

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: 82 (1991)

Heft: 15

Artikel: Oberschwingungen von Beleuchtungsanlagen mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG)

Autor: Hasler, Andreas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902985>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Oberschwingungen von Beleuchtungsanlagen mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG)

Andreas Hasler

Elektronische Vorschaltgeräte für Fluoreszenzlampen erzeugen Oberschwingungsströme, welche im Netz Oberschwingungsspannungen hervorrufen. Die zulässigen Oberschwingungsspannungen im Netz werden durch die Norm SEV 3600-1 bestimmt. Die tatsächlichen Oberschwingungsspannungen resultieren aus den von den EVG erzeugten Oberschwingungsströmen, der Anzahl der EVG, deren Schaltung und der Netzimpedanz. Durch geeignete Massnahmen kann der Oberschwingungsgehalt im Netz klein gehalten werden.

Les ballasts électroniques des lampes fluorescentes génèrent des courants harmoniques qui, à leur tour, donnent naissance à des tensions harmoniques dans le réseau. Les tensions harmoniques admises dans le réseau sont définies par la norme ASE 3600-1. Les tensions harmoniques effectives résultent des courants harmoniques générés par les ballasts électroniques, le nombre des ballasts, leur couplage et par l'impédance du réseau. En prenant des mesures appropriées, il est possible de réduire à un minimum la teneur en harmoniques du réseau.

Adresse des Autors

Andreas Hasler, Dipl. Ing. ETH, Amstein + Walther AG, Leutschenbachstrasse 45, 8050 Zürich

Was sind Oberschwingungen?

Die ideale Netzspannung oder der ideale Verbraucherstrom ist eine sinusförmige Schwingung mit der Frequenz $f = 50$ Hz. Oberschwingungen sind zusätzliche Komponenten, welche sich dieser Grundschwingung überlagern. Sie haben Frequenzen von $n \cdot 50$ Hz, wobei n in der Praxis bei elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) ganze ungerade Zahlen, also 3, 5, 7, ... und die Oberschwingungsfrequenzen somit 150, 250, 350, ... Hz sind. Gewöhnlich werden Oberschwingungen bis $n = 40$, das heisst bis $f = 2000$ Hz, betrachtet.

Oberschwingungen können in Form eines Spektrums dargestellt werden, dessen einzelne Linien mit der Amplitude der betreffenden Oberschwingung über der Frequenz aufgetragen werden. Geläufig ist dabei ein logarithmischer Massstab für die Amplitude. Häufig wird nicht die absolute, sondern die prozentuale Grösse, bezogen auf die Grundschwingung, verwendet. Im Oszillogramm äussern

sich die Oberschwingungen in sichtbaren Abweichungen von der reinen Sinuskurve der Grundschwingung.

Wie entstehen Oberschwingungen?

Oberschwingungen entstehen durch nichtlineare Verbraucher kennlinien, das heisst durch einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Spannung und Stromaufnahme eines Verbrauchers. Bei Glühlampen mit praktisch linearer Kennlinie entstehen keine Oberschwingungen. Bei Gasentladungslampen mit konventionellen Vorschaltgeräten ist es die nichtlineare Charakteristik der Gasentladungsstrecke, welche Oberschwingungen hervorruft, während bei Fluoreszenzlampen mit EVG nicht mehr die vom Netz entkoppelte Lampe, sondern der Eingangsstromrichter des Vorschaltgerätes mit seinen Glättungs- und Filterungselementen dafür verantwortlich ist. Die Oberschwingungserzeugung von EVG kann deshalb auch mit

n	I_n (ohne «H») [%]	I_n (mit «H») [%]
2	5	5
3	25 (cos $\Phi/0,9$)	33 (cos $\Phi/0,9$)
5	7	unbegrenzt
7	4	unbegrenzt
9	3	unbegrenzt

Bild 1 Maximal zulässige Oberschwingungsströme in EVG nach CEI 82

Werte nach Norm CEI 82, 1984, für EVG mit und ohne Bezeichnung «H».

