

**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:** 71 (1980)

**Heft:** 2

**Artikel:** Rückwirkungen in Energieversorgungsanlagen durch grosse Verbraucher mit Stromrichterantrieb

**Autor:** Kümmerly, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-905210>

### **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:** 03.02.2026

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

worin  $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}$

das Übertragungsmass der beeinflussten Kabeladern,

$\left. \begin{array}{l} R \text{ deren Wirkwiderstandsbelag,} \\ L \text{ deren Blindwiderstandsbelag,} \\ G \text{ deren Ableitungsbelag,} \\ C \text{ deren Erdkapazitätsbelag} \end{array} \right\} \text{ bei Parallelschaltung}$

und

$\varphi_\gamma$  der Winkel der komplexen Grösse  $\gamma$  ist.

Für die Frequenzen 600 und 1200 Hz sind allerdings die charakteristischen Längen sehr gross. Man erhält für Beein-

flussungslängen von wenigen Kilometern an einem Ende der Näherung hier noch eine Spannung gegen Erde, die zwischen der Hälfte und dem vollen Wert der induzierten Längsspannung liegt (Fig. 2).

#### Literatur

- [1] CCITT: Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines. ITU, Genf, 1963, Formel (10 [Ss]), S. 132.  
[2] wie [1], jedoch Formel (10 [As]), S. 132.

#### Adresse des Autors

K.-H. Feist, Dr.-Ing., Siemens AG, Bereich Energieversorgung, Postfach 3240, D-8520 Erlangen 2.

## Rückwirkungen in Energieversorgungsanlagen durch grosse Verbraucher mit Stromrichterantrieb

Von H. Kümmerly

### 1. Allgemeines

In den letzten Jahren wurden Stromrichter infolge sinkender Preise und höherer Strombelastbarkeit immer häufiger für den Antrieb von grossen Maschinen eingesetzt. Da dieser Trend anhalten wird, dürften in unsern Hoch- und Niederspannungsnetzen die Rückwirkungen noch zunehmen. Leider werden insbesondere im Werkzeugmaschinenbau, offenbar aus Preisgründen, noch oft 2pulsige Geräte mit Leistungen von mehreren Kilovoltampere eingesetzt. Da in Gewerbe- und Industriebetrieben solche Anlagen meist ohne Wissen der Werke angeschafft werden, stören solche Betriebe, abgesehen von der Beeinträchtigung der eigenen Anlagen, dann oft andere Abnehmer. Insbesondere bei grossen Verbrauchern mit Anschnittsteuerung, die in der Regel über längere Zeit im Betrieb stehen, ist die Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten besonders wichtig. Zu hohe Oberschwingungspegel beeinträchtigen aber nicht nur gewisse Anlagenteile der Abnehmer, sie belasten auch Maschinen, Transformatoren und Verteilnetze und verursachen dort unnötige Verluste. Ein optimaler Betrieb von Stromversorgungsanlagen wird in Zukunft nur möglich sein, wenn periodische Netzmessungen durchgeführt werden. Es interessieren insbesondere die Gesamtbelastung, der Anteil der Blindenergie und die Oberschwingungspegel, wobei am aussagekräftigsten die Mittelwerte über 15 Minuten wären. Die routinemässige Messung der Oberschwingungspegel ermöglicht das Erkennen und Orten von Störern, bevor die Pegel ein untragbares Mass angenommen haben. Insbesondere in mittleren und grösseren Elektrizitätswerken der Schweiz ist die Präventivwirkung solcher Messungen erkannt worden. Sie werden in zunehmendem Masse durchgeführt. Eine durch den VSE organisierte gesamtschweizerische Auswertung der Messresultate ergibt zudem wertvolle Hinweise über den derzeitigen Zustand unserer Netze.

