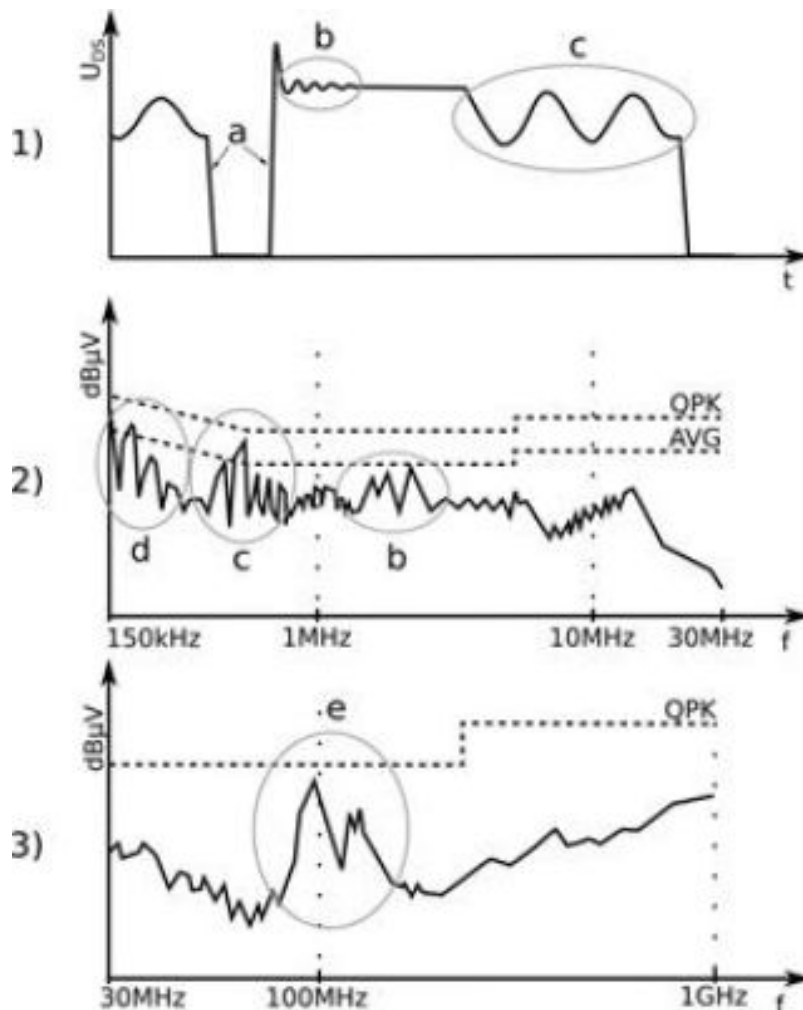


EMV bei Schaltnetzteilen

30.09.2016, 19:00 | Energie & Umwelt

Pressemitteilung von: *FRIWO Gerätebau GmbH*

Presseagentur: *FRIWO Gerätebau GmbH*



Messungen, durchgeführt an einem Sperrwandler

Störaussendungen messen und analysieren

Früher, als die Stromversorgungen noch mit linear geregelten Transformatoren realisiert wurden, war die Welt der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) noch in Ordnung. Die Schaltungen waren übersichtlich, die Frequenzen niedrig, die elektromagnetischen Emissionen gering. Doch als die Anforderungen an Effizienz und Performanz stiegen und der Siegeszug der Schaltnetzteile begann, kamen auch die Probleme mit der EMV. Doch was verursacht diese Probleme und die damit verbundenen Kopfschmerzen der Entwickler?

