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: 86 (1995)

Heft: 1

Artikel: Die Qualität der Netzspannung wird messbar : umfassende Spannungsüberwachung nach EN 50 160 : ein Beitrag zur Qualitätssicherung

Autor: Kahn, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902410

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

Seit Mitte 1994 gibt es eine europäische Qualitätsnorm für das Produkt «elektrische Energie». Die neu geschaffene EN 50 160 definiert Grenzwerte und Toleranzen für die Spannungsqualität. Welche Parameter sind relevant, und wie werden sie gemessen? Der vorliegende Artikel gibt dazu theoretische und praktische Erläuterungen. Die permanente oder stichprobenweise Überwachung der Spannungsqualität gibt dem Anbieter der elektrischen Energie Sicherheit bei der Behandlung von Netzproblemen und ist ein Beitrag zur Qualitätssicherung.

Die Qualität der Netzspannung wird messbar

Umfassende Spannungsüberwachung nach EN 50 160 – ein Beitrag zur Qualitätssicherung

■ Thomas Kahn

Qualität und Produkthaftung im Bereich der elektrischen Energie

Weite Teile Europas verfügen über eine stabile elektrische Energieversorgung. Probleme, wie das Auftreten grösserer Spannungsschwankungen, sind selten. Dennoch sind Anstrengungen im Bereich der Qualitätssicherung nötig. Ein Problem stellt beispielsweise die Verunreinigung der Spannung durch Oberschwingungen dar. Der verstärkte Einsatz von Lasten, die aus dem Netz nichtlineare, von der Sinusform abweichende Ströme beziehen und auf diese Weise hohe Oberschwingungsspannungen erzeugen, beeinträchtigt die Qualität der elektrischen Energie. Die Sicherung der Spannungsqualität legt somit die umfassende Überwachung der Versorgungsspannung mit speziellem Augenmerk auf Oberschwingungen nahe.

Das neue Gesetz zur Produkthaftung gibt dem Verbraucher mehr Rechte; sie kehrt im besonderen die Beweislast im Reklamationsfall um vom Kunden zum Anbieter. Der Anbieter muss dem Kunden zeigen, dass sein Produkt keine Fehler aufweist. Was heisst aber fehlerhaft? Die unten beschriebene Norm EN 50 160 legt für die Spannungsqualität Grenzwerte fest. Der Anbieter – in diesem Falle das Elektrizitätswerk – erhält mit dieser Norm eine gültige Referenz für seine Bemühungen um die Qualitätssicherung seines Produktes.

Kurzfassung der Norm EN 50 160 mit Erläuterungen

Allgemeine Angaben

Die Norm EN 50 160 «Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen» hat den Zweck, die Merkmale der Versorgungsspannung bezüglich Kurvenform, Höhe der Spannung, Frequenz und Symmetrie der drei Leiterspannungen an der Übergabestelle zum Kunden zu charakterisieren. Ziel ist die Festlegung von Grenzwerten für normale Betriebsbedingungen. In den elektrischen Verteilnetzen können aber Defekte von Anlagen zu grösseren Störungen führen. Ein Totalausfall des Netzes kann nicht mehr sinnvoll durch Grenzwerte beschrieben werden. Es macht daher keinen Sinn, eigentliche Grenzwerte anzugeben. Die Norm legt deshalb nur jene Werte als Grenzwerte fest, die während 95% der überwachten Dauer nicht über- oder unterschritten werden dürfen.

Ein Beispiel: Aufgrund der Norm EN 50 160 soll der 10-Minuten-Mittelwert des Effektivwertes der 5. harmonischen Oberschwingungsspannung (250 Hz) unter

Adresse des Autors:
Thomas Kahn, Dipl. El.-Ing. ETH, LEM Elmes AG, 8808 Pfäffikon SZ.

