Rauschunterdrückung und Überspannungsschutz von Stromversorgungen

Stromversorgungen jeglicher Art müssen jederzeit zuverlässig und störungsfrei funktionieren. Um dies sicherzustellen, muss die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) normgerecht gewährleistet sein.

Die EMV beinhaltet bekanntlich zum einen den eigenen Schutz und zum anderen die Beschränkung eigener eventuell störender Aussendungen. So müssen z.B. die Eingänge von Stromversorgungen adäquat geschützt werden und zwar gegen Störungen wie Rauschen und Überspannungen, um eine Fehlfunktion oder Schaden der Schaltung zu verhindern. Nachfolgend werden dazu geeignete Bauelemente vorgestellt.

Grundlagen

Elektromagnetische Störungen treten im Frequenzbereich von 0 Hz bis 400 GHz als leitungs- oder feldgebundene Phänomene, als Entladungen statischer Elektrizität und als energieintensive elektromagnetische Strahlungsfelder in Erscheinung.

Je nach Puls gibt es verschiedene Lösungen, die von der Energiemenge abhängen. So sollte der Impuls durch Öffnen/Schließen von Stromkreisen durch EMI-Filter, durch die elektromagnetische Charakteristik der Spule geschützt werden. Gegen große Energie, wie z.B. von einem Blitz, braucht es ein Überspannungsschutzgerät wie das SPD (Surge-Protection-Device).

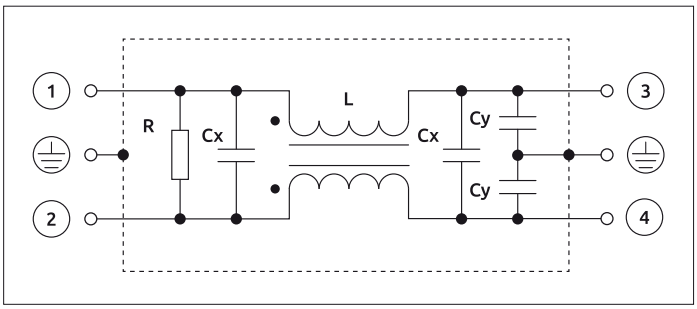

Bild 1: Schaltplan des einphasigen EMI-Filters

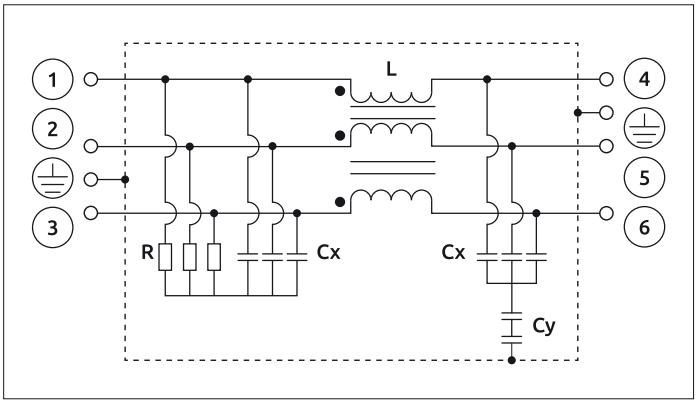

Bild 2: Schaltplan eines dreiphasigen EMI-Filters

Wir konzentrieren uns im Folgenden auf Komponenten zum Eingangsschutz.

Es gibt diverse Möglichkeiten, Geräteeingänge mit einzelnen Komponenten, wie z.B. TVS, GDT, Kondensatoren, Induktivitäten, Widerständen usw., in Kombination zu schalten und damit zu schützen. Dafür benötigt es Platz und einer richtigen Schaltung auf der Leiterplatte. Die Lösungen, die von Hersteller Okaya angeboten werden, sind fertige Filter und SPD-Module.

