

# Netzrückwirkungen, Normen, Meßtechnik

Mario Baussmann

**Gerätehersteller tragen die Verantwortung dafür, daß ihre Produkte keine Oberschwingungen und Flicker erzeugen und somit das Versorgungsnetz nicht belasten. Um dies reproduzierbar und vergleichbar nachweisen zu können, müssen sie ihre Geräte normenkonform vermessen. Dies stellt besondere Anforderungen an die Meßgerätetechnik.**

Störungen der Netzspannung lassen sich grundsätzlich unterteilen in ständig vorhandene Oberschwingungen und sporadisch auftretende Netzspannungsschwankungen, dem Flicker. Beide Phänomene beeinträchtigen die Netzqualität und unterliegen deshalb strengen Normen.

## Oberschwingungen direkt am Erzeuger reduzieren

Schaltnetzteile, die in den meisten elektronischen Geräten zu finden sind, erzeugen infolge des internen Brückengleichrichters und Siebkondensators im Betrieb nichtsinusförmige Ströme. Zerlegt in ihre spektralen Komponenten enthalten diese Ströme neben der 50-Hz-Grundschwingung Vielfache dieser Schwingung, d. h. Oberschwingungen (Bild 1a, 1b).

Verbraucher mit großer Stromaufnahme, deren Leistungsaufnahme geregelt werden soll, beziehen ihren Strom häufig über Umrichter. Diese ähneln im netzseitigen Aufbau den Schaltnetzteilen und erzeugen ebenfalls Oberschwingungen.

Aufgrund des Spannungsabfalls an der Netzimpedanz übertragen sich die Strom-Oberschwingungen auf die Oberschwingungen der Netzspannung, mit dem Ergebnis: Die Sinusform der Netzspannung verzerrt sich zur typischen Trapezkurve mit nennenswerten Anteilen auf der dritten, fünften und siebten Harmonischen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Oberschwingungen zu reduzieren:

- Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) verringern die Netzimpedanz, indem sie das Netz besser vermaschen. So können sich die Strom-Harmonischen der einzelnen Verbraucher nicht auf die Netzspannungs-Qualität übertragen.
- Die EVU kompensieren die Oberschwingungen dezentral.
- Jeder einzelne Verbraucher wird kompensiert und entstört.

In der damaligen Überlegung schien es am kostengünstigsten, das Problem an der Quelle zu packen und jedes einzelne Gerät

zu entstören. Infolgedessen entstand die Norm IEC 61000-3-2, die die zulässigen Rückwirkungen der Verbraucher auf das Energieversorgungsnetz begrenzt. Als Entstörmaßnahmen in den Geräten kommen Filter zum Glätten des Versorgungsstroms und Powerfaktor-Kompensationsschaltungen in Frage.

## Flicker – Taktrate ändern, kritische Frequenzen vermeiden

Viele Geräte schalten sprunghaft und oft wiederholend ihre Leistungsaufnahme. Diese Stromsprünge verursachen infolge des Spannungsabfalls an der Netzimpedanz sprunghafte Änderungen der Netzspannungsamplitude.

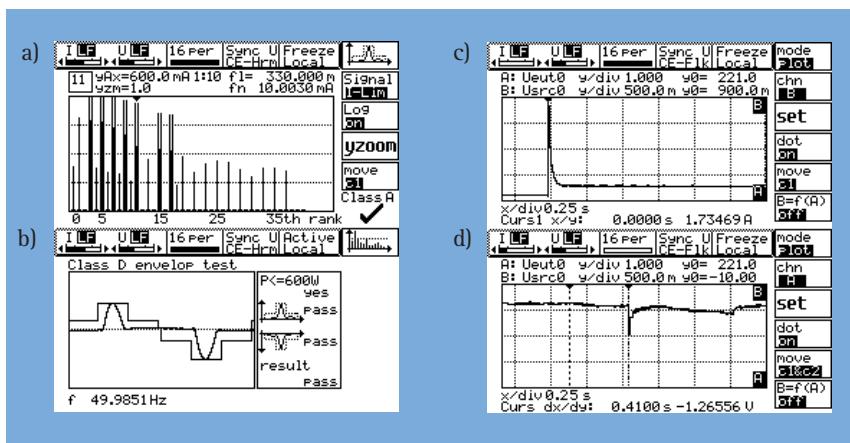
Um den Verlauf der Netzspannung quantitativ zu bewerten, geht man davon aus, daß die schwankende Netzspannung eine elektrische Beleuchtung versorgt. Zur Analyse dienen Rechenmodelle, welche die Übertragungscharakteristik des menschlichen Auges zum Gehirn und die Bewertung von Helligkeitsschwankungen vom Gehirn nachbilden. Der Flickerpegel ist ein Maß für die Beeinträchtigung eines Menschen aufgrund dieser Helligkeitsschwankungen. Genaueres erläutert die IEC 61000-4-15.