I_n (ohne «H») maximal zulässige Amplitude des Oberschwingungsstromes in Prozent der Amplitude des Grundschwingungsstromes für EVG ohne Bezeichnung «H» (kleine Verzerrungen)

I_n (mit «H») maximal zulässige Amplitude des Oberschwingungsstromes in Prozent der Amplitude des Grundschwingungsstromes für EVG mit Bezeichnung «H» (hohe Verzerrungen)

n Ordnungszahl der Oberschwingung
 $\cos \Phi$ Leistungsfaktor des EVG mit Lampe

konstruktiven Massnahmen beeinflusst werden, was bei konventionellen Vorschaltgeräten kaum möglich ist.

Der nichtlineare Verbraucher entnimmt dem Netz mit sinusförmiger Spannung einen Strom, dessen nichtsinusförmiger Verlauf von der Nichtlinearität bestimmt ist und der neben der Grundschwingung nun auch Oberschwingungen enthält. Der Verbraucher erzeugt also für ihn charakteristische Oberschwingungsströme I_n . Diese fliessen ins Netz zurück und lassen an der Netzimpedanz Z Oberschwingungsspannungen U_n entstehen nach dem Ohmschen Gesetz $U_n = Z \cdot I_n$. Je grösser die Oberschwingungsströme und je grösser die Netzimpedanz, desto grösser werden die Oberschwingungsspannungen.

Auswirkungen von Oberschwingungen

Oberschwingungen in der Netzspannung können

- andere Verbraucher in der Funktion stören; dies trifft insbesondere auf alle möglichen elektronischen Verbraucher zu
- andere Verbraucher überlasten oder beschädigen
- Netzkommandoempfänger unerwünscht beeinflussen
- im Neutraleiter eines Netzes bei dreiphasig angeschlossenen Verbrauchern unverhältnismässig hohe Ströme erzeugen
- bei unverdrosselten Blindstromkompensationsanlagen Überspannungen durch Resonanzstellen der Netzimpedanz hervorrufen

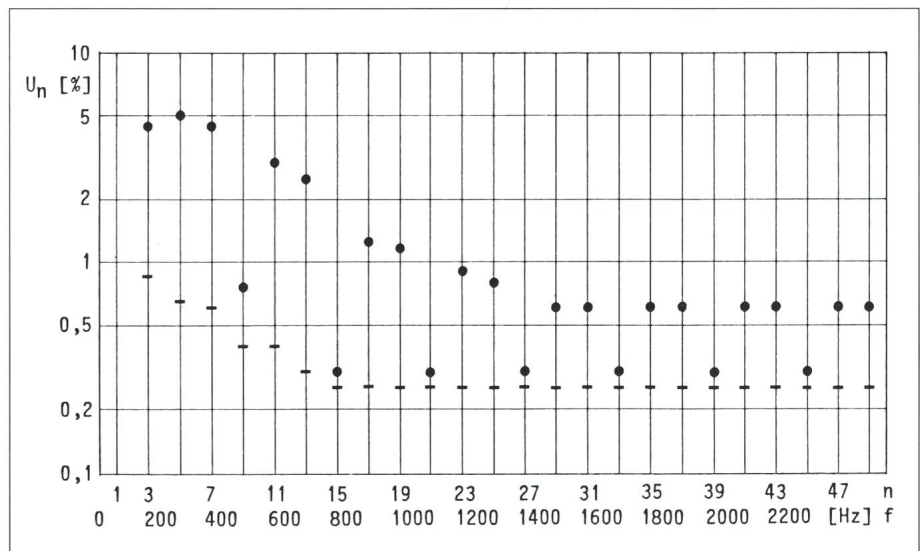


Bild 2 Zulässige Oberschwingungsspannungen nach SEV 3600-1

- U_n Amplitude der Oberschwingungsspannung der Ordnung n in Prozent der Amplitude der Grundschwingungsspannung
- n Ordnungszahl der Oberschwingung
- f Frequenz der Oberschwingung
- zulässige Beiträge von Geräten nach SEV 3600-1:1987
- Höchstwerte in Netzen nach SEV 3600-1:1987

- bei unverdrosselten Blindstromkompensationsanlagen zur Überlastung der Kondensatoren führen.

