

Koexistenz von Starkstrom und Schwachstrom - Teil 1: Einleitung

Die Entwicklung digitaler Systeme, die Schwachstromverbindungen (Bus- Systeme) verwenden, wirft heute in zunehmendem Masse das Problem der Koexistenz von Starkstrom und Schwachstrom auf.

Einleitung

Die Entwicklung digitaler Systeme, die Schwachstromverbindungen (Bus- Systeme) verwenden, wirft heute in zunehmendem Masse das Problem der Koexistenz von Starkstrom und Schwachstrom auf. Alles in allem handelt es sich darum, die elektrische Sicherheit mit der elektromagnetischen Verträglichkeit in Einklang zu bringen. Hierzu müssen unter anderem die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie soll das Problem der Körper bzw. Massen behandelt werden?
- Welches Erdungsschema soll gewählt werden?
- Welche Abschirmungen, Reduktionsebenen und Faradaykäfige sollen wozu eingesetzt werden?
- Wie sollen die Stark- und die Schwachstromkreise geführt werden?
- usw.

Das vorliegende Technische Heft ist vor allem für Elektriker bestimmt, dürfte jedoch auch für Schwachstromspezialisten von Nutzen sein, da es vor allem niederfrequente Störungen ≤ 1 MHz behandelt.

Die EMV, ein multidisziplinäres Problem

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist ein Fachgebiet, das mit der Entwicklung der Funktechnik begonnen hat und zunehmend an Bedeutung gewinnt. So mussten von einem halben Jahrhundert die Kerzen der Verbrennungsmotoren «entstört» werden, damit sie die Radioempfänger nicht störten.

Heute bildet die EMV den Gegenstand zahlreicher Arbeiten von Fachleuten, vorwiegend Elektronikern und Telekommunikations-Spezialisten. Zahlreiche Normen und sogar eine EGRichtlinie haben es sich zum Ziel gesetzt, die Koexistenz von Störern und Gestörten sicherzustellen, indem sie Emissionsgrenzwerte für elektromagnetische Störungen sowie Immunitätspegel festlegen. Trotzdem bleibt ein komplexes Gebiet bestehen, über das sich die Fachleute noch nicht einig sind: die Koexistenz von Stark- und Schwachstromnetzen.

Dies betrifft die nichtkommunizierenden elektronischen Geräte, da sie vom Stromnetz gespeist werden und gegenüber NF- und HF-Feldern sowie durch Leitung übertragene Störungen empfindlich sind, noch mehr jedoch die Geräte, die in kommunizierenden Systemen mit verteilter Intelligenz eingesetzt werden.

Es handelt sich somit um die Betriebssicherheit der Informatik-Systeme, des Technischen Gebäude-Managements (TGM), des Technischen Elektrizitätsverteilungs-Managements (TEM), der Prozessautomatiken usw. Alle diese Systeme, deren Zahl ständig zunimmt, wenden im Wesentlichen digitale Verbindungen – sogenannte Schwachstromverbindungen – an.

Der Informatiker, der Elektriker, der Automatiker und der Elektroniker haben Schwierigkeiten, sich zu verstehen und ihre Aufgaben untereinander zu koordinieren. Es muss eine gemeinsame Kultur gefunden werden, um von der Auslegung bis zur Installation Störungen oder sogar die Zerstörung von Betriebsmitteln zu verhindern. Die Hersteller müssen einen Beitrag an diese gemeinsame Kultur leisten. Dies ist umso wichtiger, als sich die Technik ständig weiterentwickelt.

- Die elektrischen Netze werden immer leistungsfähiger, übertragen in zunehmendem Maße Oberwellenströme oder haben ein Erdungsschema, das ungünstig sein kann.
- Die digitalen Netze nehmen ständig zu, haben immer niedrigere elektrische Pegel (wenige Volt) und immer höhere Datenübertragungsraten (Megabits pro Sekunde).

Die Elektriker und die Elektroniker müssen zusammenarbeiten, um die EMV in den elektrischen Anlagen von Gebäuden zu optimieren, um die Koexistenz von Starkstrom und Schwachstrom zu verbessern. Das vorliegende Dokument legt das Schwergewicht auf die NF-Erscheinungen und nicht auf die HF-Erscheinungen, wobei die Grenze zwischen NF und HF bei 1 MHz liegt.

