

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: 73 (1982)

Heft: 22

Artikel: Einheitliche 50-Hz-Oberschwingungsmessungen in elektrischen Verteilnetzen : Bericht der VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse = Mesures systématiques des harmoniques de l'onde 50 Hz dans les réseaux de distribution : rapport du Groupe de t...

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905037>

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: 05.04.2026

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

Es sind drei Fälle zu unterscheiden:

Fall a: Voraussetzung: Die DK bleiben konstant

$$\frac{d}{dm} \cdot f(m) = 0 \Rightarrow f'(m) = \frac{f(m)}{m}$$

d.h. Grenzkosten = Durchschnittskosten

Fall b: Voraussetzungen: Die DK steigen $\Rightarrow \frac{d}{dm} \cdot f(m) > 0$

Der Ausdruck ist nur positiv, wenn $f'(m) > \frac{f(m)}{m}$

d.h. wenn die Grenzkosten über den Durchschnittskosten liegen

Fall c: Voraussetzung: Die DK fallen $\Rightarrow \frac{d}{dm} \cdot f(m) < 0$

Dies gilt nur, wenn $\frac{f(m)}{m} > f'(m)$

d.h. die Durchschnittskosten über den Grenzkosten liegen.

Il s'agit de différencier entre trois cas:

1^{er} cas:

Condition: les CM restent constants

$$\frac{d}{dq} \cdot f(q) = 0 \rightarrow f'(q) = \frac{f(q)}{q}$$

c.-à-d. coûts marginaux = coûts moyens.

2^e cas:

Condition: les CM augmentent $\rightarrow \frac{d}{dq} \cdot f(q) > 0$

Le terme est seulement positif si $f'(q) > \frac{f(q)}{q}$

soit si les coûts marginaux sont plus élevés que les coûts moyens.

3^e cas:

Condition: les CM baissent $\rightarrow \frac{d}{dq} \cdot f(q) < 0$

ceci est seulement valable si $\frac{f(q)}{q} > f'(q)$

soit si les coûts moyens sont plus élevés que les coûts marginaux.

Einheitliche 50-Hz-Oberschwingungsmessungen in elektrischen Verteilnetzen

Bericht der VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse

1. Ausgangslage

Mit zunehmendem Einsatz von Stromrichterschaltungen nimmt die Qualität der Netzspannung ab. Es besteht dadurch die Gefahr, dass die Oberschwingungs-(OS-)Spannungspegel im Netz die vom SEV vorgeschlagenen Grenzwerte [1] erreichen oder überschreiten. Diese Entwicklung ist irreversibel.

Jedes Werk ist gegenüber seinen Abnehmern verpflichtet, diese «Netzverunreinigung» im Griff zu halten. Werden die Störungen nicht rechtzeitig erkannt und in Grenzen gehalten, so können beim Überschreiten der maximal zulässigen Pegel kostspielige Abhilfemaßnahmen notwendig werden. Diese Entwicklung zu verfolgen ist Aufgabe der VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse, welche der VSE-Kommission für Beeinflussungsfragen und Rundsteuertechnik untersteht.

Damit die Pegelreserve in den Netzen frühzeitig sichergestellt und die bisherige Bewilligungspraxis beurteilt werden kann, führen verschiedene Werke, auf Empfehlung der VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse, OS-Messungen durch.

Mesures systématiques des harmoniques de l'onde 50 Hz dans les réseaux de distribution

Rapport du Groupe de travail de l'UCS sur les influences à basse fréquence dans les réseaux

1. Préambule

L'utilisation toujours plus importante des circuits convertisseurs diminue la qualité de la tension des réseaux de distribution. Les entreprises prennent donc le risque de voir les niveaux des tensions harmoniques de l'onde 50 Hz atteindre ou dépasser les valeurs limites [1] proposées par l'ASE. Cette évolution est toutefois irréversible par l'introduction des techniques modernes.

