

# Ableitströme im richtigen Blickwinkel

Kompromiss zwischen bester Filterwirkung und minimalem Ableitstrom

Netzfilter werden oft als Blackbox betrachtet und die Anwender kümmern sich zu Recht nicht um das Innenleben eines EMV Filters. Für den effizienten und effektiven Einsatz von Filtern ist es jedoch hilfreich, einige Hintergrundinformationen zu kennen. Im Brennpunkt dieses Artikels stehen Ableitströme und was es in diesem Zusammenhang zu beachten gibt.



## ALLGEMEINE ASPEKTE DER EMV UND PRINZIPIELLE FUNKTIONSWEISE VON FILTERN

Elektrische Einrichtungen müssen die Eigenschaft besitzen, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufrieden stellend zu funktionieren (Immunität), ohne dass sie diese Umgebung unzulässig beeinflussen (Emission). Man spricht in diesem Fall von elektromagnetischer Verträglichkeit. Wir unterscheiden zwischen feldgebundenen und leitungsgebundenen Störungen. Bei den leitungsgebundenen Störungen gibt es symmetrische und asymmetrische Störungen (auch Gegentakt- bzw. Gleichtaktstörungen genannt). Symmetrische Störungen fließen zwischen Phase und Neutralleiter, asymmetrische Störungen zwischen Phase/Neutralleiter und Schutzleiter. Verursacher von solchen Störungen sind Schaltnetzteile, Frequenzumrichter, Prozessoren, Schaltvorgänge in elektronischen oder elektrischen Einrichtungen, Motorensteuerungen, usw.

Symmetrischen Störungen werden mit X-Kondensatoren reduziert. Für die Dämpfung von asymmetrischen Störungen kommen für die tiefen Störfrequenzen stromkompensierte Drosseln, für die höheren Störfrequenzen Y-Konden-

satoren zum Einsatz.

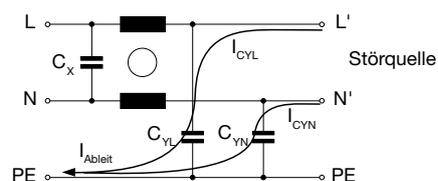


Abbildung 1: Ableitung von asymmetrischen Störungen

Diese Y-Kondensatoren liegen je zwischen Phase/ Neutralleiter und Schutzleiter und leiten die asymmetrischen Störungen von der Phase und des Neutralleiters über den Schutzleiter gegen Erde ab. Dadurch entstehen sogenannte Ableitströme (Abbildung 1). Je grösser die Kondensatoren, desto besser ist die Dämpfung des Filters und entsprechend höher sind auch die Ableitströme.

## GRENZWERTE ERMÖGLICHEN EINEN SICHEREN BETRIEB

Zum Ableitstrom des Filters tragen parasitäre Koppelkapazitäten einer Anlage oder eines Gerätes sowie lange Leitungslängen zusätzlich zum Ableitstrom bei. Dies führt zu einer Summe von Strömen die durch den Schutzleiter fließt. Diese Ableitströme können ein Sicherheitsrisiko darstellen. Je höher die Impedanz des Schutzleiters ist, desto grösser ist das Sicherheitsrisiko für Benutzer. Berührt nämlich eine Person ein Gerät mit unterbrochenem Schutzleiter, fließt der Ableitstrom infolge der Unterbrechung über die Person gegen Erde ab (Abbildung 2).