Charakteristik von EMI-Filtern

Im Allgemeinen ist ein Schlüsselfaktor von EMI-Filtern ihre

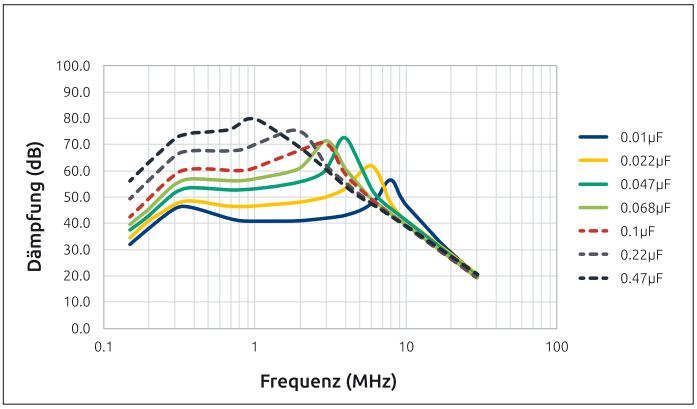

Bild 3: Common-Mode-Dämpfungscharakteristik durch Kapazitätsänderung von C_y

Autor:
Falko Ladiges
Teamleader PEMCO,
WDI AG
www.wdi.ag

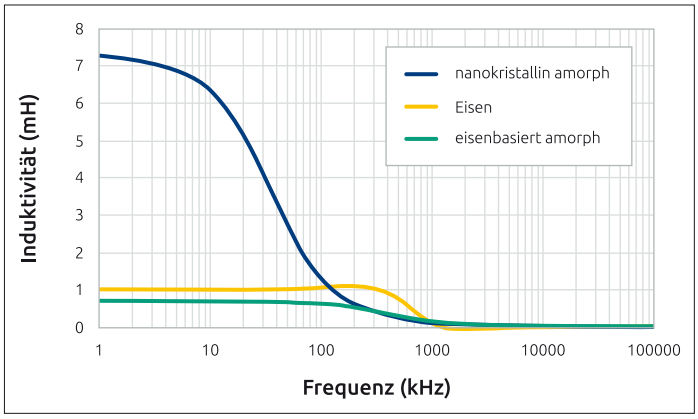

Bild 4: Induktivitäts-Frequenz-Kennlinie durch Differenz der magnetischen Materialien am EMI-Filter

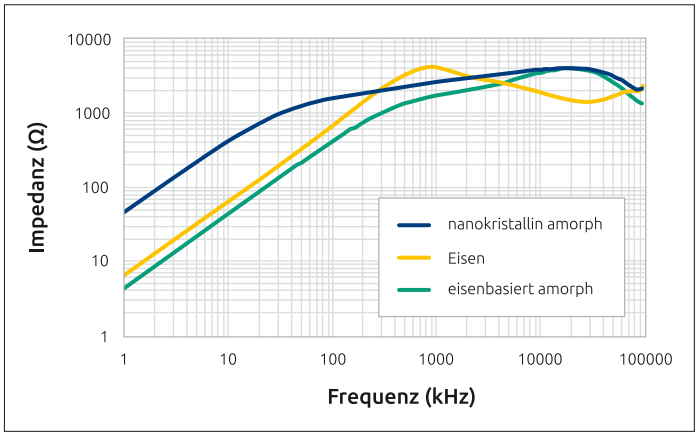

Bild 5: Impedanz-Frequenz-Kennlinie durch Differenz der magnetischen Materialien am EMI-Filter

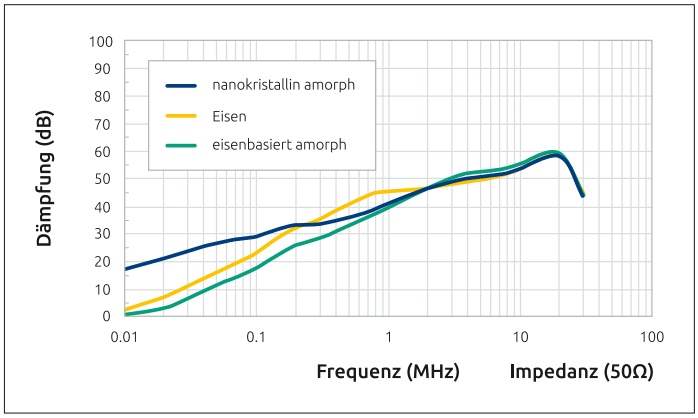

Bild 6: Gleichtakt-Rauschunterdrückungscharakteristik durch Differenz der magnetischen Materialien auf EMI-Filter

Dämpfungscharakteristik. Diese wird generell durch Messung mit einer geringen Spannung und einem 50-Ohm-Messgerät ermittelt. Doch EMI-Filter erfahren in der Anwendung oft höheres Spannungsrauschen und größere Energie, sodass die tatsächlichen Messwerte von den ursprünglichen definierten Dämpfungseigenschaften abweichen. Die Sättigung von Spulen kann als Grund dafür angesehen werden. Wir betrachten nachfolgend die Dämpfungscharakteristik von EMI-Filtern.

