Koexistenz von Starkstrom und Schwachstrom - Teil 3: EMV nichtkommunizierender elektronischer Geräte

Der Begriff «nicht kommunizierend» bedeutet, dass das Gerät keine Schwachstrom-Ein- oder Ausgänge hat. Die Bezeichnung «isoliert» darf nicht verwendet werden, da dieses Gerät vom Netz gespeist wird, über Streukapazitäten mit seiner elektrischen Umgebung verbunden ist und von elektromagnetischen Feldern beeinflusst wird. Es handelt sich zum Beispiel um einen Mikrocomputer (ohne Drucker).

Der Begriff «nicht kommunizierend» bedeutet, dass das Gerät keine Schwachstrom- Ein- oder Ausgänge hat. Die Bezeichnung «isoliert» darf nicht verwendet werden, da dieses Gerät vom Netz gespeist wird, über Streukapazitäten mit seiner elektrischen Umgebung verbunden ist und von elektromagnetischen Feldern beeinflusst wird. Es handelt sich zum Beispiel um einen Mikrocomputer (ohne Drucker).

Dieser Fall ist auf den ersten Blick einfach, da die Hersteller die Normen einhalten müssen, welche die Emissions-Grenzwerte und die Unempfindlichkeitspegel festlegen. Auf jeden Fall kann es notwendig sein, besondere Maßnahmen zu ergreifen, wenn die elektromagnetische Umgebung sehr hart ist oder wenn sich in der Nähe sehr empfindliche Verbraucher befinden. Diese Maßnahmen sind gegenüber der Gefahr von Eigenstörungen, der Anwesenheit von Strahlungsfeldern und von durch Leitung übertragenen Störungen infolge von Starkströmen unerlässlich.

Die Eigenstörung
Zahlreiche Einrichtungen setzen heute die Leistungselektronik ein. In diesem Zusammenhang können zum Beispiel die pulsgesteuerten Umrichter genannt werden, die im Haushalt, im Büro und in der Industrie zunehmend Anwendung finden. Die Abbildung 17 zeigt das Schema eines pulsgesteuerten Umrichters und die von ihm erzeugten Störungen.

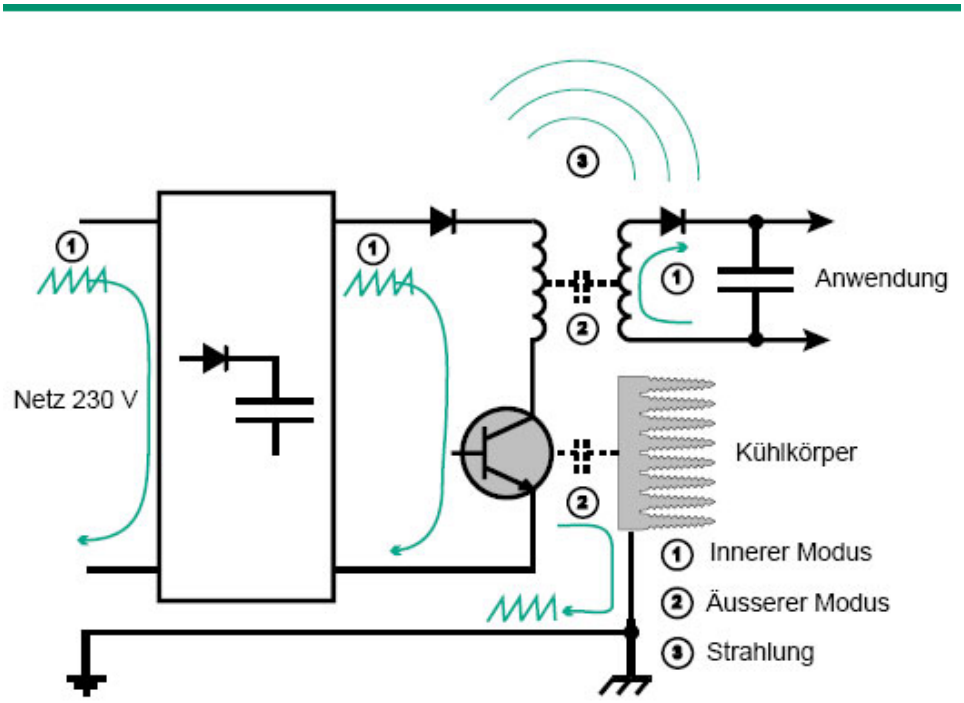


Abb. 17: Verschiedene, von einem pulsgesteuerten Umrichter erzeugte Störungen.

