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: 79 (1988)

Heft: 5

Artikel: Begrenzung niederfrequenter Beeinflussungen in Stromversorgungsnetzen : Bericht über die ETG-Informationstagung vom 12. November 1987 in Zürich

Autor: Rieger, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904003

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: 10.12.2025

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

Begrenzung niederfrequenter Beeinflussungen in Stromversorgungsnetzen

Bericht über die ETG-Informationstagung vom 12. November 1987 in Zürich

Ziel der Tagung war es, die auf den 1. November 1987 in Kraft gesetzte SEV-Norm 3600 «Begrenzung von Beeinflussungen in Stromversorgungsnetzen (Oberschwingungen und Spannungsänderungen)» vorzustellen. Diese besteht aus den zwei Teilen «1: Bestimmungen» und «2: Erläuterungen und Berechnungen».

In seiner Einleitung gab Prof. *H. Glavitsch* von der ETH Zürich einen Überblick über die Problematik der Beeinflussung in Versorgungsnetzen. Diese Netze übertragen nicht nur Energie vom Produzenten zum Abnehmer, sondern auch unerwünschte Oberschwingungsspannungen von Störern zu Gestörten.

1. Elektrotechnische Grundlagen der Netzbeeinflussung

Prof. *R. Zwicky*, Institut für Automatik und Industrielle Elektronik, ETH Zürich

Die Elektrizitätswerke sind seit jeher bemüht, dem Verbraucher die elektrische Energie mit guter Spannung und Frequenz zu liefern. Seit 1–2 Jahrzehnten treten zusätzliche Probleme auf infolge nichtsinusförmiger Strombezüge und rasch ändernder Lasten. Im Sektor Haushaltgeräte konnte diesbezüglich bereits auf Normen zurückgegriffen werden; die Schweiz hatte mit der SEV-Norm 3601 schon vor längerer Zeit die IEC-Norm 555 übernommen. Die vorliegende Norm 3600, der international noch kein entsprechendes Dokument gegenübersteht, ist demzufolge vor allem für grössere bewilligungspflichtige Geräte und Anlagen anzuwenden.

Einphasige Gleichrichter mit Brückenschaltung und Glättungskondensatoren haben die Eigenschaft, neben Strömen der Grundfrequenz auch Oberschwingungsströme 3., 5., 7.,...Ordnung zu verursachen. Solche Schaltungen, wie sie in Fernsehern, PCs usw. oft angewendet werden, sollten deshalb auf geringe Leistung beschränkt bleiben. Eine weitere wichtige Gruppe von OS-Erzeugern sind die Beleuchtungsregler für Glühlampen (Dimmer), bei denen ebenfalls Oberschwingungen (OS) mit allen ungeraden Ordnungszahlen auftreten.

Etwas günstiger sieht es bei symmetrischen 3phasigen Gleichrichtern mit induktiver Glättung aus. Bei diesen wird das Oberschwingungsspektrum durch Wegfall aller durch drei teilbaren Oberschwingungen entlastet.

Ist das erzeugte Stromspektrum eines Gerätes bekannt, werden unter Berücksichtigung der Netzimpedanzen die OS-Spannungsanteile berechnet. Die Praxis zeigt, dass bei der Ermittlung der frequenzabhängigen Impedanzanteile Vereinfachungen zulässig sind, indem der Stromverdrängungseffekt sowie Kabelkapazitäten und dergleichen unberücksichtigt bleiben können.

Der Vergleich der nach dieser Berechnungsart erhaltenen OS-Spannungsbeiträge mit den in der Tabelle 3 der Norm festgehaltenen Werten zeigt nun, ob ein Gerät zum Anschluss zugelassen werden kann oder nicht. Die gesamthaft erwarteten OS-Spannungen im Netz sind in Tabelle 1 der Norm festgehalten.