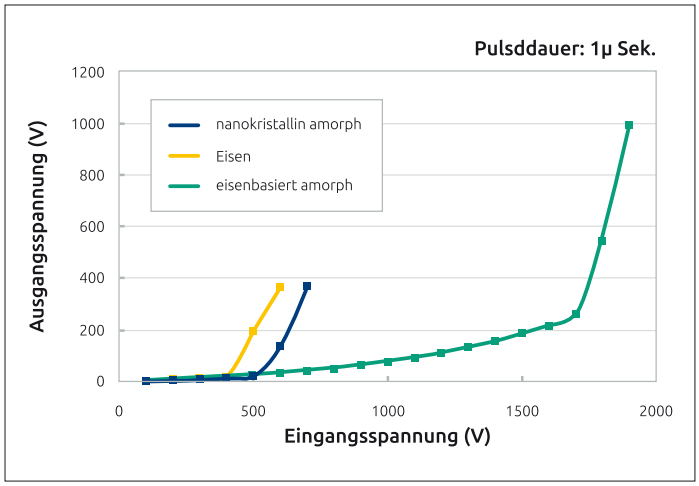

Bild 7: Pulsdämpfungscharakteristik durch Differenz der magnetischen Materialien an der Gleichtaktspule

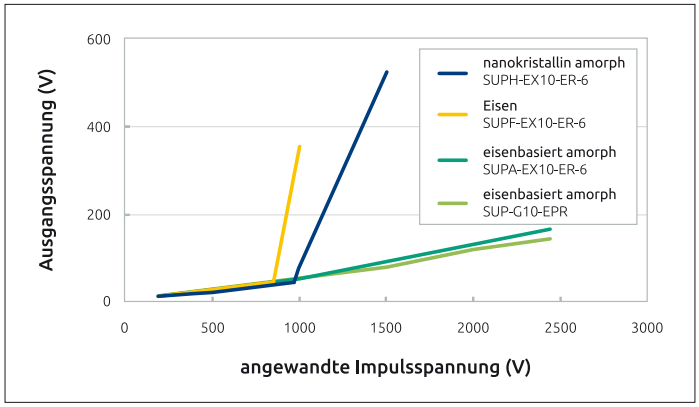

Bild 8: Impulsdämpfungscharakteristik verschiedener EMI-Filter

EMI-Filter bestehen aus Kondensatoren zwischen den Leitungen (C_x), Kondensatoren zwischen Leitung und Erde (C_y), einer Gleichtaktspule (L) und Entladewiderständen (R), s. Bild 1 und 2.

Die Dämpfungscharakteristik im Common Mode (Gleichtakt) wird durch die Kapazität von C_y und der Induktivität der Spule gebildet, beim Differential Mode (Normalbetrieb) durch die Kapazität C_x und der Induktivität der Spule. Je nach Frequenzanstieg wird die Dämpfungscharakteristik durch das Kernmaterial der Spule, die Streukapazität und die Kondensatorinduktivität beeinflusst.

Bei größerer C_x-Kapazität wird das Normalbetriebsrauschen mehr gedämpft, aber der Blindstrom erhöht und der Leistungsfaktor gesenkt. Wird C_y größer, so sinkt das Gleichtak-

