

Normgerechte Netzanalyse im Dreiphasen-Netz

Störungen in Energieversorgungsnetzen treten immer häufiger auf. Die Ursachen dafür sind vielfältig, die Folgen in der Regel teuer. Produktionsstillstände und Rechnerausfälle können beträchtliche Kosten hervorrufen. Zur Behebung dieser Probleme ist die Bestimmung der Netzqualität durch Messungen der erste Schritt. Anschließend werden auftretende Fehler ermittelt.

Problemstellung

Für Niederspannungsnetze mit 50 Hz Betriebsfrequenz wurde als Nennspannung 230/400V ± 10 % festgelegt. Allerdings unterliegt dieser Spannungswert in der Praxis stärkeren Schwankungen, die durch schnelle oder langsame Änderungen des Effektivwerts gekennzeichnet sind. Auch bei Spannungseinbrüchen bzw. -ausfällen sind schnelle und langsame Wertänderungen zu unterscheiden. Die Änderungszeiträume reichen von einer Halbschwingung (10 ms) über mehrere Perioden bis hin zu Stunden.

Generell stellen derartige Störungen über eine oder mehrere Perioden eine Beeinträchtigung für viele Verbraucher, wie produktions-technische Anlagen und deren Steuer- und Regeltechnik, dar. Um zu klären ob die Störungen vom Netz oder von Rückwirkungen der Verbraucherlast herrühren ist es nötig, die Netzqualität zu messen. Wichtig ist dabei, dass die Sicherheitsbestimmungen für höchste Kurzschlussenergie durch das verwendete Messgerät erfüllt werden, da Netzanalysatoren in Hochenergieumgebungen (CAT IV) zum Einsatz kommen.

Ein Überschlag im Instrument durch Überspannungsimpulse würde zum Lichtbogenkurzschluss an den Sammelschienen führen. In diesem Fall hängt die Sicherheit des Anwenders nur von der Durchschlagsfestigkeit des Messgeräts ab.

Spezielle Störungsarten

Vorgänge, die kürzer als 10 ms andauern, werden als Transienten bezeichnet. Sie treten meist als Spannungsspitzen auf, erreichen oft mehrere kV und können so zum Spannungsdurchschlag in Geräten führen.

Eine häufige Ursache für Transienten sind Schalthandlungen im Netz. Diese sind betriebsbedingt nicht zu vermeiden. Auch das Aus-

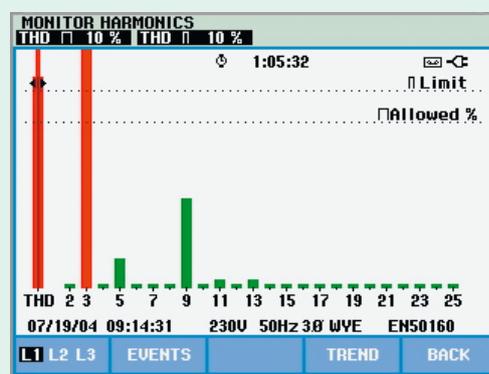
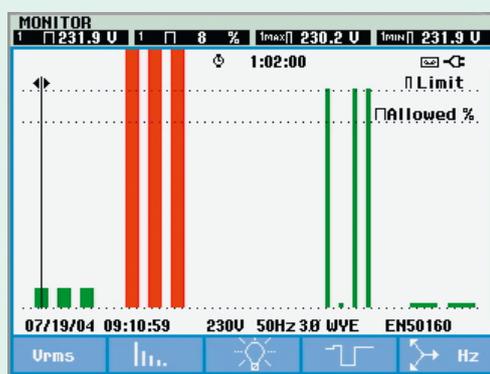
schlussfall auch strombegrenzend löschen. Die damit verbundene Steilheit des Stromabrisse ist für die Spannungsspitze verantwortlich. Spannungsschwankungen, die zum Flackern der Beleuchtung führen, werden Flicker genannt. Sie treten meistens bei hohem Leistungsbedarf (einschließlich Blindleistung) der Last auf.

