

Netzrückwirkungen durch Anlaufströme sind ein Prüfstein für Leistungsmessgeräte

## Beim Einschalten: Störung!

**Starke Anlaufströme und nicht-sinusförmige Ströme führen zu elektromagnetischen Störungen und beeinträchtigen die Netzqualität. Sie sind deshalb strengen Normen unterworfen. Für Hersteller elektrischer Geräte ist es also äußerst wichtig, deren Einschaltvorgang genau zu analysieren und dabei den Spitzenwert, die Halbwellen-Effektivwerte und den Strom-Zeitverlauf grafisch darzustellen. Diese Messaufgabe stellt hohe Anforderungen an die Messgeräte.**

Von Mario Baussmann\*

Beim Anlaufstrom handelt es sich um ein einmaliges, nicht-periodisches Signal, das zunächst lückenlos aufgezeichnet werden muss. Der übliche Weg ist, die Signale zeit- und wertdiskret abzutasten und sie dann digital weiterzuverarbeiten. Um

chen zu können, braucht der Anwender sehr große Spitzestrom-Messbereiche mit einem Crest-Faktor von etwa 50 bei zulässigem Effektivstrom von 20 A. Ströme um 500 A sind für sehr kurze Zeit erreichbar; mit einer Abtastrate um 100 kHz lassen sich auch solch kurze Stromspitzen messen. Der niedrohmige Shunt (maximal 3 mΩ für normgerechte Messungen) sollte im Gerät integriert sein. Genaue Strommessungen sind mit handelsüblichen Widerständen oder transformatorischen Wandlern nicht möglich, weil die Serieninduktivität der Widerstände bei hochfrequenten Signalen zu Verzerrungen und Phasenverschiebungen führt.

Bei Leistungsmessungen an Verbrauchern mit kleinem Leistungsfaktor kommt es darauf an, dass das Gerät Strom und Spannung genau gleichzeitig messen kann und dabei das Strom- und das Spannungssignal synchron abtastet. Wichtig ist auch, dass kein Phasenfehler auftritt und die Gruppenlaufzeit der Signale in beiden Messkanälen gleich und frequenzunabhängig ist. Darüber hinaus muss das Gerät in der Lage sein, sämtliche Messgrößen wie beispielsweise Effektiv- und Spitzenwert, Gleich- und Wechselanteil des Stroms und der Spannung, Frequenz, Crest-Faktor, Wirk-, Blind- und

Scheinleistung, Leistungsfaktor, Energie, Ladung, Harmonische sowie Flicker in Echtzeit und ohne Unterbrechung der laufenden Messung zu berechnen und anzugeben.

Beide Messkanäle benötigen eine gute dynamische Gleichtaktunterdrückung bis zu einigen 100 kHz und eine hohe Störfestigkeit. Das Gerät sollte die Abtastwerte selbst lückenlos auf- ►

Anzeige



Präzisions-Leistungsmessgerät »LMG95« von ZES Zimmer

dabei auch Signale mit steilen Flanken nicht zu verfälschen, müssen der AD-Wandler und der analoge Signalkonditionierer vor dem AD-Wandler ihnen in voller Bandbreite gewachsen sein.

Für Messungen nach dem Standard IEC 61000-3-2/3-3 muss das Messgerät sehr genau sein (0,05 Prozent vom Messbereich oder besser). Verfügt es über weite Messbereiche (von einigen mA bis 20 A und von einigen mV bis 600V), kann es vielseitige Aufgaben übernehmen. Bei der Messung von nicht sinusförmigen Größen ist ein großer Crest-Faktor wichtig. Um Einschaltströme untersu-

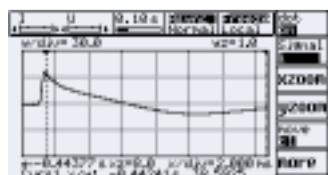
\* Mario Baussmann ist Entwicklungs-Ingenieur für Analogtechnik bei der ZES Zimmer Electronic Systems GmbH in Oberursel.

zeichnen, damit der Anwender den Signalverlauf von einigen Mikrosekunden bis hin zu mehreren Minuten genau betrachten kann. Zur weiteren Datenverarbeitung im PC ist mindestens eine serielle Schnittstelle erforderlich, über die sich alle Abtastwerte und die vom Leistungsmessgerät errechneten Größen übertragen lassen, um sie zu dokumentieren. Ein professionelles Leistungsmessgerät kann die Messergebnisse in Textform und als Grafik direkt auf jedem Standard-Drucker ausdrucken und den Bildschirminhalt im Grafikformat über die Schnittstelle ausgeben. Möglichst einfach aufgebauten Menüstrukturen sollten eine intuitive Bedienung des Messgeräts ermöglichen.