Bild 9: SUP-GH Serie

Bild 10: SUPA-EX/EY Serie

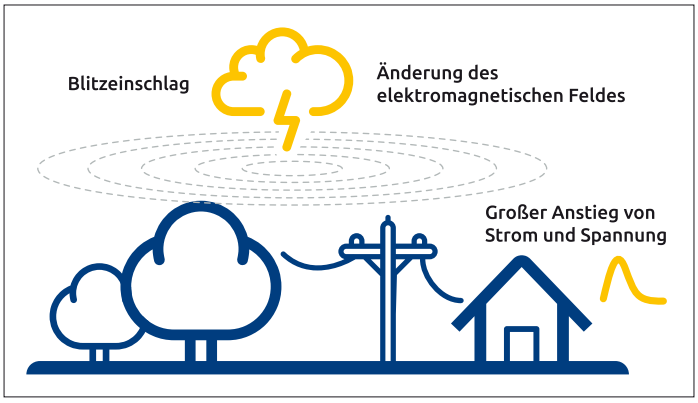

Bild 11: Mechanismus der induzierten Blitzüberspannung

trauschen, aber der Leckstrom steigt. Es ist eine Art Kompromiss, bei dem die Kapazität größer als die Dämpfung oder die Kapazität kleiner als der Blindstrom/Ableitstrom wird. Siehe Bild 3 für die Änderung der Dämpfungscharakteristik des Gleichtaktrauschens in Abhängigkeit von der Änderung der C_y-Kapazität.

Die Eigenschaften von elektromagnetischen Materialien ändern die Eigenschaften der Spulen. Es gibt einige Arten von elektromagnetischen Materialien für EMI-Filter wie MnZn-Ferrit, nanokristalline amorphe oder eisenbasierte amorphe Materialien. Siehe Tabelle 1 für die jeweiligen Eigenschaften. In den Bildern 4 und 5 werden die unterschiedlichen Eigenschaften der Induktivität und Impedanz über die Frequenz dargestellt. Bild 6 betrifft die Gleichtakt-Rauschunterdrückung von EMI-Filtern mit verschiedenen elektromagnetischen Materialien aus Tabelle 1.

Wie man in den einzelnen Diagrammen sehen kann, kann man bei nanokristallinem amorphem Material eine bessere Leistung als bei den anderen Materialien bei geringerem Bandrauschen erwarten. Die Rauschdämpfung von amorphen Materialien auf Eisenbasis ist etwas schlechter als die von Ferriten bei mittlerem und niedrigem Frequenzband, da die Anfangspermeabilität gering ist. Siehe Bild 7 für die Impulsdämpfungscharakteristik der Spule. Wenn die Impulseingangsspannung mehr als 400...600 V beträgt, steigt die Ausgangsspannung bei Spulen mit Ferrit- und aus nanokristallinem amorphem Material schnell an, aber eisenbasiertes amorphes Material beginnt erst bei 1700 V, sich zu zu sättigen. Wegen der Sättigung ist die magnetische Flussdichte größer als 1 T und die Anfangspermeabilität gering. Daher kann der größere Effekt bei auf eisenbasierten amorphen Kernen für Pulsrauschen erwartet werden.

Bild 8 zeigt die Impulsdämpfungseigenschaften von EMI-Filtern für die jeweils drei genannten Materialien. Filter mit eisenbasierten amorphen Kernen sättigen noch nicht einmal bei 2500 V, wobei die anderen bereits bei 800...1000 V gesättigt sind, sodass ein deutlich größerer Effekt gegen großes Impulsrauschen erwartet werden kann.

Als Beispiel einphasige EMI-Filter mit amorphem Kern auf Eisenbasis von Hersteller Okaya siehe Bild 9 und 10.

Lösung für induzierte Blitzüberspannung mit SPD

Geräte werden immer schneller und multifunktionaler und die elektrischen Komponenten durch geringere Treiberspannungen und hohe Integrationsdichte immer anfälliger für Überspannungen. Das Risiko, dass die Geräte durch Blitzüberspannungen beschädigt werden wird immer größer und durch immer dichtere Vernetzung werden die Invasionswege des Blitzes immer komplizierter.

EMI-Filter allein können dieses Problem nicht lösen, deshalb ist die Verwendung von zusätzlichen Überspannungsschutzgeräten (SPDs) für die Netzleitung, den EMI-Filtern vorgelagert, ein effektiver Weg. Nachfolgend werden Lösungen mit SPD gegen Blitzüberspannungen vorstellt.