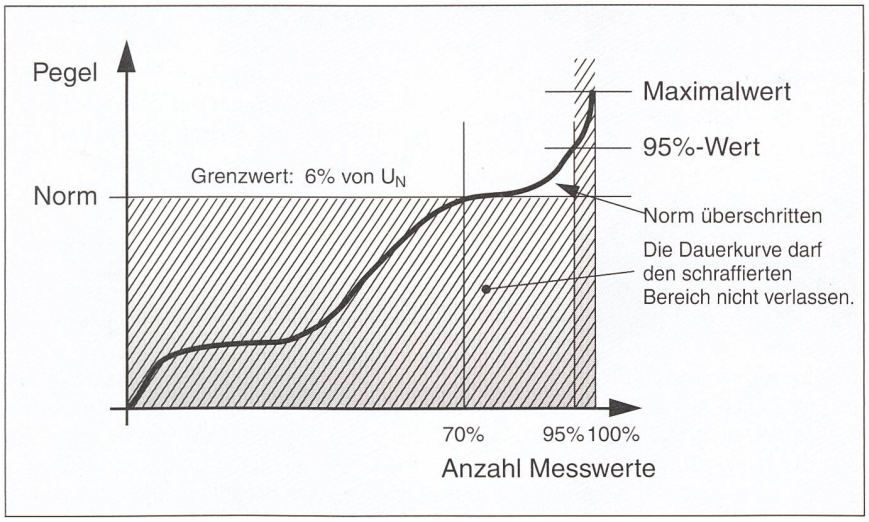

Bild 1 Dauerkurve für die Messreihe der 5. Harmonischen

normalen Betriebsbedingungen während 95% jedes beliebigen Wochenintervalles unter 6% der Nennspannung U_N (U_N = 230 V) liegen. Dies bedeutet, dass in diesem Falle für die 5. harmonische Oberschwingung während mindestens einer Woche laufend die genannten 10-Minuten-Mittelwerte gemessen und diese anschliessend aufgrund der sogenannten Dauerkurve (siehe unten) beurteilt werden müssen.

Um die Dauerkurve eines Messparameters zu erhalten, werden die während einer Woche gemessenen Werte nach ihrer Amplitude geordnet und dann der Reihe nach aufgetragen (Bild 1). Aufgrund dieser Grafik kann auf einfache Weise eine Aussage gemacht werden, welche Amplitudenwerte innerhalb eines prozentualen Zeitanteils auftreten. Im Beispiel nach Bild 1 erreicht die Dauerkurve bereits mit 70% der Messwerte den Grenzwert von 6% der Nennspannung U_N: das heisst, nur gerade 70% aller Messwerte liegen unterhalb dieses Grenzwertes; dies kann ausgedrückt werden durch die Aussage, dass der 70%-Wert des Pegels 6% der Nennspannung U_N beträgt. Der 95%-Wert des Pegels (d.h. der maximale Pegel für 95% der Messwerte) lässt sich in gleicher Weise direkt aus der Kurve ablesen; im Beispiel von Bild 1 liegt er über dem Grenzwert von 6% von U_N; die Norm ist somit nicht erfüllt.

Je nach der Messgrösse sind Mittelwerte für verschiedene Messintervalle (= Intervalldauer) zu messen (3-Sekunden-, 10-Sekunden- und 10-Minuten-Mittelwerte) oder aber einzelne Ereignisse festzuhalten. Diese Mittelwerte oder Ereignisse sind, je nach Messgrösse, während einer bestimmten Beobachtungsdauer (1 Tag, 1 Woche) zu bestimmen und festzuhalten. Einen Überblick über die durch die Norm vorgegebenen Messintervalle und Beobachtungsdauern gibt die Tabelle I. Nach Abschluss der Messungen für eine Beobachtungsdauer sind aus den gespeicherten Messgrössen die entsprechenden Auftretenswahrscheinlichkeiten zu bestimmen (z. B. mit Hilfe einer Dauerkurve, wie oben dargestellt) und mit den Grenzwerten der Norm zu vergleichen.

Zu erwähnen ist hier schliesslich noch, dass die Norm nur unter normalen Betriebsbedingungen gilt. Sie gilt nicht bei Ausnahmesituationen, die sich dem Einfluss des Stromversorgers entziehen, wie zum Beispiel bei aussergewöhnlichen Wetterbedingungen oder Naturkatastrophen. Ferner gilt die Norm nicht in Fällen, in denen eine Kundenanlage nicht den einschlägigen Normen entspricht (Beispiel: zu hohe Oberschwingungserzeugung, vgl. Norm SN 413 600).

