Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 94 (2003)
Heft: 7

Artikel: Netzqualitätssystem
Autor: Küng, Lukas / Wartmann, Bruno / Sezi, Tevfik
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857538

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: 04.07.2025

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

Netzqualitätssystem

Mikroelektronikanwendungen reagieren empfindlich auf Unregelmässigkeiten in der Netzspannung. Die kontinuierliche Überwachung von Spannung und Strom in der gesamten Übertragungskette ist daher für die Früherkennung möglicher Fehler von grosser Bedeutung. Netzqualitätssysteme bieten hierbei viele Möglichkeiten: Mit ihnen lassen sich Ereignisdiagnosen und Netzqualitätsanalysen in kurzer Zeit aufbereiten, und für empfindliche Verbraucher können sie eine Ergänzung oder sogar eine Alternative für eine redundante Stromversorgung darstellen. Der Fokus eines Netzqualitätssystems liegt dabei nicht auf dem Vermeiden von Ausfällen, sondern auf der Reduktion der Ausfallzeiten. Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) verfügt seit vielen Jahren über ein solches Netzqualitätssystem.

Lukas Küng, Bruno Wartmann, Tevfik Sezi, Wilhelm Erzberger

Die Entwicklung der Registriertechnik blickt auf eine lange Tradition zurück. Bereits frühzeitig war der Wunsch vorhanden, elektrische Signale sichtbar zu machen. 1897 wurde der erste Oszillograph mit hoher Eigenfrequenz entwickelt. Damit war es zum ersten Mal möglich, eine Sinusschwingung darzustellen. Ein Synchronmotor trieb die Trommel und die Vorrichtung zum Sichtbarmachen der Kurve an. 1909 wurden erste Ferraris-Registrierapparate (Linienschreiber) für Strom-, Spannungs- und Leistungsmessungen auf den Markt gebracht. Diese waren mit Schreibfedern ausgestattet, die mit dem Papierstreifen dauernd in Berührung standen und kontinuierliche Kurven lieferten.

Die Grundlage der Registriertechnik und damit das Festhalten von elektrischen Vorgängen im Netz war damit geschaffen. Der grosse Durchbruch der hoch auflösbaren Registriertechnik mit Fernparametrierung und Fernübertragung erfolgte vor rund 15 Jahren mit der Digitaltechnik.

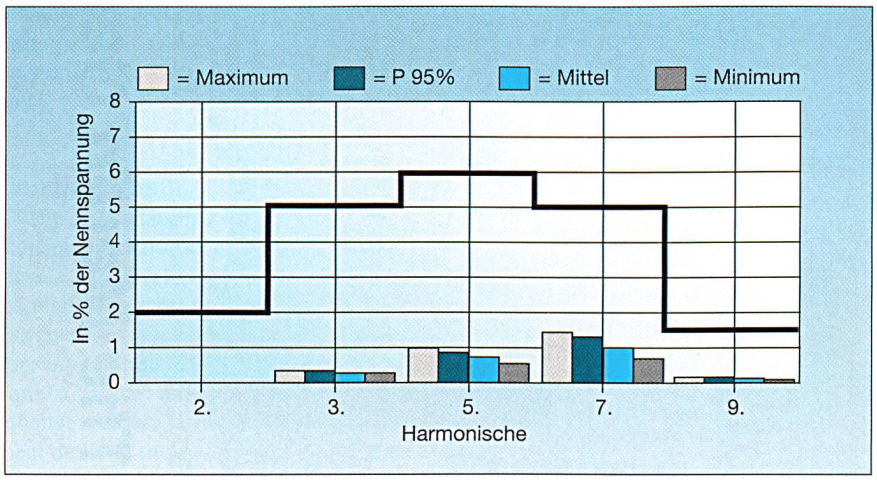

Bild 1 Beispiel einer automatischen Auswertung von Harmonischen im Netz
Die eingetragene Linie zeigt den Grenzwert nach EN 50160

Steigende Bedeutung der Netzqualitätsanalyse

Mikroelektronikanwendungen reagieren empfindlich auf Unregelmässigkeiten in der Netzspannung. Die wachsende Verbreitung dieser Anwendungen – beispielsweise der Einsatz von Rechnern, speicherprogrammierbaren Steuerungen, Feldbussystemen sowie weiteren elektronischen Geräten – in Industriekomplexen und Datenverarbeitungszentren führt zu höheren Anforderungen bezüglich der Netzqualität. Aus diesem Grund wurden die europäischen und internationalen Normen EN 50160[1)] und IEC 61000-2-2[2)] ausgearbeitet.