Spannungsschwankungen in schneller Folge, wie sie z.B. durch Schweissmaschinen verursacht werden, wirken sich insbesondere durch Beleuchtungsschwankungen negativ aus. Sehr empfindlich ist das menschliche Auge gegenüber Schwankungen im Bereich von 10 Hz bzw. 20 Änderungen pro Sekunde. In Figur 5 der Norm sind die maximalen Spannungsänderungen in Abhängigkeit der Häufigkeit des Auftretens dargestellt, wie sie in Netzen toleriert werden und zurzeit noch von einzelnen Abnehmern beansprucht werden können. Dabei sind unterschiedliche Werte festgelegt für NS- und HS-Bezüger.

Folgende Problemkreise werden in vorliegender Norm nicht behandelt:

- OS nichtganzzahliger Ordnung, wie sie z.B. durch stufenlose Umrichterantriebe verursacht werden,
- OS mit Frequenzen über 2 kHz,
- kurzzeitige Spannungsabsenkungen und Netzunterbrüche sowie deren Einfluss auf angeschlossene Geräte und Anlagen.

2. Gesetzliche Grundlagen

F. Schlittler, Chefingenieur des Eidg. Starkstrominspektorates

Anhand eines Fallbeispieles erläutert der Referent die Rechtslage im Falle von störenden Netzbeeinflussungen. Entsteht bei einem Strombezüger infolge von Netzbeeinflussungen Schaden, so stellt sich die Frage nach der Verantwortlichkeit: Ist das energieliefernde EW verantwortlich oder der beeinflussende Bezüger; oder sind die Anlagen des Geschädigten zu empfindlich bzw. zu wenig immun gegenüber Störeinflüssen?

Da die aufgeworfenen Fragen immer häufiger gestellt werden, wurde die Norm 3600 erarbeitet. Die gesetzlichen Grundlagen bilden der Art. 3 des Elektrizitätsgesetzes (1902) sowie die 1985 neu gefassten Art. 4 und 5 der Starkstromverordnung. Grundsätzlich wird verlangt, dass elektrische Anlagen nach den anerkannten Regeln der Technik erstellt, geändert, instand gehalten und kontrolliert werden müssen. In diesem Sinne stellen die vorliegenden «Leitsätze des SEV/Empfehlungen des VSE» Regeln der Technik dar; sie sind anzuwenden für Geräte und Anlagen, welche an Niederspannungsnetze oder Hochspannungsnetze bis 36 KV angeschlossen sind. Die massgebenden Werte beziehen sich auf den sogenannten Verknüpfungspunkt, d.h. jenen Punkt des Netzes, ab welchem weitere Bezüger gespeist werden.

Folgende Bereiche sind nun geregelt worden:

- Die Hersteller bzw. Betreiber von OS-verursachenden Anlagen und Geräten erfahren, welche maximalen OS-Beiträge zulässig sind.
- Die Elektrizitätswerke haben Richtlinien über die anzustrebenden Höchstwerte der OS-Spannungen.

Der Tagungsband mit allen Vorträgen kann beim SEV, Zentrale Dienste, bezogen werden (Preis Fr. 40.–). Die Normen SEV 3600–1 und 3600–2 sind beim SEV, Drucksachenverwaltung, erhältlich.

Eine entsprechende Tagung «Limitation des perturbations électriques dans les réseaux de distribution» fand am 26. Januar 1988 in Montreux statt.

Adresse des Autors
R. Rieger, Ing. HTL, Starkstrominspektor, Bahnhofstrasse 24, 9402 Mörschwil.

- Die Hersteller von empfindlichen Geräten wissen, mit welchen OS-Spannungen im Netz gerechnet werden muss.
- Es ist festgelegt, wie vorzugehen ist, wenn zwischen Beeinflussten, Elektrizitätswerk und Beeinflussern keine gütliche Einigung zustande kommt.