Die einzelnen Parameter der Norm EN 50 160

Die Norm legt Toleranzen und Grenzwerte zu den folgenden Parametern fest. Die angegebenen Werte gelten für das Niederspannungsnetz und mit wenig Änderungen auch für das Mittelspannungsnetz; sie

Parameter	Messmethode	Intervalldauer	Beobachtungsdauer
Spannungsänderungen	Mittelwert der 20-ms-Effektivwerte	10-Minuten-Intervalle	1 Woche
Spannungseinbrüche	Dauer und Amplitude	Wird als einzelnes Ereignis festgehalten	1 Tag
Spannungsunterbrüche	Dauer	Wird als einzelnes Ereignis festgehalten	1 Tag
Oberschwingungsspannung und zwischenharmonische Spannung	Mittelwert der 200-ms-Effektivwerte (nach Norm IEC 1000-4-7)	10-Minuten-Intervalle	1 Woche
Flicker	Kurzzeitflickerwerte (P_{st}-Werte) über 10 Minuten (nach Norm IEC 868)	Mittelung über 12 P_{st}-Werte (= 2-h-Intervalle)	1 Woche
Unsymmetrie	Mittelwert vom Verhältnis Gegenkomponente/Mitkomponente	10-Minuten-Intervalle	1 Woche
Signalspannungen	3-Sekunden-Mittelwerte werden klassiert	3-Sekunden-Intervalle	1 Tag
Frequenz	10-Sekunden-Mittelwerte werden klassiert	10-Sekunden-Intervalle	1 Woche

Tabelle I Zusammenstellung der zu messenden Parameter

sollen einen ersten Einblick in die Norm ermöglichen. Die genauen Angaben sind in der Norm zu finden.

Langsame Spannungsänderungen: Darunter wird eine Erhöhung oder Abnahme des Spannungseffektivwertes aufgrund von Änderungen der Last im Verteilnetz verstanden. Zulässige Abweichung: ±10% von U_N für 95% der Messwerte einer Woche. Die genormte Versorgungsspannung U_N beträgt 230 V.

Kurze und lange Unterbrechungen der Versorgungsspannung: Hier kann die Norm nur Anhaltswerte liefern. Die Norm geht davon aus, dass unter normalen Betriebsbedingungen kurze Unterbrechungen der Versorgungsspannung mit einer Häufigkeit im Bereich von 10 bis zu einigen 100 Ereignissen pro Jahr auftreten. Die Dauer von etwa 70% dieser Unterbrechungen dürfte unter 1 Sekunde liegen. Für lange Unterbrechungen der Versorgungsspannung sind meistens äussere Ereignisse verantwortlich, die ausserhalb des Gültigkeitsbereiches der Norm liegen. Anhaltswerte für lange Unterbrechungen werden nicht gegeben, da sie stark nach Land und den verwendeten Anlagen variieren.

Ereignisse (Spannungseinbrüche oder Spannungsüberhöhungen): Das kurzfristige Absinken der Versorgungsspannung unter einen Wert von 90% der Nennspannung U_N wird als Spannungseinbruch bezeichnet. Spannungseinbrüche entstehen überwiegend durch Fehler in Kundenanlagen oder im öffentlichen Netz. Sie sind praktisch nicht vorhersehbar. Die Norm gibt hier Anhaltswerte. So kann die Zahl von Spannungseinbrüchen zwischen einigen 10 bis zu 1000 im Jahr betragen. Die Mehrzahl dieser Unterbrechungen dauern weniger als 1 Sekunde, und ihre Einbruchtiefe unterschreitet den Wert von 60% der Nennspannung U_N selten. Kurzfristige Spannungserhöhungen (hervorgerufen z. B. durch das Schalten einer grossen Last) sollten 10% der Nennspannung nicht überschreiten.

