

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:	66 (1975)
Heft:	1
Artikel:	Methoden der Messung von niederfrequenten Oberwellen
Autor:	Kümmerly, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-915250

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: 26.01.2026

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

Methoden der Messung von niederfrequenten Oberwellen

Von H. Kümmel

Der nachstehende Bericht beschreibt die für die Messung niederfrequenter Oberwellen zur Verfügung stehenden Geräte und weist auf die Möglichkeiten des Einsatzes hin. Die Eignung der verschiedenen Geräte wird für die vorkommenden Bedürfnisse und die praktisch auftretenden Fälle betrachtet. Der Verknüpfungspunkt spielt für die Beurteilung der Situation eine wesentliche Rolle. Der Bericht zeigt, dass mit der Vermehrung der elektronisch gesteuerten Geräte Probleme auftreten, welche mit geeigneten Mitteln und Methoden wirksam erfasst werden können.

1. Grundlagen und Schaltung für die Messung

Bei unsymmetrischer Anschnittsteuerung treten die gerad- und ungeradzahligen Vielfachen der Grundwelle auf (Fig. 1). Bei 3pulsigen Schaltungen entfallen die Oberwellen der Ordnungszahl 3 und deren Vielfache. Bei symmetrischen Steuerungen treten nur die ungeradzahligen Vielfachen der Grundwelle auf. Analog wie bei den unsymmetrischen Schaltungen entfallen auch hier bei 3pulsigen Schaltungen die Ordnungszahl 3 und deren Vielfache. Soll das Oberwellenspektrum gemessen werden, so muss man also in der Lage sein, alle diese Frequenzbänder zu erfassen. Auf Grund der Erfahrungen ist bekannt, dass es in den meisten Fällen genügt, wenn die Pegel der Frequenzen von 50 bis 2000 Hz gemessen werden. Aus verschiedenen Gründen gelangen die unsymmetrischen Schaltungen nur sehr selten und dann meistens nur mit kleinen Leistungen zum Einsatz. Daher genügt es, wenn man sich bei den Messungen der geradzahligen Frequenzen auf die Ordnungszahlen 4, 6, 8 und 10 be-

Le rapport décrit les appareils disponibles pour mesurer les harmoniques supérieures à basse fréquence et indique leurs possibilités d'emploi. L'auteur examine dans quelle mesure les divers appareils se prêtent aux besoins et s'adaptent aux cas pratiques. Le point de jonction joue un rôle essentiel pour juger de la situation. Selon le rapport l'extension des appareils à commande électronique entraîne des problèmes qui peuvent être résolus par des moyens et des méthodes appropriés.

schränkt. In der Praxis misst man daher meistens nur die Pegel mit den geraden Ordnungszahlen 4 bis 10 und der ungeraden Ordnungszahlen 1 bis 39. Trotz diesen Einschränkungen ist man gezwungen, für die Erfassung des gesamten Spektrums 24 Punkte zu messen. Setzt man voraus, dass auch die Oberwellenströme interessieren, so ergeben sich 48 Messpunkte.

Im Netz sollten Messungen prinzipiell nur am Verknüpfungspunkt des entsprechenden Abnehmers mit dem öffentlichen Netz durchgeführt werden, da die zulässigen Pegelhöhen immer am Verknüpfungspunkt (Fig. 2) gelten. Bei diesem Punkt handelt es sich entweder um die Übergabestelle der Energie oder um die Eigentumsgrenze der Anlage. In erster Linie interessiert uns die Erhöhung des Oberwellen- spannungspegels, der, bezogen auf diesen Punkt, durch den Abnehmer verursacht wird. Von sekundärem Wert bei der Beurteilung ist der Anteil der Oberwellenströme. Trotzdem ist deren Messung, besonders wenn es sich um eine einzelne

