

# EMV - elektromagnetische Verträglichkeit

## Teil 24 - Netzurückwirkungen -

**Die aktuelle Problematik der Netzurückwirkungen unter Berücksichtigung der Störemissionsnormen behandelt der vorliegende Artikel.**

Das Thema Netzurückwirkungen ist ein Teilgebiet der EMV, wobei es sich hier „nur“ um niederfrequente leitungsgebundene Beeinflussungen handelt, die in direktem Zusammenhang mit dem Netzspannungsanschluß zu sehen sind.

Die Bedeutung dieses Themengebietes ist stark gestiegen, da diesbezüglich zur Zeit neue EMV-Normen gültig werden. Als wichtigste Änderung ist hier der erweiterte Anwendungsbereich der Normen zu nennen, der im Prinzip auf alle Geräte mit einer Stromaufnahme  $\leq 16A$  ausgedehnt wurde. So muß jeder Hersteller oder Importeur, der ein Gerät CE-kennzeichnen

muß, diese neuen Normen betreffend der Netzurückwirkungen anwenden und entsprechende Messungen durchführen.

### Allgemeines

Auch das Themengebiet der Netzurückwirkungen kann in zwei große Teilbereiche aufgetrennt werden: die Störemissionen und die Störfestigkeit. Im vorliegenden Teil der Artikelserie wollen wir die Störemissionen näher betrachten und dort speziell die durch die aktuellen Normungsverfahren akut gewordenen Themengebiete: Oberschwingungsströme,

Spannungsschwankungen und Flicker.

Die Probleme durch die oben beschriebenen Oberschwingungen und Spannungsschwankungen sind schon seit Jahrzehnten bekannt, gewannen aber erst in letzter Zeit an Bedeutung. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Anzahl der Spannungsschwankungen und Stromüberschwingungen erzeugenden Geräte stark zugenommen hat und gleichzeitig die Empfindlichkeit verschiedener Geräte gegenüber diesen, auch als mangelnde Versorgungsspannungsqualität bezeichneten Störphänomenen gestiegen ist.

In diesem Zusammenhang wollen wir kurz den Begriff der Spannungsqualität erläutern. Für die Definition der Qualität der Netzspannung reicht nicht mehr nur die Angabe der Nennspannung und der Nennfrequenz aus, vielmehr sind heute auch die Größe und Häufigkeit von plötzlichen Spannungsänderungen, die Spannungssymmetrie, der Grad der Verzerrung (Oberschwingungsgehalt) usw. genau festgelegt. Es gibt jedoch eine Reihe von Einflüssen auf die Netzversorgungsspannung, die dazu führen, daß zum Teil erhebliche Abweichungen von der ursprünglichen Sinusform entstehen.

Als große „Belastung“ für das Versorgungsnetz ist u. a. die stark gestiegene Anzahl der Oberschwingungsströme verursachenden Geräte zu sehen. Für die Stromüberschwingungen sind nicht nur Leistungsrichter und Geräte mit Schaltnetzteilen verantwortlich, sondern auch Geräte mit nicht so offensichtlich nicht-sinusförmiger Stromaufnahme: Jede Schaltung mit einem gewöhnlichen Netzteil aus Gleichrichter und Ladekondensator besitzt eine Stromaufnahme mit großem Oberschwingungsgehalt.

Die Oberschwingungsströme führen in Verbindung mit der frequenzabhängigen Netzimpedanz zu Spannungsverzerrungen, Amplituden- und Phasenwinkeländerungen. Das Problem der Oberschwingungen ist somit zum Teil der Preis für die Vorzüge der modernen Leistungselektronik: die verlustarme Steuerung und Umformung elektrischer Energie.

Durch die Verbindung über das Energieverteilungsnetz können diese erzeugten Störungen empfindliche Geräte beeinflussen. Probleme, die durch Oberschwingungen und/oder Spannungsschwankungen auftreten, sind z. B. Überlastungen von Kondensatoren und Drosselspulen, die direkt am Netz „hängen“ oder die Fehlfunktion von Geräten, die ihre „Informationen“ aus dem Netz beziehen, wie z. B. Rundsteuerempfänger oder entsprechende Datenübertragungssysteme. Aber auch PC-Abstürze können z. T. auf Netzstörungen zurückgeführt werden.