Normen

Die Norm CEI 82, 1984, Ballasts pour lampes tubulaires à fluorescence, behandelt alle Arten von Vorschaltgeräten, also konventionelle wie auch elektronische. Sie ist in der Schweiz nicht verbindlich, aber anwendbar, zum Beispiel als Bedingung in Ausschreibungen. Die meisten Hersteller von EVG befolgen diese Norm bei der Konstruktion ihrer Geräte. Die Norm bestimmt die prozentuale Amplitude

einiger Oberschwingungsströme, welche ein EVG im Maximum erzeugen darf, gemäss Bild 1. Die Bezeichnung «H» muss auf Vorschaltgeräten angebracht werden, welche nur die weniger strengen Bedingungen der rechten Kolonne einhalten.

Nun sagt aber die Einhaltung dieser Norm CEI 82 überhaupt nichts aus über die in Beleuchtungsanlagen auftretenden Netzbeeinflussungen durch Oberschwingungen. Massgebend für die entstehenden Oberschwingungsspannungen sind ausser den erzeugten Oberschwingungsströmen eines Vorschaltgerätes die Anzahl derselben und ihre Schaltung (ein- oder dreiphasig) sowie die Netzimpedanz am sogenannten Verknüpfungspunkt, das heisst dort, wo auch andere Verbraucher, die beeinflusst werden könnten, angeschlossen sind.

Hier besitzt nun die Schweiz eine verbindliche Norm in Form der Leitsätze des SEV und Empfehlungen des VSE, SEV 3600-1:1987, Begrenzung von Beeinflussungen in Stromversorgungsnetzen. Sie macht Angaben über die zu erwartenden Höchstwerte der Oberschwingungsspannungen in einem Netz, denen alle elektrischen Geräte und Anlagen ausgesetzt sein können und die sie aushalten sollten. Ferner legt sie die zulässigen Oberschwingungsspannungsbeiträge fest, die Geräte oder Anlagen am Verknüpfungspunkt erzeugen dürfen. Die zu erwar-

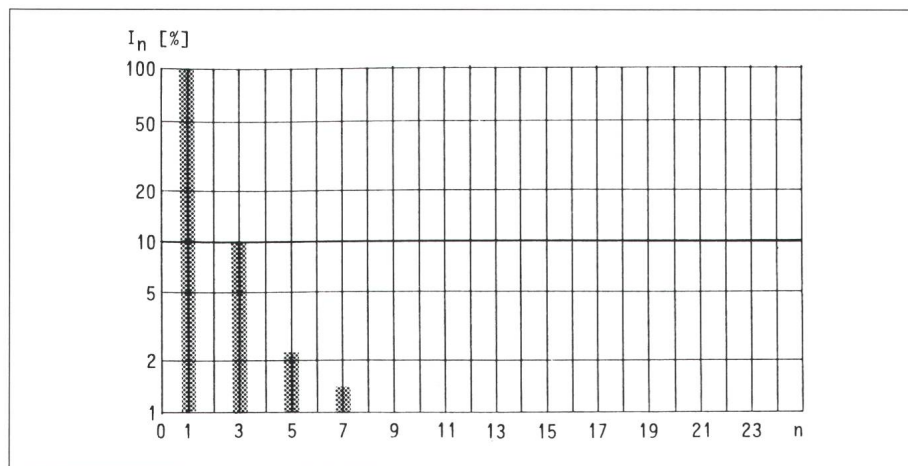


Bild 3 OS-Stromspektrum einer Lampe L 36 W mit verlustarmem induktivem Vorschaltgerät

- I_n Amplitude des Oberschwingungsstromes der Ordnung n
- n Ordnungszahl der Oberschwingung

tenden Höchstwerte und die zulässigen Beiträge sind im Bild 2 graphisch dargestellt. Schliesslich verlangt sie die Einreichung eines Anschlussgesuches für überschwingungserzeugende Geräte und Anlagen mit Leistungen von mehr als 0,7 kVA bei einphasigem oder 1,2 kVA bei dreiphasigem Anschluss.

