

Funkentstörung von Schaltnetzteilen

Schaltnetzteile erzeugen infolge ihrer hochfrequenten Taktung Funkstörungen. Diese breiten sich mittels elektromagnetischer Felder im freien Raum, und leitungsgebunden über die Netzanschlußleitungen in Form von hochfrequenten Spannungen und Strömen aus.

Der Gesetzgeber hat für die Störaussendung Grenzwerte vorgesehen. Diese sind in den entsprechenden europäischen Normen festgelegt. Tabelle 7.1 gibt die wichtigsten Grenzwerte für ortsveränderliche Hochfrequenzgeräte (Entstörklasse B) wieder. Hochfrequenzgeräte sind Geräte mit einer Arbeitsfrequenz oberhalb von 9 kHz.

Meßgröße	Frequenzbereich	Grenzwerte	Grundnorm
Störstrahlung in 10m Entfernung	30 bis 230 MHz	30 dB(μ V/m)	EN55022 Klasse B
	230 bis 1000 MHz	37 dB(μ V/m)	
Oberschwingungsstrom in der Netzanschlußleitung	0 bis 2 kHz	siehe Tabelle 6.1 (PFC)	EN61000
Funkstörspannung auf der Netzanschlußleitung gegen Erde	0,15 bis 0,5 MHz**	66 bis 56 dB(μ V) Q*	EN55022 Klasse B
	0,5 bis 5 MHz	56 bis 46 dB(μ V) M*	
	5 bis 30 MHz	56 dB(μ V) Q* 46 dB(μ V) M* 60 dB(μ V) Q* 50 dB(μ V) M*	

* Q: Messung mit Quasispitzenwert-Gleichrichter

M: Messung mit Mittelwert-Gleichrichter

** Linear mit dem Logarithmus der Frequenz fallend

Tabelle 7.1: Grenzwerte für ortsveränderliche Hochfrequenzgeräte Grenzwertklasse B

Funkstörstrahlung:

Hochfrequenzgeräte senden eine Funkstörstrahlung aus. Diese wird als Funkstörfeldstärke in (μ V/m) gemessen. Die Intensität der Funkstörstrahlung hängt von der Flankensteilheit der geschalteten Ströme und Spannungen ab und ganz wesentlich vom Aufbau (Platinenlayout) des Schaltnetztes. Um die Funkstörstrahlung gering zu halten, sollten drei Grundsätze für den Schaltnetzteilbau beachtet werden:

- ◆ Maschen, in denen ein geschalteter Strom fließt, sollten in ihrer umfahrenden Fläche so klein wie möglich gehalten werden.
- ◆ Knoten, die in ihrem Potential gegenüber Erde während jeden Schaltaugenblicks springen, sollten in ihrer räumlichen Ausdehnung so klein wie möglich gehalten werden.
- ◆ Das Schaltnetzteil sollte ein geschlossenes Blechgehäuse haben.

HINWEIS:

Die ersten beiden Grundsätze sind neben der Verminderung der Funkstörstrahlung auch sehr vorteilhaft für die Verminderung der leitungsgebundenen Funkstörungen und für den stabilen, störungsfreien Betrieb des Schaltnetztes. Ein hoher Störpegel

führt auch zu unsauberem Schalten der Transistoren und zu Störungen der Regelkreise. Dies verursacht oft Geräusche im Hörbereich.

Leitungsgebundene Störungen:

Schaltnetzteile entnehmen dem Stromversorgungsnetz hochfrequente Ströme. Diese verursachen am Netzzinnenwiderstand Spannungsabfälle, die an den Netzanschlußklemmen gemessen werden können. Entsprechend der europäischen Norm werden diese hochfrequenten Spannungen, die sogenannten **Funktörspannungen**, zwischen Zuleitungsdraht und Erde gemessen. Die Funktörspannung wird in einem nach Norm definierten Aufbau an einer sogenannten **Netznachbildung** (dadurch erhält das Netz einen definierten Innenwiderstand) mit einem sogenannten **Funktörmeßempfänger** gemessen.