Die Spannungsschwankungen können

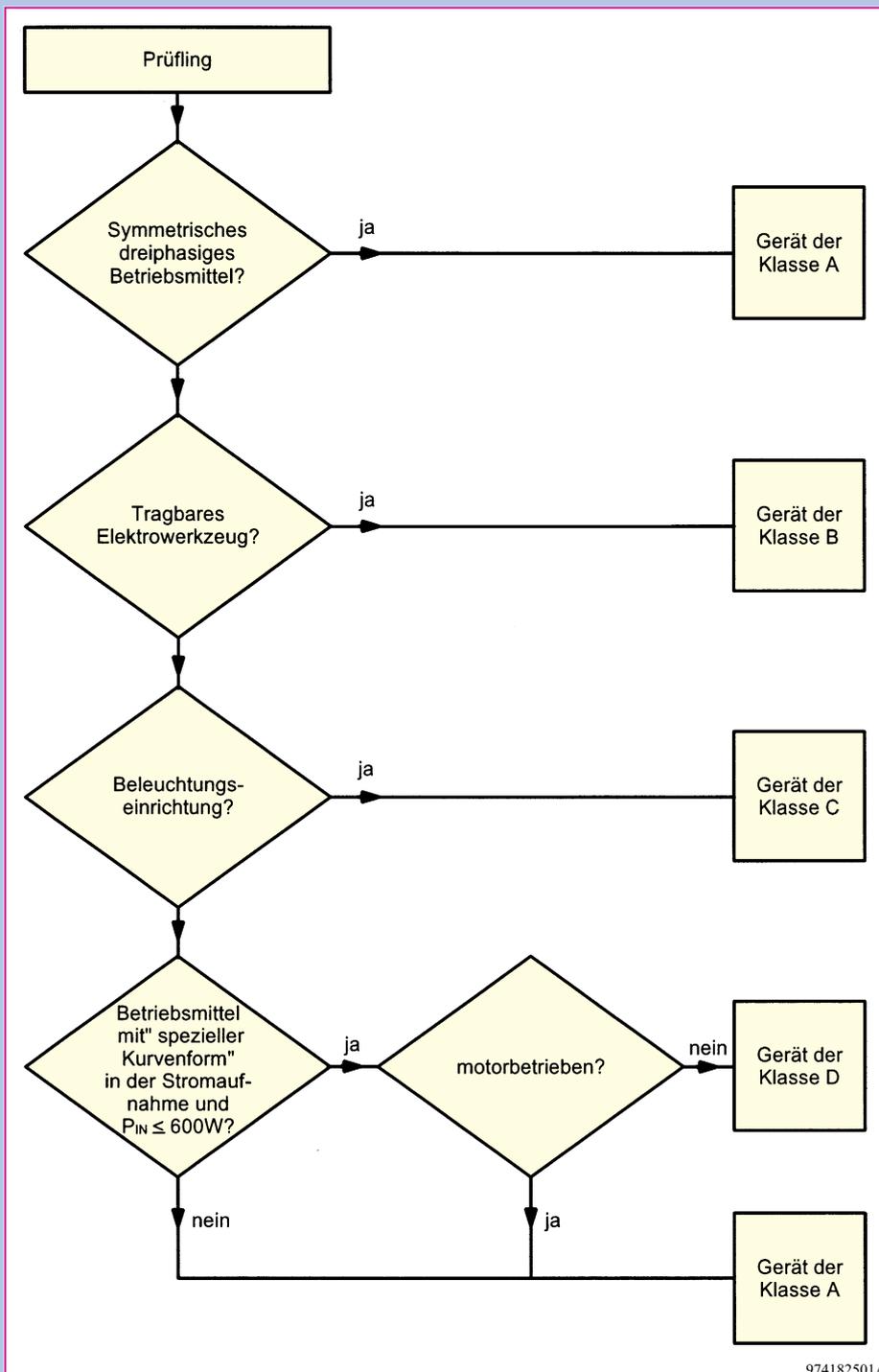


Bild 1: Flußdiagramm zur Klassifizierung von Geräten

sich aber auch sichtbar auswirken, und zwar dann, wenn diese Werte und Wiederholraten erreichen, daß es zu störenden Schwankungen der Leuchtdichte von Lampen kommt.