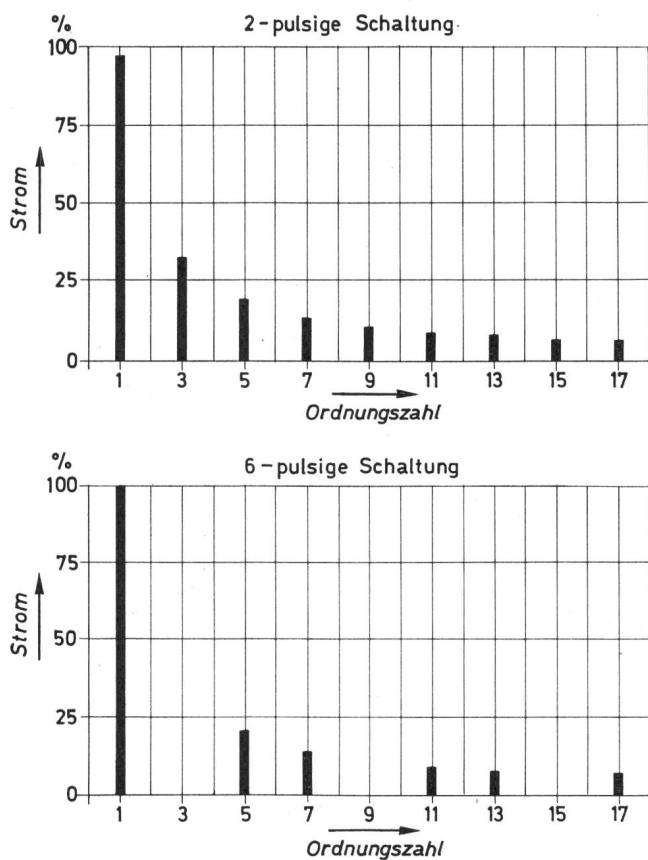
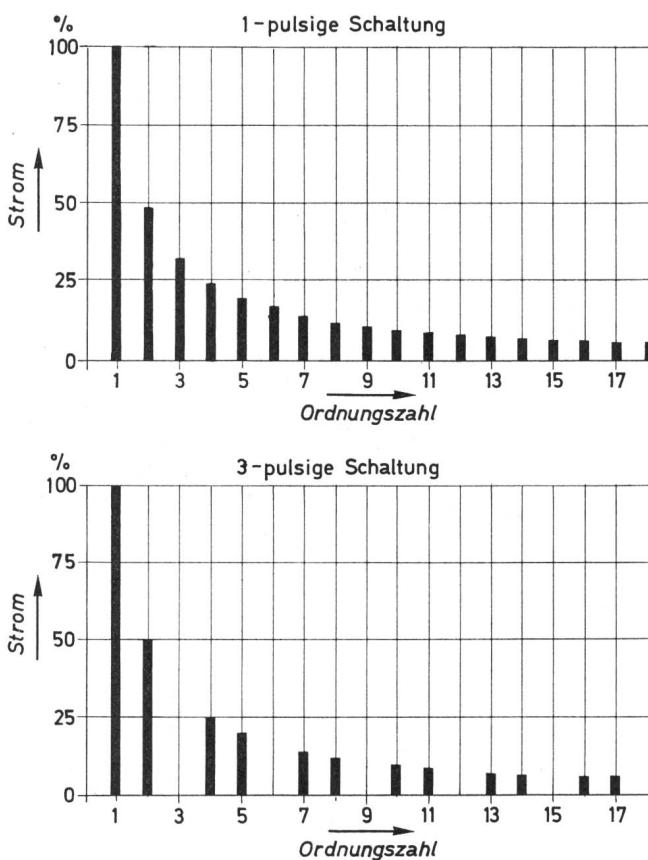


Fig. 1 Oberwellenpegel von Schaltungen verschiedener Pulszahlen

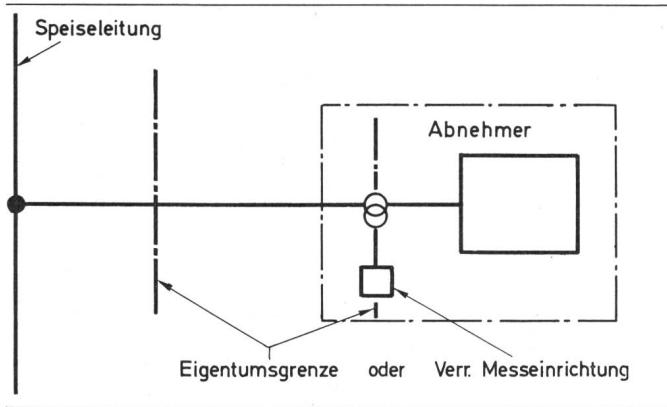
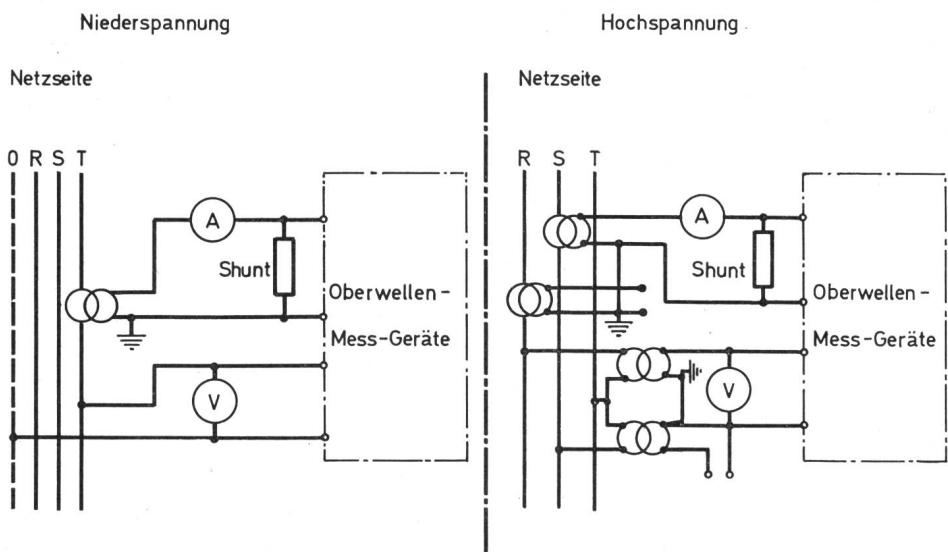


Fig. 2 Definition des Verknüpfungspunktes

Anlage handelt, ausserordentlich wertvoll, da damit die Beurteilung über den Einsatz dieser Anlage an irgendeinem anderen Netzpunkt mit bekannter Netzimpedanz ermöglicht wird.