Oberschwingungsspannung und zwischenharmonische Spannung: Als Oberschwingungsspannung wird eine sinusförmige Spannung mit einer Frequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz beträgt, bezeichnet. Die 10-Minuten-Mittelwerte der Spannungseffektivwerte einer einzelnen Oberschwingung sollen die in einer Tabelle in Prozenten der Nennspannung U_N definierten Grenzwerte (von z. B. 6% für die 5. Harmonische) während 95% einer Woche nicht überschreiten. Der Gesamtoberschwingungsgehalt (*THD*, Definition siehe Norm), gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40, soll einen Wert von 8% der Grundschwingungsamplitude nicht überschreiten.

Flicker: Schnelle Spannungsschwankungen verursachen Leuchtdichteänderungen von Lampen, die eine optisch wahrnehmbare, als Flicker bezeichnete Erscheinung hervorrufen können. Flicker wirkt oberhalb eines bestimmten Grenzwertes störend. Diese Störwirkung wächst sehr schnell mit der Amplitude der Schwankung an. Gemessen wird nach den Normen IEC 868 und IEC 1000-4-15 die Kurzzeitflickerdosis P_{st} (Messung über 10 Minuten; *st* steht für short time). Daraus wird die Langzeitflickerdosis P_{lt} (*lt* steht für long time) durch Mittelung von zwölf Kurzzeitdosen errechnet. Die Flickerstärke soll den Wert von P_{lt} = 1 während 95% einer Woche nicht überschreiten.

Spannungsunsymmetrie: Spannungsunsymmetrie ist ein Zustand in einem Drehstromnetz, bei dem die Effektivwerte der Aussenleiter-Erde-Spannungen oder die Winkel zwischen den aufeinanderfolgenden Phasen nicht gleich sind. Die Norm sagt hier, dass der 10-Minuten-Effektivwert der Gegensystemkomponente 2% der entsprechenden Mitsystemkomponente während 95% der Messwerte in einer Woche nicht überschreiten darf. In einem symmetrischen, idealen Dreiphasennetz ist die Gegenkomponente gleich Null.

Signalspannungen: Gemeint sind der Versorgungsspannung überlagerte Signale (Tonfrequenz-Rundsteuersignale im Bereich von 110 bis 3000 Hz und Trägerfrequenzsignale im Bereich von 3 bis 148,5 kHz). 99% der 3-Sekunden-Mittelwerte der Signalspannungen eines Tages dürfen die frequenzabhängig definierten Grenzwerte von 5% der Nennspannung U_N bei 1 kHz nicht überschreiten.

Netzfrequenz: Unter normalen Betriebsbedingungen soll der 10-Sekunden-Mittelwert der Grundfrequenz bei Netzen mit Verbindung zu einem Verbundsystem während 95% einer Woche im Bereich von 50 Hz ± 1% liegen.

Messungen nach EN 50 160

Die Norm stellt hohe messtechnische Anforderungen

Eine vollständige Überwachung des Netzes nach EN 50 160 stellt hohe Anforderungen an die Messtechnik. Einerseits muss eine grössere Anzahl verschiedener Spannungsparameter laufend gemessen werden (Frequenz, Effektivwerte, Spannungseinbrüche und -unterbrüche, Gehalt an Oberschwingungen, Flickerwerte usw.). Andererseits müssen die Messwerte über die Dauer von mindestens einer Woche kontinuierlich registriert werden. Die dabei anfallende Datenmenge ist beträchtlich. Für die Überwachung aller Parameter der Norm EN 50 160 müssen über 150 Messdatenreihen (3 Spannungsänderungen, 3×40 Oberschwingungsspannungen, 3×10 zwischenharmonische Spannungen, 3 Flickerwerte, Messwerte für die Unsymmetrie) mit je 1008 Messwerten (10-Minuten-Mittelwerte über die Messdauer einer Woche) registriert werden. Die Daten müssen schliesslich in eine Form gebracht werden, welche eine rationelle Auswertung und rasche Beurteilung der Messresultate entsprechend der Norm ermöglicht.

