

Erzeugung steiflankiger Feldimpulse für vergleichende Störfestigkeitsuntersuchungen

Andreas Schütte

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Hermann Kärner

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Dirk Peier

Die elektromagnetische Störfestigkeit elektrischer Einrichtungen ist neben der Begrenzung der Störaussendung wichtig für die fehlerfreie Funktion aller elektrischen und elektronischen Geräte in ihrer elektromagnetischen Umwelt. Die Überprüfung dieser Eigenschaften vor der Inbetriebnahme ist notwendig und auch gesetzlich vorgeschrieben. Die Arbeit liefert einen Beitrag zu Verfahren der Überprüfung der Störfestigkeit.

Üblicherweise wird diese durch die Beanspruchung des zu untersuchenden Geräts mit sinusförmigen elektromagnetischen Feldern in einem weiten Frequenzbereich überprüft. Diese auch als Frequenzbereichs-Prüfverfahren bezeichnete Methode erfordert einen hohen Zeitaufwand, da der Frequenzbereich einerseits nicht zu schnell durchfahren werden sollte und andererseits die Schrittweite zwischen zwei einzustellenden Frequenzen nicht zu groß sein darf.

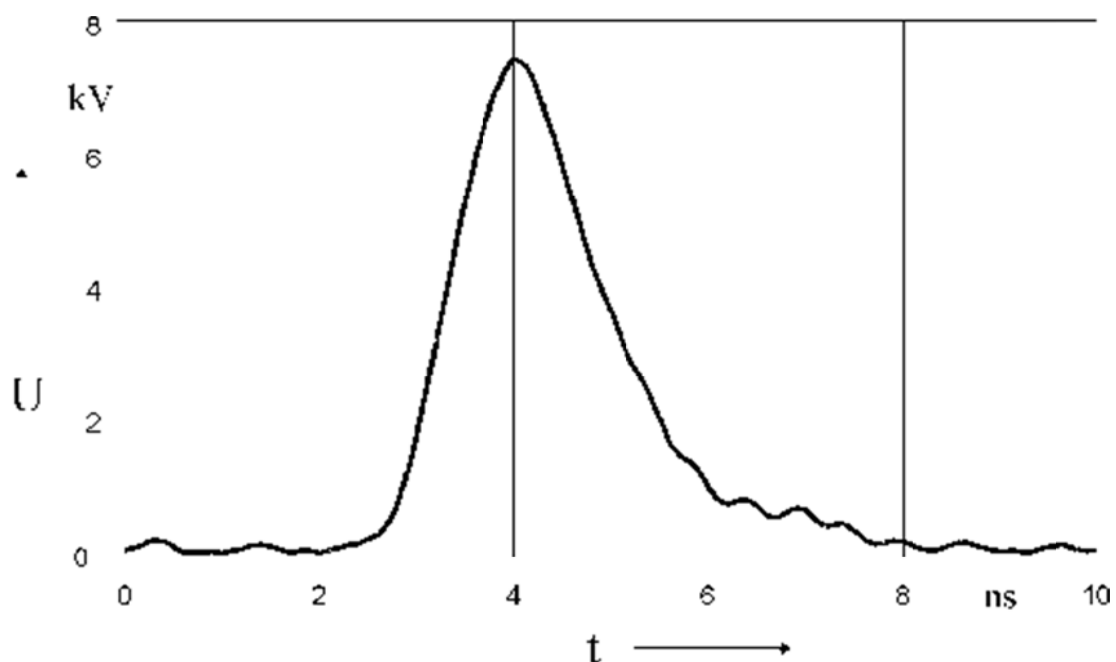
Theoretische Überlegungen und Berechnungen zeigen, daß die Anregung eines zu untersuchenden Systems durch einen "Hammerschlag-ähnlichen" kurzen, aber steilen Stoßimpuls auch die Charakteristik des Systems im Frequenzbereich ermitteln kann (Fourier-Analyse). Ausgehend von diesen Überlegungen wird in der Arbeit untersucht, ob es genügt, die Störfestigkeit mit einer apparativ einfachen und sehr schnell durchführbaren Impuls-anregung zu überprüfen und ob mit diesem Prüfergebnis im Zeitbereich auf das Verhalten der Störsenke im Frequenzbereich (bei sinusförmiger Störfeldeinwirkung) geschlossen werden kann. Während die qualitative Vergleichbarkeit beider Prüfverfahren (Frequenzbereich und Zeitbereich) aufgrund ihrer Verknüpfung über die Fourier-Transformation plausibel erscheint, ist es notwendig, auch ein Kriterium für die quantitative Vergleichbarkeit, also für die Festlegung der Höhe der notwendigen Anregungsamplituden, zu finden.

Der notwendige zeitliche Verlauf der pulsförmigen Störgröße wird bestimmt. Da die Wirkung der beiden Anregungsarten auf Störsenken aufgrund der Dämpfung quantitativ nicht direkt vergleichbar ist, wird als Vergleichskriterium das erste Maximum der durch die pulsförmige Störgröße angeregten gedämpften Resonanzschwingung eingeführt. Dieses meßtechnisch ermittelte Maximum kann mit der Höhe der eingekoppelten Störgröße bei sinusförmiger Anregung verglichen werden. Es wird der Wirkungsgrad eingeführt, welcher das notwendige Verhältnis von pulsförmiger Anregungsamplitude und sinusförmiger Anregungs-amplitude zur Erreichung gleicher Einkopplungsamplituden in Störsenken beschreibt. Die analytische Näherungslösung zeigt die Abhängigkeit dieses Wirkungsgrades von der Impulsdauer der Anregung und der Dämpfung der Störsenke.