Die Messung und Auswertung von Oberwellenpegeln im Netz ist sehr zeitraubend und erfordert ein entsprechend kostspieliges Messinstrumentarium. Um Doppelprüfungen zu vermeiden, sollten daher erarbeitete Messresultate und Erfahrungen gegenseitig ausgetauscht werden. Aus diesem Grunde hat die Kommission für Fragen der Rundsteuerung bereits vor längerer Zeit Empfehlungen für die Messung von Oberwellenpegeln erarbeitet. Prinzipiell sollte die dort vorgeschlagene Schaltung (Fig. 3) angewendet werden. In Niederspannungsnetzen wird die Spannung direkt gemessen; der Strom ist über einen Wandler möglichst mit Klasse 0,5 zu erfassen. Im Hochspannungsnetz werden Spannungen und Ströme über Wandler gemessen. Es ist speziell darauf zu achten, dass diese mit höchstens 50 % ihrer Nennbelastung belastet werden (Fig. 4 und 5). Für die Aufzeichnung der Messresultate steht das vom VSE ausgearbeitete Messprotokoll zur Verfügung. Wertvoll und für die Beurteilung der Oberwellenpegel besonders geeignet ist die graphische Aufzeichnung der Resultate. Für die Beurteilung der Pegelerhöhung, welche für den Einsatz einer bestimmten Anlage als Kriterium gilt, ist es unerlässlich, auch den Grundpegel, also bereits im Netz vorhandene Oberwellenpegel, zu messen.



2. Messgeräte

Man unterscheidet zwischen Geräten, welche sich nur für die Messung ruhender Vorgänge eignen, und Geräten, die auch wechselnde Vorgänge erfassen. Die bereits bekannte Aufstellung der Störer ist daher in diese beiden Kategorien zu unterteilen. In die erste Kategorie gehören Lichtregler, gesteuerte Gleichrichter für Ladestationen ohne automatische Regulierung, Netzteile von Fernsehapparaten, Regelung von Heizungen und direkte Tourenzahlregelung von Motoren ohne automatische Regulierung. Zur zweiten Kategorie gehören gesteuerte Gleichrichter für Ladestationen mit automatischer Regulierung für die Schwebeladung, gesteuerte Gleichrichter für unterbruchsfreie Stromversorgungsanlagen (z. B. für Computeranlagen), gesteuerte Gleichrichter für Gleichstrommotoren mit automatischer Drehzahlregulierung (z. B. für Seilbahnen), Frequenzumsetzer (z. B. für Induktionsöfen), direkte Tourenzahlregelung von Motoren mit automatischer Lastregulierung, Schweisanlagen und Lichtbogenöfen. Diese Aufzählung umfasst nur die wichtigsten oberwellenerzeugenden Apparate und erhebt keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit.

2.1 Messgeräte für ruhende Vorgänge

Betrachten wir vorerst die Gruppe der Störer mit ruhenden Vorgängen, so stellen wir fest, dass bei einem bestimmten Anschnittswinkel die erzeugten Oberwellen über längere Zeit unverändert bleiben und mit geeigneten Messgeräten ohne weiteres gemessen werden können.

Um die Vorgänge sichtbar zu machen, bedient man sich des Kathodenstrahlzosillographen. Betrachtet man auf diesem Gerät den Strom, so besteht bei geeigneter Einstellung die Möglichkeit, den Anschnittswinkel zu bestimmen. Dieser Anschnittswinkel ist theoretisch verstellbar zwischen 0 und π oder, anders ausgedrückt, zwischen 0 und 180° . Anschnittswinkel 0 bedeutet volle Leistung, da die Halbwelle nicht abgeschnitten wird, Anschnittswinkel 180° bedeutet Leistung 0. In der Praxis werden aus verschiedenen Gründen die Anschnittswinkel begrenzt und bewegen sich ungefähr zwischen 20 und 160° . Betrachten wir die Spannungskurve, so stellen wir fest, dass dort, wo der Strom einsetzt, d. h. dort, wo der Anschnitt erfolgt, ein mehr oder weniger deutli-

Fig. 3 Mess-Schema

VSE	Werk: St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG, St. Gallen	Datum:	19.12.1972			
UCS	Messung niederfrequenter Störeinflüsse					
<u>Protokoll</u>						
Sachbearbeiter des Werkes: G. Bentele Tel.Nr. 071 22 21 22 Abonnement: - Ort (mit PLZ): Luftseilbahn Iltios-Chäserugg - Adresse: Unterwasser						
Messort: Trafostation der Luftseilbahn Iltios-Chäserugg Talstation Strommessungen: Sek. Seite Seilbahntrafo Spannungsmessungen: Sek. Seite Eigenbedarf						
Oberwellenerzeugendes Gerät:						
- Art	Luftseilbahn Gleichstrommotor durch Stromrichter gesteuert.					
- Fabrikat	von Roll/Siemens					
- Frequenz	50 Hz/=					
- Spannung	3 x 500 V	Nennstrom 575 A				
- Nennleistung	500 kVA	Spitzenleistung 1000 kVA				
- Anschluss	1-P+O / 2-P+O / 3-P+O / 2-P / 3-P	(nichtzutreffendes streichen)				
- Netzdaten (Trafo und Leitungen)						
HS: 3 x 10'000 V: Kurzschlussleistung: WW Wildhaus ca. 60 MVA						
NS: 3 x 500 V: Trafo 630 kVA Seilbahn: N _k Seilbahnstation ca. 35 MVA						
NS: 3 x 380/220 V: Trafo 100 kVA Allg. Betrieb (Eigenbedarf)						
Messinstrumente:						
Wave Analyser: KO: Tonbandgerät						
Beilagen:	- Protokollblätter, Nrn. - -					
Der Beauftragte des VSE: Kümmerly, BKW						