Die zweite störende Auswirkung ist der größte Spannungseinbruch  $d_{max}$ , der zum Beispiel PC-Abstürze verursachen kann. Zwei Lösungsalternativen sind wiederum denkbar:

- Die EVU verringern die Netzimpedanz oder
- die Geräte werden entstört.

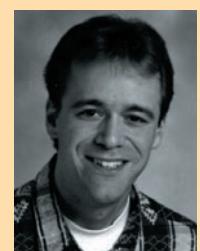
Auch diesbezüglich haben sich die Experten dafür entschieden, die Störung der Geräte in Schranken zu verweisen, und die Norm IEC 61000-3-3 entworfen.

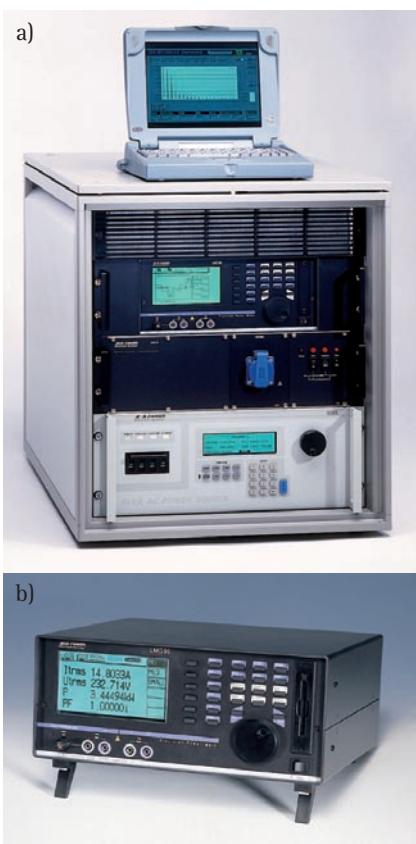
Zur Minderung des Flickerpegels sollte das Gerät mit seiner Taktrate die besonders kritischen 8,8 Hz entweder deutlich unter- oder deutlich überschreiten. Der maxi-



**Bild 1.** Screenshots, aufgenommen mit dem Präzisionsleistungsmeßgerät LMG 95  
 a) Oberschwingungsanalyse eines Schaltnetzteils, einzelne Strom-Harmonische zusammen mit den Obergrenzen in logarithmischer Darstellung  
 b) Oberschwingungsanalyse eines Schaltnetzteils, Envelop-Test des gleichen Netzteils  
 c) Halbschwingungseffektivwerte des Einschaltstromstoßes eines PC-Monitors  
 d) Halbschwingungseffektivwerte des dazugehörigen Netzspannungseinbruchs

Dipl.-Ing. Mario Baussmann ist Entwicklungsingenieur für Analogtechnik bei der ZES Zimmer Electronic Systems GmbH in Oberursel.





**Bild 2.**

- a) Normgerechtes, einphasiges Prüfsystem:  
Laptop zur Ablaufsteuerung, Prädiktions-  
leistungsmeßgerät, Netzimpedanz-  
nachbildung und Leistungsquelle  
b) Prädiktionsleistungsmeßgerät LMG95

male Spannungseinbruch  $d_{\max}$  lässt sich z. B. mit Hilfe eines Sanftanlaufs leicht reduzieren.

