme und nicht zuletzt auch aus Gerätesicherheitsaspekten heraus wurden für den Aufbau entsprechender Filter spezielle Bauelemente geschaffen, die wir nachfolgend näher betrachten.

X-Kondensatoren



X2-Kondensator im Kunststoffbecher mit Gießharzabschluß

Funk-Entstörkondensatoren der Klasse „X“ werden zwischen Außenleiter und Neu-

Die X-Kondensatoren sind wiederum in drei Kategorien mit den Bezeichnungen X1, X2 und X3 unterteilt.

X1-Kondensatoren sind für den unbeaufsichtigten Dauerbetrieb ausgelegt und weisen die höchste Impulsfestigkeit von 4 kV auf. Kondensatoren der Klasse X 3 weisen die niedrigste Impulsfestigkeit auf und sind für Geräte ausgelegt, die nur während des Betriebes am Netz liegen, wie z. B. Elektrorasierer, Elektro-Werkzeuge usw.

X-Kondensatoren dienen der wirksamen Reduzierung von symmetrischen Störspannungen, wobei ihre Wirkung immer auch in Zusammenhang mit der Impedanz der Störquelle, mit ihren parasitären Bauelementen wie Längsinduktivitäten zu sehen ist.

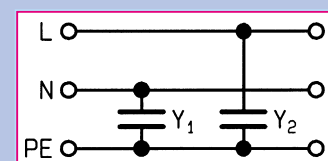
Die Kapazitätswerte der X-Kondensatoren liegen zwischen ca. 0,02 μF bis hin auf zu einigen μF .

Bei bestimmten Geräten mit primärer Netz-Abschaltung sollte parallel zum X-Kondensator ein hochohmiger Widerstand (ca. 1 M Ω , Spannungsfestigkeit beachten) eingebaut werden,

der die eventuell verbleibende Ladung des Kondensators nach dem Ziehen des Netz-

steckers abbaut (Berührungsschutz).

Y-Kondensatoren



Y2-Sicherheitskondensator

tralleiter geschaltet und liegen damit direkt parallel zur Netz-Versorgungsspannung. Insbesondere bei stationären Geräten werden diese Kondensatoren über Jahre hinaus nicht nur der Netzspannung ausgesetzt, sondern auch den zahlreichen energiearmen, hochfrequenten sowie energiereichen Störimpulsen. Aufgrund der vorliegenden Einsatzbedingungen werden an diese Netz-Parallel-Kondensatoren heute besonders hohe Anforderungen bezüglich Spannungs-/Impulsfestigkeit, Alterungsbeständigkeit und Entflammbarkeit gestellt.

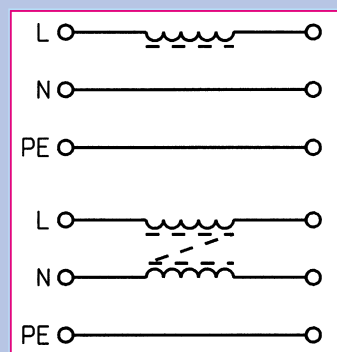
Einhalten der Störspannungsgrenzwerte durch Einbau von Netz-Entstörfiltern

Funk-Entstörkondensatoren der Klasse „Y“ werden jeweils zwischen einem der Netzleiter (Außenleiter und Neutralleiter) und dem Schutzleiter geschaltet. Ähnlich wie die X-Kondensatoren müssen auch die Y-Kondensatoren erhöhten Anforderungen an die elektrische und mechanische Sicherheit genügen. Auch hier ist eine weitere Aufteilung in Unterklassen mit den Bezeichnungen Y1 - Y4 gegeben, wobei Y1-Kondensatoren mit 4 kV die höchste Spannungsfestigkeit und mit 8 kV auch die höchste Impulsfestigkeit aufweisen.

Y-Kondensatoren unterdrücken in erster Linie die asymmetrischen Störspannungen. Je nach Kapazitätswert ergibt sich ein sogenannter Ableitstrom zwischen dem Außenleiter und dem Schutzleiter wie auch zwischen dem Neutralleiter und dem Schutzleiter.

Bei einer Unterbrechung des Schutzleiters bzw. bei defekter Isolation von Schutzklasse-II-Geräten kann es dazu kommen, daß der Ableitstrom bei Berührung über den Körper des Gerätebenutzers fließt. Aus diesem Grunde sind in verschiedenen Normen, abhängig von Geräteart, Verwendung und Schutzklasse, Maximalwerte für den Ableitstrom und damit für die Kapazitätswerte der Y-Kondensatoren festgelegt.