Da die Hersteller von EVG nur die Oberschwingungsströme ihrer Geräte, nicht aber deren Anzahl in einer Beleuchtungsanlage und auch nicht die dort vorhandene Netzimpedanz kennen, ist es sinnlos, von ihnen die Einhaltung der Norm SEV 3600-1 zu verlangen. Es muss vielmehr Sache des Anlageplaners sein, die zu erwartenden Netzbeeinflussungen durch Oberschwingungen vorzuberechnen und gegebenenfalls Massnahmen für deren Begrenzung zu ergreifen.

Heutiger Stand der Oberschwingungserzeugung von EVG

Es gibt heute eine grössere Zahl von EVG, deren Oberschwingungsströme diejenigen konventioneller Vorschaltgeräte um einen Faktor von rund 2 übertreffen (Bild 3 und 4). Andererseits zeigen einige wenige Geräte, dass die Oberschwingungsströme schon auf den Stand konventioneller Geräte und darunter gesenkt werden können (Bild 4).

Ein sehr interessanter Trend ist die Entwicklung von EVG für die Spei-

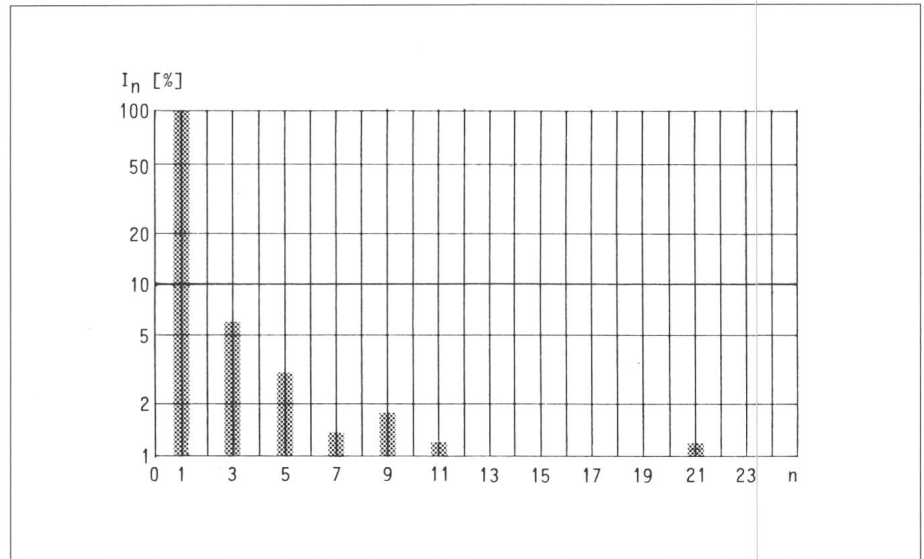


Bild 5 OS-Stromspektrum zweier Lampen L 36 W an einem gemeinsamen EVG

I_n Amplitude des Oberschwingungsstromes der Ordnung *n*
n Ordnungszahl der Oberschwingung

sung von 2 Fluoreszenzlampen, welche offenbar eine weitere Reduktion der Oberschwingungsströme erlaubt (Bild 5). Da einerseits zweiflämmige Leuchten nicht sehr häufig eingesetzt werden, andererseits die Länge der Zuleitungen zu den Lampen noch gewissen Beschränkungen unterliegt, sollte hier eine konstruktive Lösung gefunden werden, welche beispielsweise den Betrieb zweier stirnseitig aneinandergereihter 36-W-Lampen an einem gemeinsamen EVG ermöglicht.

Die Kompaktlampen mit integriertem EVG weisen hohe Oberschwin-

gungsströme auf, was wahrscheinlich unter anderem auf den begrenzten, für die Elektronik verfügbaren Platz zurückzuführen ist (Bild 6). Sie unterstehen auch nicht der Norm CEI 82, da sie als Lampen und nicht als Geräte gelten. Sie sind aus dem Blickwinkel der Netzbeeinflussungen für grössere Beleuchtungsanlagen ungeeignet.