Fig. 4 Messprotokoll-Daten

cher Spannungseinbruch entsteht (Fig. 6). Diese Verzerrung der normalerweise sinusförmigen Spannungskurve entsteht einsteils durch die plötzliche Einschaltung der Leistung und andererseits infolge der Oberwellen. Bei der Vergrösserung dieses Spannungseinbruches werden die Schwingungen der Oberwellen sichtbar und ergeben einen groben Überblick über deren Grössenordnung (Fig. 7). Für die Bestimmung der einzelnen Oberwellen und besonders für die Erfassung der Pegel ist der Kathodenstrahlzoszillograph in seiner normalen Form ungeeignet. Um mit zufriedenstellender Genauigkeit Oberwellenpegel messen zu können, bedient man sich qualitativ hochwertiger Filter, die entweder auf die zu messende Frequenz fest abgestimmt sind oder die sich mittels Verstellmechanismus auf verschiedene Frequenzen einstellen lassen.

Die einfachsten und preislich günstigsten Messgeräte sind solche einzelnen Filterkreise mit direkt zeigenden Messgeräten. Diese Geräte können bei den Herstellerfirmen der Rundsteuerung erworben werden. Sie sind normalerweise auf die Sendefrequenz abgestimmt und dienen eigentlich der Messung der Sendepegel. Für die Messung einzelner Frequenzen, die durch Anschnittsteuerung erzeugt werden, eignen sich jedoch nur solche Geräte, die ein genügend selektives Filter eingebaut haben (Fig. 8). Während bei Pegelmessungen der Rundsteueranlage die gesendete Frequenz in der Regel um einiges über dem Störpegel liegt, treten bei Messungen mit Anschnittsteuerung unter Umständen auch be-

nachbare Frequenzen mit ansehnlichen Pegelhöhen in Erscheinung. Ist die Filterkurve des Messgerätes nicht genügend selektiv, so können benachbarte Frequenzen die Messung wesentlich beeinflussen (Fig. 9). Bevor man also mit solchen Geräten Oberwellenpegel erfassen will, muss man sich vergewissern, dass das eingebaute Filter selektiv genug ist. Die direkt zeigenden Messgeräte haben den Nachteil, dass Störer, die nur zeitweise eingeschaltet sind, nur durch Zufall ermittelt werden können. Ein sehr gutes Gerät für die Erfassung von ruhenden Vorgängen ist der Frequenzanalyseator. Es handelt sich dabei um ein Gerät mit verstellbarem Filter, mit dem alle gewünschten Frequenzen gemessen werden können. Der Pegel der eingestellten Frequenz wird auf ein direktzeigendes Messgerät übertragen und kann dort abgelesen werden. Meistens besitzen solche Geräte auch einen Recorderausgang, so dass mit einem geeigneten Schreibgerät dieser Pegel auch aufgezeichnet werden kann. Solche Geräte kosten allerdings zwischen 20 000 und 50 000 Franken. Auch in dieser Preisklasse werden Spektrumanalysatoren angeboten. Es handelt sich dabei um eine Art Kathodenstrahlzoszillograph, der mittels horizontaler Strahlablenkung sämtliche Frequenzen der Reihe nach durchläuft und dann in der Vertikalen, sofern Pegel vorhanden sind, diese aufzeichnet. Beide Geräte eignen sich jedoch nur bedingt für bewegte Vorgänge, da die Pegel der verschiedenen Frequenzen nacheinander und nicht gleichzeitig aufgezeichnet werden.

VSE	Messung niederfrequenter Störeinflüsse					Protokollblatt Nr. 5..
	Oberwellenerzeugendes Gerät: Luftseilbahn Iltios-Chäserugg Unterwasser.....					
f Hz	EI A	U _{shunt} 0,2 mV	Trafo	Bahn	Eigenbedarfs- trafo	Wandler 600/5A
			A	%	V	
50	950			100	208	100
100			33,6	3,5	4	1,9
150			32,5	3,4	1,2	0,6
200			192,0	20,2	9,8	4,7
250			22,0	2,3	0,4	0,2
300			81,0	8,5	1,4	0,7
350			22,0	2,3	0,8	0,4
400			11,5	1,2	0,7	0,4
450			15,0	1,6	1,4	0,7
500			57,5	6,0	4,5	2,2
550			24,0	2,5	3,4	1,6
600			8,0	0,8	0,1	0,0
650			27,5	2,8	0,6	0,3
700			2,0	0,2	0,5	0,2
750			0,5	0,0	0,0	0,0
800			1,5	0,2	1,75	0,8
850					0,6	0,3
900					0,4	0,2
950					1,5	0,7
1000					0,4	0,2
1050					0,7	0,4
1100					1,5	0,7
1150					0,7	0,4
1200					0,7	0,4
1250					0,7	0,4
1300					0,7	0,4
1350					0,7	0,4
1400					0,7	0,4
1450					0,7	0,4
1500					0,7	0,4
1550					0,7	0,4
1600					0,7	0,4
1650					0,7	0,4
1700					0,7	0,4
1750					0,7	0,4
1800					0,7	0,4
1850					0,7	0,4
1900					0,7	0,4
1950					0,7	0,4
2000					0,7	0,4
Klirrfaktor						
Ausgewertete Tonbandaufnahme. Wechselnder Betrieb 0 - 85 % Spitzenlast Höchstwerke						

