Rauschunterdrückung und Überspannungsschutz von Stromversorgungsschaltungen

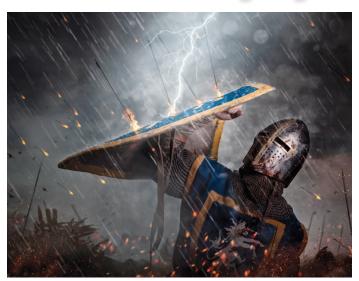


Bild: Shutterstock-ID: 440619679

Stromversorgungen jeglicher Art müssen jederzeit zuverlässig und störungsfrei funktionieren. Um dies sicherzustellen muss die Elektro-Magnetische-Verträglichkeit, kurz EMV gewährleistet sein. Diese beinhaltet zum einen den eigenen Schutz vor Elektro-Magnetischen Funktionsstörungen (EMI) wie Elektro-Magnetischer-Emission (EME) und Elektro-Magnetischen-Störungen (EMS) und zum anderen dürfen auch durch die Schaltung keine anderen Objekte (Stromkreise, Geräte, Systeme oder Lebewesen) in nicht hinnehmbarer Weise in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.

Stromrauschen und Überspannungen

Zum Schutz von externen Störungen müssen die Eingänge von Stromversorgungen adäquat geschützt werden. Sie sind gegen Stromrauschen (Noise) und Überspannungen zu schützen, um eine Fehlfunktion oder Schaden der Schaltung zu verhindern. Nachfolgend werden Bauelemente vor-

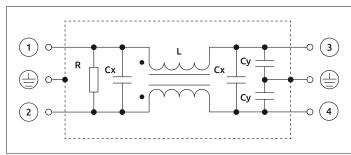


Bild 1: Schaltplan des einphasigen EMI-Filters

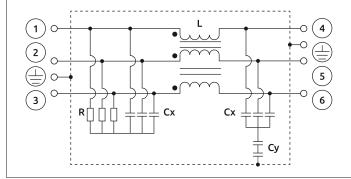


Bild 2: Schaltplan eines dreiphasigen EMI-Filters

gestellt, die genau diese Fehlfunktionen durch EMI und Schaden an der Schaltung durch Elektro-Magnetische Störgrößen verhindern, wie elektromagnetische Phänomene, unerwünschte Signale, oder Parameteränderungen im Übertragungsweg. Elektromagnetische Störgrößen 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. ein induzierter Blitz, braucht es ein Überspannungsschutzgerät wie das SPD (Surge-Protection-Device).

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 vom Hersteller Okaya angeboten werden, sind fertige Filter und SPD Module. Beispielfotos befinden sich jeweils am Ende der folgenden Punkte.

Die Charakteristik von EMI-Filtern

Im Allgemeinen ist ein Schlüsselfaktor von EMI-Filtern ihre Dämp-



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

WDI AG www.wdi.ag

	Eisen	nanokristallin amorph	eisenbasiert amorph
Sättigung magnetische Flussdichte	ca. 0,4T	ca. 1,2T	Mehr als 1,0
Anfangspermeabilität	ca. 7.000	ca. 60.000	ca. 4.400
Curie Temperatur	ca. 140 °C	Mehr als 500 °C	Mehr als 500 °C

Tabelle 1: Magnetische Materialkennlinie für Gleichtaktspulen

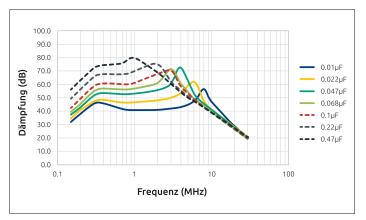


Bild 3: Common Mode Dämpfungscharakteristik durch Kapazitätsänderung von Cy

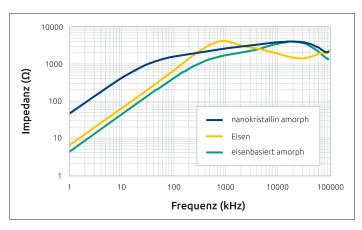


Bild 5: Impedanz-Frequenz-Kennlinie durch Differenz der magnetischen Materialien am EMI-Filter