Viele dieser Mikroelektronikanwendungen erzeugen aber ihrerseits Harmonische und Subharmonische des Netzstromes. Wenn die Kurzschlussleistung des Netzes lokal nicht hoch genug ist, wird die Netzspannung an diesem Ort verzerrt (Bild 1).

Aufbau des EWZ-Netzqualitätssystems

Netzqualitätssysteme können grosse geografische Flächen umfassen. So betreibt etwa das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) ein umfangreiches Netzqualitätssystem, das sich vom Kraftwerk Castasegna (Graubünden) über Zürich bis nach Wettingen im Aargau erstreckt. Sowohl die analogen als auch die binären Kanäle von autarken Störschreibern, Schutzgeräten und Power-Quality-Messgeräten[3)] (PQ-Messgeräten) in den einzelnen Anlagen werden dabei über einen Datenkonzentrator gesammelt und weitergeleitet. Dieser Datenkonzentrator synchronisiert alle angeschlossenen Erfassungsgeräte, damit eine einheitliche Störungszeit über alle Anlagen gewährleistet ist[4)]. In den einzelnen Datenkonzentratoren werden zusätzlich die Stördaten komprimiert und automatisch unmittelbar an die zugeordneten Server übermittelt, wo sie ausgewertet werden. Anschliessend werden sie dem Kunden auf dem Internet-Server innerhalb von 15 Minuten zur Verfügung gestellt.

Die Kommunikation erfolgt primär über das LAN/WAN-Netz[5)] mit einer Datenrate von 2 MB. Als redundanter Weg ist eine analoge Telefonleitung vorhanden, über die die Messrohdaten an die beiden Netzqualitätssysteme übertragen

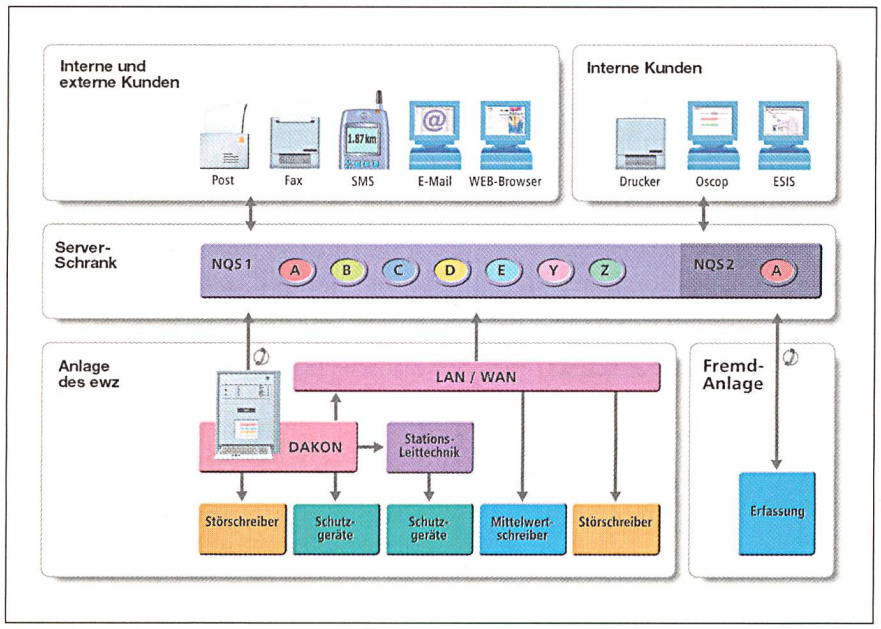

Bild 2 Systemaufbau des ewz-Netzqualitätssystems

NQS: Netzqualitätssystem; Dakon: Datenkonzentrator; Esis: Ereignis-Störungs-Informations-System. Dieses «Logbuch» wird vom Netzqualitätssystem (automatisch) und vom Leitstellenmitarbeiter (von Hand) geführt. Oscop: Name des Programms für die Fehlerauswertung.

werden (NQS 1 und NQS 2 in Bild 2). Fehlerdiagnosen und Fehlerberichte werden dann auf unterschiedlichen Servern erstellt, die mit einem 100-MB-WAN/LAN-Netzwerk verbunden sind.