Grundlagen der Störungen und Kopplungen

Störungen

Elektromagnetische Störungen können sehr verschiedener Art sein, wobei für ihre Definition zahlreiche Kriterien gelten. Sie sind dauernd oder vorübergehend, wellen oder impulsförmig und nieder- oder hochfrequent (oberhalb von 1 MHz). Sie können durch Leitung oder Strahlung übertragen werden, vom äußeren oder inneren Modus sein und von innerhalb oder außerhalb des Gebäudes stammen. Die für die EMV in Betracht gezogenen Störungserscheinungen sind vielfältig. Wir interessieren uns hier vor allem für

- Oberwellenströme und hohe Fehlerströme,
- Schaltüberspannungen,
- Blitzspannungen und -ströme.

Hohe Spannungen und Ströme erzeugen elektromagnetische Felder. Bekanntlich besteht jedes elektromagnetische Feld aus einem magnetischen Feld H und einem elektrischen Feld E.

In der Nähe eines NF-Stroms ist das magnetische Feld bis zu einer Entfernung von etwa $\lambda/2$, d.h. 1000 km für ein 50-Hz-Feld, vorherrschend. In der Nähe einer Quelle mit hoher Impedanz und hoher Frequenz ist das elektrische Feld vorherrschend. Dies ist oft bei Schaltüberspannungen in elektrischen Netzen der Fall. In einer größeren Entfernung als $\lambda/2$ ist (für Quellen mit gegenüber der Wellenlänge λ kleinen Abmessungen) das Verhältnis zwischen E und H konstant. Dieses ist der Wellenwiderstand

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

in Luft (siehe Abb. 1).

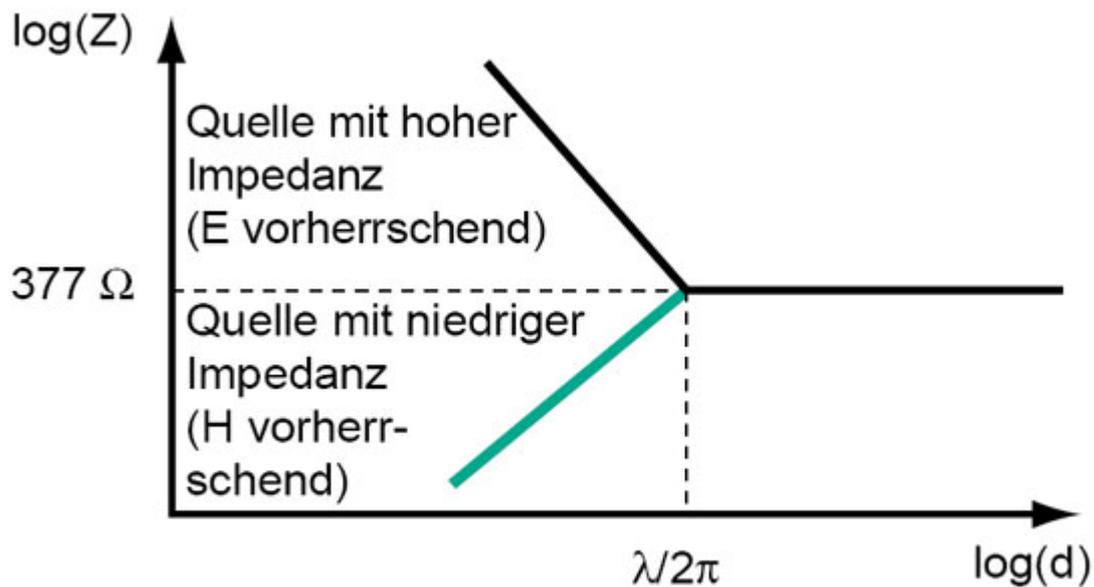


Abb. 1: Wellenwiderstand $Z = F(d)$.

Die Tabelle der Abbildung 2 enthält Beispiele von Störern zusammen mit ihrer Frequenz (Mittelwert) und den Feldern, die sie unter Berücksichtigung ihrer Leistung abstrahlen können.