Das Hauptproblem bei normgerechten Messungen war der bisher relativ hohe Aufwand zur Feststellung von Grenzüberschreitungen. Oft mussten am Messmittel zuerst Schwellwerte und Messgrößen eingestellt werden. Dieses Problem wird durch das Messgerät Fluke 434 gelöst, mit dem normgerechte Messungen und Protokollierungen einfach möglich sind. Dank seiner Funktionen „AutoTrend“ und „AutoRange“ brauchen keine Parameter gesetzt werden. Durch die AutoTrend-Funktion werden automatisch immer sämtliche Messwerte erfasst, so dass es schon während der laufenden

Normgerechte Messung

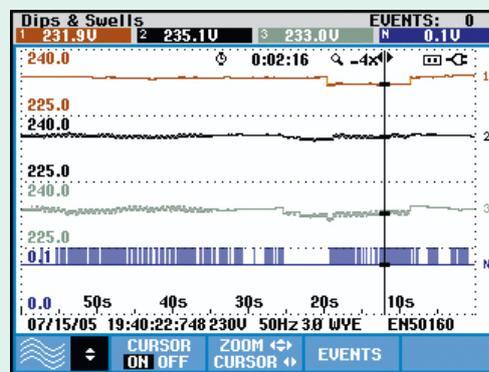
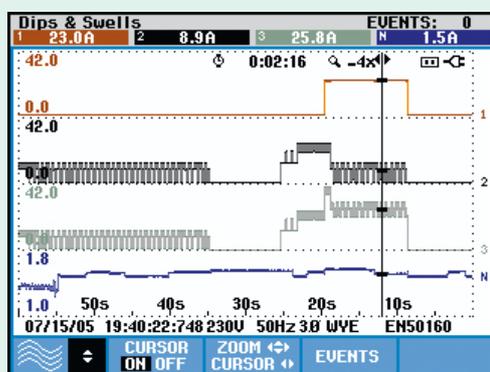
In [1] sind Grenzwerte für die Amplitude und die Häufigkeit bzw. Dauer einer Störung festgelegt.

lösen einer Schmelzsicherung im Niederspannungsnetz verursacht eine erhebliche Spannungsspitze, da diese Sicherungen je nach

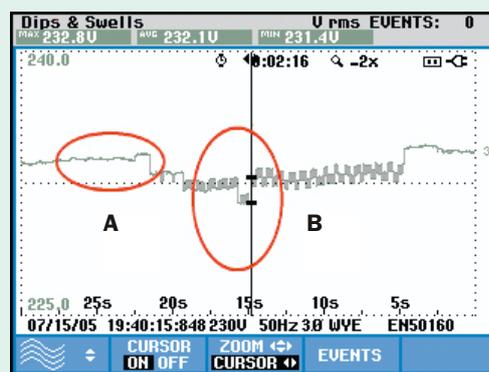
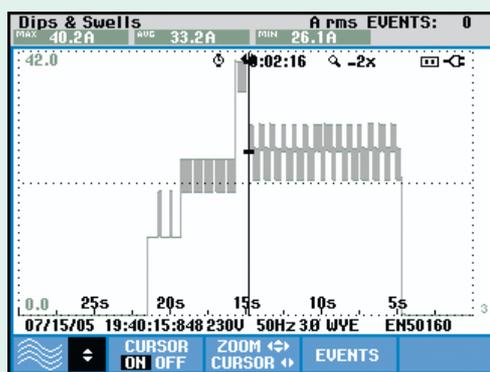


1 Übersichtliche Ergebnisdarstellung bei Messungen nach DIN EN 50160

Grün = bestanden, Rot = nicht bestanden



2 Beispiel für den Verlauf von Strom (links) und Spannung (rechts) eines elektronisch geregelten Durchlauferhizers



3 Detailanalyse der Verläufe von Strom (links) und Spannung (rechts) aus Bild 2

A) Spannungsschwankungen vom Netz; B) Spannungseinbruch durch die Last

Messung möglich ist, Ergebnisse zu analysieren. Die automatische Skalierung übernimmt die Funktion AutoRange.

