

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 90 (1999)

Heft: 24

Artikel: Spannungsqualität : VSE-Messkampagne

Autor: Schreiber, Rolf / Pfister, Werner / Kollegger, Andy

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902026>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Spannungsqualität – VSE-Messkampagne

Elektrische Energie ist in der Regel immer in ausreichender Quantität und Qualität vorhanden. Doch was wird unter der Qualität verstanden? Dies ist eine Frage, die mit der Strommarktliberalisierung zusehends an Bedeutung gewinnen wird.

■ Rolf Schreiber, Werner Pfister und Andy Kollegger

Was ist Qualität?

Elektrizität wird von den meisten Verbrauchern, zumindest was die technische Seite betrifft, nicht begriffen. Sie kann nicht angefasst werden. Zudem ist elektrische Energie für den Haushaltskunden billig. Dies alles macht die elektrische Energie zu einem «Non-Produkt». Die Zeiten, in der eine Glühbirne ehrfurchtsvoll betrachtet wurde, sind längst vorbei. Elektrische Energie entspricht heute einer Selbstverständlichkeit. Über Strom wird in der Regel nur gesprochen, wenn er einmal ausfällt. Das kommt nicht von ungefähr, unterscheidet sich Strom doch in einigen wesentlichen Punkten von anderen Produkten:

- Elektrizität ist nicht lagerbar; sie muss in dem Moment erzeugt werden, wo sie vom Kunden verlangt wird.
- Der Transport der Elektrizität geschieht ohne Zeitverlust.
- Die Qualität der Elektrizität wird weitgehend durch die Verbraucher beeinflusst.

Was aber wird unter der Qualität der Spannung verstanden? Eine Frage die mit der Strommarktliberalisierung sowie der verschärften Produkthaftung zusehends an Bedeutung gewinnen wird. Die Qualität der Elektrizität wird künftig ein klagbares Recht. Doch anders als zum Beispiel bei einem Videorecorder, der für den Transport beim Lieferanten in Styropor eingepackt und damit meist ohne

Qualitätseinbussen zum Kunden transportiert werden kann, wird die elektrische Energie auf dem Weg vom Kraftwerk zum Verbraucher beeinträchtigt. Verantwortlich hierfür sind massgeblich die von den Kunden am Netz angeschlossenen Geräte.

Qualität ist beschreibbar

Damit die Qualität vom Juristen klar beurteilt werden kann, muss sie definiert und mit einer Vielzahl von messbaren Grössen umschrieben werden. So werden in der Europäischen Norm EN 50160 «Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen» die elementaren Eigenschaften der Elektrizität anhand einiger charakteristischen Grössen definiert. Da wie erwähnt, die Qualität der Elektrizität auch stark von den angeschlossenen Verbrauchern beeinflusst wird, reicht die Europäische Norm nicht aus, um die Qualität zu gewährleisten; es muss auch sichergestellt werden, dass die Verbraucher das Produkt mit sogenannten Netzrückwirkungen nicht über das zulässige Mass verschlechtern. Aus diesem Grund müssen auch die durch den Verbraucher verursachten Störungen mit Minimalvorschriften begrenzt werden. Die Europäischen Normen, die für diese Fälle nur generelle Aussagen machen, werden durch Ausführungsbestimmungen konkretisiert. In der Schweiz

sind dies die vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) zusammen mit dem Verband der Elektrizitätswerke Österreichs VEÖ herausgegebene «Empfehlung für die Beurteilung von Netzrückwirkungen» (VSE 2-72).

Für die Qualität der elektrischen Energie in einem Netz ist die Gesamtheit der daran angeschlossenen Geräte und Anlagen ausschlaggebend. So kann es sein, dass ein Kunde unter Umständen die negative Wirkung seiner Geräte auf das Netz gar nicht bemerkt. Es kann aber auch vorkommen, dass ein einzelnes Kundengerät die Netzqualität unzulässig beeinflussen kann. Bildlich formuliert ist es wie bei einem Bergbach, dessen Trinkwasserqualität durch eine einzige Verunreinigung verloren gehen kann.

Netzrückwirkungen

Sobald Strom fliesst, entsteht über der Netzimpedanz ein Spannungsabfall. Jede Änderung des Verbrauchers verändert den Wert des Spannungsabfalls und somit die Spannung im gesamten Netz. Je nachdem ob die Schalteroperation einmalig ist, oder sich (periodisch oder beliebig) wiederholt, sind verschiedene Rückwirkungen auf das Netz zu untersuchen. Zudem besteht bei jeder Abschaltung eines Verbrauchers die Gefahr von Schaltüberspannungen und damit die Gefährdung von angeschlossenen Geräten, insbesondere von Elektronikbauteilen.