Sender	Frequenz (f)	Wellenlänge (λ)	Feldstärke
Stromvers.-netz (1 kA, 1 ph.)	50 Hz	6000 km	20 A/m bei 10 m
Blitz	30 kHz bis 3 MHz	10 km	10 A/m bei 500 m
Trockenofen	27 MHz	11 m	1,5 V/m bei 10 m
Schaltvorgang bei 20 kV	75 MHz	4 m	5 kV/m bei 1 m
UKW	100 MHz	3 m	1 V/m bei 500 m
LW	200 kHz	1500 m	30 V/m bei 500 m
Kleinfunkgerät	450 MHz	66 cm	10 V/m bei 1 m
UHF-TV	600 MHz	50 cm	0,5 V/m bei 500 m
Mobiltelefon	900 MHz	33 cm	20 V/m bei 1 m
Radar	1 GHz	30 cm	40 V/m bei 500 m
Mikrowellenofen	2,45 GHz	12 cm	1,5 V/m bei 1 m

Abb. 2: Einige Sender von elektromagnetischen Störungen.

Kopplungen

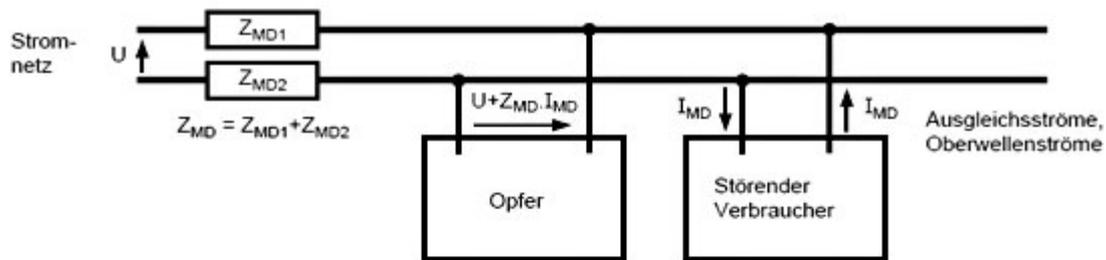
Schließlich kann bekanntlich je nach der Art der Störung die Kopplung zwischen der Störungserscheinung und dem Opfer von der folgenden Art sein:

- Gemeinsame Impedanz (durch Leitung übertragene Störung)
- Elektrisch (Streukapazität und Strahlung)
- Magnetisch (Gegeninduktivität und Strahlung)

Kopplung über eine gemeinsame Impedanz

Diese ergibt sich aus dem Vorhandensein eines mehreren Geräten gemeinsamen Stromkreises. Dieser kann das Versorgungsnetz, das Massennetz, das Potentialausgleichsnetz usw. sein. Die Abbildung 3 zeigt diese Kopplungsart.

a – Kopplung im inneren Modus (MD)



b – Kopplung im äusseren Modus (MC)

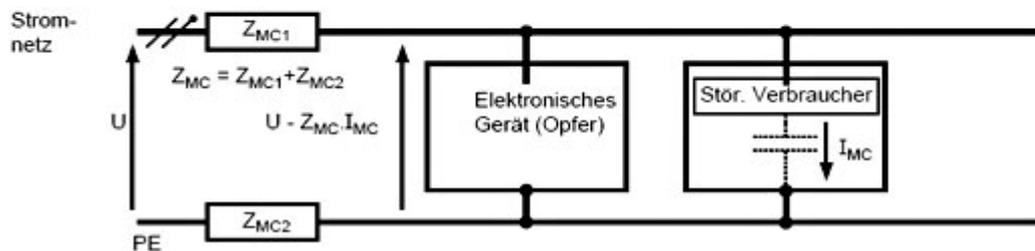


Abb. 3: Kopplung über eine gemeinsame Impedanz. Die von einem störenden Verbraucher erzeugten Störungen wirken sich wegen der fehlenden Entkopplung der Speisungen (a) oder dem Massennetz (PE) (b) auf einen empfindlichen Verbraucher aus.

Klicken Sie auf das Bild für eine größere Ansicht

Elektrische Kopplung

Diese ergibt sich aus dem Vorhandensein eines äußeren elektrischen Feldes oder einer Streukapazität zwischen zwei Stromkreisen oder leitenden Teilen (siehe Abb. 4).

