Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 105 (2014)
Heft: 12

Artikel: Transparenz im Datendschungel
Autor: Meyer, Jan / Gasch, Etienne / Holenstein, Hansjörg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856333

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: 08.07.2025

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

Transparenz im Datendschungel

Vergleich und Auswertung von Spannungsqualitäts-Messungen nach EN 50160

Messungen der Spannungsqualität sind ein fester Bestandteil der Arbeit jedes Elektrizitätsunternehmens und haben in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Aufgrund der unterschiedlichen Messgeräte unterscheiden sich die Auswertungsberichte in Inhalt und Umfang teilweise erheblich. Mittels einer internetbasierten Plattform können die Daten unabhängig vom Messgerät miteinander verglichen werden. Der vorliegende Artikel beleuchtet das Funktionsprinzip und gibt eine Zusammenfassung der bis Mitte 2014 gesammelten, mehr als 750 Spannungsqualitäts-Messungen.

Jan Meyer, Etienne Gasch, Hansjörg Holenstein

Die messtechnische Kontrolle der Qualität der gelieferten elektrischen Energie entsprechend der Norm EN 50160 [1] spielt für die Elektrizitätsunternehmen eine besonders wichtige Rolle. Darüber hinaus hat aber auch die interne Überwachung der Spannungsqualität in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Daher steigt die Anzahl der durchgeführten Messungen der Spannungsqualität kontinuierlich an, und das Interesse an einfachen, einheitlichen Auswertungen und Berichten sowie an einer landesweiten Statistik zur Spannungsqualität wird immer grösser. Um diesen Wünschen zu begegnen und um künftigen Forderungen der Regulierungsbehörde nach transparenten Angaben zur Spannungsqualität in der Schweiz Rechnung zu tragen, wurde auf Initiative der Kommission Versorgungsqualität des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) das internetbasierte Programmsystem NeQual (Netz-Qualität) [2] entwickelt.

Ausgangssituation

Um die Einhaltung der Produktnorm EN 50160 an einem bestimmten Punkt im Netz zu überprüfen, führt der Netzbetreiber eine einwöchige Messung durch. Dabei werden die 10-Minuten-Mittelwerte verschiedener Kenngrössen der Spannungsqualität wie Unsymmetrie, Oberschwingungen oder Langzeit-Flickerstärke kontinuierlich erfasst. Nach Abschluss der Messung wird überprüft, dass mindestens 95 % der Messwerte je Kenngrösse den in EN 50160 vorgegebenen Wert nicht überschreiten. Da verschiedene Elektrizitätsunternehmen Messgeräte unterschiedlicher Hersteller einsetzen, unterscheiden sich die erzeugten Auswerteberichte in Inhalt und Umfang. Dies wird zunehmend problematisch, vor allem, wenn innerhalb eines Elektrizitätsunternehmens verschiedene Messgeräte mit unterschiedlicher Auswertesoftware einge-