Quelle: www.voltimum.de

Diese Einrichtungen verwenden Leistungstransistoren, die mit Frequenzen von mehreren zehn kHz – oder mehr für kleine Leistungen – mit eindrücklichen di/dt und dv/dt (von zum Beispiel einigen hundert Ampere pro Mikrosekunde) schalten. Damit diese Einrichtungen richtig funktionieren, ist eine innere EMV erforderlich. Dafür wird in der Regel bereits im Entwicklungsstadium gesorgt: Auslegung der Karten (siehe Abb. 18), Begrenzung der Streukapazitäten, Abschirmungen, netzseitige HF-Filter, Abstand zwischen störenden Kabeln usw., die auch geprüft werden. Trotzdem besteht die Gefahr von Störungen, insbesondere aufgrund der Ausführung der Geräte, die sehr oft von derjenigen bei den normativen Prüfungen abweicht: zum Beispiel ungenügende Massenverbindungen, die zu lang sind und Kopplungen über eine gemeinsame Impedanz bewirken können, usw.

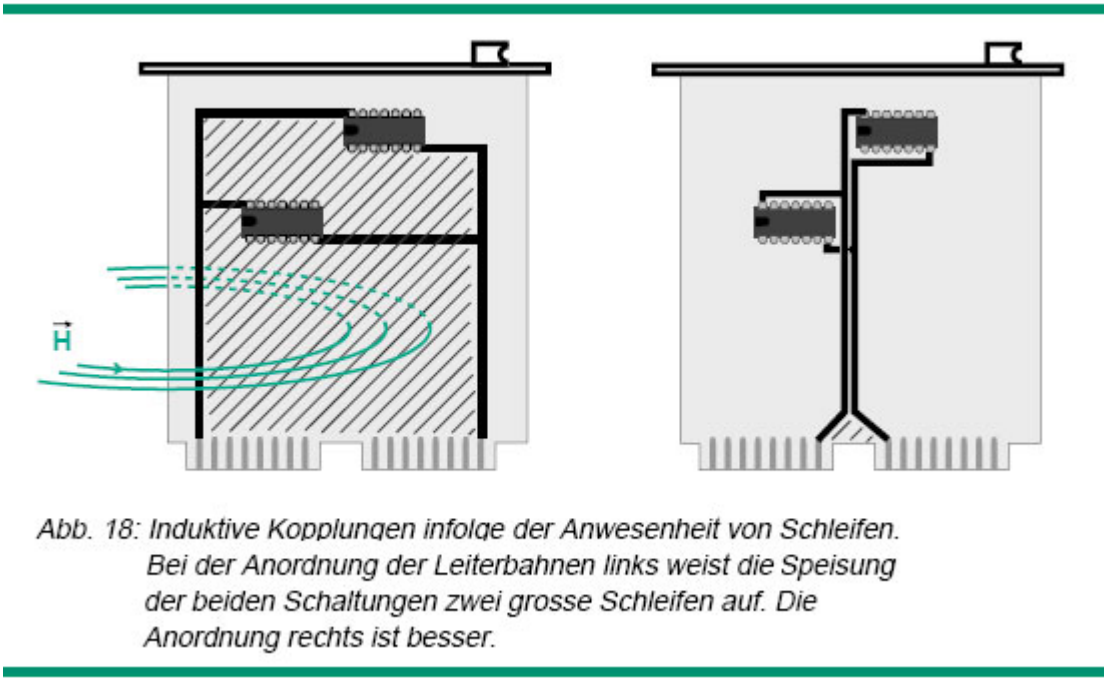


Abb. 18: Induktive Kopplungen infolge der Anwesenheit von Schleifen. Bei der Anordnung der Leiterbahnen links weist die Speisung der beiden Schaltungen zwei grosse Schleifen auf. Die Anordnung rechts ist besser.