Die elektromagnetische Verträglichkeit allgemein beschreibt die Wechselwirkung zwischen einem elektrischen Gerät und dessen Umgebung. Mit dieser Wechselwirkung wird zum einen eine Grenze für die maximale Abstrahlung definiert, zum anderen eine Unempfindlichkeit gegenüber eingekoppelter Strahlung vorausgesetzt. Die Grenze, für die zulässige Emission elektromagnetischer Wellen stellt sicher, dass andere Geräte in der Umgebung nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt werden und auch für den Benutzer keine Gefahr von diesem Gerät ausgeht. Die Empfindlichkeit

gegenüber elektromagnetischer Strahlung definiert eine Grenze für vorhandene Strahlung, bei der das Gerät noch fehlerfrei funktioniert. Doch wo liegen diese Grenzen? Die große Anzahl elektrischer Geräte in unserem Umfeld und die stetig steigende Anzahl an kabellosen Verbindungen macht es schwierig Testbedingungen zu schaffen, die repräsentativ für ein solch komplexes Zusammenspiel sind. Hier helfen die entsprechenden Normen, die je nach Einsatzgebiet des Gerätes und Zulassungsland, nicht nur diese Grenzen definieren, sondern auch gleichzeitig den Testaufbau vorgeben. Im Folgenden soll eine kurze Übersicht über die verschiedenen Messungen gegeben werden. Der Umfang dieses Artikels reicht nicht aus um alle Messungen und Tests zu beschreiben, daher wird hier nur auf die leitungs- und feldgebundene Emission eingegangen.

Die elektromagnetischen Störungen, die von dem zu testenden Gerät ausgehen können, können zum einen leitungsgebunden übertragen und zum anderen über die Luft an die Umgebung abgestrahlt werden. Um hier die entsprechenden Werte messen zu können ist die erste Herausforderung eine neutrale und reproduzierbare Umgebung zu erzeugen. Das bedeutet, dass der Messaufbau möglichst isoliert von der Umgebung aufgebaut wird, so dass die Messergebnisse nicht durch andere elektrische Geräte verfälscht werden können. Idealerweise wäre dies eine Fläche auf freiem Feld, fernab von möglichen Störquellen.

Bei der Messung der leitungsgebundenen Störaussendung wird das zu vermessende Gerät nicht direkt mit dem Stromnetz verbunden, sondern über eine Netznachbildung (engl.: Line Impedance Stabilisation Network – LISN). Das LISN hat zum einen die Aufgabe, eine für das Stromnetz repräsentative Impedanz nachzubilden, dies ist wichtig, um reproduzierbare Messbedingungen zu erhalten, die möglichst dem späteren Einsatzszenario entsprechen. Außerdem unterdrückt das LISN hochfrequente Störungen die bereits auf dem Netz vorhanden sind und die Messung verfälschen würden. Das LISN stellt auch einen Anschluss für einen Messempfänger zur Verfügung, an dem die hochfrequenten Störungen des Prüflings, entkoppelt von der Netzspannung anliegen.

Bei der Messung der räumlich abgestrahlten Störaussendung muss ein größerer Aufwand betrieben werden, um einen normativen Aufbau zu erhalten. Dieser sieht vor, Bedingungen zu schaffen, die einer Freifeldmessung ähneln. In den Normen wird der 10m Freifeldmessplatz als Referenz angenommen. Dieser Messplatz ist bis auf die Antenne und einem elektrisch leitfähigen Untergrund frei von elektromagnetischen Hindernissen. Der Prüfling befindet sich in 10m Entfernung von der Antenne 1m über dem leitfähigen Untergrund. Der leitfähige Untergrund dient als Bezugsfläche und reflektiert die vom Prüfling abgegebene elektromagnetische Strahlung. Da sich in der Umgebung keine Hindernisse befinden dürfen, ist die Bezugsplatte der einzige Reflektor für das elektromagnetische Feld des Prüflings. Da der Prüfling nicht unbedingt isotrop abstrahlt, also die Strahlung nicht gleichmäßig in alle Richtungen abgibt, muss der Prüfling von verschiedenen Seiten betrachtet und deshalb gedreht werden. Auch die Polarisation des elektrischen Feldes, das der Prüfling emittiert, ist unbekannt, wodurch die Antenne sowohl horizontal als auch vertikal polarisierte Felder detektieren können, beziehungsweise drehbar aufgehängt werden muss. Ein solcher Freifeldmessplatz wird jedoch von seiner Umwelt beeinflusst. Dabei spielen nicht nur die Wettereinflüsse eine entscheidende Rolle sondern auch verschiedene Funkdienste, die verhindern dass die Störung des Prüflings in den entsprechenden Frequenzbändern detektiert werden kann.