Fig. 5 Messprotokoll-Ergebnisse

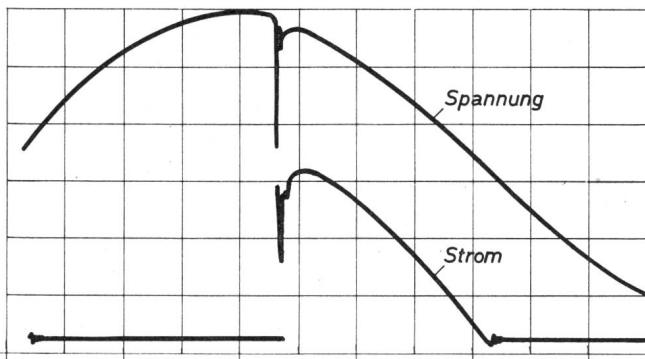


Fig. 6 Anschmitt der Sinushalbwelle. Es entstehen niederfrequente Einschwingvorgänge im Zeitpunkt des Anschlusses beim Spannungsseinbruch und Stromanstieg

2.2 Messgeräte für wechselnde Vorgänge

Betrachten wir nochmals kurz die Liste der Störer, so fällt uns auf, dass jene, die wechselnde Vorgänge erzeugen, häufig anzutreffen sind. Zudem stellt sich das Problem, dass auch Apparate der anderen Gruppe eventuell nur zeitweise eingeschaltet sind. Die Ortung solcher Störer im Verteilnetz ist mit den bereits beschriebenen Messgeräten nur mit sehr grossem Zeitaufwand möglich. Damit alle Arten von Störern auf rationelle Art und Weise erfasst werden können, benötigen wir Messgeräte mit kontinuierlicher Registrierung. Wir unterscheiden dabei zwischen langsam- und schnellregistrierenden Geräten. Langsamregistrierende Geräte sind solche, die einen Papiervorschub von etwa 2–30 cm/h haben. Wir können damit also auch über längere Zeit, z. B. über einige Tage oder sogar Wochen, im Netz auftretende Oberwellen

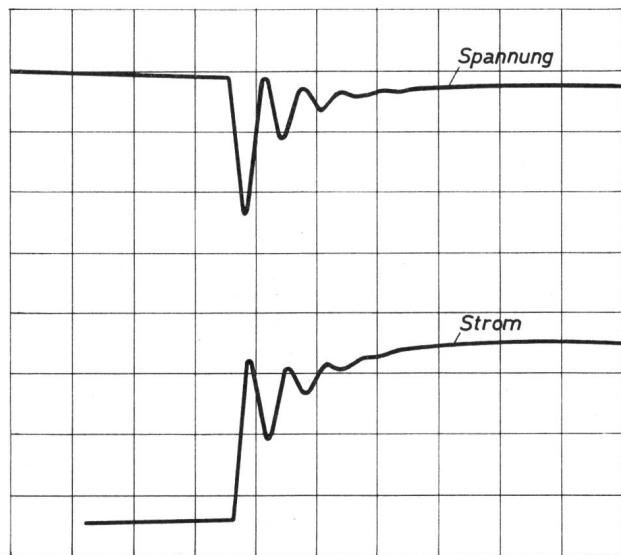


Fig. 7 Anschmitt der Sinushalbwelle. Das Oszillogramm nach Fig. 6 ist hier zeitlich (horizontal) stark gedehnt aufgenommen worden. Die Einschwingvorgänge werden deshalb deutlich sichtbar

erfassen. Solche Geräte eignen sich sehr gut für die Ortung von Störern. Schnellregistrierende Geräte haben Registriergeschwindigkeiten von 0,5 bis über 100 cm/s und eignen sich somit nur für einen gezielten Einsatz. Der Handel bietet ein breites Spektrum von langsam- und schnellschreibenden Geräten für Strom- und Spannungsmessungen an. Messgeräte für die Registrierung der niederfrequenten Oberwellen sind meines Wissens noch rar. Wir haben vor ungefähr vier Jahren bei den BKW ein Messgerät mit Langsamregistrierung