Digitale Messtechnik als Basis integrierter Messsysteme

Waren früher zur Messung und Aufzeichnung der einzelnen charakteristischen Spannungswerte verschiedene spezialisierte Instrumente notwendig, so werden diese

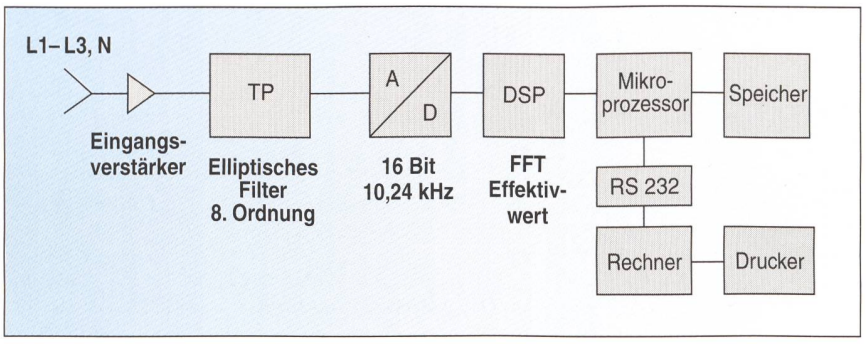

Bild 2 Prinzipschema eines Messgerätes zur Erfassung der Messparameter nach Norm EN 50 160

L1–L3, N dreiphasiges Spannungssignal
TP Anti-Aliasing-Filter
A/D Analog/Digital-Wandler
DSP Signalprozessor
FFT Fast Fourier Transformation
Das Messprinzip wird unter anderem benützt im Messsystem Memobox 686 von LEM Elmes.

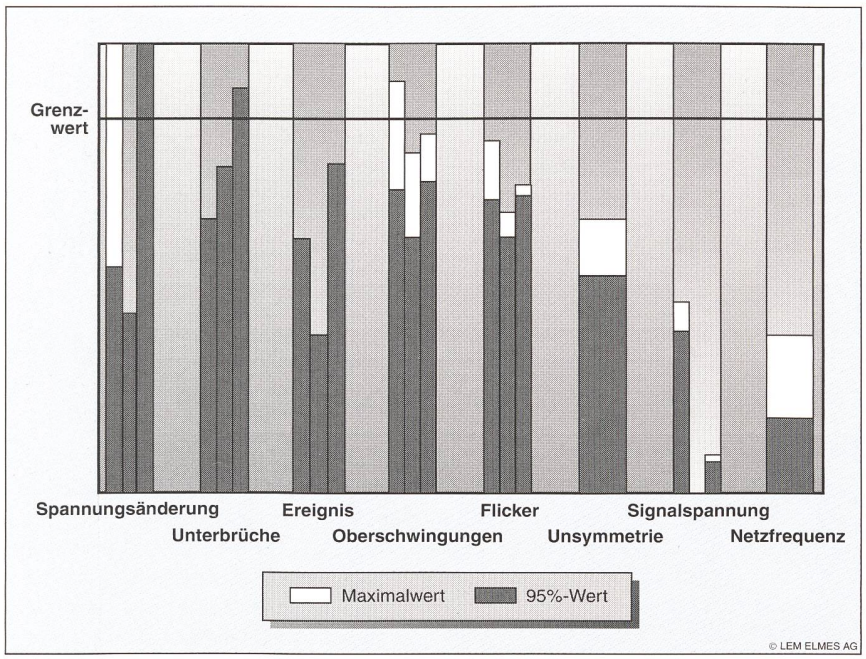

Bild 3 Grafisches Übersichtsdiagramm einer Messung nach EN 50160

Die mit Memobox 686 von LEM Elmes gemessenen und ausgewerteten Spannungsparameter erlauben einen direkten Vergleich mit den Grenzwerten nach Norm EN 50160 für die drei Phasen des Netzes.

heute zunehmend durch integrierte Systeme auf der Basis der digitalen Messtechnik ersetzt. Grundsätzlich wird bei solchen Systemen das zu messende zeitabhängige Spannungssignal in einer Eingangsstufe verstärkt und anschliessend zu definierten Zeitpunkten abgetastet. Die dabei erfassten momentanen Spannungswerte werden alsdann in digitaler Form weiterverarbeitet. Diese Daten erlauben insbesondere, sämtliche obenerwähnten charakteristischen Parameter (Frequenz, Effektivwerte, Spannungseinbrüche usw.) rein numerisch zu berechnen. Die resultierenden Messwerte lassen sich schliesslich speichern und später mit geeigneten Programmen auswerten und übersichtlich darstellen. Diese digitale Messtechnik bringt bei Messaufgaben, bei denen eine grosse Anzahl verschiedener Parameter einer einzelnen zeitabhängigen Messgrösse erfasst und ausgewertet werden müssen, grosse Vorteile.