Die Fehlerdiagnosen und Fehlerberichte können wahlweise je nach Kundenwunsch per Fax, per E-Mail, per SMS, per Inter- oder Intranet oder aber manuell per Post zugestellt werden. Diese Abläufe werden automatisch durch diverse Diagnoseprogramme rund um die Uhr sichergestellt. Um eine hohe Verfügbarkeit des Netzqualitätssystems des ewz zu gewährleisten, sind die Server in abgeschlossenen Räumen der Anlagen dezentral aufgestellt. Mit dieser Redundanz können auch Störungen von Hilfsbetrieben wie etwa USV-Hilfsspannungen oder von Telefonzentralen aufgefangen werden – so werden beispielsweise die Kommunikationseinrichtungen täglich, die USV-Anlagen sogar im 15-Minuten-Intervall überprüft. Das Knotenpunktrisiko[6] wird somit reduziert. Beim Intranet-Client ist nur ein einfacher Browser und keine wartungsintensive Diagnosesoftware installiert. Die Updates der Software erfolgen zentral ohne Unterbruch des Serverbetriebs und sind so schnell nutzbar.

Mit diesem modularen System werden alle Spannungsebenen erfasst, also von der 400-V-Ebene bis und mit der 380-kV-Ebene, und zwar vom Netzknotenpunkt[7] bis hin selbst zur kleinsten sensiblen Kundenanlage. Bei einer Störung ist es somit möglich, sich schnell Übersicht zu verschaffen. Zusätzlich stehen sämtliche Aufzeichnungen der letzten zehn Jahre den Clients über eine leistungsstarke Datenbank jederzeit zur Verfügung. Damit können alte Störungen mit aktuellen Vorfällen verglichen werden, woraus sich zusätzliche wertvolle Informationen für die Störungsbeurteilung ableiten lassen.

Funktionen des Netzqualitätssystems

Über die drei unterschiedlichen Funktionen «Aufzeichnung», «Netzereignis» und «Netzqualität» kann das System einfach und anwenderfreundlich bedient werden. Durch den standardisierten Aufbau der Applikation gestaltet sich die Bedienung der Seiten übersichtlich und einfach, was es dem Kunden ermöglicht, während einer Störung mit ein paar wenigen Mausklicks schnell und sicher ans Ziel zu kommen.

Die Funktion «Aufzeichnung»

Mit dieser Funktion können die einzelnen Störschriebe von Störschreibern und Schutzgeräten ausgewertet und die Daten weiterverarbeitet werden: mit dem Cursor lassen sich Strom- und Spannungswerte oder Zeitverschiebungen herauslesen. Jedes Ereignis (Störung) wird in zeitliche Segmente – die Zeiträume vor, während und nach der Störung, nach dem Eingriff des ersten Schutzmechanismus usw. – unterteilt, für die dann Effektivwerte und Spitzenwerte berechnet und eine Fehlerdiagnose erstellt werden. Bild 3 zeigt eine entsprechende Zustandsanalyse für die einzelnen Fehler-

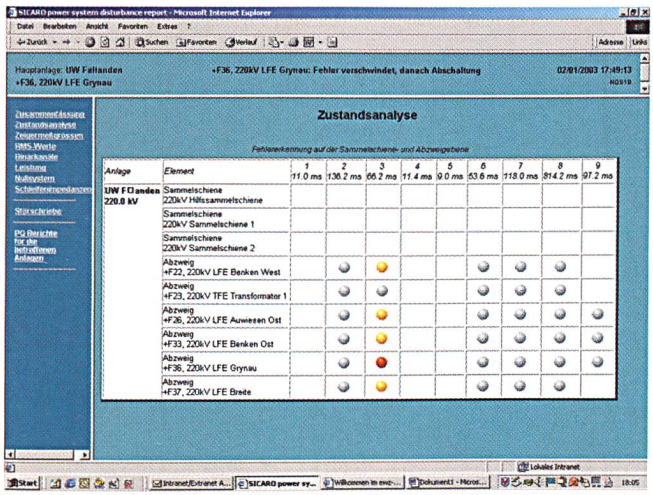

Bild 3 Aufzeichnung eines 2-poligen Kurzschlusses: Zustandsanalyse pro Fehlersegment

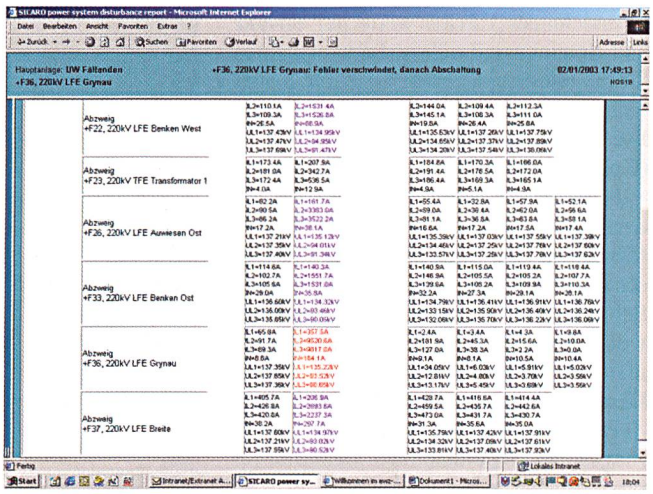

Bild 4 Aufzeichnung eines 2-poligen Kurzschlusses: Effektivwerte pro Fehlersegment