Um einen Aufbau zu erhalten, der mit einer Freifeldmessung verglichen werden kann, jedoch nicht von Umwelteinflüssen abhängt, sind Absorber- oder Modenverwirbelungsräume, oder Zellen (GTEM & TEM) erforderlich. Diese unterscheiden sich durch die Baugröße, die maximal mögliche Größe des Prüflings, sowie den zulässigen Frequenzbereich. Im Rahmen dieses Artikels wird die Messung in einer Absorberkammer beschrieben. Der Messaufbau in einer Absorberkammer ähnelt dem Aufbau auf einem Freifeld Messplatz sehr. Eine Antenne mit definiertem Abstand zum Prüfling und die Bezugsflächeplatte sind angeordnet wie bei dem Freifeldmessplatz. Dieser Messaufbau wird jedoch komplett von einem Käfig aus Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit umschlossen, um externe Störungen abzuschirmen. Da diese Hülle für die vom Prüfling abgestrahlte Störung wie ein Reflektor wirkt, werden die Messergebnisse verfälscht. Die so hervorgerufenen Reflektionen überlagern sich mit der direkten Strahlung konstruktiv und destruktiv, die gemessene Feldstärke wird also verstärkt oder aufgehoben. Diese Minima und Maxima sind wiederum stark von der räumlichen Anordnung und der Frequenz abhängig und kaum vorhersagbar. Um diese Reflexionen zu unterdrücken sind verschiedene Absorber an der Innenseite der Metallwand angebracht, die die Impedanz des Feldwiderstandes an den des Freifeldes anpassen (377?). Durch diese Impedanzenanpassung wird die Energie nicht reflektiert sondern in Wärme umgesetzt. Da die Effektivität der Absorber von mehreren Faktoren abhängt, wodurch die Qualität der Absorberkammer nicht vorhergesagt werden kann, ist eine Referenzmessung erforderlich. Hierbei wird ein Referenzstrahler auf den Platz des Prüflings gestellt, der eine definierte Strahlung abgibt. Die theoretisch im Freifeld erwarteten Feldstärken werden mit den Messergebnissen verglichen und dürfen nur in definierten Grenzen ($\pm 4\text{dB}$) voneinander abweichen. Sind diese Voraussetzungen gegeben ist die Absorberkammer für die Messung geeignet.

Sowohl bei der leitungsgebundenen als auch bei der feldgebundenen Emission werden die Messwerte in einem Amplitudenspektrum dargestellt und dürfen frequenzabhängige Grenzwerte nicht überschreiten. Die Messwerte können mit unterschiedlichen Detektoren ermittelt werden, als Mittelwert (engl.: average, AVG), Spitzenwert (engl.: Peak, PK) oder Quasispitzenwert (engl.: Quasi peak, QPK). Der QPK ist eine gewichtete Wertung, die sowohl die maximale Amplitude, als auch die Häufigkeit einer auftretenden Störung berücksichtigt und somit kleiner oder gleich dem PK ist. QPK und PK sind nur bei kontinuierlichen ungedämpften Signalen gleich. Da die QPK-Messung deutlich mehr Zeit beansprucht ist es durchaus üblich, zuerst eine PK-Messung durchzuführen und nur bei den Frequenzen, bei denen der PK-Messwert über der vorgegebenen QPK-Grenze liegt die QPK-Messung durchzuführen.