Man unterscheidet zwischen drei verschiedenen Funktörspannungen (siehe Abbildung 7.1):

- ♦ **Unsymmetrische Funktörspannung:** Sie ist die hochfrequente Spannung zwischen Erde und jeder einzelnen Netzader. Nur diese Spannung wird vom Gesetzgeber entsprechend der Norm gemessen. Nur für diese gelten die Grenzwerte nach Tabelle 7.1.
- ♦ **Asymmetrische Funktörspannung (Gleichtakt-Funktörspannung):** Sie ist die gegen Erde wirkende Summe der unsymmetrischen Funktörspannungen eines Leitungsbündels.
- ♦ **Symmetrische Funktörspannung (Gegentakt-Funktörspannung):** Sie ist die hochfrequente Spannung zwischen den Adern der Netzleitung.

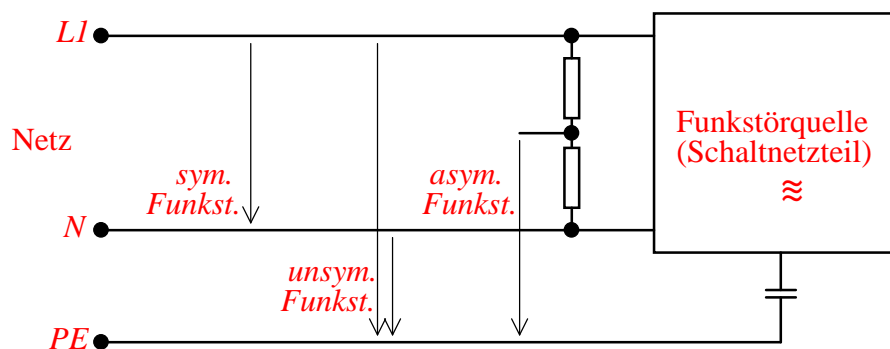


Abbildung 7.1: Funktörspannungen am einphasigen Netz

Obwohl der Gesetzgeber nur die unsymmetrische Funktörspannung mißt, sind für die Funkentstörung die asymmetrischen *und* symmetrischen Störungen maßgebend. Die jeweilige Verminderung der Funktörung bedarf unterschiedlicher Maßnahmen bzw. unterschiedlicher Funkentstörmittel.

Verminderung der asymmetrischen Funktörspannungen:

Asymmetrische Störspannungen auf den Netzleitungen L_1 und N (Im Drehstromnetz L_1, L_2, L_3 und N) sind Gleichtaktstörspannungen gegenüber Erde PE , d.h. sie haben die gleiche Amplitude und sind gleichphasig. Der Störstrom I_{\approx} , den diese Spannungen bewirken, ist ebenfalls gleichphasig und fließt über die Erde (Schutzleiter) und die parasitäre Kapazität C_{Erde} zum Schaltnetzteil zurück. Da die Kapazität C_{Erde} sehr klein ist, hat die asymmetrische Störspannung eine hohe Impedanz. Die Störquelle kann daher als *Störstromquelle* angesehen

werden. Ein Tiefpaß, der die Störspannung an den Netzanschlußleitungen vermindern soll, muß daher wie in Abbildung 7.2 dargestellt angeordnet sein: Vom Schaltnetzteil aus gesehen zuerst die Kapazitäten und dann die Induktivitäten. Als Induktivitäten werden sogenannte stromkompensierte Drosseln eingesetzt. Diese sind so gewickelt, daß der Betriebsstrom (50- bzw. 60 Hz-Strom) kein Magnetfeld im Kern hervorruft (siehe Abbildung 7.3).