entwickelt, das mit vier Filtern ausgerüstet ist. Diese Filter sind fest abgestimmt auf die Frequenzen 250, 300, 316 $\frac{2}{3}$ (dies ist die Sendefrequenz unserer Rundsteueranlage) und 350 Hz. Die auftretenden Pegel werden verstärkt und mit einem Vierfachlinienschreiber registriert. Der Papiervorschub kann zwischen 2 und 30 cm/h in verschiedenen Stufen eingestellt werden. In der Regel wird dieses Gerät mit einem Vorschub von 2 cm/h eingesetzt und ermöglicht uns die Durchführung von Routinemessungen im Netz. Die Auswertung der Resultate ergibt einen guten Überblick über die Grösse und den Zeitpunkt eventuell auftretender Pegel. Auftretende Störer werden durch Verschieben des Gerätes geortet, und es wird dann mittels spezieller Apparate das ganze Frequenzspektrum aufgezeichnet. Zwei Schreibgeräte für die genannten vier Frequenzen stehen seit der Inbetriebnahme in fast dauerndem Einsatz und haben sich bestens bewährt. Um die Möglichkeit zu schaffen, auch andere Frequenzen zu messen, haben wir in letzter Zeit die Filtereinsätze steckbar gemacht, so dass die Messung auch auf andere Frequenzen ausgedehnt werden kann. Für die Überwachung des Netzes genügt es in der Regel, wenn man die Frequenzen 250, 300 und 350 Hz registriert. Man ist damit in der Lage, alle 1- bis 6pulsigen Schaltungen, sofern sie zu grosse Oberwellenpegel erzeugen, zu erfassen. Da in Zukunft sicher auch 12- und 24pulsige Anlagen zum Einsatz kommen, wäre es erwünscht, auch die 11. oder 23. Oberwelle mitzumessen. Die Materialkosten für das beschriebene Gerät liegen in der Grössenordnung von etwa 5000 Franken, also wesentlich tiefer als zum Beispiel jene für Frequenz- oder Spektrumanalysatoren.

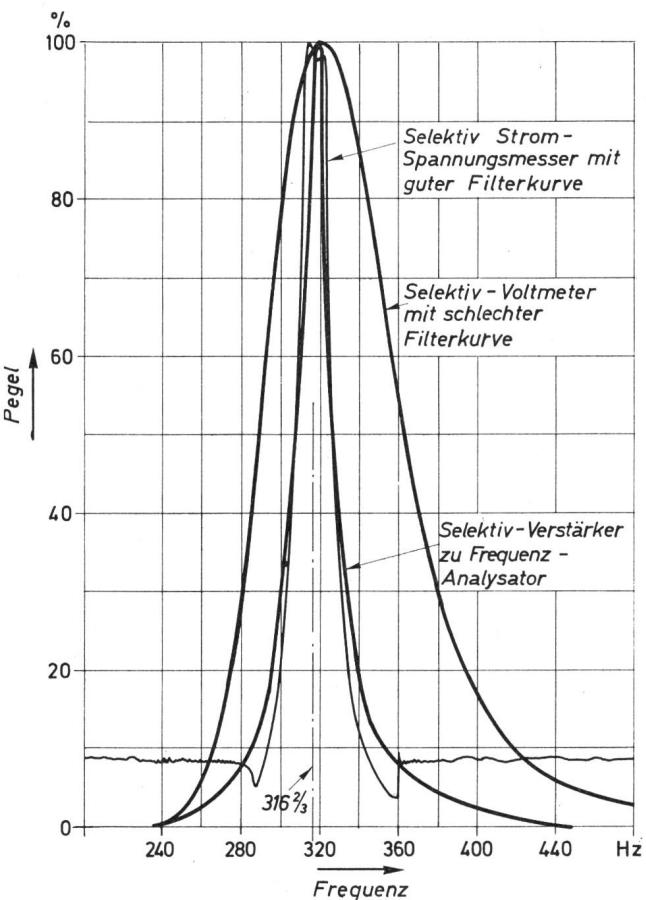


Fig. 8 Gute und schlechte Durchlasskurven verschiedener Oberwellenmessgeräte

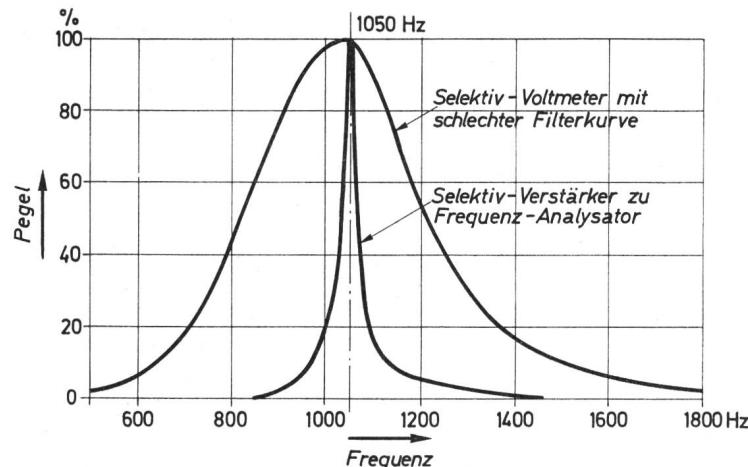


Fig. 9 Vergleich der schlechten Filterkurve eines Selektiv-Voltmeters mit der guten Durchlasskurve eines Selektiv-Verstärkers eines Frequenz-Analysators