Sollte sich bei den Messungen herausstellen, dass die Grenzen nicht eingehalten werden, sind Gegenmaßnahmen zu ergreifen, wie zum Beispiel ein Filter implementieren. Gerade bei der Serienfertigung oder bei Produkten bei denen der Bauraum begrenzt ist, müssen die Filter genau auf das Gerät zugeschnitten sein, um die Wirtschaftlichkeit und die gewünschte Performanz zu erreichen. Hierzu hilft neben Erfahrungswerten auch das Betrachten der Messergebnisse, welche oftmals Aufschluss über die Herkunft der Störung geben. Das Bild zeigt Messungen an einem Schaltnetzteil mit Sperrwandlerkonzept. Hier können einige Zusammenhänge zwischen dem zeitlichen Verlauf der Drain-Source-Spannung des Leistungsschalters (1) und den Messungen der leitungsgebundenen (2) und der feldgebundenen (3) Störpegeln erläutert werden.

Störquellen unterscheiden sich durch die Bandbreite der ausgestrahlten Störung und können als schmalbandige oder breitbandige Störungen gruppiert werden. Ein sinusförmiges Signal mit einer festen Frequenz würde in einem Amplitudenspektrum als einzelne Linie auftauchen und gilt als schmalbandig. Handelt es sich jedoch beispielsweise um ein abklingendes sinusförmiges Signal wie im Bild (1 b und 1 c), findet sich dieses Signal bei der Frequenz der Grundschwingung ($b = 2,2\text{MHz}$, $c = 450\text{ kHz}$) wieder, jedoch als Ansammlung mehrerer Spektrallinien. Eine solche Ansammlung ist in der Messung zur leitungsgebundenen Störaussendung im Bild (2) zu sehen, für eine einfache Zuordnung wurden die entsprechenden Bereiche (b und c) markiert. Auch die steilen Schaltflanken wie in (1 a) zu sehen sind gelten als breitbandige Störungen. Über die Pulsbreite und die Wiederholungsrate (in diesem Fall ist die Wiederholungsrate gleich der Schaltfrequenz) kann mit Hilfe der Fourier-Transformation das zugehörige Amplitudenspektrum ermittelt werden. Dieses hat einen wellenförmigen Verlauf, dessen Maxima bei der Schaltfrequenz und den ungeraden vielfachen dieser liegen, siehe Bild (2 d). Sind die Schaltflanken sehr steil, findet sich dieser wellenförmige Verlauf im gesamten vermessenen Spektrum wieder. Bei diesen Beispielen konnten die Störpegel recht einfach dem zeitlichen Verlauf zugeordnet werden, da dieser als Quelle bekannt war. Da ein Schaltnetzteil jedoch aus vielen Schaltungsteilen besteht, die als potentielle Störquelle betrachtet werden müssen, ist diese Zuordnung nicht immer so einfach. Bei der Messung feldgebundener Störemission im Bild (3) ist deutlich eine Störung im Bereich (e) um etwa 100MHz zu erkennen. Solch hochfrequente Störungen können auf fehlerhaftes Schalten des Leistungsschalters, auf Sperrverzögerungsströme einer Diode oder auf schwingfähige Systeme hindeuten.

Diese Probleme analytisch anzugehen führt selten zum Erfolg, da auch parasitäre Effekte die Ursache dieser Störung sein können. Hier muss empirisch getestet werden welcher Schaltungsteil als Quelle in Frage kommt. Dies ist sehr zeitaufwendig, da auch eine Wechselwirkung zwischen verschiedenen Schaltungsteilen als Ursache möglich ist. Daher ist das Finden der Störquelle oftmals aufwendiger als die eigentliche Kompensation dieser Störung.

Um die Störemission zu reduzieren gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit ist das Kurzschließen dieser Störungen. Hierzu wird eine für die entsprechende Frequenz niedere Impedanz parallel zur Quelle geschaltet. Dies ist meist ein Kondensator oder ein kleines Netzwerk. Als Beispiel hierfür ist der Y-Kondensator zu nennen, der die über die parasitäre Kapazität zwischen Primär- und Sekundärwicklung übertragene Kopplung kompensiert. In der feldgebundenen Abstrahlung kann ein Signal kurzgeschlossen werden indem ein Schirm eingebracht wird, der beispielsweise aus einer Metallfolie oder einem Kühlkörper oder Ähnlichem bestehen kann.