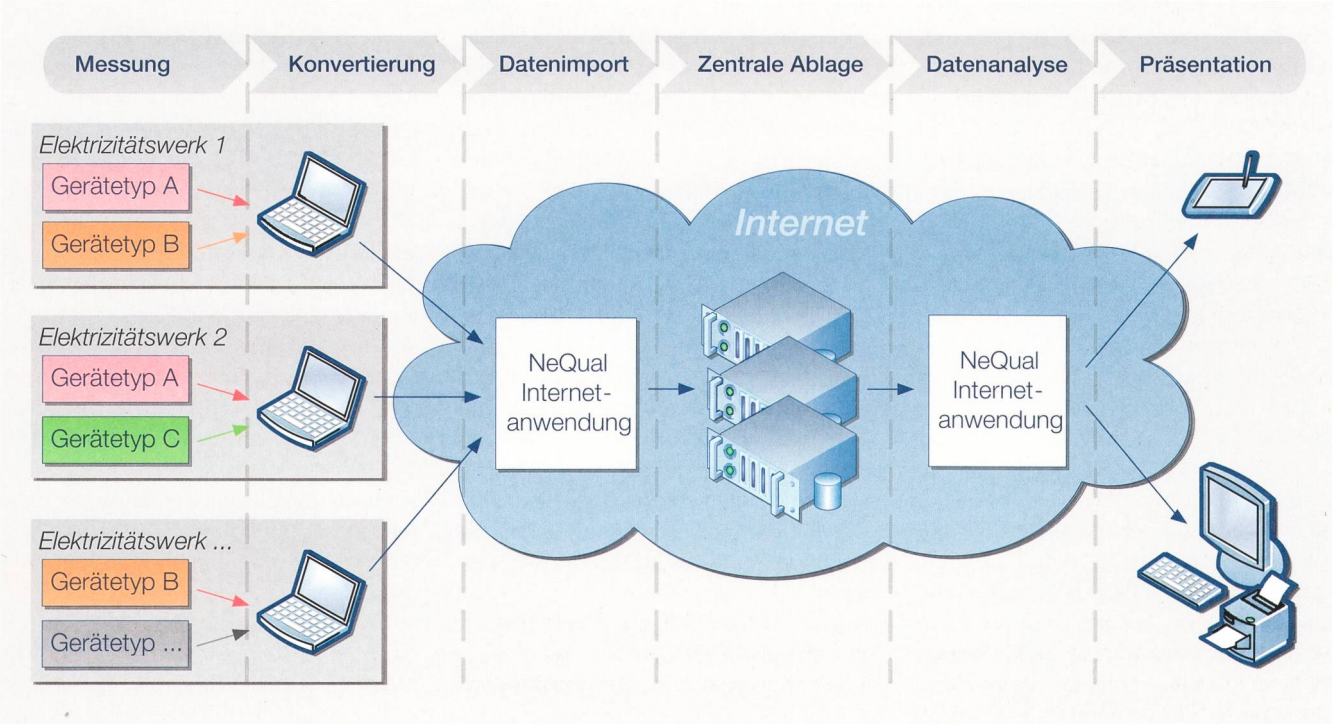


Bild 1 Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise des Programmsystems NeQual.

setzt werden. Steigt die Anzahl der Messungen, so führt die ausschliessliche Erzeugung von mehrseitigen Berichten je Messort und Woche zu unverhältnismässigem Aufwand für deren Bewertung und ist insbesondere im Hinblick auf statistische Übersichtsauswertungen nicht sinnvoll. Übersichtliche Darstellungen der Ergebnisse für mehrere Messorte und Wochen sind oftmals nur durch einen zeitaufwendigen Export der Messdaten und deren manuelle Zusammenführung in anderen Auswerteprogrammen möglich, da die Messgeräte verschiedener Hersteller mit eigenen, internen Datenformaten arbeiten. Anonymisierte Vergleiche zwischen Elektrizitätsunternehmen sind gar nicht oder nur mit sehr hohem Zusatzaufwand möglich. Deshalb sind standardisierte Schnittstellen und effizientere Auswertemethoden zukünftig unerlässlich. Dies wird auch im Abschlussbericht der CIGRE/CIRED-Arbeitsgruppe C4.112 festgestellt, die sich mit den Anforderungen an zukünftige Systeme zur Messung der Strom- und Spannungsqualität beschäftigt hat. [3]

Lösung

Um die genannten Hürden weitgehend zu überwinden und auch bei stetig wachsendem Datenaufkommen eine effiziente und einheitliche Auswertung der Spannungsqualität zu gewährleisten, wurde in einer Kooperation aus VSE, dem IT-Unternehmen Oetiker und Partner AG, dem Unternehmen BCP AG und der Technischen Universität Dresden das Programmsystem NeQual entwickelt und im Jahre 2011 in Betrieb genommen. Hauptziele für dessen Entwicklung waren:

- Messgeräteunabhängige Speicherung der Messungen verschiedener Elektrizitätsunternehmen.
- Einheitliche Berichte nach EN 50160, unabhängig vom verwendeten Messgerät.
- Zusammenfassende Statistiken zur Spannungsqualität für mehrere Messorte und Wochen.
- Einfache Bedienung und flexibler Zugriff ohne notwendige Zusatzinstallationen.
- Hohes Mass an Datenschutz und Anonymisierung.