Wie bereits angedeutet, eignen sich für schnellwechselnde Vorgänge nur entsprechend schnell schreibende Geräte. Solche Apparate sind sehr teuer und zudem meistens auch transpor tempfindlich, so dass es sich lohnt, sie nur als Auswertestelle im Labor zu verwenden. Wir haben eine Einrichtung entwickelt, die es uns erlaubt, an Ort und Stelle Oberwellenstrom und -spannungen gleichzeitig auf Magnettonband aufzuzeichnen. Dabei müssen allerdings verschiedene Kriterien strenge Beachtung finden, ansonst die Aufzeichnung nicht die effektiven Werte widerspiegelt. Mit dieser Einrichtung werden mit gezielten Aufnahmen auch schnellwechselnde Vorgänge getreu aufgezeichnet. Diese erfolgen auf Spezialband mit einer Geschwindigkeit von 19 cm/s und erfordern ein qualitativ hochwertiges Aufnahmegerät. Parallel mit den Aufzeichnungen werden an Ort mit anderen Geräten noch Direktaufnahmen einzelner Frequenzen durchgeführt, welche die Sicherheit der Auswertung untermauern. Diese erfolgt im Labor, wo ein Netzanalysegerät, bestückt mit 24 Aktivfiltern, zur Verfügung steht. Es handelt sich dabei um festeingestellte, sehr selektive Filter mit einem genau definierten Verstärkungsfaktor. Dieses Gerät zerlegt das auf Ton-

band aufgenommene Gesamtspektrum in die einzelnen Frequenzen und führt diese einem 8-Kanal-Flüssigkeitsstrahlzoszillographen zu. Das gesamte Spannungs- und Stromspektrum steht demzufolge nach je drei Durchgängen zur Verfügung. Dabei werden selbstverständlich nur die interessantesten Phasen der Aufnahme ausgewertet.

Die Genauigkeit von Oberwellenpegelmessungen liegt beim Einsatz bester Geräte innerhalb von etwa $\pm 10\%$.

Aufgrund verschiedener Messungen an 6pulsigen Schaltungen zeigte sich die Tatsache, dass die gemessenen Pegel nicht den theoretischen Werten entsprechen. Insbesondere sind gewisse Frequenzen, die gemäß den theoretischen Betrachtungen unterdrückt werden müssten, in zum Teil ansehnlichen Pegeln vorhanden. Diese Erscheinung ist offensichtlich darauf zurückzuführen, dass es nicht gelingt, mehrpulsive Schaltungen absolut symmetrisch zu betreiben. Wird bei solchen Schaltungen der Null-Leiter einbezogen, so kann man in diesem nicht selten erstaunlich hohe Oberwellen- und sogar Gleichstromanteile messen. Der Netzbetreiber hat diese Tatsache bei der Erteilung von Bewilligungen für Anschnittsteuerungen gebührend zu berücksichtigen.

3. Netzkurzschlussleistungen

Die bei jeder Anschnittsteuerung auftretenden Oberwellenströme verursachen eine zur Netzkurzschlussleistung umgekehrt proportionale Spannung. Durch Berechnungen und Versuche hat man festgestellt, dass an einem beliebigen Punkt im Netz ein anschnittgesteuertes Gerät mit einer Leistung von höchstens 1 % der Netzkurzschlussleistung ohne störende Rückwirkungen eingesetzt werden kann (Fig. 11). Dabei ist natürlich die minimale Kurzschlussleistung zu berücksichtigen. In Hochspannungsnetzen, wo normalerweise nur die maximale Kurzschlussleistung bekannt ist, reduziert man daher den Faktor auf 0,6. Die entsprechenden Werte für die Hochspannungsleitungen sind meistens bekannt. Für die Niederspannungsleitungen dürfte in absehbarer Zeit ein Messgerät entwickelt werden, mit welchem man die Kurzschlussleistung bestimmen kann. Leider fehlen dort sehr oft die Leitungsdaten, so dass die Berechnung sehr schwierig ist.