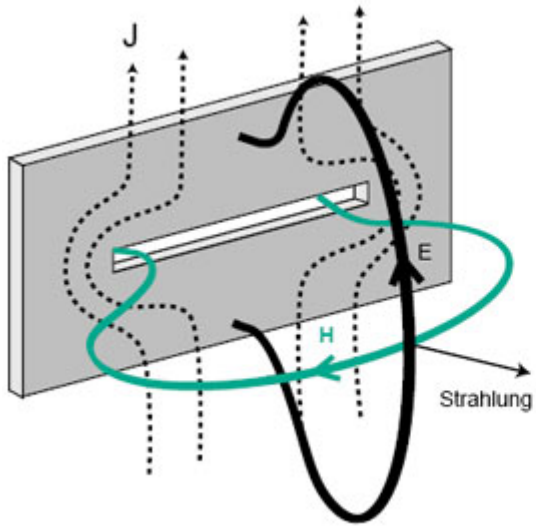
Auswirkungen von Strahlungsfeldern

Elektrische Felder
Äußere elektrische Felder wirken über den Antennen-Effekt auf das Opfer-Gerät und die dieses speisenden Stromkreise (50 Hz) ein. Die Gegenmaßnahmen sind:

- Minimierung der Antennen-Effekte, zum Beispiel kein freier Leiter (in der Luft) auf einer Seite, Leiter nahe an den Massen.
- Verwendung von HF-Filtern am Speisekabel, um induzierten Störungen den Eintritt zu verwehren.
- Abschottung mit Öffnungen mit reduzierten Abmessungen.

Magnetische Felder
Die von Abschirmungen bewirkte Dämpfung hängt im Wesentlichen von der Absorption ab. Sie ist umgekehrt Proportional zur Eindringtiefe (δ). Diese beträgt für Stahl 0,07 mm bei 30 kHz und 1,7 bei 50 Hz. Für Kupfer beträgt sie 10 mm bei 50 Hz! (für eine Metalldicke von e = δbeträgt die Dämpfung 8,7 dB) Dies zeigt, dass wirksame Abschirmungen für Niederfrequenz sehr schwer realisierbar und kostspielig sind. Zudem ermöglichen gewisse Öffnungen oder Schlitze ein Eindringen der Induktion über den magnetischen Dipol-Effekt (siehe Abb. 19).

Quelle: www.voltimum.de



Eine Öffnung von der Länge ℓ in einer Abschirmung verhält sich wie ein Dipol derselben Länge (Babinetsches Prinzip) und strahlt auf der anderen Seite der Abschirmung einen Teil des Einfallenden Feldes wieder ab. Die Öffnung wird vollständig transparent, wenn $\ell \geq \lambda/2$. Unterhalb ihrer Resonanzfrequenz, d.h. wenn $\ell < \lambda/2$, welche Bedingung bei niederfrequenten Erscheinungen erfüllt ist, kann der Schlitz mit einer Induktivität von etwa 1 nH/cm verglichen werden. Ein von einem solchen Schlitz unter-brochener Oberflächenstrom J erzeugt zwischen den Rändern eine Potentialdifferenz und es tritt ein Teil des magnetischen Feldes durch den Schlitz. Deshalb strahlt er senkrecht dazu ein elektrisches Feld E sowie parallel dazu ein magnetisches Feld (das vorherrschend ist) ab.

Abb. 19: Kopplung durch einen Schlitz.

Klicken Sie auf das Bild für eine größere Ansicht

Das Magnetfeld, das in die Umhüllung eindringt und/oder in einem Schrank durch Starkströme erzeugt wird, induziert in den Schleifen äußere und innere Spannungen.