Wie aus obigen Ausführungen zu ersehen, ist eine Unterscheidung zwischen Störquelle und Störsenke notwendig. So sieht z. B. der „Erzeuger“ von Netzrückwirkungen, wie z. B. Stromüberschwingungen, keine Notwendigkeit, diese abzustellen, der „Geschädigte“, dessen Gerät aufgrund der Netzverunreinigungen nicht ordnungsgemäß funktioniert, verlangt jedoch nach einer einwandfreien Versorgungsspannung.

Um beiden Standpunkten Rechnung zu tragen, sind in den internationalen Normungsgremien Richtlinien erarbeitet worden, die beide Interessengruppen zur Verantwortung ziehen. Die Erzeuger von Netzverunreinigungen müssen bestimmte Grenzwerte der Störemission einhalten, und die Betreiber von Geräten am Netz müssen für eine gewisse Störfestigkeit ihrer Geräte gegenüber den Netzstörungen sorgen.

Normen, die die Netzrückwirkungen von Erzeugnissen reglementieren, müssen zwar schon seit Jahren eingehalten werden, jedoch war der Anwendungsbereich auf we-

nige Gerätearten (z. B. Haushaltsgeräte) beschränkt. Dies hat sich mit dem Inkrafttreten neuer Normen geändert, wonach nun im Prinzip alle Geräte hinsichtlich ihrer Netzrückwirkungen geprüft werden müssen. Im folgenden wollen wir, die Störemission betreffenden Normen näher betrachten. Dies ist für die Oberschwingungsströme die EN 61000-3-2 und für Spannungsschwankungen und Flicker die EN 61000-3-3.

### Stromüberschwingungen

Die europäisch harmonisierte Norm EN 61000-3-2: 1995 + A12: 1996 mit dem Titel „Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom  $\leq 16A$  je Leiter)“ ist von der internationalen Norm IEC 1000-3-2 abgeleitet. Die Norm ersetzt zum 01.01.1997 die bisher gültige EN 60555-2: 1987. Bei der Anwendung der Norm können zur Zeit noch Übergangsfristen ausgenutzt werden. So gilt für Erzeugnisse, die nicht in den Anwendungsbereich der vorherigen EN 60555-2 fallen, jedoch durch die neue Norm erfaßt werden, die EN 61000-3-2 spätestens ab dem 01.06.1998.

Die unter die Oberschwingungsnorm EN 61000-3-2 fallenden Geräte sind in vier Klassen (A bis D) eingeteilt, für die unterschiedliche Grenzwerte festgelegt sind. Es gilt folgende Einteilung:

Klasse A: Symmetrische dreiphasige Geräte und alle anderen Geräte, ausgenommen diejenigen, die in einer der folgenden Klassen genannt sind.

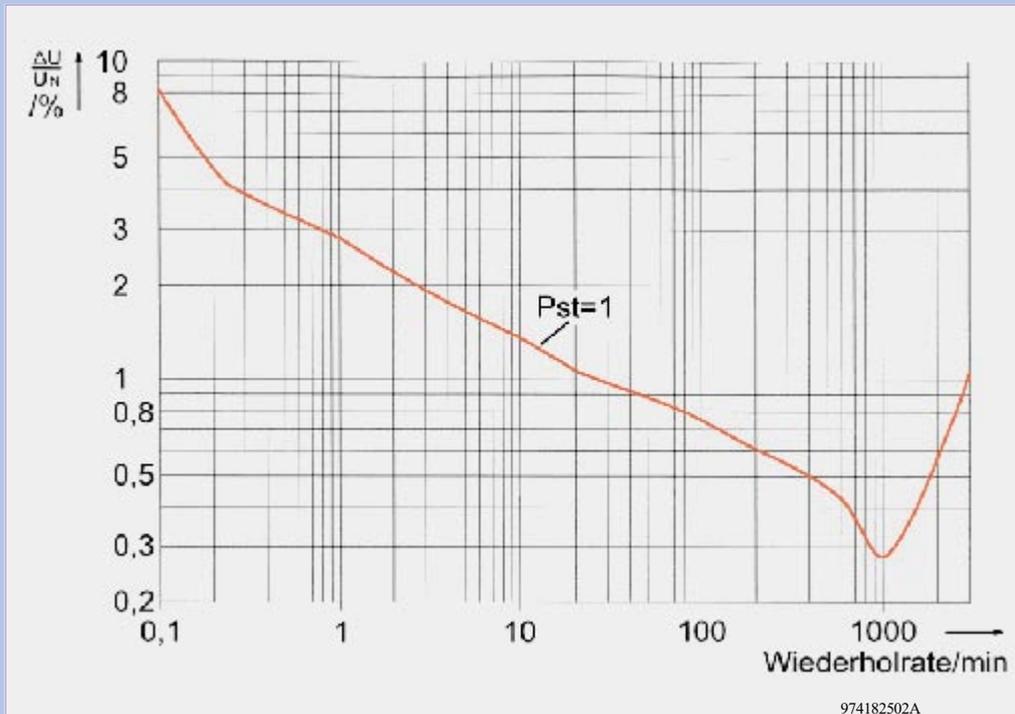
Klasse B: Tragbare Elektrowerkzeuge.