NeQual besteht aus drei Komponenten: einer Internet-Anwendung zum Datenimport, einer zentralen Datenablage sowie einer Internet-Anwendung zur Datenanalyse und Berichterstellung.

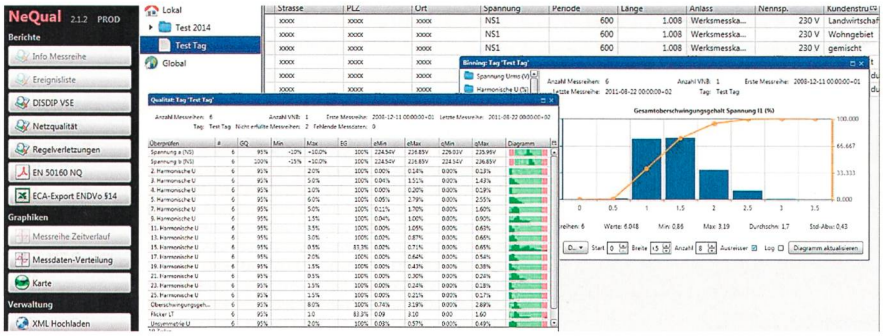


Bild 2 Beispielansicht des Programmteils zur Datenauswertung.

NeQual benötigt keine lokale Installation auf dem Computer. Alle Anwendungen werden direkt im Internet-Browser ausgeführt. So ist auch ein einfacher Zugriff mittels Tablet oder Smartphone möglich. Den prinzipiellen Aufbau von NeQual zeigt **Bild 1**.

Nachdem eine Messung entsprechend EN 50160 durchgeführt wurde, muss diese in das speziell für NeQual entwickelte XML-Format (NeQual-XML) konvertiert werden. Die Formatspezifikation ist frei verfügbar und wird bereits durch verschiedene Messgeräte unterstützt. Beim Kauf eines Messgerätes sollte darauf geachtet werden, dass ein Export im Format NeQual-XML angeboten wird. Neben der Speicherung aller relevanten Messdaten ermöglicht NeQual-XML die Speicherung von zusätzlichen Informationen wie Adresse des Messortes, Grund der Messung (VSE-Messkampagne, werksinterne Messkampagne, Beschwerdemessung, etc.), Gebiet der Messung (Stadt, Land, etc.) oder angeschlossene Kundenstruktur (Wohngebiet, Gewerbe/Industrie, Tourismus, etc.). Diese Zusatzinformationen erlauben weiterführende Auswertungen, z.B. hinsichtlich einer Abhängigkeit der Spannungsqualität von der Kundenstruktur. Zum Hochladen der Messungen in die zentrale Datenablage muss sich der Nutzer auf der Internetseite von NeQual anmelden und die Import-Anwendung starten. Grundsätzlich stellt jede gemessene Woche an einem Messort eine Messung im Sinne von NeQual dar. Werden z.B. die zusammenhängenden Messdaten von drei Wochen an einem Messort hochgeladen, so teilt die Import-Anwendung diese selbstständig in drei einzelne Messungen auf.