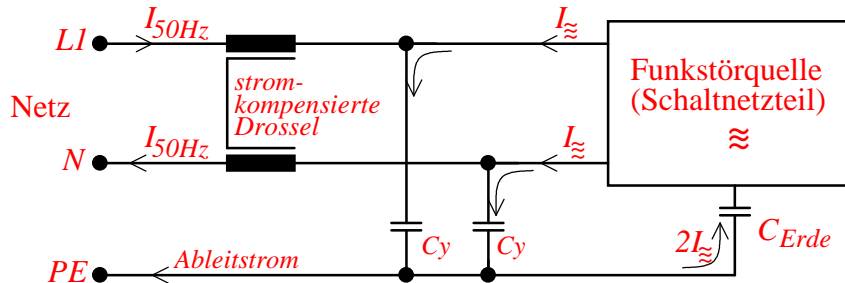


Abbildung 7.2: Verminderung der asymmetrischen Fünkstörspannungen

Die Kondensatoren sind sogenannte Y-Kondensatoren. Y-Kondensatoren unterliegen einer besonderen Sicherheitsklasse, weil sie im Fehlerfall die Leiterspannung an Schutzerde legen würde. Y-Kondensatoren dürfen bestimmte Kapazitätswerte nicht überschreiten, da sonst ein unzulässig hoher 50Hz-Strom über den Schutzleiter fließen würde. Für ortveränderliche Geräte (ausgenommen medizinische Geräte) darf der sogenannte **Ableitstrom** 3,5 mA nicht überschreiten. Da für die normentsprechende Messung des Ableitstromes L_1 und N zusammengeschaltet werden und die maximal auftretende Netzspannung zwischen L_1/N und PE gelegt wird, sind die Y-Kondensatoren in der Messung parallelgeschaltet. Für das europäische 230V/50Hz-Netz ergibt das für die Y-Kondensatoren je den maximalen Wert von $C_y \leq 22 \text{ nF}$.

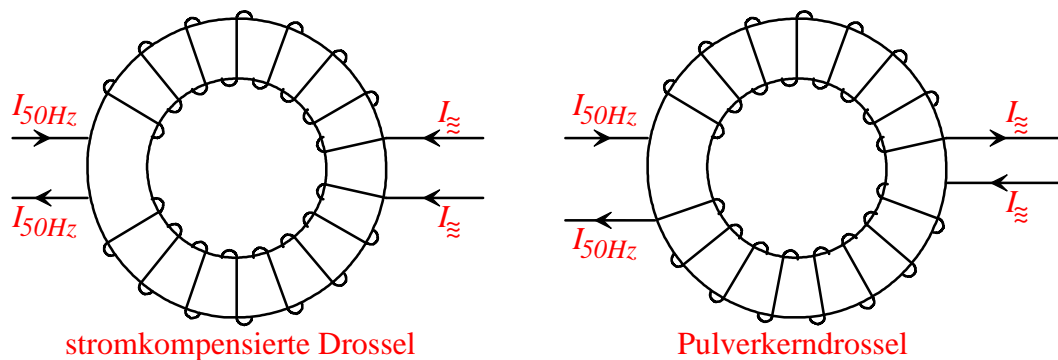


Abbildung 7.3: links: Stromkompensierte Ringkerndrossel gegen asymmetrische Störspannungen, rechts: nicht stromkompensierte Ringkerndrossel (Pulverkerndrossel) gegen symmetrische Störspannungen

Verminderung der symmetrischen Fünkstörspannungen:

Symmetrische Störspannungen sind Gegentaktspannungen, d.h. die hochfrequente Störspannung liegt zwischen L_1 und N . Um den Störpegel zu vermindern, wird ein LC-Tiefpaß in die Netzleitung L_1, N gefügt (Abbildung 7.4). Diese Störspannung entsteht im wesentlichen infolge des gepulsten Stromes, der am Eingang des Schaltnetzteiles dem