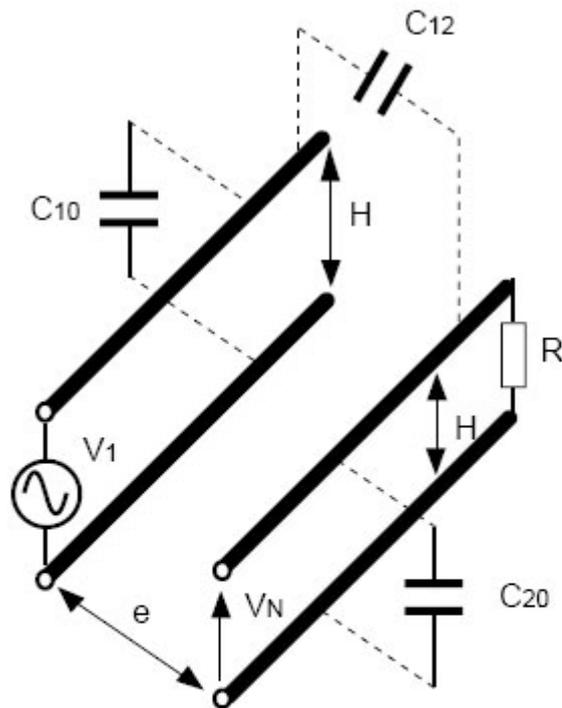


Abb. 4: Eine plötzliche Änderung der Spannung V_1 zwischen zwei Drähten erzeugt ein Feld, das auf kurze Distanz als vorwiegend elektrisch erachtet werden kann und in der Lage ist, in einem parallelen Drahtpaar eine Spannung V_N zu induzieren. Diese Kopplungsart wird kapazitives Nebensprechen genannt.

Magnetische Kopplung

Diese ergibt sich aus dem Vorhandensein eines äußeren magnetischen Feldes oder einer Gegeninduktivität zwischen einem Leiter und einer Schleife, wie in der Abbildung 5 gezeigt. In vielen Fällen können mehrere dieser Kopplungsarten gleichzeitig auftreten. Insbesondere in der Elektrizitätsverteilung kommen folgende Fälle vor:

Kurzschlussströme (oder bei einem Isolationsfehler im Erdungsschema TN auftretende Fehlerströme) erzeugen sehr starke magnetische Felder. Nach dem Ampèreschen Durchflutungsgesetz gilt:

$$H = \frac{I}{2\pi d},$$

wobei d der Abstand zwischen dem Leiter und dem Opfer ist.

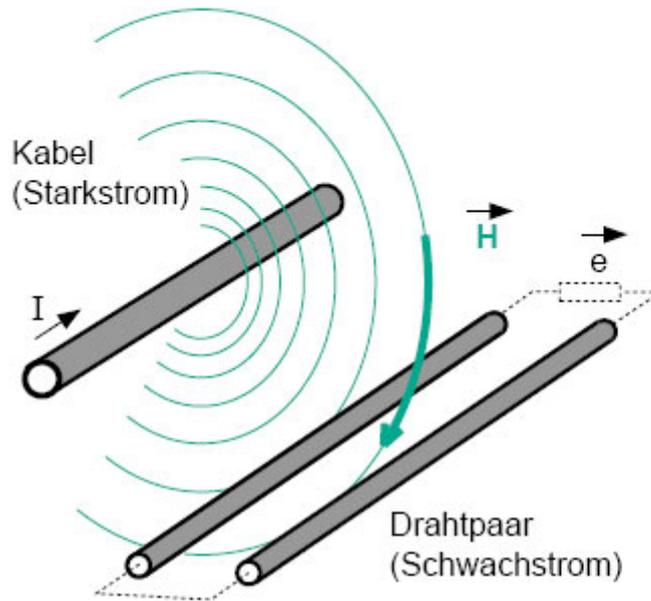


Abb. 5: Eine Änderung des Stroms in einem Kabel erzeugt ein Feld, das auf kurze Distanz als rein magnetisch erachtet werden kann und somit in einer Drahtschleife eine Störspannung induziert. Diese Kopplungsart wird induktives Nebensprechen genannt.

Das «Schalten» von Geräten, wie Lasttrennschaltern, Schützen, Leistungsschaltern, Sicherungen usw. erzeugt vielfältige und starke durch Strahlung und Leitung übertragene Störungen, die von den Herstellern von in elektrische Verteiler eingebauten elektronischen Geräten beherrscht werden müssen. Diese «Wellen» sind von den Normierungsstellen gekennzeichnet worden (siehe Abb. 6).