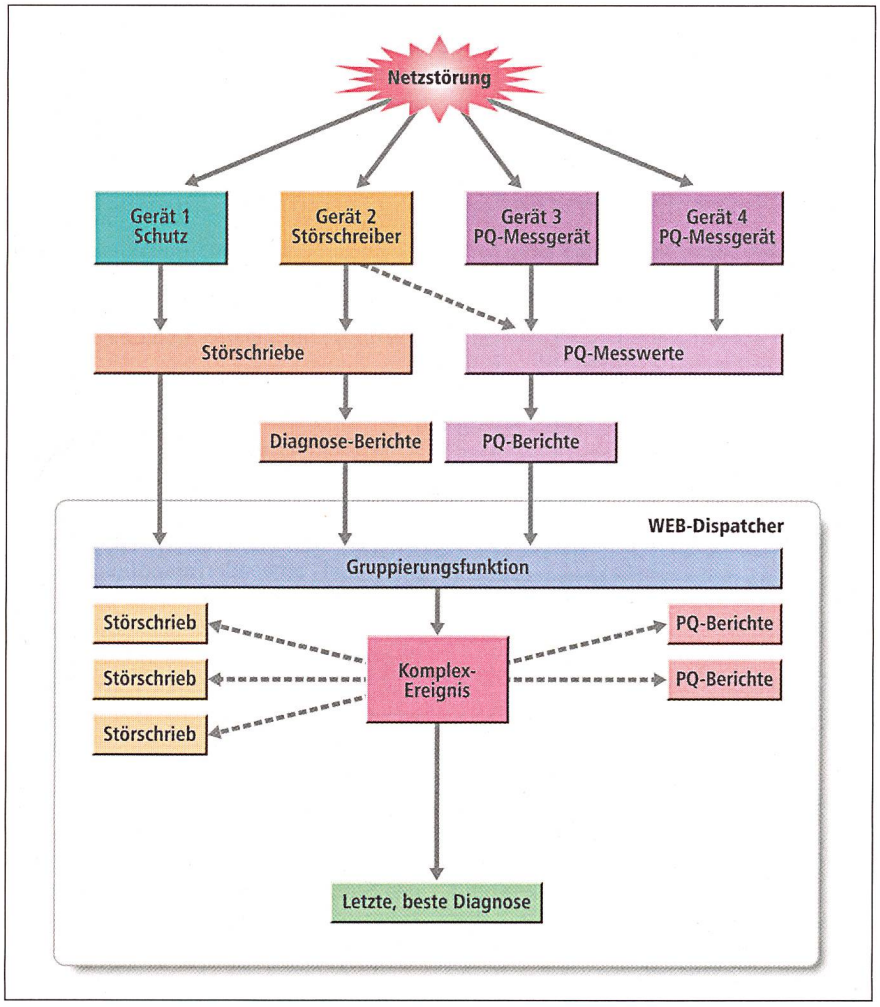

Bild 5 Komplexereignisse

PQ: Power-Quality; Gruppierungsfunktion: Strom- und/oder Spannungssprünge werden erfasst, und beim Überschreiten eines Schwellwerts wird ein neues Segment gebildet

segmente und Abzweige in einer Anlage. In dieser Übersicht wird schnell klar, wo und wie lange eine Störung aufgetreten ist. Jede Zustandsanzeige ist nach Wichtigkeit der hinterlegten Diagnose eingefärbt (farbige Kreise), die sich mittels Mausklick anzeigen lässt. Bild 4 gibt eine Übersicht der Effektivwerte der Ströme und Spannungen während der einzelnen Störungssegmente wieder.

Die Funktion «Netzereignis» (Komplexereignis)

Nach einer Netzstörung werden in der Regel mehrere störungsbezogene Messdaten oder Messdatensätze von verschiedenen Messgeräten (Störschreiber, Schutzgeräte, PQ-Messgeräte) erzeugt, wobei für jeden dieser Störschriebe automatisch eine Ereignisdiagnose mit einem Diagnoseprogramm erstellt wird.