Induzierte Blitzüberspannung (Induced Lightning Surge)

Das elektromagnetische Feld ändert sich plötzlich, wenn sich aus Gewitterwolken ein Blitz Richtung Erde entlädt. Dieser induzierte Strom in Leitungen/Überlandleitungen fließt dann

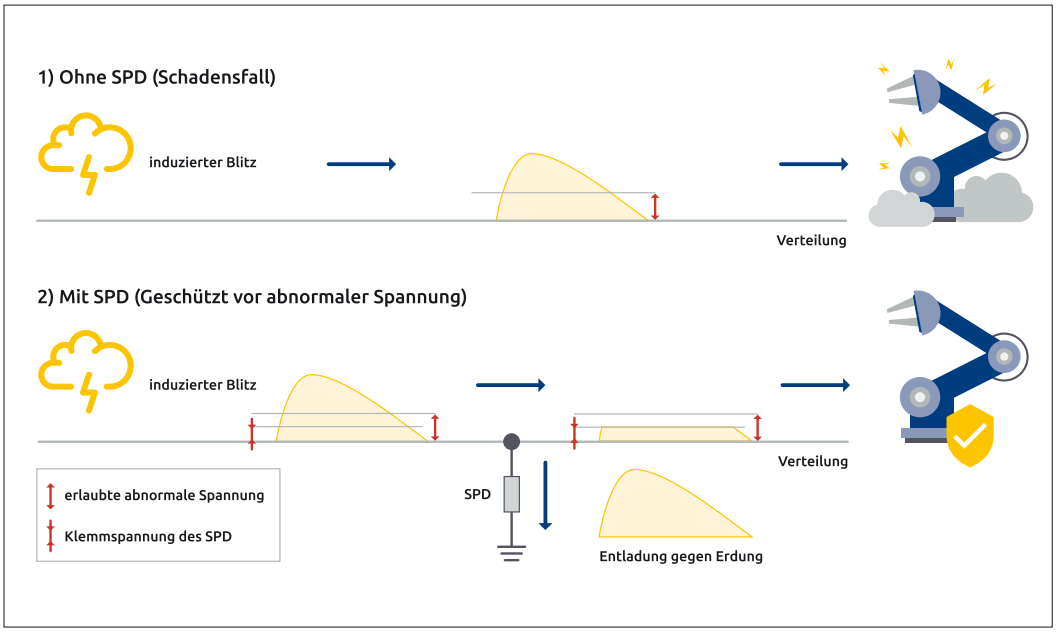

Bild 12: Einsatz und Funktion eines SPDs

Parameter	Eisen	nanokristallin amorph	eisenbasiert amorph
Sättigung magnetische Flussdichte	ca. 0,4 T	ca. 1,2 T	mehr als 1 T
Anfangspermeabilität	ca. 7000	ca. 60.000	ca. 4400
Curie-Temperatur	ca. 140 °C	mehr als 500 °C	mehr als 500 °C

Tabelle 1: Magnetische Materialkennlinie für Gleichtaktspulen

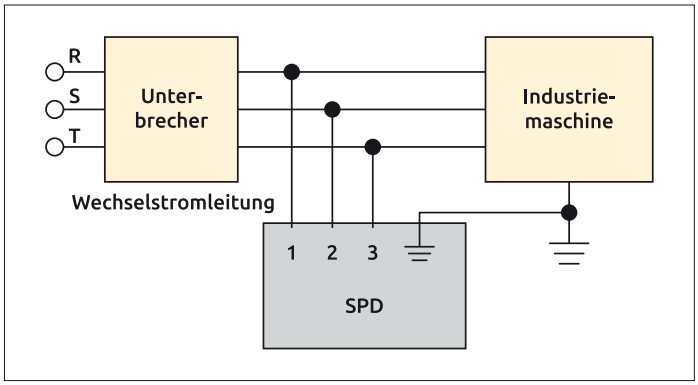

Bild 13: Schaltung für Überspannungsschutz von Industriemaschinen

in elektrische Geräte in Haushalten, s. Bild 11.