Beschreibung des Konzepts eines integrierten Messsystems

Das oben skizzierte Prinzip einer digitalen Messschaltung wird nachfolgend noch etwas näher anhand eines konkreten Messsystems zur Spannungsüberwachung nach EN 50160 in einem Drehstromnetz mit vier Leitern beschrieben (Bild 2). Das dreiphasige Spannungssignal *L1*, *L2*, *L3*, *N* wird verstärkt, mit einem Anti-Aliasing-Filter gefiltert und mittels eines Analog/Digital-Wandlers digitalisiert. Aus den digitalisierten Zeitwerten wird für die Betrachtung von Oberschwingungen, Zwischenharmonischen und Signalspannungen durch eine Fast Fourier Transformation (FFT) die Darstellung im Frequenzbereich berechnet. Die Auswertung im Zeitbereich – die Effektivwertbildung und die Frequenzmessung – liefert Aussagen zu Parametern wie der Spannungskonstanz und der Frequenz. Die Durchführung der Fast Fourier Transformation und der Zeitanalyse erfordert den Einsatz von schnellen Signalprozessoren (DSP). Im beschriebenen Gerät steuert ein Mikroprozessor das Messgerät, speichert die Messwerte und nimmt erste Analysen wie das Klassieren der Messwerte vor.

Die Messwerte können nur analysiert werden, wenn sie mittels einer Häufigkeitsanalyse aufbereitet werden. Nur so ist es möglich, die grosse Datenmenge in den Griff zu bekommen. Die Messwerte werden dazu nach ihrer Grösse klassiert und in Dauerkurven (wie beispielsweise in Bild 1) dargestellt. Für jede dieser Dauerkurven lässt sich sodann der wichtige 95%-Wert (95% aller Messwerte liegen unterhalb dieses Wertes) und der 100%-Wert (=Maximalwert) extrahieren und in geeigneter Form darstellen (Bild 3).

Im Beispiel nach Bild 3 wird von jedem Messparameter der 95%-Wert und der Maximalwert in Balkenform angegeben, jeder Balken wird auf den zugehörigen Grenzwert skaliert. Auch die Grenzwertlinie wird eingeblendet. So kann mit einem Blick festgestellt werden, ob Grenzwerte überschritten werden und welche Reserven vorhanden sind.

Eine hohe Rechenleistung und eine spezielle Analysesoftware mit der Möglichkeit zur grafischen Darstellung sind also bei solchen Messaufgaben unabdingbar. Ebenso benötigt wird eine geeignete Dokumentationsform der Messung als Grundlage für beweiskräftige Aussagen.

Praktisches Beispiel für die Messung eines einzelnen Parameters

Zur Illustration soll der ganze Messvorgang für den Parameter «Spannungsänderungen» nochmals näher beschrieben werden (siehe Bild 4). Die drei zu überwachenden Signalspannungen werden abgetastet und digitalisiert. Aus den Abtastwerten jeder Netzperiode (20 ms) wird der Effektivwert für diese Periode berechnet. Aus diesen Perioden-Effektivwerten wiederum berechnet sich über die Messdauer von 10 Minuten der arithmetische Mittelwert. Dieser 10-Minuten-Mittelwert der Perioden-Effektivwerte wird gespeichert. Für die Auswertung wird schliesslich untersucht, ob 95% aller 10-Minuten-Mittelwerte innerhalb des Toleranzbandes von 90 bis 110% von U_N liegen (Bestimmung der Auftretenswahrscheinlichkeit).