- Der Wirkungsgrad $= 1 / (2)$ liegt üblicherweise im Bereich von 10 bis 100.
- Um mit einer pulsformigen Störgröße das Frequenzbereichsverhalten einer Störseke bis zu mehreren hundert MHz bestimmen zu können, dürfen Anstiegszeit, Pulsweite und Abfallzeit nur wenige Nanosekunden betragen.

Da die Amplitude der pulsformigen Störgröße für vergleichende Störfestigkeitsuntersuchungen also ein Vielfaches einer sinusformigen Störgröße beträgt, muß mit einem Impulsgenerator ein Hochspannungsimpuls mit Amplituden bis zu einigen zehn kV bei Anstiegs-/Abfallzeiten im Nanosekundenbereich erzeugt werden. Ein Impulsgenerator mit einer neu entwickelten Doppelfunkenstrecke wird beschrieben.

- Der erzeugte Spannungsimpuls mit einer Amplitude bis zu einigen zehn kV weist eine Anstiegszeit unterhalb einer Nanosekunde auf. Die Abfallzeit beträgt ca. 1,7 ns.
- Ansteigende und abfallende Flanke gehen direkt ineinander über, so daß sich eine mittlere Impulsdauer (50% Amplitudenwerte) von ca. 2 ns ergibt.
- Der in einem TEM-Wellenleiter entstehende Feldimpuls ist mit dem erzeugten Spannungsimpuls identisch. Eine Verfälschung der Impulsform durch den Wellenleiter liegt nicht vor.
- Mit dem entwickelten Versuchsaufbau zur Erzeugung steiflankiger Feldimpulse können Charakteristiken von Störseken im Frequenzbereich bis zu ca. 300 MHz detektiert werden.



Mit einer Doppelfunkenstrecke erzeugter Nanoimpuls

Entsprechend der theoretischen Herleitung wird die Einkopplung pulsformiger und sinusformiger elektromagnetischer Störgrößen in Leitungen, Leiterbahnen auf Platinen und Koaxialkabeln gemessen. Für elektronische Schaltungen wird die Störfestigkeit im Zeitbereich und Frequenzbereich ermittelt.

- Bei allen untersuchten Störsenken stimmen die im Zeitbereich und Frequenzbereich ermittelten Übertragungsfunktionen, welche das Einkopplungsverhalten der Störsenke bei verschiedenen Frequenzen beschreiben, sehr gut überein. Die erfaßten Resonanz-effekte können durch das Verhalten der Leitungen als Leitungsresonatoren beschrieben werden.

Die eingekoppelten Störgrößen im Zeitbereich und Frequenzbereich werden anhand des Kriteriums des ersten Maximums der angeregten Resonanzschwingung quantitativ verglichen. Die aufgrund der Meßdaten ermittelten Wirkungsgrade stimmen hinreichend genau mit der analytischen Lösung überein.

- Die untersuchte Störfestigkeit von elektronischen Einrichtungen zeigt ebenfalls die äquivalente Anwendbarkeit von Frequenzbereichs- und Impulsprüfmethode.
- Die Abhängigkeit des Wirkungsgrads von der Dämpfung der Störsenke ist durch das Verhalten bei sinusförmiger Anregung bestimmt. Hier ist die Amplitude der Einkopplung im Gegensatz zur Impulsanregung dämpfungsabhängig.

Die Störfestigkeitsuntersuchungen im Frequenzbereich und Zeitbereich können nach bestimmten Kriterien gut miteinander verglichen werden. Jedoch zeigen sich auch Unterschiede in der Wirkung auf Störsenken.

- Durch die Impulsprüfmethode werden alle Frequenzen in der Störsenke gleichzeitig angeregt. Somit werden in einem Prüfobjekt in allen Leitungen gleichzeitig Resonanzeffekte hervorgerufen. Es handelt sich hier um eine "worst case" - Prüfung, da die elektromagnetische Umwelt auf das Prüfobjekt auch mit mehreren Frequenzen gleichzeitig einwirkt. Dieser Effekt kann durch die herkömmliche Frequenzbereichs-Prüfung nicht detektiert werden.
- Die Amplitude der eingekoppelten Störgröße ist bei sinusförmiger Anregung dämpfungsabhängig.
- Mit der entwickelten Impulsprüfmethode können innerhalb kürzester Zeit (einige Minuten) die für ein zu untersuchendes System kritischen Resonanzfrequenzen detektiert werden (Schwachstellenanalyse).
- Durch Nachprüfen der Störfestigkeit an diesen kritischen Stellen mit dem Frequenzbereichs-Prüfverfahren kann diese herkömmliche Prüfmethode unter vermindertem Zeitbedarf durchgeführt werden.

Sollen nichtlineare Effekte in Störsenken mit der Impulsprüfmethode detektiert werden, die erst nach sehr langer Störeinwirkung auftreten, muß durch repetierende Impulsanregung eine fortwährende Entdämpfung der eingekoppelten Störgröße erreicht werden.

Durch Festlegen von Feldstärke-Grenzwerten für die Impulsprüfmethode anhand der vorliegenden Ergebnisse scheint es möglich zu sein, dieses neue Verfahren als Ersatz (oder Zusatz) für bestehende Störfestigkeits-Prüfverfahren anzuwenden.