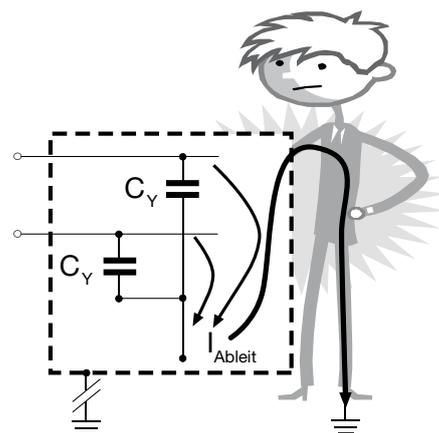


Abbildung 2: Pfad des Ableitstromes bei unterbrochenem Schutzleiter

Andererseits beeinträchtigen im Gebäudenetz allfällig vorgeschaltete Fehlerstromschutzschalter den zuverlässigen Betrieb eines Gerätes infolge zu hoher Ableitströme. Diese sog. Fehlerstromschutzschalter detektieren Ströme die über den Schutzleiter abfließen und schalten die Versorgungsspannung beim Überschreiten eines bestimmten Schwellwertes ab. Aus diesem Grund gibt es für Ableitströme Grenzwerte, die einen zuverlässigen Betrieb ermöglichen und dafür sorgen, dass auch bei defektem Schutzleiter keine Personen zu Schaden kommen.

## ANFORDERUNGEN AN PRODUKTENTWICKLER

Geräte- und Anlagenbauer müssen sicherstellen, dass ihre Produkte den Anforderungen betreffend Ableitstrom und elektromagnetischer Verträglichkeit gerecht werden. Hier besteht ein Zielkonflikt. Im Normalfall ist es jedoch so, dass beide Rahmenbedingungen ohne spezielle Massnahmen eingehalten werden können. Es ist wichtig zu verstehen, dass man sich bei diesem Thema in einem Spannungsfeld befindet,

da eine gute Filterwirkung zwingend höhere Ableitströme hervorruft.

### PROBLEME BEI DER SPEZIFIKATION VON FILTERABLEITSTRÖMEN

Filterhersteller spezifizieren die Ableitströme ihrer Filter in den Datenblättern. Die Filternorm IEC 60939 legt allerdings nicht fest, wie diese Spezifikation zu erfolgen hat. Dies führt nun dazu, dass die unterschiedlichen Filterhersteller den Ableitstrom nicht zwingend nach derselben Methode bestimmen. Somit sind auch die in den Datenblättern gemachten Angaben der unterschiedlichen Hersteller nicht direkt vergleichbar. Auf der anderen Seite legen die Gerätenormen z. B. IEC 60950 für Bürogeräte, 60601-1 für Medizinische Geräte oder die IEC 0335-1 für Haushaltgeräte im Detail fest, welche Grenzwerte einzuhalten sind und nach welchen Verfahren gemessen werden muss. Geräte- und Anlagebauer stehen nun vor dem Problem, dass sie für die Einhaltung ihrer geltenden Norm Komponenten verschiedener Hersteller evaluieren müssen, deren Angaben betreffend Ableitstrom nur mit Vorbehalten verglichen werden können.

Für die Bestimmung des Ableitstromes werden Berechnungsmodelle herangezogen. Diese Modelle beruhen auf idealisierten Bedingungen. So werden die Toleranzen der Kapazitäten und der Netzspannung berücksichtigt. Auf der anderen Seite werden die parasitären Effekte vernachlässigt. Allerdings führen die im idealisierten Modell gemachten Vereinfachungen zu vernachlässigbaren Fehlern, verglichen zu den doch relativ grossen Toleranzen, die in die Berechnung einfließen. So werden z. B. die Kondensatoren mit +/-20% Toleranz der Kapazität spezifiziert. Die Erfahrung zeigt, dass die Kapazitäten in der Realität viel kleineren Toleranzen unterliegen. Bei der Bestimmung der Ableitströme muss zwischen 1- und 3-Phasern unterschieden werden.

### ABLEITSTROM BEI 1-PHASENFILTERN

Bei den 1-Phasern muss für die Bestimmung des Ableitstromes der schlimmste Fall angenommen werden. Dieser tritt dann auf, wenn der Neutralleiter unterbrochen ist. Aus diesem Grund darf das Schaltbild des Filters (Abbildung 3) durch ein vereinfachtes Ersatzschaltbild (Abbildung 4) dargestellt werden.