Jeder Nutzer kann für die Auswertung grundsätzlich die Daten aller Messungen abfragen, um z.B. Qualitätsvergleiche mit den Messergebnissen anderer Elektrizitätsunternehmen durchführen zu können. Informationen zum Namen des Elektrizitätsunternehmens und zur Adresse des Messortes werden jedoch nur für die Messungen des eigenen Unternehmens angezeigt. Für «fremde» Messungen werden diese Daten anonymisiert. Dadurch ist der bei unternehmensübergreifenden Auswertungen erforderliche Datenschutz gewährleistet. Es können auch Gruppen von Messungen selektiert werden, z.B. für bestimmte Zeiträume oder Kundenstrukturen. Die Auswahl einzelner Messungen ist ebenfalls möglich, wenn z.B. ein detaillierter EN-50160-Bericht für einen Kunden zu erzeugen ist. Bei Auswahl von mehr als einer Messung wird ein zusammengefasster Qualitätsbericht erstellt, der zusätzlich verschiedene statistische Parameter enthält. In der Anwendung selbst existieren verschiedene Anzeigemöglichkeiten, um einen Überblick über die Spannungsqualität zu erhalten **(Bild 2)**.

Aktueller Datenbestand

Die zentrale Datenablage enthält derzeit 754 Messungen, von denen der Grossteil (636 Messungen) aus den Jahren ab 2011 stammt. Die restlichen Messungen reichen bis ins Jahr 2008 zurück. Die Verteilung der Messungen über das Jahr zeigt, dass die meisten Messungen in den Monaten Februar und August erfolgten, was eine gute Repräsentativität hinsichtlich saisonaler Schwankungen zwischen Sommer und Winter gewährleistet.

Praktisch alle Messungen (mehr als 97 %) erfolgten im Niederspannungsnetz, da die grosse Mehrheit aller Netzkunden in dieser Spannungsebene angeschlossen ist und die Überwachung der Produktqualität hier dementsprechend die grösste Bedeutung hat.

45 % der Messungen erfolgten im Rahmen der vom VSE initiierten PQ-Messkampagne, 42 % der Messungen stammen aus werksinternen Messkampagnen. Die verbleibenden 13 % beinhal-

Wohngebiet	37 %
Gewerbe/Industrie	16 %
Gemischt	38 %
Landwirtschaft	6 %
Tourismus	3 %

Tabelle 1 Aufteilung der Messungen auf die verschiedenen Kundenstrukturen.

ten u.a. Beschwerdemessungen, Werksabnahmen und sonstige Messungen. Der dominierende Teil der Messungen (61 %) erfolgte in städtischen Gebieten. 38 % der Messungen wurden im ländlichen Raum und 1 % in Gebirgsregionen durchgeführt. Die prozentuale Aufteilung hinsichtlich der am Messort angeschlossenen Kundenstruktur zeigt **Tabelle 1**. Den dominierenden Anteil bilden Messungen in Strukturen mit vielen Kundenanschlüssen.

Auswertung

Für die Übersichtsauswertung werden alle Messungen im Niederspannungsnetz (NS1) ausser den Beschwerdemessungen und den Sonstigen verwendet. Dies führt zu einem Datensatz von insgesamt 706 Messungen aus den Jahren 2008 bis 2014. Dabei wurde auch eine Messung entfernt, welche ungewöhnlich hohe Überschreitungen der Langzeit-Flickerstärke P_{lt} aufweist, da diese möglicherweise versehentlich nicht als Beschwerdemessung gekennzeichnet wurde.