Chaque entreprise a, devant ses utilisateurs de l'énergie, le devoir de contrôler cette «pollution» des réseaux. Si les perturbations ne sont pas décelées et limitées à temps, le dépassement du niveau maximum admissible peut rendre nécessaires d'importantes et coûteuses modifications. La tâche du groupe de travail sur les influences à basse fréquence dans les réseaux, qui dépend de la Commission UCS pour les questions d'influences et de télécommande centralisée, consiste donc à suivre cette évolution.

Afin d'assurer suffisamment tôt la réserve des niveaux désirée dans les réseaux et de pouvoir contrôler la pratique des autorisations appliquées jusqu'à ce jour, plusieurs entreprises effectuent des mesures d'harmoniques basées sur

2. Zielsetzung der Messungen

- Erfassen der OS-Spannungspegel in verschiedenen Spannungsebenen und Netzpunkten
- Aufstellen von Messrichtlinien und Vorschlägen für ein geeignetes Messinstrumentarium
- Ausarbeitung einer Statistik, Auswertung und Interpretation der Ergebnisse sowie Bekanntgabe an die Werke
- Gewinnen möglichst vieler Werke für die Durchführung von weiteren OS-Messungen

3. Durchführung der Messungen

3.1 Administratives

Mitte 1978 veranlasste die VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse eine Umfrage bei allen grösseren Verteil- und Überlandwerken der Schweiz, um abzuklären, welche Werke sich aktiv an Oberschwingungsmessungen beteiligen würden.

Insgesamt 26 Werke meldeten ihr Interesse an. Im Januar 1979 wurde, um das Projekt näher vorzustellen, ein Kolloquium durchgeführt, an welchem rund 60 Personen teilnahmen.

3.2 Messtechnisches

Jedes teilnehmende Werk registrierte in seinen Netzen jeweils während einer Woche an einem durch das Werk bestimmten Punkt gleichzeitig drei bis vier verschiedene Frequenzen. Bei sehr guter Auslastung eines Messgerätes können innert Jahresfrist etwa 40 Netzpunkte gemessen werden. Die Werke haben die Messungen nach den «Richtlinien für die einheitliche Durchführung der Messungen» [2] vorzunehmen und die Messwerte in das vom VSE vorbereitete Auswerte-Protokoll einzutragen. Damit wird die Überprüfung der werkeigenen Netze sichergestellt, und das Werk gewinnt einen Überblick über die bereits vorhande-

les recommandations du Groupe de travail de l'UCS sur les influences à basse fréquence dans les réseaux.

2. Objectifs

Ils se répartissent en quatre groupes:

- Mesure du niveau des tensions harmoniques à différents niveaux de tension et en divers points des réseaux.
- Elaboration de directives de mesure et de propositions concernant un équipement de mesure approprié.
- Etablissement de statistiques, dépouillement et interprétation des résultats et communications aux entreprises d'électricité.
- Faire effectuer de nouvelles mesures d'harmoniques par le plus grand nombre possible d'entreprises d'électricité.

3. Exécution des mesures

3.1 Organisation

Vers le milieu de 1978, le Groupe de travail de l'UCS sur les influences à basse fréquence dans les réseaux a entrepris une enquête auprès des grands distributeurs et producteurs de Suisse, afin de déterminer quelles entreprises participeraient activement à des mesures d'harmoniques.

En tout, 26 entreprises se déclarèrent intéressées à de telles mesures. En janvier 1979, une séance d'information fut organisée afin de présenter le projet plus en détail; une soixantaine de personnes y participèrent.