Oberschwingungserzeugung durch Gesamtanlagen

Am Beispiel einer ausgeführten Beleuchtungsanlage sind nachstehend die Oberschwingungs-Strom- und -Spannungsspektren (Bilder 7 und 8) einer Gesamtanlage gezeigt. Sie ist mit Lampen L 36 W und EVG (2 Lampen pro EVG) bestückt, hat eine gesamte installierte Leistung von rund 5 kW und wird an einem Transformator von 1000 kVA betrieben.

Bei dreiphasig angeschlossenen Beleuchtungsanlagen kann ein relativ hoher Anteil von Oberschwingungsspannungen der Ordnungszahlen *n* = 3, 9, ..., also ungradzahligen Vielfachen von 3, festgestellt werden, da sich deren Spannungsabfälle im Neutralleiter wegen ihrer Phasengleichheit addieren.

Interessant ist auch der Tagesgang der vorwiegend von der Beleuchtung erzeugten Oberschwingungsspannungen der 3. und 9. Oberschwingung, der mit der Aussenhelligkeit und der Arbeitszeit variiert (Bild 9).

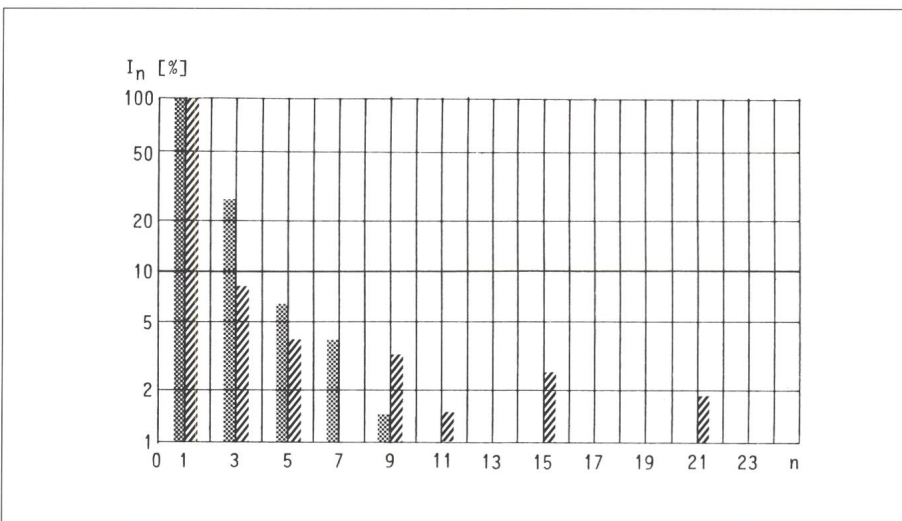


Bild 4 OS-Stromspektrum einer Lampe L 36 W mit EVG

I_n Amplitude des Oberschwingungsstromes der Ordnung *n*
 ▨ EVG mit relativ hohen Oberschwingungsströmen
 ▧ EVG mit relativ kleinen Oberschwingungsströmen
n Ordnungszahl der Oberschwingung