Einfach-/Zweifach-Längsinduktivität



Längsinduktivitäten als Stabkern- und Ringkern-Drossel

Längsinduktivitäten werden als Einfach- oder als Zweifachdrosseln in der Ausführung als Stabkern- oder als Ringkern-Drossel angeboten. In der Ausführung als Ringkern-Drossel wird üblicherweise ein Pulverringkern mit einem sogenannten „verteilten Luftspalt“ verwendet. Hierdurch

Kostenoptimale Lösung durch Filtereigenbau mit geeigneten Entstörbauelementen

wird sichergestellt, daß der Kern der Drossel auch bei hohen Strömen nicht in die Sättigung gelangt, was für die Störunterdrückung von besonderer Wichtigkeit ist.

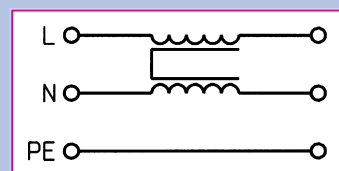
Aufgrund des „großen Luftspaltes“ besteht bei der Ausführung als Stabkern-Drossel die Gefahr der Sättigung praktisch nicht. Daher ist hier auch die Verwendung von Ferritkernen üblich.

Die Zweifachdrossel verfügt über zwei getrennte, auf einem Kern aufgebrachte Wicklungen. Auch hier sind Ausführungen als Ringkern- und als Stabkern-Drossel verfügbar.

Während beim Einsatz von Einfachdrossel 2 völlig getrennte Drosseln für die Entstörung von Außenleiter und Neutralleiter erforderlich sind, können bei der Zweifachdrossel gleich beide Leiter mit einem Bauelement beschaltet werden.

Je nach Ausführung und Nennstrom stehen Induktivitätswerte von einigen µH bis hin zu einigen mH zur Verfügung. Vor allem zur Dämpfung von symmetrischen Störanteilen in Verbindung mit X-Kondensatoren kommen Längsdrosseln zum Einsatz.

Stromkompensierte Drossel



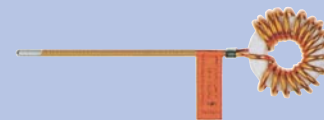
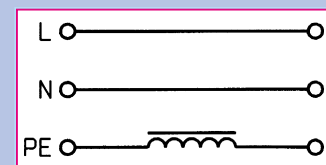
Stromkompensierte Ringkern-Drosseln in stehender und liegender Ausführung

Die stromkompensierte Drossel gehört zu den bekanntesten Entstör-Bauelementen von Netz-Entstörfiltern.

Der Aufbau besteht grundsätzlich aus einem Kern (meistens Ringkern) mit 2 Wicklungen gleicher Windungszahl, die stromkompensierend gewickelt sind. Bedingt durch den Nennstrom des Gerätes erzeugen beide Teilwicklungen einen gegensinnigen magnetischen Fluß im Kern der Drossel, womit hier nur die geringe Streuinduktivität der Drossel zum Tragen kommt.

Bei asymmetrischen Störspannungen ist hingegen die hohe, auf der Drossel angegebene Induktivität wirksam. Durch die fehlende Wirkung auf das Nutzsignal (Betriebsstrom des Gerätes) ist die Gefahr einer Sättigung gering, wodurch der Einsatz von Ferritkernen hoher Permeabilität möglich und dadurch relativ kleine Abmessungen bei hohen Netzströmen erreichbar sind.

Schutzleiterdrossel



Schutzleiterdrossel mit Ferritkern

Schutzleiterdrosseln werden zur Dämpfung asymmetrischer Störströme, die sich auf dem Schutzleiter ausbreiten, eingesetzt. Bei der Schutzleiterdrossel handelt es sich um ein extrem sicherheitsrelevantes Bauelement, weshalb hier auch nur 4 Typen mit Nennströmen nach VDE 0100 von 16, 20, 27 und 36 A zugelassen sind.

Beim Einsatz einer Schutzleiterdrossel ist besonders auf eine zuverlässige elektrische Verbindung zu achten, damit die Gerätesicherheit nicht beeinträchtigt ist. Wegen des im ungestörten Betrieb vorherrschenden geringen Stromflusses durch die Schutzleiterdrossel, der im wesentlichen dem durch die Y-Kondensatoren hervorgerufenen Ableitstrom entspricht, ist der Einsatz hochpermeabler Kernwerkstoffe üblich, was zu hohen Nutzenduktivitätswerten bei kleinen Abmessungen führt.

Nachdem wir die verschiedenen Störspannungsarten und die Filterbauelemente betrachtet haben, kommen wir im folgenden Teil zur Beschreibung verschiedener Netz-Entstörfilter und nützlichen Hinweisen zum Aufbau und zur Montage. **ELV**