Zu jeder Netzstörung, von der Störungsdaten von einem oder mehreren Erfassungsgeräten vorhanden sind, erzeugt das Programm ein Komplexereignis, worunter eine Zusammmenfassung aller Störschriebe und PQ-Berichte, die zur gleichen Störung gehören – d.h. einen übereinstimmenden Zeitstempel haben – zu verstehen ist (Bild 5). Wichtig für diese Funktion ist dabei die zeitliche Synchronisation aller Erfassungsgeräte, die in der Regel einmal pro Minute abläuft. Mit diesem Komplexereignis hat der Kunde – beispielsweise in einer Leitstelle – eine gute Übersicht über die erfassten Messdaten und die relevanten Informationen wie Fehlerort, Höhe des Kurzschlussstromes, Störungsdauer usw.

Die Funktion «Netzqualität»

Mit den PQ-Messdaten werden automatisch Tages-, Wochen- und Jahresberichte nach vordefinierten Listen (beispielsweise nach EN 50160 oder IEC 61000-2-2) oder nach einem eigenen vordefinierten Profil erstellt. Ein wichtiger Unterschied zwischen PQ-Berichten und Diagnose-Berichten (Bild 5) sind die Abtastraten. Bei typischen PQ-Berichten liegen die Mittelungszeiten zwischen einer Sekunde und zwei Stunden bei einer Betrachtungsdauer von einem Tag, einer Woche oder maximal einem Jahr. Diese Abtastraten sind für eine Fehlerdiagnose ungenügend: Die Messungen von autarken Störschreibersystemen haben eine maximale Aufzeichnungszeit von etwa zehn Sekunden, dafür wird jede Sinuskurve bis maximal 12,5 kHz abgetastet. Bei Schutzgeräten liegt die Abtastrate im Mittel bei etwa 1 kHz und die Aufzeichnungsdauer kann bis maximal drei Sekunden betragen. Die Messdaten von Schutzgeräten und Störschreibern können zur Fehlerdiagnose verwendet werden.

Netzqualitätssystem als Alternative zu einer redundanten Versorgung

Die Bedürfnisse bezüglich der Versorgungssicherheit sind sehr unterschied-

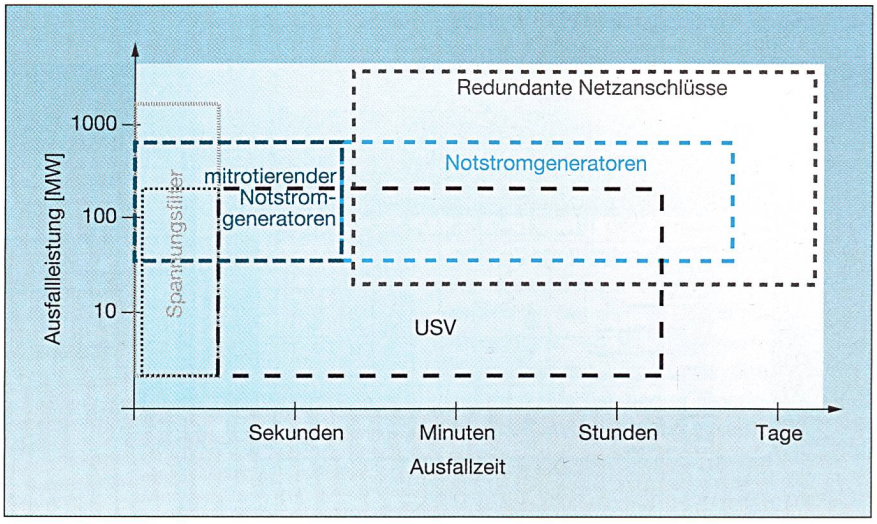

Bild 6 Übersicht der Massnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit

Unterschiedliche Massnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit für verschiedene Überbrückungszeiten und Leistungsbereiche