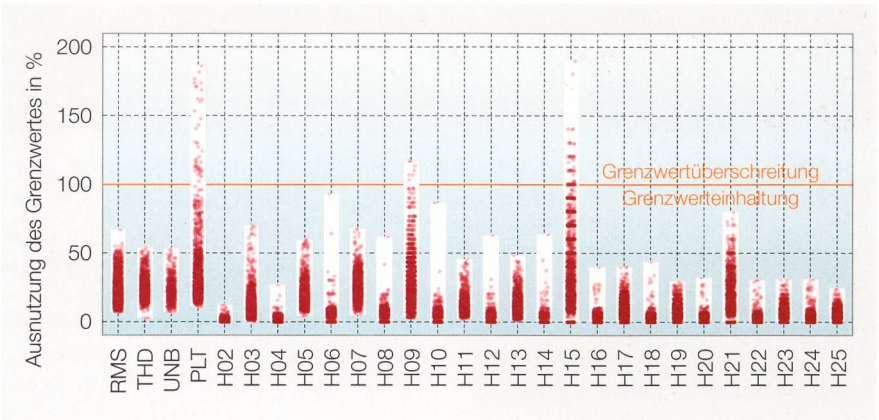
Jede Messung nach EN 50160 enthält 82 kontinuierliche Qualitätskenngrössen: Spannungseffektivwert, Langzeit-Flickerstärke, THD (Total Harmonic Distortion), 2. bis 25. Spannungsharmonische und Spannungsunsymmetrie. Die Spannungsunsymmetrie liefert einen Messwert alle zehn Minuten, alle anderen Qualitätskenngrössen drei Messwerte (einen Wert je Leiter). Die Netzfrequenz bleibt bei den Auswertungen unberücksichtigt, da diese im Verantwortungsbereich der Übertragungsnetzbetreiber liegt und praktisch keine Beeinflussung aus der Niederspannungsebene heraus möglich ist. Für jede Qualitätskenngrösse wird nun jener Wert bestimmt, der von 95 % aller Messwerte innerhalb der Woche nicht überschritten wird. Dieser Wert entspricht dem 95%-Quantil und wird mit dem in EN 50160 vorgegebenen Wert verglichen. Ist das jeweilige 95%-Quantil kleiner, so ist die Norm eingehalten. Trat während einer Messung ein Ereignis auf (z.B. Spannungsunterbrechung), so wird das Ereignis in einer getrennten Liste registriert, und die Messdaten während des Ereignisses werden bei der Bestimmung des 95%-Quantils nicht berücksichtigt (Markierungskonzept).

Um die fast sechzigtausend 95%-Quantile übersichtlich darzustellen, werden diese zuerst auf ihren jeweiligen Grenzwert nach EN 50160 bezogen (normiert). Dadurch können unterschiedliche Qualitätskenngrössen hinsichtlich der verbleibenden Reserve zum Grenzwert einfach miteinander verglichen werden. [4] Beträgt das 95%-Quantil der Langzeit-Flickerstärke z.B. $P_{lt95} = 0{,}6$, so entspricht dies einer Ausnutzung des in EN 50160 vorgegebenen Wertes ($P_{ltGr} = 1$) von 60 %. Jeder normierte Wert grösser als 100 % bedeutet demnach, dass die Produktqualität nach EN 50160 für die entsprechende Qualitätskenngrösse nicht eingehalten ist. **Bild 3** stellt die normierten 95%-Quantile aller Messungen, getrennt für jede Qualitätskenngrösse, als Punkt dar. Punkthäufungen entsprechen aufgrund der halbtransparenten Darstellung den dunklen Bereichen. Der jeweilige Balken repräsentiert den gesamten Variationsbereich der entsprechenden Qualitätskenngrösse (Abstand zwischen kleinstem und grösstem normierten 95%-Quantil).

Das Diagramm in **Bild 3** zeigt, dass EN 50160 für fast alle Qualitätskenngrössen mit Reserven zwischen 10 % (6. Spannungsharmonische) und 80 % (2. Spannungsharmonische) eingehalten wird. Die Langzeit-Flickerstärke P_{lt} überschreitet den Grenzwert um bis zu 80 %, allerdings nur in etwa 2,3 % aller Messungen. Dabei ist die jährliche Zahl der Überschreitungen seit 2012 rückläufig. Die 15. Spannungsharmonische überschreitet den Grenzwert nach EN 50160 um bis zu 90 %, jedoch ebenfalls nur in etwa 2,5 % aller Messungen. Im Jahr 2014 wurden deutlich mehr Überschreitungen festgestellt als im Jahr 2013, wobei praktisch alle Überschreitungen bei Messungen in Stadtgebieten auftraten. Zunehmende Überschreitungen der 15. Spannungsharmonischen wurden auch bei Messungen in anderen Ländern festgestellt. Diese sind u.a. auf den vergleichsweise niedrigen Grenzwert von 0,5 % zurückzuführen, der nur noch ungenügend dem Emissionsverhalten der Technologien heutiger elektronischer Massengeräte (z.B. Energiesparlampen) Rechnung trägt. Die 9. Spannungsharmonische überschreitet den Grenzwert nur in etwas weniger als 0,4 % der Messungen und nur um ca. 20 %. Auch hier traten die Überschreitungen erst in den letzten beiden Jahren (2013 und 2014) auf.