Für anschnittgesteuerte Anlagen mit einer Leistung über etwa 6 kVA werden heute im allgemeinen mindestens 6pulsige Schaltungen verlangt. Bei 6pulsigen Schaltungen werden die Oberschwingungen der Ordnungszahl 2-4 und zudem alle durch 3 teilbaren unterdrückt. Bei 12pulsigen Schaltungen werden alle Oberschwingungen mit der Ordnungszahl 2-10 sowie wiederum alle durch 3 teilbaren

unterdrückt. Man hat es somit in der Hand, durch Wahl der entsprechenden Schaltung die Entstehung der Oberschwingungen stark einzudämmen.

### 2. Messtechnik

Damit Messungen von verschiedenen Stellen miteinander verglichen werden können, sind einige Punkte zu beachten. Unter anderem sollten die charakteristischen Merkmale der Messgeräte nicht allzuweit voneinander abweichen. Ebenso haben die Auswertungen nach besonderen Kriterien zu erfolgen. Überblick und Aussagekraft von Messungen werden wesentlich aufgewertet, wenn gleichzeitig vier verschiedene Frequenzen aufgezeichnet werden. Als günstigste Kombination erachte ich die Frequenzen 200, 250, 350 sowie 550 oder 1150 Hz. Prinzipiell kann die Spannung oder der Strom gemessen werden. Spannungsmessungen erlauben eine Beurteilung der örtlichen Situation und genügen für Routinemessungen. Die Messung ist problemlos und erfolgt praktisch immer zwischen einem geerdeten Null- oder Mittelleiter und einer Phase. Da die Anteile der Oberschwingungspegel im Verhältnis zur Grundschwingung klein sind, ergeben sich auch bei Messungen mit Wandlern keine weiteren Probleme.

Ist ein Störer zu orten oder sind Grundlagenmessungen an bestimmten Geräten oder Anlagen durchzuführen, so ist die Messung der Ströme nicht zu umgehen. Mit einigen Hilfsmitteln sind jedoch auch diese mit einfachen Pegelmessgeräten zu erfassen. Um eine Potentialtrennung und kleinere Stromwerte zu erreichen, verwendet man einen normalen Stromwandler der Klasse 0,5. Da die Oberschwingungsstrompegel im Verhältnis zum Strom der Grundwelle oft recht hoch sind, muss darauf geachtet werden, dass der Wandler auf keinen Fall mit mehr als 50 % seiner Nennbürde belastet wird, da diese sonst in die magnetische Sättigung gerät und dadurch unreelle Sekundärwerte abgibt. Als erprobte Lösung dient hier ein weiterer qualitativ guter Stromwandler der Klasse 0,5 mit einem Übersetzungsverhältnis von 5/1 A und etwa 5 VA Nennbürde. Diesen Wandler kann man direkt mit einem Shunt von maximal 2,5  $\Omega$  abschliessen, was bei Nennstrom einen Spannungsabfall von 2,5 V ergibt. Diese Anordnung erlaubt eine

genügend genaue Messung und belastet auch Hochspannungswandler nur unwesentlich.

Als Messgeräte kommen für Routinemessungen nur Mehrkanal-Registriergeräte mit 3...4 Kanälen in Frage, da Messungen immer über mindestens eine Woche durchgeführt werden sollten. Im Normalfall genügt es, wenn mit einem Papiervorschub von 20 mm pro Stunde gearbeitet wird. Da sowohl Spannungs- wie Strompegel sehr starke und zum Teil kurzzeitige Änderungen erfahren, müssen für die Aufzeichnungen Linienschreiber verwendet werden. Es ist darauf zu achten, dass die Geräte eine nicht allzu grosse Einschwingzeit haben, da sonst kurze Pegelspitzen, die sich beim Abnehmer bereits störend auswirken können, nicht erfasst werden.

In Spezialfällen und bei Betriebsabnahmen von grösseren Anlagen ist es oft nötig, das gesamte Spannungs- und Stromspektrum, im Normalfall 0...2000 Hz, zu messen. Solche Messungen erfordern naturgemäss einen wesentlich grösseren Aufwand an Geräten und Hilfsmitteln, da in den meisten Fällen schnell wechselnde Vorgänge festgehalten werden müssen. Solche Abnahmen, wo in der Regel die Überprüfung der maximal zulässigen Pegelerhöhungen verlangt wird, werden immer am Verknüpfungspunkt des entsprechenden Abnehmers mit dem allgemeinen Verteilnetz durchgeführt.