Ein weiteres Problem stellt sich bei den Dreiphasennetzen: Werkseitig wird ein symmetrisches Dreiphasensystem erzeugt, in welchem die drei Spannungen untereinander gleich gross und um $1/3$ Periode (120° elektrisch) verschoben sind.

Adresse der Autoren

Rolf Schreiber
Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8050 Zürich

Werner Pfister
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8022 Zürich

Andy Kollegger
Elektrizitätswerk Arosa
7050 Arosa

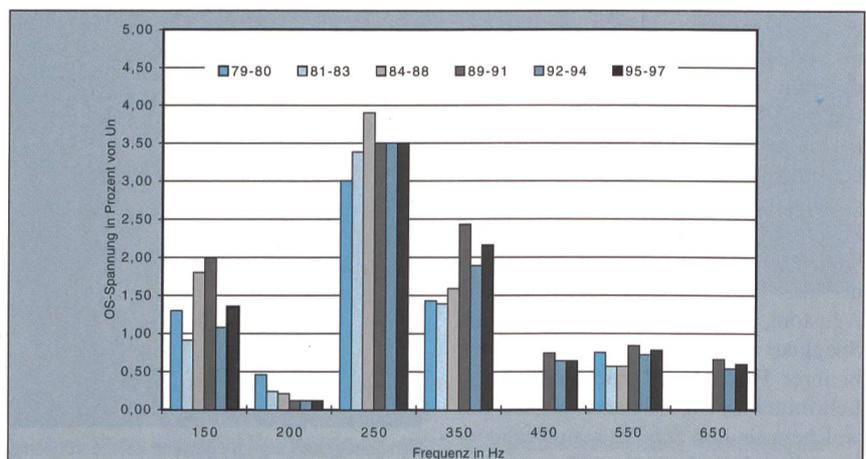


Bild 1 VSE-Oberschwingungs-Messkampagnen (VSE 0579-97).

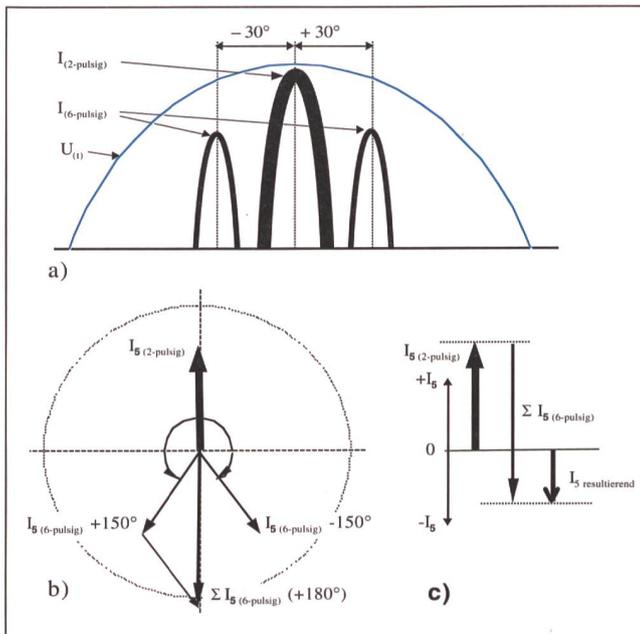


Bild 2 Phasenlage der 5. Harmonischen von zweipulsigen (einphasigen) und sechspulsigen (dreiphasigen) Gleichrichtern (VSE OS2-6Puls).

Werden die einzelnen Phasen nicht gleichmässig belastet, so entstehen in den Leitungen unterschiedliche Spannungsabfälle und Phasendrehungen und damit am Verknüpfungspunkt ein unsymmetrisches Drehstromsystem.

Viele der im Netz vorhandenen Verbraucher beziehen vom Netz keinen sinusförmigen, sondern einen nichtlinearen Strom. Typische Beispiele hierfür sind elektronische Geräte wie Computer, Energiesparlampen oder auch drehzahlvariable Antriebe. Ströme mit beliebiger (aber periodisch angenommener) Kurvenform können als Summe von sinusförmigen Komponenten dargestellt werden (Oberschwingungen gemäss Fourier). Die sinusförmigen Komponenten unterscheiden sich dabei lediglich durch die Grösse der Amplitude und die Periodizität. Letzteres wird als Vielfache der Grundschiwingung (50 Hz) angegeben und der Einfachheit halber als Oberschwingung oder Harmonische bezeichnet. Jede dieser sinusförmigen Komponenten leistet ihren Anteil zum Spannungsabfall über den Netzimpedanzen. Dies hat zur Folge, dass auch die am Verbraucher anliegende Spannung verzerrt wird.