Für die ereignisorientierten Qualitätskenngrössen wie Spannungseinbrüche, Unterbrechungen der Versorgungsspannung oder Spannungsüberhöhungen sind in der Auswerteanwendung die gebräuchlichen Tabellen nach EN 50160 bzw. Unipede (DisDip-Tabelle) verfügbar. Über alle ausgewerteten Messungen gesehen, wiesen die mit Abstand meisten Spannungseinbrüche eine Dauer zwischen 10 ms und 200 ms und eine Einbruchtiefe zwischen 80 % und 90 % U_n auf. Spannungseinbrüche mit Restspannungen zwischen 5 % und 80 % U_n und einer Dauer grösser als 500 ms wurden nicht registriert. Nur auf Basis der Tabelle, ohne Zusatzinformation durch die Betreiber der vorgeordneten Netze, sind allerdings keine Aussagen darüber möglich, ob die Ereignisse ihren Ursprung im Niederspannungsnetz und damit im Verantwortungsbereich des Elektrizitätsunternehmens oder im vorgelagerten Netz haben.

Auf Grundlage der vorhandenen Messungen und mit den zu jeder Messung gespeicherten Zusatzinformationen ist



Bilder: Autoren

Bild 3 Übersicht der Messergebnisse für die kontinuierlich zu erfassenden Qualitätskenngrössen.

eine Fülle weiterer Auswertungen möglich, die aus Platzgründen hier nicht im Detail gezeigt werden können. Bei allen Auswertungen und Vergleichen ist jedoch immer die Plausibilität der Messdaten kritisch zu überprüfen und auch die korrekte und sorgfältige Eingabe der Zusatzinformationen (z.B. richtige Zuordnung der Messart, identische Adresse bei gleichem Messort) durch die Nutzer des Programmsystems NeQual sicherzustellen.

Zusammenfassung und Fazit

Das internetbasierte Programmsystem NeQual ermöglicht eine intuitive und vereinheitlichte Auswertung von Spannungsqualitätsmessungen nach EN 50160. Die messgeräteunabhängige Speicherung aller Messdaten in einer zentralen Ablage gestattet messortübergreifende Statistiken zur Spannungsqualität. Neben dem Qualitätsvergleich zwischen Elektrizitätsunternehmen ist damit auch eine einfache und transparente Berichterstattung an die Regulierungsbehörde möglich. Sowohl die ständig steigende Zahl an gespeicherten Messdaten in der Schweiz als auch die seit diesem Jahr erweiterte Nutzung von NeQual durch Österreichs Elektrizitätsunternehmen bestätigen den Erfolg des Konzeptes.

Vorstehende Auswertungen über einige Jahre haben deutlich aufgezeigt, dass sich die Netzqualität im Verlaufe der Jahre zum Teil stark verändert. Einzelne Qualitätskenngrössen bleiben stabil oder sind rückläufig, andere nehmen zu.

Im Sinne einer systematischen Überwachung der Netzqualität ist es deshalb wichtig, die Anzahl der Messreihen kontinuierlich zu erweitern. Nur so kann ein möglicher Einfluss von Veränderungen in den Netzen auf die Spannungsqualität zuverlässig analysiert und dokumentiert werden.

Résumé

De la transparence dans la jungle des données

Comparaison et évaluation des mesures de la qualité de la tension selon la norme EN 50160

Les mesures de la qualité de la tension font partie intégrante du travail de chaque entreprise électrique. Le contrôle de la qualité de l'énergie électrique fournie conformément à la norme EN 50160 joue un rôle particulièrement important. Pour de nombreuses entreprises électriques, la surveillance interne de la qualité de la tension a gagné en importance au cours des dernières années. De plus, l'autorité de régulation exige des indications transparentes sur la qualité de la tension.