Kondensator hinter der Gleichrichtung entnommen wird. Auf Grund des Innenwiderstandes des Kondensators entsteht dadurch ein Spannungsabfall zwischen L_1 und N . Dieser Innenwiderstand ist in der Regel recht niederohmig, sodaß man diese Störspannungsquelle als niederohmig ansehen kann. Der Tiefpaß, der zur Verminderung dieser Störspannung eingesetzt wird, erhält daher vom Schaltnetzteil aus gesehen erst die Drossel, dann die Kapazität. Die Drossel ist in diesem Fall eine nicht stromkompensierte Drossel, d.h. Störstrom als auch Betriebsstrom bauen ein Magnetfeld im Kern auf (siehe Abbildung 7.3). Damit diese Drosseln nicht durch den Betriebsstrom gesättigt wird, haben sie einen Luftspalt. Dieser ist bei der Ringkernauführung jedoch nicht sichtbar, vielmehr ist der Luftspalt durch den losen Verbund der Eisenteilchen im Kern "verteilt" (Pulverkerndrossel) oder die Drossel hat die Form eines Stabes (Stabkerndrosseln), sodaß das Feld an den Enden austritt und sich durch die Luft schließt. Pulverkerndrosseln bzw. andere Ringkerndrosseln sind wegen ihres kleineren Streufeldes Stabkerndrosseln vorzuziehen.

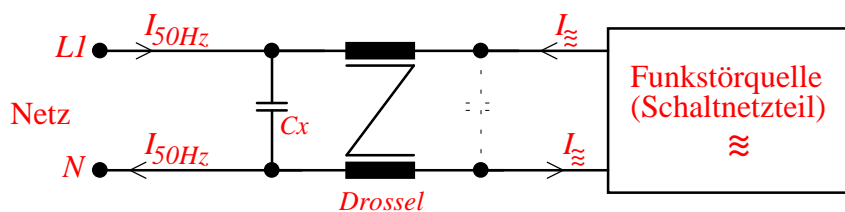


Abbildung 7.4: Verminderung der symmetrischen Funkstörspannungen

Die Entstörkondensatoren sind sogenannte X-Kondensatoren. Sie haben eine niedrigere Sicherheitsklasse als Y-Kondensatoren. Üblich sind Folienkondensatoren bis zu $1\mu\text{F}$.

HINWEIS:

Liegt der Innenwiderstand der symmetrischen Funkstörquelle in der gleichen Größenordnung, wie der Netzzinnenwiderstand, so wählt man oft einen π -Tiefpaß mit zwei X-Kondensatoren (in Abbildung 7.4 gestrichelt eingezeichnet).

Vollständiges Funkentstörfilter:

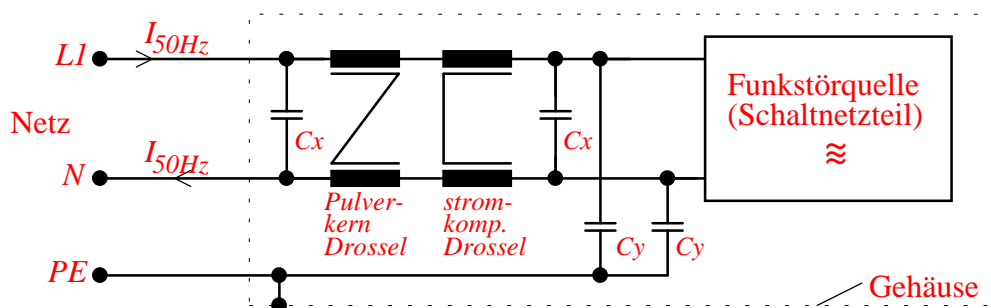


Abbildung 7.5: Funkentstörfilter zur Verminderung von symmetrischen und asymmetrischen Funkstörspannungen

Abbildung 7.5 zeigt ein vollständiges Funkentstörfilter. Die Bauteilwerte werden durch "Probieren" und auf Grund von Erfahrung ermittelt. Mit einem Funkstörmeßempfänger wird grundsätzlich nur die unsymmetrische Störspannung gemessen. Man kann daher nicht erkennen, ob es sich um symmetrische oder asymmetrische Störspannungen handelt. Als Faustregel gilt hier: Bei der Taktfrequenz und wenigen Vielfachen handelt es sich um

symmetrische Störspannungen, bei allen höheren Frequenzen um asymmetrische. Oft kann auf die Pulverkerndrossel verzichtet werden.