Aufgabe von Überspannungsschutzgeräten

Das SPD ist ein Gerät, das verhindert, dass plötzlich auftretende Überspannungen/Überströme wie durch Blitzstoß oder Blitzeinschlag in elektrische Geräte eindringen. Es wird mit der Stromleitung oder zwischen Kommunikationsleitung und Erdung verbunden. Es ist isoliert von der Schaltung, doch sobald der Blitzstoß eintritt, reagiert das SPD, entlädt den Strom zur Erdung und hält eine bestimmte Spannung aufrecht. Nach verrichteter Arbeit kehrt es automatisch wieder in den normalen Modus zurück und es gibt keinen Einfluss auf die Schaltung, s. Bild 12.

Lösungen mit dem SPD für die Stromleitung

- Industrielle Maschinen

Verwendung finden SPD etwa in der Eingangsstromleitung für Industriemaschinen wie Werkzeugmaschinen, Lasern, Robotern, Halbleiterfertigungsanlagen, Montagegeräten oder Servoverstärkern. Für die USA und Europa ist es notwendig, dasjenige SPD zu wählen, das eine Zulassung nach Sicherheitsstandards wie UL/cUL oder IEC/EN hat. Bild 13 zeigt die Schaltung für den Überspannungsschutz von Industriemaschinen. In Bild 14 sind die SPDs LV275DI-Q4/LV275DI-U4 und GFA-300-Q4 mit UL1449, CSA C22.2, IEC/EN61643-11 zu sehen.

Durch die wiederholenden Überspannungen und Ströme über seine Spezifikation hinaus geht das SPD in den Kurzschlussmodus. Durch seine Funktion, sich vom Stromkreis zu trennen, verhindert es ein Verbrennen oder Rauchentwicklung. So gibt es SPDs mit eingebauter Fail-Safe-Funktion, die visuell durch eine Farbänderung des Anzeigefensters als ausgefallen erkannt werden kann, wenn es sich vom Stromkreis trennt, oder

Bild 14: Die SPDs LV275DI-U4 und GFA-300-Q4

es wird durch die Signalleitung des B-Kontaktes sofort erkannt, was den Ausfall des SPDs noch schneller meldet und die Netzwerksicherheit erhöht.

LED-Beleuchtung

In LED-Außenbeleuchtungen erfordert es zunehmend Blitzstoß-Prüfspannungen von 15 kV (1,2/50 µs) für den gemeinsamen Modus der LED-Außenbeleuchtung und außerdem gibt es mehr invasive Wege des Blitzstoßes über die Licht-Steuerungs-Signalleitung. Für diesen Fall gibt es eine Lösung, die Verbindung der Stromleitung und der Signalleitung mit SPDs zu schützen. Besonders für die Power Line sind SPD mit ausfallsicherer Funktion und Wasserdichtigkeit am besten geeignet, s. Bild 15. Produktbeispiele bringt schließlich Bild 16.

Schlussfolgerungen

Die Lösung für die Immunität von Schaltungen und Stromversorgungen wird immer wichtiger, je weiter die Entwicklungen von elektronischen Geräten voranschreiten (kleiner und schneller) und je niedriger die Versorgungsspannung ist. Zum Schutz von Geräteeingängen sollten die richtigen Komponenten an der richtigen Stelle entsprechend der Energiemenge des Stoßes eingesetzt werden. Nützliche Bauelemente stellen die in diesem Artikel vorgestellten Filter und SPD-Module dar. ◄

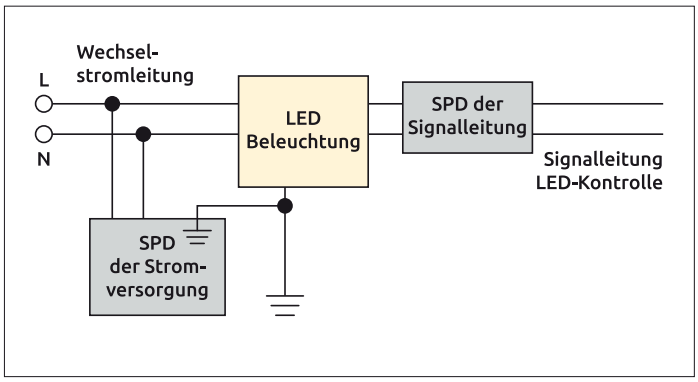

Bild 15: Surge Protection für LED Beleuchtung

Bild 16: Die SPDs RGF10-152-Q4 (Power Line) und RAM-152BQZ (LED)