Die zweite Möglichkeit eine Störemission zu kompensieren, ist das Einbringen einer hohen Impedanz, um die Ausbreitung zu verhindern. Dies können einfache Widerstände oder Induktivitäten sein. Um diesen Zusammenhang an einem Beispiel zu beschreiben eignet sich das Filter im Eingangsbereich besonders gut. Dieses hat die Aufgabe, das Stromnetz vor den hochfrequenten Signalen zu schützen, die durch die Leistungselektronik hervorgerufen werden. Gleichzeitig soll auch die Energie aus dem Stromnetz möglichst effizient an die Leistungselektronik weitergegeben werden. Da die Netzspannung mit 50Hz im Vergleich zu den Störungen mit 15kHz und mehr klein ist nutzt man Induktivitäten, da diese bei niedrigen Frequenzen eine niedrige und erst bei großen Frequenzen eine hohe Impedanz aufweisen. Dies ist wichtig, da sich das Filter im Leistungspfad befindet und somit ein guter Kompromiss aus guter Filterwirkung und guter Energiebilanz realisieren lässt.

Die dritte Möglichkeit eine Störung zu kompensieren, ist die Ursache zu bekämpfen. Dies ist auf den ersten Blick eine naheliegende Lösung, doch ist dies nicht immer der beste Weg. Betrachtet man das Schaltverhalten des

Leistungsschalters, kann hier die Störemission durch ein Abflachen der Schaltflanken reduziert werden. Da die Verlustleistung an dem Leistungsschalter dadurch aber stark ansteigt ist dies nur begrenzt möglich. Ist die Quelle für die Störung ein schwingfähiges System, kann hier die Ursache der Störung unterdrückt werden, in dem die Güte des Systems durch eine Dämpfung reduziert wird oder die Resonanzfrequenz des Systems verschoben wird indem weitere Komponenten hinzugeschaltet werden. Doch auch hier sind dem Entwickler Grenzen gesetzt, da teilweise parasitäre Effekte innerhalb der Bauteile zu diesen Phänomenen führen. Hier hilft dann letztlich nur das Austauschen der Komponente. Oft führt der verwendete Transformator zu solchen Phänomenen, da hier der Aufbau, der Formfaktor und die eingesetzten Materialien einen großen Einfluss auf das elektromagnetische Verhalten haben. Hier reichen oft kleine Änderungen im Aufbau der Wicklung aus, um gravierende Unterschiede hervorzurufen. Das gleiche gilt für das Layout. Große Leiterschleifen oder kapazitive Kopplung zwischen zwei parallel verlaufenden Leiterbahnen sollten, wie schon so oft erwähnt, verhindert werden. Doch auch dies ist nicht immer möglich, da die Leistungsdichte der Schaltnetzteile stetig steigt und somit immer weniger Platz auf der Platine vorhanden ist.

Die schlechte Vorhersagbarkeit dieser Probleme und die steigenden Anforderungen an Effizienz und die damit verbundene Steigerung der Komplexität führen dazu, dass Schaltnetzteile auch in Zukunft Schwierigkeiten mit der elektromagnetischen Verträglichkeit bereiten werden.

Portrait

FRIWO, ein Tochterunternehmen der im General Standard notierten FRIWO AG, ist ein internationaler Hersteller von technisch führenden Ladegeräten, Akkupacks, Stromversorgungen und LED-Treibern für die unterschiedlichsten Branchen. Mit seinen Produkten bedient das Unternehmen anspruchsvolle Kunden in den Segmenten Elektromobilität, Powertools, hochwertige Konsumergeräte, Medizintechnik, Industrieautomatisierung und LED-Beleuchtungstechnik. Außerdem bietet FRIWO seinen Kunden ausgereifte Entwicklungs- und Fertigungsdienstleistungen (E²MS). Das Leistungsspektrum reicht hierbei vom Engineering über die Gerätemontage bis hin zur Produktion kompletter Baugruppen.

News-ID: 920899 • Views: 1253 (Stand: 16.06.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/920899/EMV-bei-Schaltnetzteilen.html>