IEC 1000-4-2	Elektrostatische Entladungen
IEC 1000-4-3	Durch Strahlung übertragene Störungen
IEC 1000-4-4	Schnelle, impulsförmige Ausgleichsvorgänge
IEC 1000-4-5	Stosswellen (vom Blitz-Typ)
IEC 1000-4-6	Durch Leitung übertragene Störungen $f > 9 \text{ kHz}$
IEC 1000-4-8	Magnetische Felder mit Netzfrequenz
IEC 1000-4-9	Impulsförmige Magnetfelder
IEC 1000-4-10	Gedämpfte magnetische Schwingungsfelder
IEC 1000-4-12	Gedämpfte Schwingungswellen
IEC 1000-4-13	Oberwellen

Abb. 6: Einige Prüfnormen für Störungen.

Der Blitz, der in ein Haus oder in der Nähe davon oder in eine elektrische Leitung einschlägt, ist ein stark störende, impulsförmige Erscheinung. Er kann ein magnetisches Feld, ein elektrisches Feld, eine Stosswelle oder eine Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten der Anlage bewirken.

Unterscheidung zwischen Starkstrom und Schwachstrom

Die Bezeichnung «Starkstrom» wird für normale Erscheinungen verwendet, wie zum Beispiel das Fließen eines elektrischen 50-Hz-Stroms, oder abnormale Erscheinungen, wie zum Beispiel ein Blitzstrom. Die Abbildung 7 enthält eine Einteilung der verschiedenen elektrischer Verbindungen in 4 Gruppen.

- Die Gruppe 1 umfasst die Starkstromverbindungen.
- Die Gruppe 2 umfasst die wenig empfindlichen und wenig störenden Verbindungen, die in der Regel kurz sind.
- Die Gruppe 3 umfasst die digitalen Verbindungen (Bus-Systeme) und findet sowohl im Büro- als auch im Industriesektor rasch eine immer größere Verbreitung. Die zahlreichen Verbindungen zwischen kommunizierenden Geräten zwingen sie zur Koexistenz mit den Starkstromverbindungen.
- Die Gruppe 4 umfasst die analogen Verbindungen mit hoher Impedanz, die wegen ihrer Empfindlichkeit kaum mit anderen Gruppen koexistiert. Diese Verbindungen sind selten und kurz.

Eine Verbindung, die zu einer der «Schwachstrom»-Gruppen 2 oder 3 gehört, kann eine empfindlichere Verbindung stören.

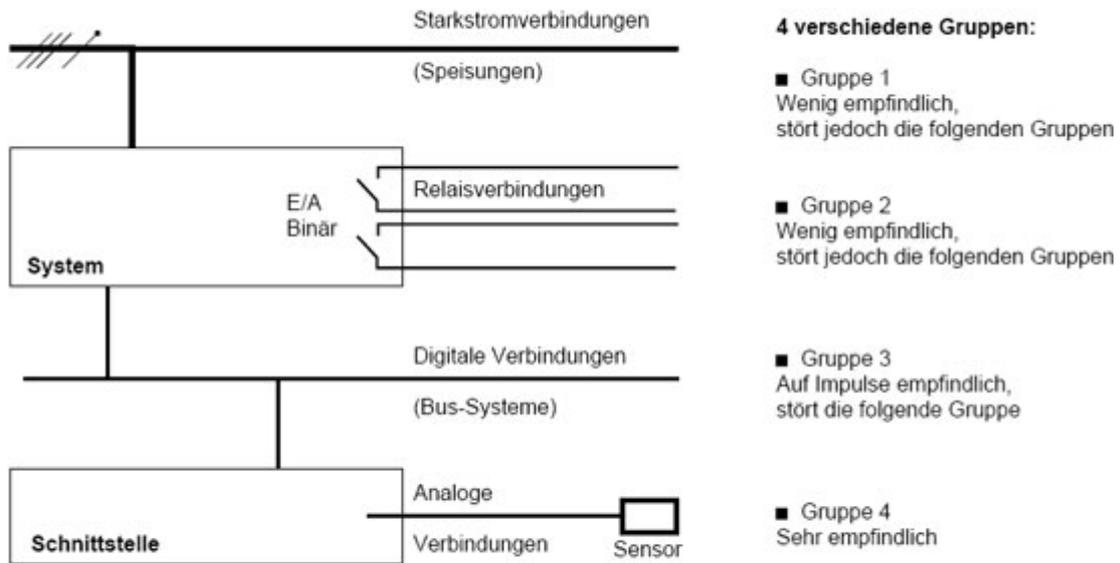


Abb. 7: Einteilung der verschiedenen Arten von elektrischer Verbindungen nach zunehmender Empfindlichkeit.

Klicken Sie auf das Bild für eine größere Ansicht