Klasse C: Beleuchtungseinrichtungen einschließlich Beleuchtungsregler.

Klasse D: Geräte mit einer Eingangsleistung  $\leq 600W$  und einem Eingangsstrom mit einer „speziellen Kurvenform“.

Für die Klassifizierung der Geräte kann das in Abbildung 1 dargestellte Flußdiagramm herangezogen werden. Für die Einteilung von Geräten in die Klasse D muß eine Übereinstimmung der Signalform der Stromaufnahme mit der in der Norm angegebenen „speziellen Kurvenform“ nachgewiesen werden. Die spezielle Kurvenform entspricht einer impulsförmigen Stromaufnahme in der Nähe der Sinusmaxima der Netzspannung und tritt u. a. bei fast allen Geräten mit konventionellem Netzteil aus Gleichrichter und Ladekondensator auf.

Für die in den entsprechenden Klassen eingeteilten Erzeugnisse gelten unterschiedliche Grenzwerte für den Oberschwingungsgehalt der Stromaufnahme. Dabei werden die Oberschwingungsströme bis zur 40-ten Ordnung berücksichtigt,



**Bild 2: Flickerkurve für rechteckförmige Spannungsänderungen**

auftritt, und dem Langzeitflicker  $P_{LT}$ , der aus 12 Kurzzeitflickerwerten bestimmt wird und eine Meßzeit von 2 h in Anspruch nimmt.

Der Grenzwert für den Kurzzeitflicker ist auf  $P_{st}=1$  festgelegt. Der Zusammenhang zwischen dem Kurzzeitflicker-Grenzwert und der Spannungsänderung mit bestimmter Wiederholrate, die sog. ( $P_{st}=1$ )-Kurve ist in Abbildung 2 dargestellt. Diese Kurve gilt für rechteckige Versorgungsspannungssprünge. Aus der Kurve ist der Zusammenhang zwischen zulässiger Spannungsänderung bei gegebener Wiederholrate ablesbar. Der Graph zeigt ein deutliches Minimum bei einer Wiederholrate von

d. h. es ist notwendig, bis zu einer max. Frequenz von 2 kHz am Netzanschluß zu messen.

Für die Klassen A, B und C gelten absolute Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen, während die Grenzwerte der Klasse D als relative Werte in bezug auf die Eingangswirkleistung angegeben sind. Für jede Oberschwingung ist der Grenzwert in mA pro W Eingangswirkleistung angegeben, wobei aber für Geräte mit einer Wirkleistungsaufnahme von  $P \leq 75 \text{ W}$  (ab 01.07.2000  $P \leq 50 \text{ W}$ ) keine Grenzwerte gelten.

Durch die leistungsabhängigen Grenzwerte und die für die Klassifizierung notwendige Betrachtung der Stromaufnahme, ist die Beurteilung von Geräten der Klasse D relativ aufwendig.

Hier geben die meisten Oberwellenanalysatoren dem Anwender jedoch eine konkrete Hilfestellung, indem die Überprüfung des Eingangsstromverlaufes über eine sogenannte „Klasse-D-Erkennung“ automatisch erfolgt. Zusätzlich werden dann auch die von der Eingangsleistung abhängigen Grenzwerte berechnet und mit den Meßwerten verglichen, so daß nur noch eine „bestanden-nicht bestanden“-Meldung ausgegeben wird.