Messstelle und Messhäufigkeit

Ziel solcher Messungen ist die Überwachung der Spannungsqualität. Über die optimale zeitliche Abfolge der einzelnen Messungen kann keine allgemeingültige

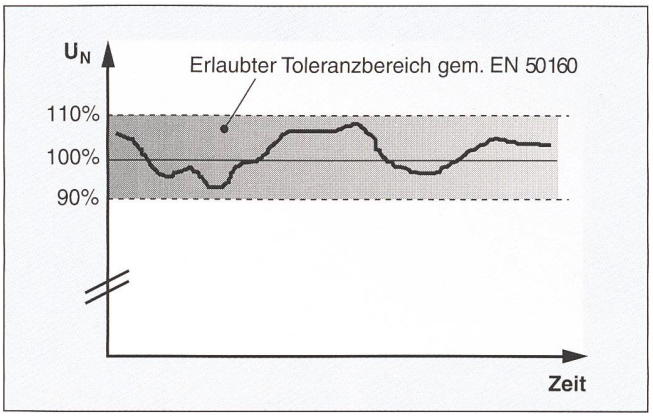

Bild 4 Langsame Spannungsänderungen nach EN 50160

Ein Messgerät muss ermöglichen, zu beurteilen, ob 95% der 10-Minuten-Werte einer Woche im Intervall $U_N \pm 10\%$ liegen.

Antwort gegeben werden. Diese hängt stark von der jeweiligen Messstelle ab. An Orten, wo der Anschluss grösserer Anlagen Probleme aufwerfen könnte, ist eine häufigere Überwachung angebracht als in einem reinen Wohnquartier. Unterschiedliche Messungen im Sommer und im Winter können ebenfalls Aufschlüsse über den Verlauf der Spannungsqualität im Netz liefern. Bei kritischen Verbrauchern wie einer empfindlichen Computeranlage ist eine dauerhafte Überwachung angebracht, während zum Beispiel in einem reinen Wohnquartier stichprobenweise Messungen vollauf genügen.

Zusammenfassung

Durch eine seriöse Überwachung der Spannungsqualitätsmerkmale erhält der Anbieter der elektrischen Energie Informationen über die Qualität seines Netzes. So kann er die Sicherheit gewinnen, dass die Netzspannung mindestens der Norm EN 50 160 entspricht. Durch regelmässiges Messen erhält er zudem frühzeitig Kenntnis über mögliche Qualitätseinbrüche. Er kann so möglichen Reklamationsfällen vorbeugen, und er kann auch rechtzeitig Ausbau und Erweiterung seines Versorgungsnetzes planen.

Dank modernster Elektronik und Computertechnik ist es heute möglich, kompakte multifunktionelle Messgeräte zu bauen. Mit ihnen lässt sich die komplexe Messung der verschiedensten Spannungsparameter, welche für die Qualität der elektrischen Energieversorgung massgebend sind, mit einem einzigen Messgerät durchführen. Die Spannungsqualität wird damit effektiv direkt messbar.

La qualité de la tension se mesure

Surveillance complète de la tension d'après EN 50 160 – une contribution à l'assurance de la qualité

Depuis mi-1994, il existe une norme européenne de qualité pour le produit «énergie électrique». Cette nouvelle norme EN 50 160 définit les valeurs limites et les tolérances applicables à la qualité de la tension. Quels paramètres sont importants et comment sont-ils mesurés? Le présent article donne à ce sujet des explications théoriques et pratiques. La surveillance permanente ou par échantillonage de la qualité de la tension donne à l'offreur d'énergie électrique une sécurité lors du traitement de problèmes de réseau et est une contribution à l'assurance de la qualité.

Il est montré dans l'article comment, grâce à l'électronique et les techniques informatiques ultramodernes, il est aujourd'hui possible de construire des appareils de mesure compacts polyvalents (voir figures 2 et 3). Ils permettent avec un seul appareil de réaliser les mesures complexes des divers paramètres de tension essentiels pour la qualité de l'alimentation en énergie électrique. La qualité de la tension est donc effectivement mesurable.

ETG
SEV/ASE

Kennen Sie die ETG?

Die Energietechnische Gesellschaft des SEV (ETG) ist ein *nationales Forum* zur Behandlung aktueller Probleme der elektrischen Energietechnik im Gesamtrahmen aller Energieformen. Als *Fachgesellschaft des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins* (SEV) steht sie allen interessierten Fachleuten und Anwendern aus dem Gebiet der Energietechnik offen.

Auskünfte und Unterlagen erhalten Sie beim Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, Telefon 01 956 11 11.