### 3. Massnahmen

Für die Abnehmer, welche überschwingungserzeugende Apparate und Anlagen betreiben, gelten die «Bedingungen für die Lieferung elektrischer Energie» des stromliefernden Werkes. Die meisten Elektrizitätswerke verweigern den Anschluss von Apparaten und Anlagen, deren Rückwirkungen auf das Verteilnetz eine festgesetzte Grenze übersteigen. Werden entsprechende Massnahmen zur Reduktion der Störungen getroffen, so wird der Anschluss natürlich bewilligt. Bei Störern, die ohne das Wissen der Werke eingesetzt werden, ist die Entstörung oder Ausserbetriebnahme auch nachträglich verpflichtend.

Für sämtliche Anlagen gelten bei den meisten Werken die Empfehlungen des VSE vom Juni 1973.

Aufgrund dieser Erfahrungen können in der Regel auch grössere Anlagen mit wirtschaftlich verantwortbarem Aufwand entsprechend diesen Richtlinien eingesetzt und betrieben werden. Bei diesen Anlagen können die meistens auch für die Blindleistungskompensation notwendigen Kondensatoren in die Saugfilterkreise einbezogen werden.

#### Adresse des Autors

H. Kümmerly, Chef, Büro Zähler und Netzkommandoanlagen, Bernische Kraftwerke AG, 2560 Nidau.

## Leistungsthyristoren und ihre Netzurückwirkungen

### Möglichkeiten zur Berechnung der zulässigen Anschnittsteuerleistungen

Von Chr. Oester

#### 1. Allgemeines

Vor wenigen Jahren sind die Kurven zur graphischen Bestimmung der zulässigen Anschnittsteuerleistungen im NS-Netz berechnet worden [1]. Heute liegt eine solche Fülle von «Know-how» vor, dass der ganze Fragenkomplex zur Berechnung zulässiger Anschnittsteuerleistungen von Grund auf neu überdacht werden muss. Die nachstehenden Ausführungen versuchen diesem Thema in knapper Form Rechnung zu tragen<sup>1)</sup>.

Ausgehend von den Zielen, Elementen, Variablen und Strukturen wird nach Berechnungskonsequenzen gesucht; diese gehen am Schluss in ein Stufenberechnungsverfahren ein. Platzgründe lassen keine Umschreibungen zu; es wird zu jedem Abschnitt nur das absolut Wesentliche in abgekürzter Form dargestellt.

#### 2. Berechnungsziele

Als Berechnungsziele zur Erarbeitung rechnerischer Entscheidungsgrundlagen können genannt werden:

<sup>1)</sup> Im Text verwendete Abkürzungen:

OS = Oberschwingungen

PAS = Phasenanschnittsteuerung

NS, MS, HS = Nieder-, Mittel-, Hochspannungsebene

v = Ordnungszahl

#### 2.1 Allgemeine

- Stufenberechnungsverfahren (Überschlags-, Näherungs- und eingehende Rechnung)
- Interessenwahrung der Störer und Gestörten bezüglich OS-Beeinflussung

#### 2.2 Quasi-rechtliche

- Absolute Zuteilungsgerechtigkeit der max. OS-Pegel, d.h. gleiches Recht für alle
- Relative Zuteilungsgerechtigkeit, d.h. Prioritätsprinzip

#### 2.3 Materielle

- Störpegelfestsetzung durch die Werke (VSE-Regeln)
- Keine Störung der Beeinflussten und Beeinflussenden (Anwendung der «Goldberg»-Kurven)
- Messungen sollen weitere Berechnungsunterlagen bringen

#### 2.4 Methodische

- Symmetrische und einphasige Betrachtung
- 3-Stufen-Berechnungssystem

#### 2.5 Berechnungskonsequenz

bezüglich Festlegung von max. OS-Pegeln

- Grundsätzlich gleiche Pegelzuteilung pro Abnehmer
- Sonderlösungen im Interesse der Tragfähigkeit und Optimierung sollen offenbleiben