### Lückenlos und hochgenau messen

Sowohl bei den Oberschwingungen, als auch beim Flicker liegt also die Verant-

wortung bei den Geräteherstellern. Um die Geräte zu entstören, müssen sie die EMV-Aussendung ihrer Produkte zuerst genau vermessen. Damit die Meßergebnisse reproduziert und verglichen werden können, legen Normen die notwendigen Meßgeräteeigenschaften fest.

Dies ist zum einen die IEC 61000-4-7. Sie bezieht sich auf die Strom-Harmonischen und gibt eine lückenlose Messung mit hoher Genauigkeit vor. Die Meßwerte werden in Fenstern zu je 16 Perioden (rund 320 ms) zusammengefaßt und angezeigt. Auch am Ende der 16 Perioden gilt es, lückenlos weiter zu messen. Damit nur die Rückwirkungen der Geräte und nicht die Netz-Oberschwingungen in die Meßergebnisse eingehen, muß der Prüfling an einer Leistungsquelle mit kleinem Ausgangswiderstand und nahezu sinusförmiger Spannung betrieben werden.

Zum anderen regelt bei Flickermessungen die Norm IEC 61000-4-15 die Bewertung der Spannungsschwankungen. Dazu mißt z. B. das Flickermeter die Kurz- und die Langzeit-Flickerstärke  $P_{st}$  und  $P_{lt}$ . Zudem schreibt die IEC 61000-3-3 die Bestimmung des maximalen Spannungshubs  $d_{\max}$  vor. Auch hier fordert die Norm eine lückenlose Messung; die Integrationszeiten gehen aber nur jeweils über eine Halb- schwingung (etwa 10 ms). Dies ergibt Halb- schwingungseffektivwerte (Bild 1c, 1d).

Dabei erfordern die kurzen Meßzeiten große Rechenleistungen; und auch die Meßgenauigkeit muß hoch sein, da mit abnehmender Integrationszeit die zum Meßsignal unkorrelierten Störungen (Rauschen, eingekoppelte Störsignale) schlechter unterdrückt werden können.

Gemessen wird an einer Leistungsquelle mit nachgeschalteter Netzimpedanznachbildung (Bild 2a). Stromsprünge und Laständerungen des Prüflings verursachen an dieser Impedanz Spannungsschwan- kungen, die zum Flicker führen.

### Normgerecht messen, Flexibilität wahren

Eine Lücke in der Norm stellt derzeit die Tatsache dar, daß Zwischenharmonische - Komponenten des Stroms mit Frequenzen, die kein Vielfaches von 50 Hz sind - nicht erfaßt werden. Die sogenannte „ $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$ -Steuerung“ erzeugt z. B. Harmonische mit der Grundschwingung  $16\frac{2}{3}$  Hz. Und auch manche Powerfaktor-Kompen- sationsschaltungen verursachen aufgrund ihres Funktionsprinzips Zwischenharmonische. Dieses Schlupfloch wollen die Normungsgremien aber bald schließen. In 50- Hz-Systemen muß dann über zehn Peri- oden gemessen und die sich ergebenden Zwischenharmonischen zu den benach- barten Harmonischen addiert werden.

Die aufgezeigten Messungen lassen sich mit dem Präzisionleistungsmeßgerät LMG95 realisieren (Bild 2b). Es zählt zu den einphasigen Apparaturen, die nicht nur irgend eine Harmonischen-Analyse enthält, sondern normgerecht nach IEC mißt und darüber hinaus ein normge- rechtes Flickermeter enthält. Für zukünf- tige Normenänderungen ist das Gerät ge- wappnet und bietet ausreichend Rechen- leistung. Bereits heute sind die derzeitigen Vorschläge für eine geänderte Norm IEC61000-4-7 integriert.

Zimmer Electronic Systems engagiert sich in den entsprechenden IEC-Normen- gremien und hält die Software des LMG95 auf dem neusten Stand. Eine aktuelle Ver- sion ist im Internet unter <http://www.zes.com> kostenfrei abrufbar. Vor Ort läßt sich das Programm jederzeit in das Leistungsmeß- gerät übertragen, so daß der Anwender kontinuierlich und ohne großen Aufwand immer vorschriftsmäßig seine Geräte ver- messen kann. ■