Les évaluations des mesures de la qualité de la tension peuvent diverger du point de vue du contenu et du volume en fonction de l'appareil de mesure. Afin de garantir une comparabilité des données et pour permettre des évaluations plus efficientes et plus uniformes, le système en ligne NeQual a été mis en place dans le cadre d'une coopération entre l'AES, une entreprise informatique et l'Université technique de Dresde. Jusqu'à la mi-2014, plus de 750 mesures de la qualité de la tension ont été saisies au moyen de ce programme.

L'évaluation des données réunies montre que la norme EN 50160 est respectée pour presque toutes les grandeurs qualité avec une réserve entre 10 % et 80 %. En ce qui concerne la résistance longue durée aux papillotements, la valeur limite est dépassée dans environ 2,3% des cas. Toutefois, le nombre des dépassements annuels diminue depuis 2012. D'autres dépassements de valeur limite ont été enregistrés au niveau du 9e harmonique (0,4 % de toutes les mesures) et du 15e harmonique (2,5 % de toutes les mesures), dépassements qui n'ont eu lieu qu'au cours des deux dernières années. Les évaluations montrent que la qualité du réseau fluctue fortement au cours des années. C'est pourquoi, dans le sens d'une surveillance systématique, il est important d'étendre en permanence le nombre des séries de mesures.

Se

Referenzen

[1] SN EN 50160, Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen, Ausgabe 2010.
[2] Mehr Informationen zu NeQual: www.strom.ch/de/verband/angebot/produkte/meistverkaufte/nequalc.html.
[3] CIGRE/CIRED Joint Working Group C4.112, Guidelines for Power Quality Monitoring – Measurement Locations, processing and presentation of data, Abschlussbericht Oktober 2014 (www.e-cigre.org).
[4] J. Meyer et.al., Efficient method for power quality surveying in distribution networks, CIRED-Konferenz 2005, Juni 2005, Turin, Italien.

Autoren

Jan Meyer ist Leiter der Arbeitsgruppe Power Quality am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der Technischen Universität Dresden.

Technische Universität Dresden, D-01069 Dresden
jan.meyer@tu-dresden.de

Etienne Gasch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der Technischen Universität Dresden.

etienne.gasch@tu-dresden.de

Hansjörg Holenstein ist Leiter der Gruppe Technik und Verantwortlicher für den Fachbereich Versorgungsqualität beim VSE.

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), 5001 Aarau
hansjoerg.holenstein@strom.ch