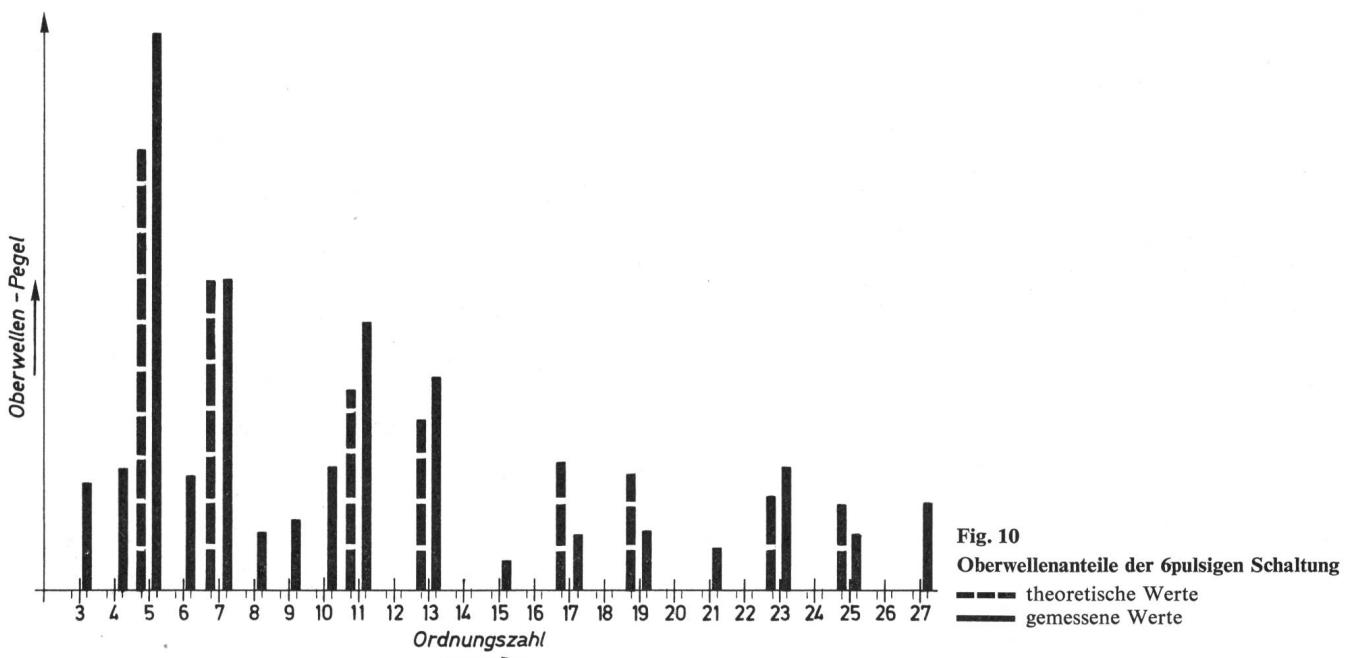


Fig. 10
Oberwellenanteile der 6pulsigen Schaltung
— theoretische Werte
█ gemessene Werte

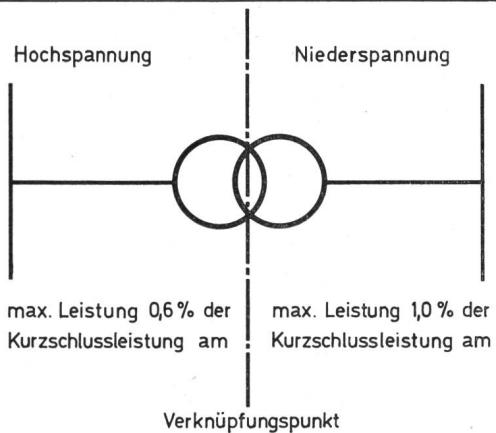


Fig. 11 Einsatz von Geräten mit Anschnittsteuerung

4. Durchführung der Messungen

Es ist leider eine Tatsache, dass durch Oberwellen verunreinigte Netze nur mit sehr grossem Aufwand wieder entstört werden können. Auch kleinere Elektrizitätswerke sollten daher für die periodische Überprüfung ihrer Netze sorgen. Dies kann durch den Einsatz eigener einfacher Messgeräte erfolgen oder indem zum Beispiel das energieliefernde Werk damit beauftragt wird. Grössere Elektrizitätswerke werden sich sicher die nötigen Messgeräte anschaffen und die entsprechenden Messungen selbst durchführen.

Als Vermittler für die Durchführung von komplizierteren Messungen steht auch das Sekretariat des VSE zur Verfügung. Dieses führt ein Verzeichnis über die in den grösseren Elektrizitätswerken vorhandenen Messgeräte und ist somit in der Lage, einen entsprechenden Auftrag an das nächstgelegene Werk weiterzuleiten.

5. Schlussbetrachtungen

Die Ausführungen zeigen, dass das Problem der Anschnittsteuerung in Zukunft die volle Aufmerksamkeit der Werke erfordert. Dabei darf angenommen werden, dass sich nicht die grosse Zahl der Kleinverbraucher, wie sie zum Beispiel Lichtsteuergeräte darstellen, am unangenehmsten bemerkbar machen, sondern es dürften dies eher die grossen, meist leistungsstarken Anlagen sein, die überall im Netz eingebaut werden können. Kleinverbraucher sind in der Regel nur für kürzere Zeit eingeschaltet, und die Verschachtelung ist zudem infolge der verschiedenen Anschnittswinkel sehr gross. Grossen Anlagen dagegen sind pro Tag meistens 8 bis 12 Stunden in Betrieb und sind in der Lage, auch grössere Gebiete zu beeinträchtigen. Da praktisch alle Netze der öffentlichen Versorgung dienen, sind entsprechende Massnahmen zu treffen, damit auch in Zukunft alle Abnehmer mit einer möglichst unverzerrten, sinusförmigen Spannung beliefert werden können. Die Tatsache, dass wir frühzeitig genug auf diese Probleme aufmerksam geworden sind, kommt uns bei den zu treffenden Massnahmen sehr zu Gute. Ich möchte dabei besonders betonen, dass es nicht darum geht, die Anschnittsteuerungen zu verbieten, denn sie eröffnen, insbesondere für Licht- und Antriebssteuerungen, ganz neue Möglichkeiten. Die Hauptaufgabe der Werke liegt eher darin, die Herstellerfirmen solcher Steuerungen zu zwingen, nur einwandfreie Schaltungen zu verwenden und die Anwendung auf jene Fälle zu beschränken, wo konventionelle Regulierungsmöglichkeiten fehlen oder den Bedürfnissen nicht entsprechen.

Adresse des Autors:

H. Kümmery, Chef des Büros für Zähler und Netzkommandoanlagen der Bernischen Kraftwerke AG, Viktoriaplatz 2, 3000 Bern 25.