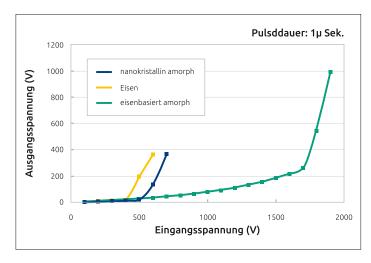
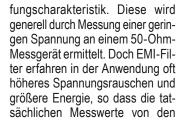


Bild 7: Pulsdämpfungscharakteristik durch Differenz der magnetischen Materialien an der Gleichtaktspule



ursprünglichen definierten Dämpfungseigenschaften abweichen. Die Sättigung von Spulen kann als Grund dafür angesehen werden. Wir betrachten nachfolgend die Dämpfungscharakteristik von EMI-Filtern.

EMI-Filter bestehen aus Kondensatoren zwischen den Leitungen (Cx),

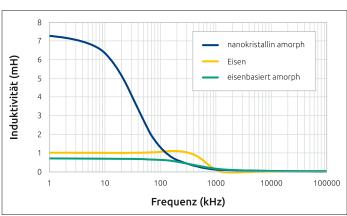


Bild 4: Induktivitäts-Frequenz-Kennlinie durch Differenz der magnetischen Materialien am EMI-Filter

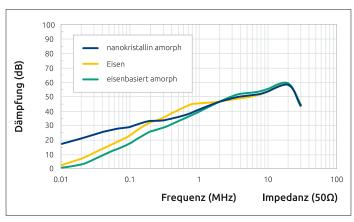


Bild 6: Gleichtakt-Rauschunterdrückungscharakteristik durch Differenz der magnetischen Materialien auf EMI-Filter

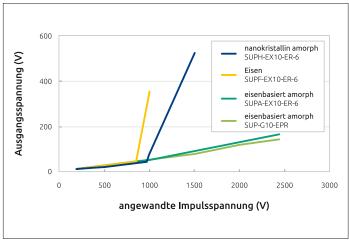


Bild 8: Impulsdämpfungscharakteristik verschiedener EMI-Filter

Kondensatoren zwischen Leitung und Erde (Cy), einer Gleichtaktspule (L) und Entladewiderständen (R) (siehe Bild 1 und 2).

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

PC & Industrie 10/2020 141

Bauelemente



Bild 9: SUP-GH Serie

Wenn die Cx-Kapazität größer wird, wird das Normalbetriebsrauschen gedämpft, aber der Blindstrom wird erhöht und der Leistungsfaktor wird niedriger. Wird die Cy-Kapazität größer, so wird das Gleichtaktrauschen gedämpft, aber der Leckstrom wird erhöht. Es ist eine Art Kompromiss, bei dem die Kapazität größer als die Dämpfung oder die Kapazität kleiner als der Blindstrom/Ableitstrom wird. Bild 3 zeigt die Änderung der Dämpfungscharakteristik des Gleichtaktrauschens in Abhängigkeit von der Änderung der Cy-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 Materi-



Bild 10: SUPA-EX/EY Serie

alien, siehe Tabelle 1 für die jeweiligen Eigenschaften. In den Bildern 4 und 5 werden die unterschiedlichen Eigenschaften der Induktivität und Impedanz über die Frequenz und in Bild 6 die Gleichtakt-Rauschunterdrückung von EMI-Filtern mit verschiedenen elektromagnetischen Materialien aus Tabelle 1 dargestellt.