Mit Hilfe einer eindeutigen Farbkennzeichnung ist die Bewertung der Messergebnisse möglich (Bild 1). Normverstöße werden klar gekennzeichnet und lassen sich bis ins Detail analysieren. Die spezielle Software ist in der Lage im Anschluss ein Protokollokument zu erstellen.

Fehlersuche

Damit ungestörte Netzqualität sichergestellt werden kann ist es nötig, die Ursachen für Störungen zu finden, um Abhilfe zu schaffen. Dieses Auffinden ist mit dem Messgerät leicht durchführbar. Für die Beseitigung der Störungsursache ist es jedoch entscheidend, die Fehlerrichtung messen zu können. Falls beispielsweise eine unruhige Langzeitschwankung von starken pulsformigen Spannungseinbrüchen überlagert ist, so lässt sich aus dem Spannungsverlauf allein noch keine Aussage über die Fehlerrichtung treffen. Hierzu muss zusätzlich zur Wirkung noch die Ursache (Strom) in einer zweiten Kurve dargestellt werden. Nun wird zur Ortung der Störung folgendermaßen vorgegangen: In der speisenden Unterverteilung werden die Spannungspfade des Messgeräts angeschlossen. Mit den Stromzangen werden nun alle Abgänge einzeln kurz aufgezeichnet.

Verlaufen die Trendkurven für Strom und Spannung gleichsinnig, kommt die Schwankung von der Einspeiseseite (Spannungseinbruch verursacht Stromrückgang

und umgekehrt). Es muss also eine Verteilebene höher gesucht werden oder ein Nachbarabgang untersucht werden. Verlaufen die Trendkurven gegensinnig, ist die Ursache verbraucherseitig (ansteigender Strom verursacht das Fallen der Spannung und umgekehrt). In diesem Fall ist die Suche eine Verteilebene tiefer anzusetzen. Durch die Baumstruktur des Netzes ist der Fehlerort so schnell und eindeutig lokalisierbar.

Bei sehr unruhigem Spannungsverlauf kann die Richtungsbestimmung mit Hilfe des Cursors vorgenommen werden. Über den Cursor lässt sich sogar zusätzlich die Netzimpedanz ermitteln, wozu nur $\Delta U/\Delta I$ berechnet werden muss. Die Flickerortung mit dem Messgerät ist einfach und sei an einem Beispiel erläutert: Ein elektronischer Durchlauferhitzer erzeugt sehr schnelle Spannungsschwankungen durch pulsweises Einschalten seiner Stufen. Dies führt zu dem „gezackten“ Spannungs- und Stromverlauf in den Bildern 2 bzw. 3. Hier ist der Zusammenhang deutlich erkennbar. Die Schwankungen haben keine Ursache im Laststrom, sie kommen vom Netz, denn der Laststrom ist vor und nach den Sprüngen gleich Null.

Messung mit Neutralleiter

Durch Doppelverbindungen von N und PE im 5-Leiternetz (TN-S) bzw. der Vermaschung des PEN-Leiters im TN-C-Netz ist die Summe der drei Phasenströme nicht gleich der Summe des N-Leiter- bzw. PEN-Leiterstroms. Eine Berechnung nach Kirchhoff (Summe aller $I=0$) hilft hier also nicht, es müssen vier Kanäle gemessen werden (Bild 4). Der Nutzen liegt unter anderem im Auffinden von vagabundierenden Strömen innerhalb des Potentialausgleichssystems. Diese sogenannten Streuströme sind verantwortlich für den größten Teil der Schäden an vernetzten Systemen wie Rechnernetzwerken.

Geräte, die nur drei Außenleiter ohne den Neutralleiter N messen oder diesen gar „errechnen“, können Rückströme außerhalb von N bzw. PEN nicht berücksichtigen.

Literatur

[1] DIN EN 50160:2003-03. Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen



4 Messung aller drei Außenleiter und des Neutralleiters

B. Appel