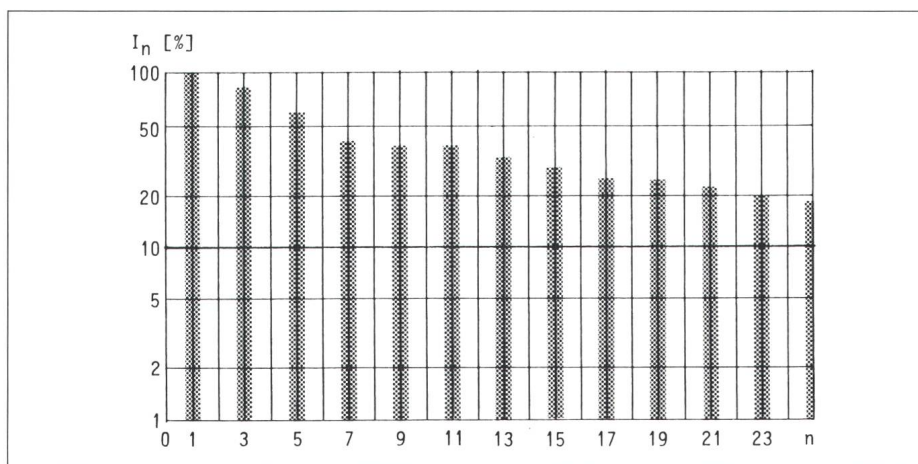


Bild 6 OS-Stromspektrum einer Kompaktlampe mit integriertem EVG und hohen OS-Strömen

I_n Amplitude des Oberschwingungsstromes der Ordnung n
 n Ordnungszahl der Oberschwingung

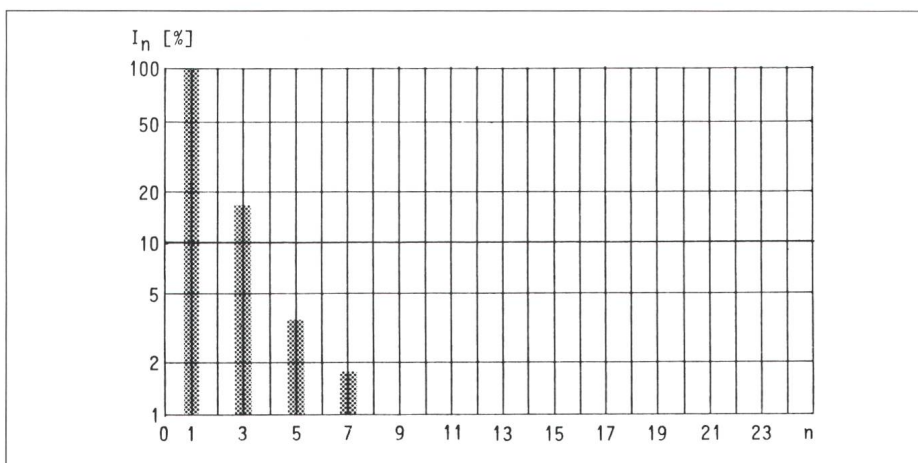


Bild 7 OS-Stromspektrum einer Beleuchtungsanlage mit 2 x 36 W und EVG

installierte Leistung: rund 5 kW

I_n Amplitude des Oberschwingungsstromes der Ordnung n
 n Ordnungszahl der Oberschwingung

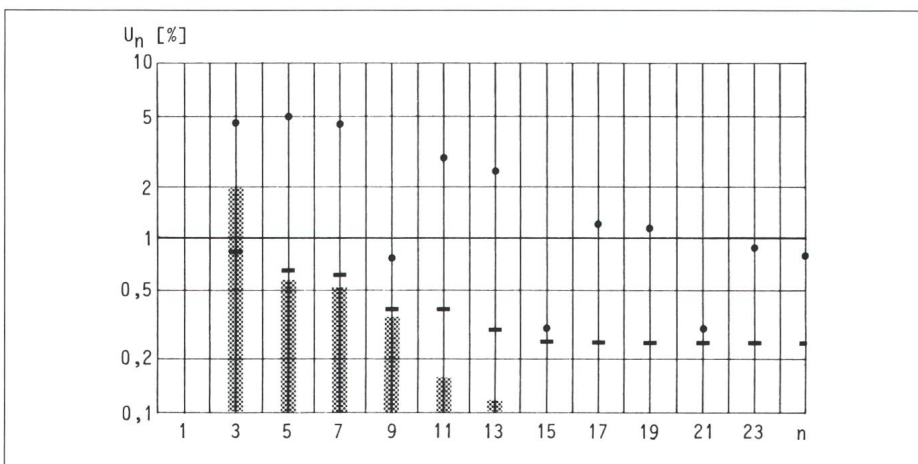


Bild 8 OS-Spannungsspektrum einer Beleuchtungsanlage mit 2 x L 36 W und EVG

installierte Leistung: rund 5 kW

U_n Amplitude der Oberschwingungsspannung der Ordnung n in Prozent der Amplitude der Grundschwingungsspannung

n Ordnungszahl der Oberschwingung

— zulässige Beiträge der Geräte nach SEV 3600-1.1987

● erwartete Höchstwerte nach SEV 3600-1.1987

Massnahmen zur Reduktion von Oberschwingungsspannungen im Netz

Eine ganze Reihe von Massnahmen bei der Planung von Beleuchtungsanlagen gestatten es, die durch sie erzeugten Oberschwingungsspannungen im Netz klein zu halten:

– *Wahl von EVG mit kleiner Oberschwingungsstromerzeugung:* Die EVG sollen mindestens die schärferen Werte von CEI 82 ohne Bezeichnung «H» einhalten. In kritischen Fällen kann die Grösse der Oberschwingungsstromerzeugung zum wichtigsten Auswahlkriterium werden. Es gibt diesbezügliche Unterschiede von mehr als einem Faktor 2.

– *Wahl der günstigsten Schaltung:* Es gibt EVG für 2 Lampen, die weniger Oberschwingungen produzieren als 2 EVG für je 1 Lampe. Sie können auch bezüglich Investitionskosten wirtschaftlicher sein.

– *Verdrosselung der Blindstromkompensation:* Zur Vermeidung von Resonanzstellen der Netzimpedanz, welche einzelne überhöhte Oberschwingungsspannungsamplituden zur Folge haben können, müssen Blindstromkompensationsanlagen generell verdrosselte Kondensatoren aufweisen (Seriedrosseln, in 50-Hz-Netzen üblicherweise mit der Kapazität auf eine Serieresonanz bei 189 oder 214 Hz abgestimmt).

– *Oberschwingungsfiler:* Blindstromkompensationsanlagen können zu Oberschwingungsfilern ausgebaut werden, indem deren Kondensatoren mit entsprechenden Induktivitäten (Drosseln) zu Saugkreisen ausgebildet werden, die auf einzelne Oberschwingungsfrequenzen abgestimmt sind. Diese Massnahme ist aufwendig und sollte nur in extremen Situationen ergriffen werden.

– *Niedrige Netzimpedanz am Verknüpfungspunkt:* Wenn Beleuchtungsanlagen direkt oder über ein eigenes Beleuchtungsnetz von der Hauptverteilung gespeist werden, so liegt der Verknüpfungspunkt mit anderen Verbrauchern in der Hauptverteilung, also einem Punkt mit niedriger Netzimpedanz, wo die Oberschwingungsströme weniger schädliche Oberschwingungsspannungen erzeugen können als bei einem Verknüpfungspunkt in einer Unterverteilung.

– *Dreiphasiger Netzanschluss:* Bei dreiphasigen symmetrischen Beleuchtungsgruppen ist die ohne Bewilligung anschliessbare Leistung höher (1,2 kVA).

– *Netzanschluss über einen Trenntransformator:* Bei dreiphasigen symmetrischen Beleuchtungsgruppen, die über einen Transformator der Schaltgruppe D/Y gespeist werden, ist die ohne Bewilligung anschliessbare Leistung höher (3,6 kVA). Durch den Transformator werden Oberschwingungen mit Ordnungszahlen n , die ungerade Vielfache von 3 sind, also die 3., 9., 15., ... Oberschwingung, eliminiert.

– *Hochspannungsbezüger:* Ein Hochspannungsbezüger mit eigener Transformatorstation muss die Norm SEV 3600-1 gegenüber dem stromliefernden Elektrizitätswerk am Verknüpfungspunkt im Mittelspannungsnetz einhalten, was dank sehr niedriger Netzimpedanz an diesem Punkt meist problemlos möglich ist. In seinem Niederspannungsnetz kann er höhere Oberschwingungsspannungen zulassen, sollte aber die zu erwartenden Höchstwerte nach SEV 3600-1.1987 nicht überschreiten, um Beeinflussun-