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

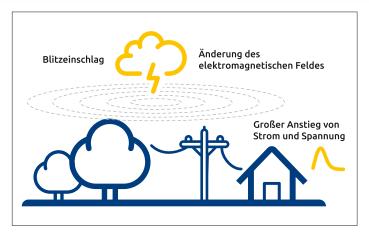


Bild 11: Mechanismus der induzierten Blitzüberspannung

Impulseingangsspannung mehr als 400 - 600 V beträgt, steigt die Ausgangsspannung bei Spulen mit Ferrit und aus nanokristallinem amorphem Material schnell an, aber bei eisenbasiertem amorphem Material beginnt sie erst bei 1700 V zu sättigen. Wegen der Sättigung ist die magnetische Flussdichte größer als 1,0T Ohm und die Anfangspermeabilität ist 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 2.500 V, wobei die anderen bereits bei 800 - 1.000 V gesättigt sind, so dass ein deutlich größerer Effekt gegen großes Impulsrauschen erwartet werden kann.

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

Lösung für induzierte Blitzüberspannung, mit Überspannungsschutzgerät (SPD)

Geräte werden immer schneller und multifunktionaler und die elektrischen Komponenten wie ICs wer-

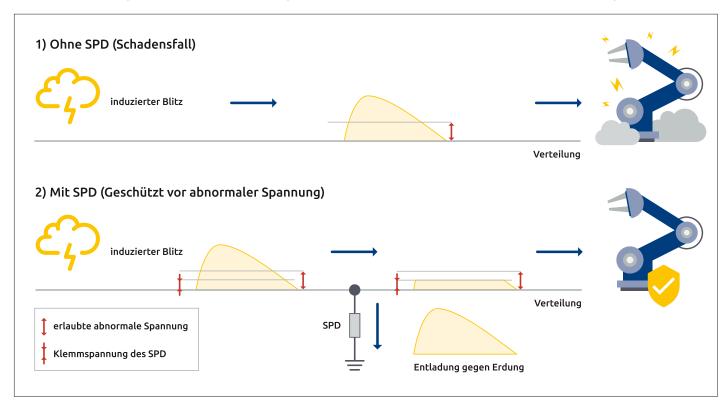


Bild 12: Einsatz und Funktion eines SPD

142 PC & Industrie 10/2020

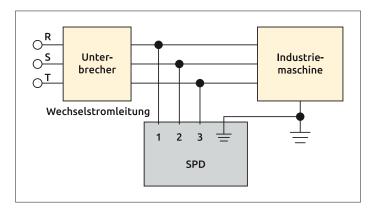


Bild 13: Überspannungsschutz für Industriemaschinen

den 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, vorgelagert vor den EMI-Filtern 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 in elektrische Geräte in Haushalten, siehe Bild 11).

Aufgabe von Überspannungsschutzgeräten (SPDs)

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, siehe 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 Überspannungsschutz von Industriemaschinen.

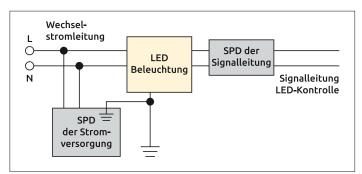


Bild 15: Surge Protection für LED Beleuchtung

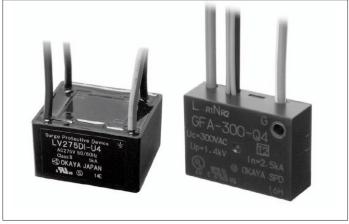


Bild 14: SPD (Surge Protection Device) LV275DI-U4 und GFA-300-Q4

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 zu 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 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, siehe Bild 15).

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.

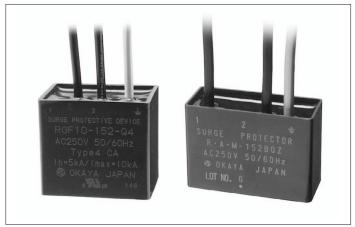


Bild 16: SPD RGF10-152-Q4 (Power Line) und RAM-152BQZ (LED)

PC & Industrie 10/2020 143