Anzeige

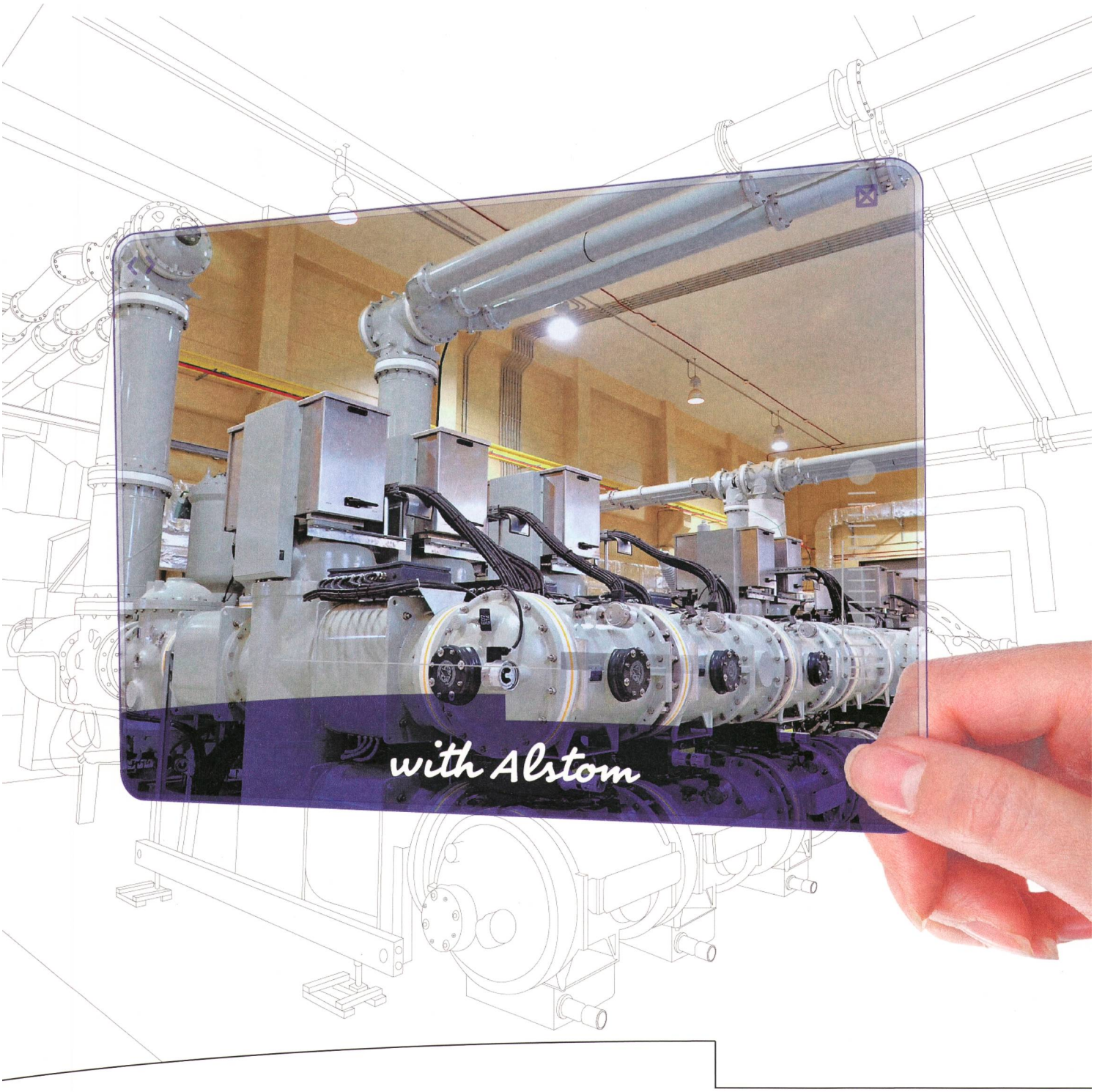
Selbständig, neutral und technisch immer auf dem neusten Stand

KOMPETENT
UNABHÄNGIG
EFFIZIENT

Die Sysdex AG bietet Ihnen eine umfassende Dienstleistungspalette im Bereich der Messdatenerfassung und Messdatenverarbeitung. Wir unterstützen Sie kompetent in folgenden Bereichen:

- Smart Metering
- Zählerfernauslesung
- Energiedatenmanagement
- Datenhandling
- Messdatenaustausch
- Energieprognosen

sysdex
www.sysdex.ch
Sysdex AG
Usterstrasse 111 · CH-8600 Dübendorf
Tel +41 44 801 68 88 · info@sysdex.ch



Strom für eine intelligente Welt ... mit Alstom

Alstom Grid hat klare Vorstellungen zur Bereitstellung innovativer Lösungen für flexible, zuverlässige, erschwingliche und nachhaltige Stromnetze ohne Grenzen. Wir entwickeln, produzieren, installieren und unterhalten Produkte und Systeme zur Stromübertragung und Stromverteilung, die heute und in Zukunft zu einer Weltwirtschaft mit geringer CO_2-Emission beitragen.

ALSTOM
Shaping the future

www.alstom.com