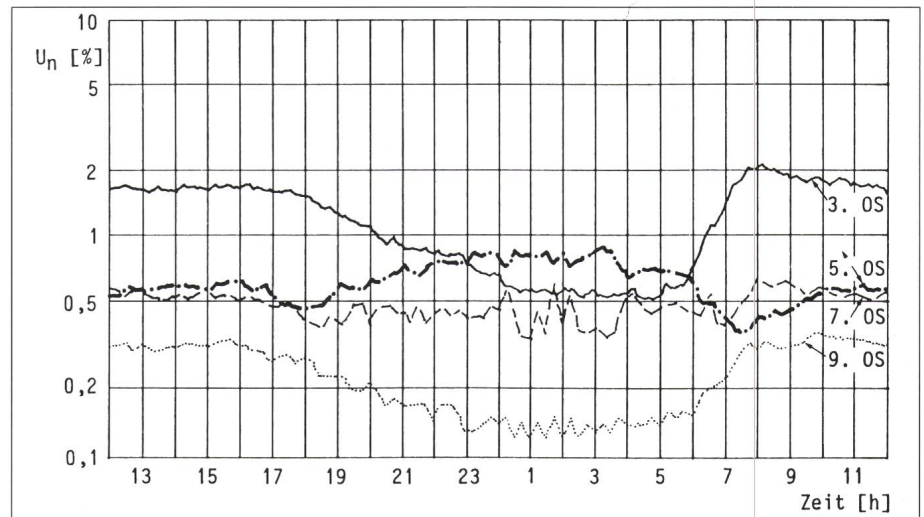


Bild 9 Tagesgang der Oberschwingungsspannungen einer Beleuchtungsanlage mit L 36 W und EVG

installierte Leistung: rund 5 kW

U_n Amplitude der Oberschwingungsspannung der Ordnung n in Prozent der Amplitude der Grundschnungsspannung

gen empfindlicher Geräte zu vermeiden. Diese Werte liegen bei den wichtigsten Oberschwingungen um einen Faktor von etwa 2...5 über den zulässigen Beiträgen nach SEV 3600-1.1987.

Anmerkung: Der vorliegende Bericht ist Teil einer Studie, welche vom Bundesamt für Energiewirtschaft, vom Amt für Technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich und vom Ingenieurbüro Amstein + Walthert AG in Zürich finanziert wurde. Sie wird ab Herbst 1991 beim BEW erhältlich sein.



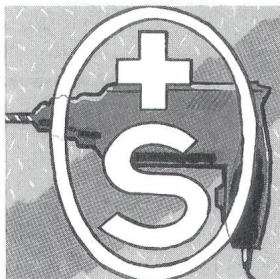
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ein entscheidendes Qualitätskriterium für elektronische Apparate und Anlagen

Unser Entstörungslabor

- prüft die Störempfindlichkeit und das Störvermögen,
- bestimmt Störschutz- und Schirmmassnahmen,
- kontrolliert Apparate und Anlagen auf Einhaltung der gesetzlichen Störschutzbestimmungen,
- führt Prototyp- und serienmässige Entstörungen aus,
- steht Fabrikations- und Importfirmen für fachmännische Beratung in EMV-Problemen zur Verfügung.

PRO RADIO-TELEVISION, Entstörungslabor, 3084 Wabern, Telefon 031 / 54 22 44

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
Association Suisse des Electriciens
Associazione Svizzera degli Elettrotecnici
Swiss Electrotechnical Association



ⓈICHER MIT ⓈICHERHEITSZEICHEN

Gewähr für grösstmögliche Sicherheit bieten elektrische Erzeugnisse, die das Sicherheitszeichen tragen. Es bedeutet, dass sie vom SEV geprüft und vom Eidg. Starkstrominspektorat zugelassen sind.

Dieses Material entspricht den Regeln der Technik. Deshalb lassen Hersteller und Importeure ihr Material beim SEV prüfen, und deshalb achten Konsumenten beim Kauf von elektrischen Erzeugnissen auf das Sicherheitszeichen.

Auskunft:

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich
Telefon 01 / 384 91 11 - Telex 817431 - Telefax 01 / 55 14 26