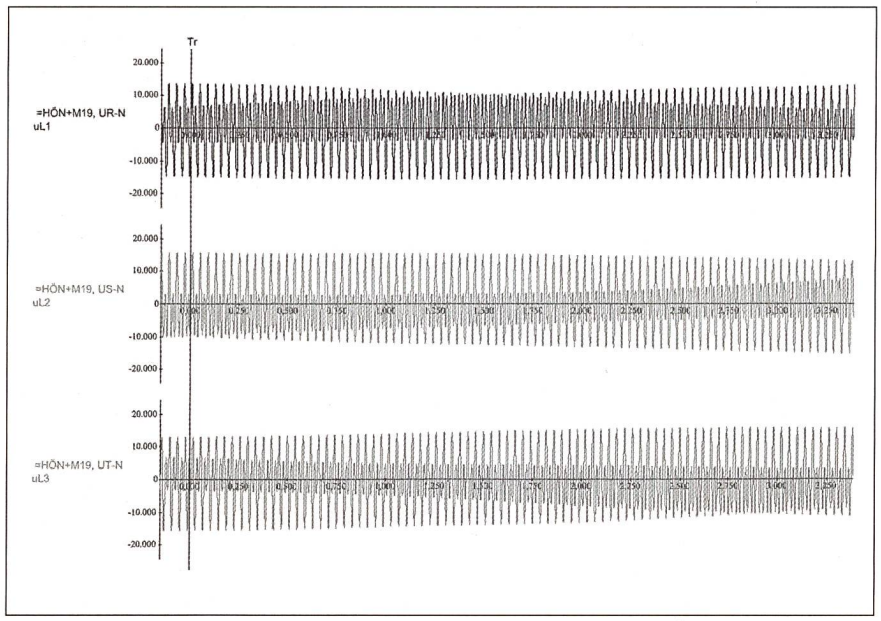

Bild 7 Ferroresonanz eines 11-kV-Spannungswandlers

lich; genau so unterschiedlich können die Lösungen dazu sein (Bild 6). Dabei sind die Anforderungen der EN 50160 für die Elektrizitätswerke verbindlich. Obschon die Versorgungsqualität in städtischen Gebieten wesentlich besser ist, als von der Norm verlangt, ist sie doch für empfindliche Anwender ungenügend. Eine 100%ige Verfügbarkeit kann ohne zusätzliche Aufwendungen nicht garantiert werden. Eine genaue Abklärung der Fehlerwahrscheinlichkeit und der Sicherheitsbedürfnisse ist Voraussetzung für eine Erhöhung der Verfügbarkeit; der Einsatz von zusätzlichen, ungeeigneten Komponenten zur Verbesserung der Versorgungssicherheit kann sogar die Fehlerwahrscheinlichkeit erhöhen, statt sie zu reduzieren. Oft wird nach einem Stromausfall zwar eine redundante Versorgung eingebaut, diese dann aber bis zum nächsten Ereignis wieder vergessen: mit einer solchen Anlage lässt sich bestenfalls das Gewissen beruhigen.

Nach einer sorgfältigen Auswahl der Anlage sind eine regelmässige Wartung und eine periodische Funktionskontrolle notwendig. Ein unabhängiges Netzqualitätssystem kann Antworten – oder zumindest wertvolle Hinweise – liefern auf Fragen wie etwa: Hätte der Notstromdiesel nicht anspringen sollen? War die USV-Anlage überhaupt jemals im Einsatz? Ist die Parametrierung richtig? Wieso hat sich der redundante Netzanschluss eingeschaltet?

Das Netzqualitätssystem erkennt die Fehler schnell und kann so die Ausfallzeiten stark reduzieren: trat der Fehler im vorgelagerten Verteilnetz auf, geschah der Vorfall in der eigenen Hausinstallation oder hat ein Nachbar eine kritische Anlage in Betrieb genommen? Teure Untersuchungen und langwierige Streitfälle über Fehlerursachen können vermieden werden, indem anstatt nach dem Schuldigen nach dem Fehler gesucht wird. Mit den Auswertungen des Netzqualitätssystems lassen sich gesicherte Aussagen zur Fehlerhäufigkeit machen und entsprechend die Anforderungen bzw. Modifikationen an eine redundante Stromversorgung spezifizieren.

Im Einzelfall kann bei Vorhandensein eines Netzqualitätssystems sogar ganz auf die redundante Versorgung verzichtet werden. Anstatt eine annähernd 100%ige Versorgungssicherheit erreichen zu wollen, werden Ausfallzeiten einkalkuliert. Mit dem Netzqualitätssystem wird der Schwerpunkt auf eine frühzeitige, präventive Fehlererkennung und rasche Fehlerbehebung gelegt, d.h. auf eine Reduktion der Ausfallzeiten. Für Firmen mit energieintensiven Produktionsprozessen, bei denen lange Ausfallzeit mehr Kosten verursacht als das Ausfallereignis selber, könnte sich daher der Einsatz eines Netzqualitätssystems lohnen.

Beispiele der Netzqualitätserfassung

Eine kontinuierliche Überwachung von Messwandlern und Leistungsschaltern ermöglicht in vielen Fällen die Früherkennung von potenziellen Fehlerquellen.

Frühzeitige Erkennung möglicher Fehler

Bild 7 zeigt die Auswertung eines unbelasteten Transformators bzw. Spannungswandlers. Der Spannungswandler konnte noch vor der Explosion ausgewechselt werden, der Ersatz wurde mit einem Widerstand belastet.