### Spannungsschwankungen, Flicker

Auch die europäisch harmonisierte EN 61000-3-3: 1995 mit dem Titel „Grenzwerte für Spannungsschwankungen und Flicker in Niederspannungsnetzen für Geräte mit einem Eingangsstrom  $\leq 16 \text{ A}$ “ ist von der internationalen IEC 1000-3-3 abgeleitet. Sie ersetzt zum 01.06.1998 die EN 60555-3, wobei auch alle Übergangsfri-

sten mit diesem Datum abgelaufen sind.

Diese Norm beschreibt Grenzwerte und Meßverfahren in bezug auf die Spannungsschwankungen, die ein Gerät verursachen kann. Diese treten immer dann auf, wenn sprunghafte Stromänderungen einen Spannungsabfall an der Netzimpedanz hervorrufen.

Die Spannungsschwankungen können unterschiedliche Auswirkungen haben. So werden in der Norm neben den Grenzwerten für die reinen Schwankungen der Netzspannung auch Grenzwerte für die daraus resultierenden physiologisch bewerteten Schwankungen der Leuchtdichte von Lampen, dem sogenannten Flicker, angegeben.

Der Begriff Flicker ist definiert als subjektiver Eindruck einer Intensität der visuellen Wahrnehmung, hervorgerufen durch einen Lichtreiz, dessen Leuchtdichte oder Spektralverteilung mit der Zeit schwankt. Die Grenzwerte in dieser Norm beruhen hauptsächlich auf dem subjektiven Empfinden von Flicker im Licht von 230V/60W Glühlampen.

Dieses subjektive Empfinden des Beobachters wird durch die Höhe der Spannungsänderung und dessen Wiederholrate beeinflusst. So wird eine Spannungsänderung einmal pro Minute weit weniger störend empfunden als wenn die gleiche Spannungsänderung 1000 mal pro Minute auftritt. Aufgrund dieser Zusammenhänge sind auch die Grenzwerte für die Störaussendungen Flicker festgelegt worden.

Der eigentliche Flickerwert wird aus der Höhe der Spannungsänderung, der Wiederholrate und dem zeitlichen Verlauf der Änderung berechnet. Man unterscheidet beim Flicker zwischen dem Kurzzeitflicker  $P_{st}$ , der innerhalb der 10 min. Meßzeit

ca.  $1000 \text{ min}^{-1}$  ( $\approx 8 \text{ Hz}$ ), d. h. die Spannungsschwankungen, die mit dieser Wiederholrate auftreten, dürfen nur sehr klein sein ( $\approx 0,3\%$ ). Mit Schwankungen von nur 0,69V und der entsprechenden Wiederholrate ist dann der Grenzwert  $P_{st}=1$  schon erreicht. Diese Spannungsschwankung kann z. B. durch eine ohmsche Stromänderung von ca. 1,4 A an der Normimpedanz hervorgerufen werden. Die zulässige Schwankung erhöht sich jedoch auf bis zu ca. 8 %, entsprechend 18,4 V, bei einer Wiederholrate von  $0,1 \text{ min}^{-1}$ , d. h. bei einer Spannungsschwankung in 10 Minuten.

Diese unterschiedlichen Bewertungen von Spannungsschwankungen in bezug auf die Wiederholrate werden von entsprechenden Meßgeräten, den Flickermetern, automatisch durchgeführt. Die Geräte arbeiten mit der sog. mathematischen Nachbildung der Strecke „Lampe-Auge-Hirn“ und bestimmen so die Flickerwerte. So ist auch die Messung von Spannungsschwankungen und Flicker mit dem entsprechenden Meßequipment relativ einfach durchführbar.

Aufgrund der langen Beobachtungszeit (=Meßzeit) von 2 h für den Langzeitflicker ist diese Messung jedoch sehr zeitintensiv. Vor allem aus diesem Grund wird in der Norm ausdrücklich erwähnt, daß eine Prüfung nicht erforderlich ist, wenn der Prüfling mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit keine signifikanten Spannungsschwankungen oder Flicker erzeugt.

Hiermit wollen wir die Betrachtung der Normensituation im Bereich der Netzrückwirkungen abschließen und uns im nächsten Teil der Artikelserie mit konkreten Messungen aus diesem Bereich beschäftigen. ELV