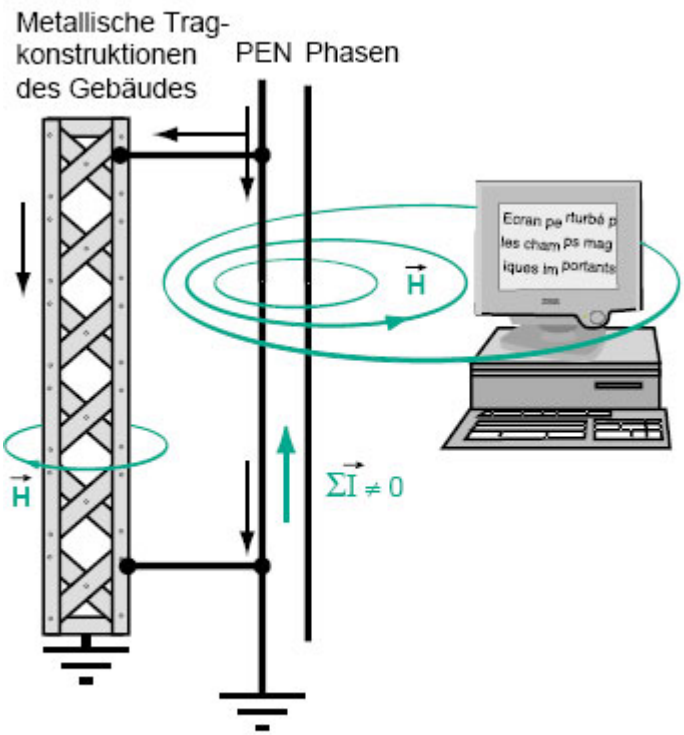


Abb. 20: Magnetisches Strahlungsfeld infolge des Neutralleiter- oder Fehlerstroms im Erdungsschema TN-C.

Dazu ist zu bemerken, dass durch Leitung übertragene NF-Störungen magnetischer Herkunft, die über das Speisekabel eintreffen, von herkömmlichen, als HF-Filter bezeichneten Filtern sehr schlecht gedämpft werden. In einem Gebäude haben durch Strahlung übertragene Magnetfelder verschiedene Ursachen, wovon Blitzschläge, der Streufluss von Transformatoren, ein Versorgungsstromkreis mit Stromrichtern sowie die Schutzleiter im Erdungsschema IN-C genannt werden können. Dieser Fall wird in der Abbildung 20 dargestellt.

Nehmen wir den Fall der Herabführung eines Starkstromkabels in einem Leitungskanal eines Gebäudes. Das Erdungsschema ist die Nullung (TN-C), der Schutzleiter (PE), der zugleich Neutralleiter (N) ist, wird dauernd vom Differenzstrom der Lasten (Neutralleiterstrom) durchflossen, erhöht um die Oberwellenströme der 3. Ordnung und Mehrfachen von 3. Diese Oberwellenströme werden wegen der Anwendung von nichtlinearen Lasten wie Stromrichtern und insbesondere pulsgesteuerten Umrichtern immer wichtiger.

Quelle: www.voltimum.de

Infolge des in die metallischen Tragkonstruktionen abgeleiteten Stroms ist die Vektorsumme der Ströme im Kabel nicht gleich null. Dieser Differenzstrom, der mehrere zehn Ampere betragen kann, erzeugt im Abstand d ein magnetisches Störfeld $H = I/2\pi.d$ So erzeugt beispielsweise ein Strom von 63 A im Abstand von 10 m ein Feld von 1 A/m, das genügt, um zum Beispiel Kathodenstrahlröhren, jedoch auch bestimmte magnetische Komponenten, zu stören, da bekanntlich HF-«Abschirmungen » NF-Magnetfelder nicht fernhalten.

Zu bemerken ist, dass – immer noch im Schema TN – das bei einem Isolationsfehler erzeugte Magnetfeld sehr hoch ist (Id = Icc). Die Maßnahmen gegen niederfrequente Magnetfelder sind:

- Vergrößerung der Entfernung.
- Starkstromkabel, welche die Phasen, den Neutralleiter und den Schutzleiter enthalten (einpolige Kabel sind wo immer möglich zu vermeiden).
- Richtige Wahl des Erdungsschemas.
- Kabelroste aus Metall (Dämpfungs-Ebene).
- Verwendung von vorzugsweise ferromagnetischen Metallumhüllungen.

Durch Leitung übertragene Störungen
Oberhalb von 1 MHz begrenzt die Impedanz der Kabel deren Pegel sehr rasch (L = 1 µH/m). Die lästigen Störungen sind deshalb vor allem die Oberwellen, die Schaltüberspannungen und die Blitzspannungen und -ströme.

- Die Oberwellenspannungen sind in der Regel für nichtkommunizierende Geräte wenig störend. Sie können zum Beispiel gesteuerte Gleichrichter stören (indem sie den Nulldurchgang verschieben, der als Phasenreferenz dient).

- Die Oberwellenströme können durch induktives Nebensprechen durch Leitung übertragene Störungen erzeugen.

- Schalt- und Blitzüberspannungen können Störungen oder sogar Zerstörungen von Komponenten verursachen. Die Gegenmaßnahmen bestehen in der Anordnung von Überspannungsableitern oder sogar Funkenlöschern, die Filter, Überspannungsableiter und einen abgeschirmten Transformator umfassen. Letztere dämpfen die HF-Störungen, sperren jedoch vor allem die äußeren NF-Spannungen.

Quelle: www.voltimum.de