In Bild 8 ist die Rückzündung eines 11-kV-Leistungsschalters dargestellt. Die Rückzündung kann verschiedene Ursachen haben – beispielsweise verunreinigtes Öl oder Defekte im Schaltermechanismus. Der Schalter konnte rechtzeitig revidiert und eine gravierende Fehlfunktion vermieden werden.

Instandhaltung

Mit Netzqualitätssystemen können schleichende interne – also selbstverursachte, im eigenen Netz auftretende – oder von extern – also benachbarten Netzen – eingekoppelte Netzverschlechterungen verfolgt werden. Die Ansprech-

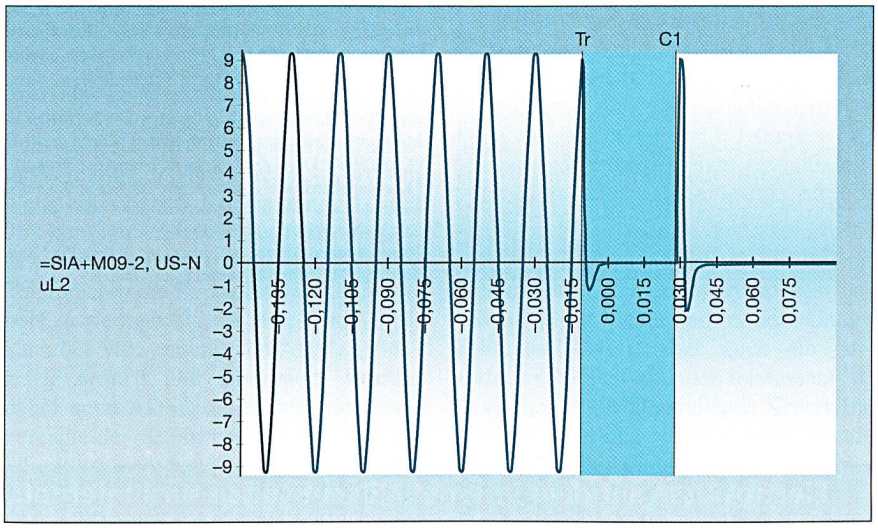

Bild 8 11-kV-Leistungsschalter mit Rückzündung

werte von Schutzgeräten und Umschaltvorrichtungen können überprüft und bei Bedarf korrigiert werden.

Vergleich von Netzqualitätssystem und Leitsystem

Das Netzqualitätssystem wird autonom neben einem allfälligen Leitsystem betrieben (Bild 9). Es muss keine direkten Schutzfunktionen ausführen, weshalb die Schwellwerte für das Auslösen einer Aufzeichnung tiefer gesetzt werden können als bei einem Leitsystem, ohne dadurch die Verfügbarkeit einer Anlage zu gefährden. Das Netzqualitätssystem ist nicht als Redundanz zu einem Leitsystem zu verstehen, aber die Funktionsweise der kritischen Punkte eines Leitsystems können mit ihm kontinuierlich überwacht und die Funktionsweise im Ernstfall aufgezeichnet werden. Im Fehlerfall wird die Leitstelle schnell und detailliert informiert, und der interne Betriebsdienst oder externe Fachleute können alarmiert werden.

Lohnt sich ein Netzqualitätssystem?

Ob sich eine Anschaffung eines Netzqualitätssystems lohnt, hängt vom Sicherheitsbedürfnis des Anwenders ab. Während bei der Evaluation einer redundanten Stromversorgung oder des Netzqualitätssystems die Investitions- und Betriebskosten im Vordergrund stehen, sind bei einem Stromausfall die Ausfallkosten zentral. Aus Erfahrung lösen Versorgungsausfälle immer wieder Investitionsschübe aus.