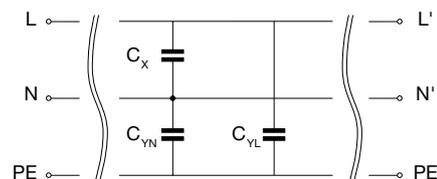


Abbildung 3: Kondensatornetzwerk eines 1-Phasen Filters

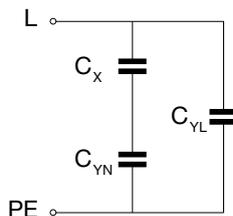


Abbildung 4: Vereinfachtes Ersatzschaltbild für die Bestimmung des maximalen Ableitstromes

Der Ableitstrom lässt sich nun einfach berechnen:

$$I_{Abl} = U * \omega \left( C_{YL} + \frac{C_X * C_{YN}}{C_X + C_{YN}} \right)$$

Den grössten zu erwarteten Ableitstrom erhält man bei einer Netzspannungstoleranz von +10% und Kondensator toleranzen +20% sowie bei einer Netzfrequenz von 60Hz.

### ABLEITSTROM BEI 3-PHASENFILTERN

Ein idealer 3-Phasenfilter hätte unter der Voraussetzung einer symmetrischen und linearen Belastung keine Ableitströme auch bei grossen asymmetrischen Störungen. Abbildung 5 zeigt den Ausschnitt der Y Kondensatoren in einem 3-Phasenfilter.

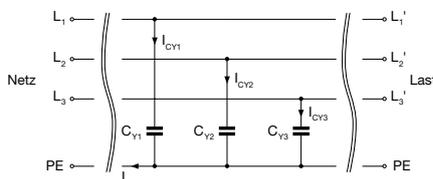


Abbildung 5: Y-Kondensatoren in einem 3-Phasen Filter

In der Realität ist ein 3-Phasenfilter aus folgenden Gründen immer unsymmetrisch belastet:

- Toleranzen der Y-Kondensatoren
- Unsymmetrien im Versorgungsnetz
- Unsymmetrische Last
- Unsymmetrien innerhalb des Filters infolge nicht idealer Anordnung der Komponenten.

Bei 3-Phasern werden die Ableitströme der einzelnen Phasen vektoriell zu einem resultierenden Ableitstrom addiert (Abbildung 6).

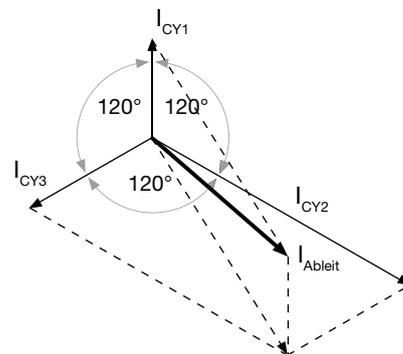


Abbildung 6: Ermittlung des resultierenden Ableitstromes bei 3-Phasen Filtern

### KLASSIFIZIERUNG VON ABLEITSTRÖMEN

Um den verschiedenen Anforderungen betreffend Ableitstrom Rechnung zu tragen, klassifizieren Filterhersteller ihre Produkte. Dabei gibt es Filter für Standardanwendungen, Medizinanwendungen, Industrieanwendungen, usw. Gerade im medizinischen Bereich gelten betreffend Ableitströmen erhöhte Anforderungen, da Patienten in den direkten Kontakt mit Geräten kommen können. In diesem Bereich werden noch kleinere und in vielen Fällen sogar keine Y-Kondensatoren eingesetzt, damit die Grenzwerte eingehalten werden können. So spricht SCHURTER zum Beispiel von M5-Filtern mit einem Ableitstrom von maximal 5µA (keine Y-Kondensatoren) oder von M80-Filtern mit einem Ableitstrom von maximal 80µA.

Es gibt jedoch keine Norm, die vorschreibt, welche Klassen es gibt, wie diese heissen und welche Grenzwerte jeweils gelten. Trotzdem helfen diese Einteilungen dem Anwender, schnell das für seine Anwendung passende Produkt zu finden.

Luzern, November 2007



Christoph Buob  
Produktmanager Gerätestecker und EMV  
SCHURTER AG  
Werkhofstrasse 8-12, 6002 Luzern  
Tel. ++41+41 369 34 51  
Fax. ++41+41 369 32 65  
christoph.buob@schurter.ch  
www.schurter.com