Qualität als Wettbewerbsfaktor

Mit der Europäischen Norm EN 50160 steht dem Kunden sowie dem EVU ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem die Qualität der gelieferten elektrischen Energie nach objektiven und standardisierten Methoden gemessen und beurteilt werden kann. Zudem steht dem Energielieferanten (EVU) zur Beurteilung der Emissionen von Kundenanlagen die «Empfehlung für

die Beurteilung von Netzzrückwirkungen» zur Verfügung. Hingegen fehlen diesbezügliche Messungen fast weitgehend. Immerhin haben Messungen bei den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) gezeigt, dass im MS-Netz (16 kV) von 50 gemessenen Kundenanlagen alle Anlagen die Emissionsgrenzen einhalten. Im NS-Netz erfüllen nur 80% der geprüften Kundenanlagen die Emissionsgrenzwerte und 24% der Kundenanlage weisen Probleme mit der Blindstromkompensation auf. Die Durchführung solcher Messungen wird einer grösseren Anstrengung bedürfen. Hilfreich dürfte dabei die feste Absicht der EU-Kommission sein, jährlich von den Elektrizitätswerken Statistiken über die Einhaltung der Merkmale der Spannungsqualität zu verlangen. Strom ist somit nicht gleich Strom. Die Qualität wird für den Kunden im liberalisierten Strommarkt wie der Preis ein mitentscheidender Wettbewerbsfaktor bilden.

Messkampagne des VSE

Verschiedene Mitgliedswerke des Verbands Schweizer Elektrizitätswerke VSE führen seit Jahren periodisch Messungen bezüglich der vorhandenen Oberschwingungspegel durch. In den Jahren 1995 bis 1997 wurden weitere 20 000 Messwerte aufgenommen und ausgewertet. Bild 1 zeigt die Zusammenfassung aller Messpegel seit 1979.

Auswertung der VSE-Messkampagne

Bezüglich der einzelnen Oberschwingungen können folgende Aussagen gemacht werden:

3. Oberschwingung (3mal Grundschiwingung von 50 Hz = 150 Hz)

Es ist kein einheitlicher Trend auszumachen. Die neusten, geringeren Pegel können einerseits auf die an vielen Orten bereits abgeflachten Sinuskurven der Spannung und andererseits auf den vermehrten Einsatz von verdrosselten Blindstromkompensationen (Verdrosselung auf 7%), welche die Netzimpedanz bei 150 Hz reduzieren, zurückgeführt werden.

4. Oberschwingung (200 Hz)

Diese Pegel haben sich erwartungsgemäss auf geringem Niveau stabilisiert, da beinahe keine Einweg-Gleichrichter (z.B. schwarzweiss TV-Geräte) mehr im Einsatz stehen.

5. Oberschwingung (250 Hz)

Die Stabilisierung dieses Pegels bei etwa 3,5% ist nach dem bisher rasanten Anstieg beruhigend. Sie resultiert aus der quasi entgegengesetzten Phasenlage der 5. Harmonischen von zweipulsigen (einphasigen) und sechspulsigen (dreiphasigen) Gleichrichtern. Bild 2 verdeutlicht diese Aussage. Während der Strombezug bei der zweipulsigen Gleichrichtung in der Mitte der Sinushalbschwingung liegt, sind die Stromspitzen bei einer sechspulsigen Gleichrichtung um $\pm 30^\circ$ verschoben. Die Vektoren der 5. Harmonischen sind also um fünfmal $\pm 30^\circ = \pm 150^\circ$ verschoben, bezogen auf die Phasenlage des zweipulsigen Stromrichters. Aus der geometrischen Addition dieser beiden Vektoren resultiert ein Vektor, der genau um 180° gegenüber demjenigen des zweipulsigen Gleichrichters liegt: es entsteht ein Kompensationseffekt.

Ein weiterer Grund für die Stabilisierung der 250-Hz-Pegel ist auch hier der vermehrte Einsatz von verdrosselten Blindleistungskompensationen (Verdrosselung auf 5,5%), welche die Netzimpedanz auch bei 250 Hz reduzieren.

7. Oberschwingung (350 Hz)

Diese Pegel sind tendenziell steigend. Bis zur Erreichung des Verträglichkeitspegels bleiben jedoch noch genügend Reserven bestehen.

Die Pegel der höheren Frequenzen bleiben praktisch konstant. Die entsprechenden Vektoren drehen sich, bezogen auf die Grundschiwingung von 50 Hz, mit 9- bis 13facher Winkelgeschwindigkeit, was bei geometrischer Addition zu hohen Kompensationseffekten führt (siehe 5. Oberschwingung).

Die Messkampagne wird weitergeführt.