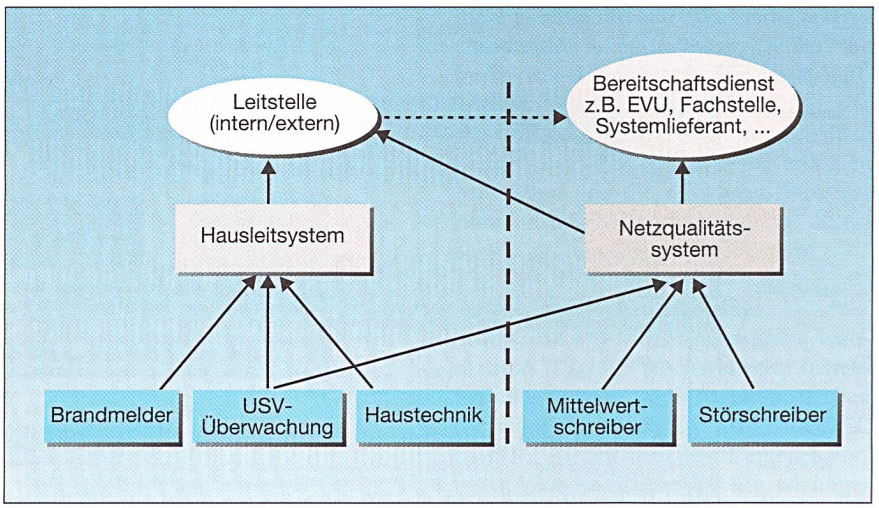

Bild 9 Abgrenzung zwischen Leitsystem und Netzqualitätssystem

Angaben zu den Autoren

Dr. ***Lukas Küng*** studierte Elektrotechnik an der ETH Zürich und verfasste seine Doktorarbeit über eine elektrische Maschine für den Einsatz in einem Fahrzeug. Danach war er Entwicklungs- und Beschaffungsleiter «Elektrische Maschinen» bei ABB. Seit 2001 arbeitet Lukas Küng beim Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz), CH-8050 Zürich, wo er für den Aufbau des Geschäftsfeldes Netzdienstleistungen verantwortlich ist.
Kontakt: lukas.kueng@ewz.stzh.ch

Bruno Wartmann, El.-Ing. HTL, studierte Elektrotechnik an der FH Luzern. Seit 1985 arbeitet er beim Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz), CH-8050 Zürich, im Bereich «Instandhaltung Unterwerke» und ist verantwortlich für Schutz, Leittechnik und Power Quality.
Kontakt: bruno.wartmann@ewz.stzh.ch

Dr.-Ing. ***Tevfik Sezi*** studierte Elektrotechnik in Berlin. Nach seiner Doktorarbeit, die er 1985 abschloss, erhielt er eine Anstellung bei Siemens AG, D-90459 Nürnberg, wo er heute als Produktmanager für Power-Quality-Analyse und Registriersysteme für Netzstörungen tätig ist.
Kontakt: tevfik.sezi@siemens.com

Wilhelm Erzberger, Verkaufsingenieur, machte eine Ausbildung als Feinmechaniker und Physiklaborant in Winterthur. Er war 17 Jahre lang bei der Firma Philips AG in der Fertigung und Entwicklung von Halbleitern tätig. Seit 1987 arbeitet er bei der Siemens Schweiz AG, CH-8047 Zürich, wo er heute für den Vertrieb des Produkts Power-Quality-Analyse und von Registriersystemen für Netzstörungen zuständig ist.
Kontakt: wilhelm.erzberger@siemens.com

Système de qualité pour réseaux

Les applications de microélectronique sont très sensibles aux irrégularités de la tension de réseau. La surveillance permanente de la tension et du courant sur toute la chaîne de transmission revêt donc une importance considérable pour la détection précoce des défauts éventuels. Les systèmes de qualité pour réseaux offrent de nombreuses possibilités: ils permettent d'établir en peu de temps des diagnostics d'événements et des analyses de qualité de réseau et, pour les appareils délicats, ils peuvent représenter un complément ou même une alternative en vue d'une alimentation électrique redondante. L'objectif essentiel d'un système de qualité pour réseaux ne consiste pas à éviter des défaillances mais à réduire les temps morts. La compagnie d'électricité de la ville de Zurich (ewz) dispose d'un tel système depuis de nombreuses années.

[1] SN EN 50160:1999 (D): Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen. Bezug: http://www.normenshop.ch

[2] SN EN 61000-2-2:2002 (D) X: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Teil 2-2: Umgebungsbedingungen – Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrössen und Signalübertragung in öffentlichen Niederspannungsnetzen. Bezug: http://www.normenshop.ch

[3] Hierbei werden die Mittelwerte von Strom und Spannung gemäss EN 50160 oder IEC 61000-2-2 bestimmt, dies im Gegensatz zu den Momentanwerten mit hoher Abtastrate der Störschreiber und Schutzgeräte.

[4] Alle Erfassungsgeräte müssen synchronisiert sein, damit für ein Fehlerereignis Daten von verschiedenen Messgeräten zusammengeführt werden können.

[5] LAN/WAN: Local Area Network/Wide Area Network

[6] Knotenpunktrisiko: Risiko eines 100%igen Ausfalls, beispielsweise weil nur ein Serversystem oder nur eine Telefonverbindung vorhanden ist.

[7] Netzknotenpunkt: geografischer Ort, an dem die Netze mehrerer Netzbetreiber zusammentreffen.

electrosuisse
Electrosuisse auf dem Internet / Electrosuisse sur l'Internet:
www.electrosuisse.ch