Abschliessend weist der Referent auf die Grenzen der neuen Norm 3600 hin. Es wurde schon wiederholt festgestellt, dass Störungen an empfindlichen Steuersystemen nicht durch Dritte, sondern durch unzweckmässig aufgebaute Erdungssysteme verursacht wurden. Auch Netzunterbrüche, welche durch höhere Gewalt verursacht werden, müssen von jedem Strombezüger akzeptiert werden. Verfügt er über empfindliche Anlagen, welche durch Kurzunterbrüche gefährdet sind, muss er sich mit einer sogenannten unterbruchslosen Stromversorgungsanlage (USV) selbst behelfen.

3. Vorausberechnung der Netzrückwirkung zur Beurteilung von Anschlussbegehren

P. Knapp, dipl. Ing., ABB Werk Turgi

Der Beitrag ist entsprechend der Norm SEV 3600-2 Abschnitt 5 gegliedert: Ermittlung des Netzinnenwiderstandes am Verknüpfungspunkt; Ermittlung der massgebenden Werte des Verbraucherstromes bezüglich Oberschwingungen und Spannungsschwankungen; Berechnung der Spannungsabfälle am Netzinnenwiderstand und Berechnung der Geräteleistung, bei welcher die Spannungsabfälle gerade noch im zulässigen Bereich liegen.

Bei der Ermittlung des Netzinnenwiderstandes werden je nach Anschlussart die vereinfachten Ersatzschaltbilder des Aussenleiters oder der Schleife L-N beigezogen. Aufgrund der Netzdaten (Trafo, Leitungsabschnitte) sind die Wirk- und Blindwiderstände zu berechnen. Der Netzinnenwiderstand kann aber auch aus der gemessenen Kurzschlussleistung abgeleitet werden. Aus den detaillierten Unterlagen ist herauszulesen, mit welchen OS-Strömen bei Stromrichtergeräten und bei Wechselstromstellgliedern zu rechnen ist. Mit diesen Werten und den Netzinnenwiderständen ergeben sich die zu erwartenden OS-Spannungsverluste und damit die maximal anschliessbaren Geräteleistungen.

In die Berechnung der regelmässigen Spannungsschwankungen geht nur der stationäre Zustand vor und nach dem Zuschalten eines Lastkreises ein; es interessiert lediglich die Änderung des Spannungswertes bei diesen zwei definierten Zuständen. Figur 5 der Norm zeigt, welche Spannungsänderungen beim Anschluss ans Nieder- oder Mittelspannungsnetz zugelassen sind je nach der Frequenz der Laständerungen.

4. Berechnungsbeispiel

H. Kümmerly, Chef des Büros für Zähler- und Netzkommandoanlagen, Bernische Kraftwerke AG, Nidau.

Ein Gewerbebetrieb in der Nähe eines Unterwerkes stellt ein Anschlussgesuch für den Betrieb einer Schweissmaschine. Die Anlage ist für 400 V konzipiert und soll zwischen zwei Polleitern angeschlossen werden.

Die detaillierte Durchrechnung dieses im Teil 2 der Norm enthaltenen Beispieles zeigt, dass bei Anschluss ans Niederspannungsnetz unzulässige Spannungsschwankungen und Oberschwingungen entstehen; beim Anschluss der Maschine mittels separatem Trafo 16 kV/400 V ans Mittelspannungsnetz resultieren jedoch akzeptable Werte. Die Vorbereitung der Entscheidung wird wesentlich erleichtert durch zweckmässige Anschlussgesuchs- und Berechnungsformulare sowie durch verschiedene Datentabellen, welche in der Norm abgedruckt sind.

5. Lösung von Störungsproblemen

W. Hirschi, Ing. HTL, EMC Fribourg

Bei der Bekämpfung von Störungen muss entschieden werden, ob am Störer Massnahmen notwendig sind (Entstörung) oder ob Eingriffe beim gestörten System vorzuziehen seien (Immunisierung). Die Praxis zeigt, dass die Kosten der Störungsbehebung oft die Anlagekosten des Störers überschreiten. Deshalb wird empfohlen, bereits in der Projektphase eine Verträglichkeitsstudie zu erstellen. Je länger zugewartet wird, desto beschränkter werden die Eingriffsmöglichkeiten und desto höher steigen die Kosten.