Um sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen die Eingangskanäle galvanisch voneinander, von der Stellfläche und von den übrigen Bauteilen des Leistungsmessgeräts getrennt sein, um Messungen im »heißen« Strompfad zu ermöglichen und auch bei eventuell falschem Anschluß den Prüfaufbau und den Benutzer zu schützen.

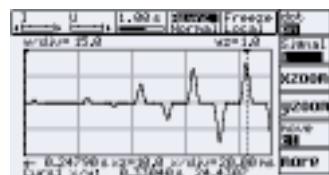
Zur Demonstration des unterschiedlichen Einschaltverhaltens untersuchten Ingenieure der Firma ZES Zimmer verschiedene elektrische Haus- und Heimwerkergeräte. Sie verwendeten dabei das Präzisions-Leistungsmessgerät »LMG95« von ZES Zimmer.

Der Einschaltstrom eines Halogenstrahlers mit 230 V / 500 W sieht beispielsweise so aus:



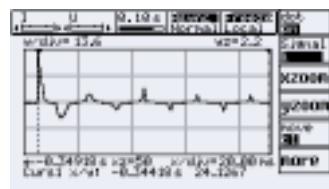
Zu sehen ist hier eine Stromspitze mit einer steil aufsteigenden Flanke, deren Steilheit von der Netzimpedanz und dem Kaltwiderstand der Lampe bestimmt wird. Der Spitzenwert ist der Quotient aus Spitzenspannung und Kaltwiderstand der Lampe.

Das folgende Bild zeigt das Anlaufverhalten einer Heimwerker-Handkreissäge mit Softstart-Elektronik:



Gut zu erkennen ist die Phasenanschnitt- und Halbwellensteuerung der Softstart-Elektronik. Die steilen Flanken des Phasenanschnitt-Stroms sind wegen der Induktivität des Motors abgerundet.

Ein PC-Farbmonitor hat folgendes Einschaltverhalten mit einem Spitzenstrom von immerhin 24 A – ein Wert, der für Schaltnetzteile ohne Einschaltstrombegrenzung typisch ist:



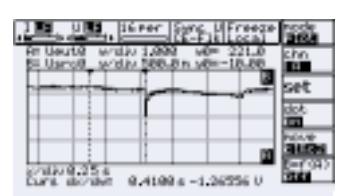
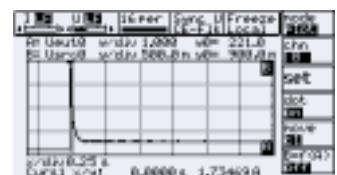
Das Beispiel eines Heimwerker-Winkelschleifers verdeutlicht den Nutzen der Softstart-Elektronik. Beide Abbildungen zeigen den gleichen Winkelschleifer; die untere stellt aber eine Messung dar, bei der die Softstart-Elektronik ausgebaut ist, wodurch sich ein reiner Kommutator-Motor ergibt.



Wer die Störungen, welche die Anlaufstromspitzen verursachen, bewerten will, muss die durch Spannungsabfall an der Netzimpedanz hervorgerufene Netzspannungsschwankung betrachten. Dabei nehme er an, dass ein elektrisches Licht an

dem betreffenden Stromnetz angeschlossen ist. Zur Bewertung greife er auf Rechenmodelle zurück, welche die Übertragung der Bilder vom menschlichen Auge zum Gehirn und die Bewertung von Helligkeitsschwankungen durch das Gehirn simulieren. Ein Maß für die Beeinträchtigung von Menschen durch diese Helligkeitsschwankungen ist der Flickerpegel.

Das folgende Messergebnis zeigt die für die Flickermessung relevanten Halbwelleneffektivwerte des Anlaufstroms eines PC-Monitors und der Netzspannung:



Sowohl bei der Entwicklung elektronischer Geräte als auch beim Überwachen der strengen Normen ist es unerlässlich, viele genaue Kontrollmessungen zu machen. Dabei ist zur Messung der Einschaltvorgänge und für die statischen Messungen (Stromaufnahme, Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad, Flicker- und Harmonische-Messungen usw.) nur ein einziges Messgerät nötig.

Weil die IEC-Normen hohe Anforderungen an die Messgenauigkeit stellen, hält die Analyse der Einschaltvorgänge elektrischer Geräte für die Messgerätefirmen immer neue schwierige Aufgaben parat. In Zukunft wird es vor allem um die zeitkritische Programmierung der Messgeräte, die analoge Signalkonditionierung sowie um noch bessere und vielseitigere Auswertemöglichkeiten der gemessenen Ströme und Spannungen durch die Software gehen. (ak) □