Anhand eines Beispieles zeigt der Referent auf, welche Entstörungsmassnahmen beim Betrieb eines statischen Umformers (3phasiger symmetrischer Gleichrichter) zweckmässig sind. Dabei ist insbesondere der Verdrosselung von Blindstrom-Kompensations-Kondensatoren die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken. Unter Umständen drängt sich sogar die Speisung des Gleichrichters mittels getrenntem Transformator ab MS-Netz auf. Generell sollen sowohl HS- wie NS-Bezüger im eigenen Interesse darauf achten, dass auch innerhalb ihres internen Versorgungssystems gewisse OS-Maximalpegel sowie Spannungsschwankungslimiten nich überschritten werden.

6. Messtechnische Aspekte, Messergebnisse

R. Schreiber, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

Aufgrund der von den Mietgliedwerken des VSE durchgeführten OS-Messungen in Verteilnetzen wird gezeigt, welche OS in den Netzen bereits vorhanden sind. Im Zeitraum von 1980 bis 1983 wurden total etwa 10 000 Messwerte registriert und daraus jene OS-Pegel bestimmt, welche mit 95% Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Die Statistik zeigt, dass die noch vorhandene Pegelreserve in den MS-Netzen bei der 5. OS am geringsten ist (starke Beeinflussung durch TV-Geräte).

Zur messtechnischen Erfassung werden zwei Messverfahren vorgestellt:

- in Netzen mit ruhigem OS-Grundpegel: Messung der OS-Spannungsbeiträge,
- in Netzen mit unruhigem OS-Grundpegel: Messung der OS-Ströme und Berechnung der OS-Spannungsbeiträge aus den OS-Strömen und den Netzimpedanzwerten.

Im Anschluss an die Erläuterung der messtechnischen Grundlagen erhielten die Tagungsteilnehmer einen Überblick über die auf dem Markt verfügbaren Messgeräte zur Erfassung von OS-Spannungen und Spannungsschwankungen.

7. Diskussionsbeiträge

Auf die Anfrage, ob sich kleinere Werke bezüglich Berechnungen auf die Dienstleistungen Dritter abstützen können, wird auf ein von den Centralschweizerischen Kraftwerken (CKW) entwickeltes und in nächster Zeit erhältliches Rechenprogramm hingewiesen.

Von Herstellerseite wird erwähnt, dass die in der Norm stipulierten Werte durch die Werke auch messtechnisch überprüft werden sollten, damit jeder Hersteller bzw. Anwender mit «gleicher Elle» beurteilt wird.

Von seiten der EKZ wird eingeräumt, dass bei Einsatz der 12pulsigen Stromrichterschaltung anstelle der 6pulsigen oftmals weitergehende Leistungen bewilligt werden können, weil die Pegelreserven bei den hier auftretenden OS in der Regel grösser sind.

Zur messtechnischen Erfassung von gesteuerten Beleuchtungsanlagen (z.B. Bühnenbeleuchtung): ein Drittel der Regler wird auf ⅓-Last eingestellt, ein Drittel auf ½-Last und ein weiteres Drittel auf ¾-Last (VSE-interne Richtlinie).

Interpretation der Tabellenwerte gemäss Norm 3600: Es handelt sich um sogenannte Sekundenwerte; lediglich die transienten Vorgänge werden nicht erfasst (also keine «statistischen Werte»).

Anschluss von grösseren schwingungspaketgesteuerten Haushaltgeräten (z.B. Kochherde) ans öffentliche Netz: Von seiten der EKZ wird auf die Melde- bzw. Bewilligungspflicht hingewiesen.