3.2 Techniques des mesures

Chaque distributeur participant à la campagne de mesure a enregistré dans ses réseaux, durant une semaine et en un point déterminé par l'entreprise, trois à quatre fréquences différentes simultanément. Par l'utilisation judicieuse d'un appareil de mesure, il est possible de mesurer une quaran-

Anzahl Messwerte (bis Ende 1980)
Nombre de mesures (jusqu'à fin 1980)

Tabelle I
Tableau I

Messort / Lieu de mesure	Niederspannungsnetz Réseau BT	Trafo-Leistung Puissance du transformateur kVA	Gemessene Frequenz / Fréquences mesurées (Hz)							
			150	200	250	350	450	550	750	1150
Niederspannungsnetz Réseau BT	Kabel / Câbles	63		4	3	3		2		
		380		3	3	3		3		
		400	13	62	69	65		39		
		1000	23	46	53	40	13	33	19	19
		alle / totaux	36	115	128	111	13	77	19	19
Transformatorstation Station transformatrice Sammelschienen Barres collectrices	Kabel / Câbles	63		43	43	46		24		
		400	18	220	244	238		113	9	10
		1000	26	73	90	70	15	57	30	27
		alle / totaux	44	336	377	354	15	194	39	37
	Freileitung Lignes aériennes	63	14	14	14					
		400	7	7	7			4		
		alle / totaux	21	21	21			4		

nen OS-Pegel. Gleichzeitig werden die Auswerte-Protokolle regelmässig dem VSE-Sekretariat zugestellt, um eine gesamtschweizerische Auswertung zu ermöglichen.

Von den bisher 16 Werken, die sich an den Messungen beteiligten, sind bis Ende 1980 insgesamt 1981 Messwerte protokolliert worden (Tabelle I); die Messungen dauerten jeweils eine Woche.

4. Auswertung der Messungen

Statistische Auswertungen beruhen meistens auf einer Wahrscheinlichkeitsrechnung durch Zufallsauswahl. Dies würde eine systematische Stichprobenerhebung über den ganzen Datenbereich erfordern (kleinere, mittlere und hohe Werte).

Die Werke führen aber in erster Linie dort Messungen durch, wo erhöhte OS-Pegel vermutet werden. Daher konnte keine reine mathematisch-statistische Erhebung gemacht werden. Die bisherigen Ergebnisse wurden als Summenhäufigkeitskurve auf einem Gauss'schen Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellt.

Die von den Werken eingegangenen Daten wurden vorerst nach folgenden Kriterien sortiert:

- Spannungsebenen
- Frequenzen
- Transformatorenleistungen
- Netz-Örtlichkeiten (Trafostation: Sammelschiene oder Strang)
- Netzbeschaffenheit (vorwiegend Kabel- oder Freileitung)

Diese statistische Auswertung war nur von Messungen an Sammelschienen in Transformatorenstationen und in Kabelnetzen möglich. Aus Freileitungsnetzen gingen noch nicht genügend aussagekräftige Messwerte ein.

Signifikante Werte sind:

- die 95%-Aufretenswahrscheinlichkeit ($U_{V95\%}$); d.h. der Pegel wird mit 95% Wahrscheinlichkeit nicht überschritten. Dieser Wert wird in der Folge für den Vergleich mit dem vom SEV vorgeschlagenen Maximalpegel [1] herangezogen;
- der statistische Mittelwert der Messreihe.

Die Streuung σ^2 als Standardabweichung ist nicht einbezogen worden.

5. Ergebnisse

5.1 Die numerischen Pegel-Einzelwerte

OS-Pegel mit 95% Auftretenswahrscheinlichkeit ($U_{V95\%}$)

Bei einigen Messreihen (Beispiel: Fig. 1) ist der Verlauf der OS-Pegel U_V in % der Nennspannung U_N auf dem Wahrscheinlichkeitsnetz angenähert geradlinig; das deutet auf eine Gaussverteilung. Bei vielen Messreihen ist der Kurvenverlauf gekrümmt, was auf eine andere Verteilung hinweist (Beispiel: Fig. 2). Die Ergebnisse der einzelnen Messreihen sind in der Tabelle II eingetragen.

Diese Werte lassen sich wie folgt interpretieren:

- Bei der Festlegung der Regeln des SEV, EN 50006.1976, wurde erwartet, dass die kumulierte Spannungsüberschwingungserhöhung der Massengeräte etwa zweimal der Einzelspannungserhöhung entspricht.

In den Transformatorenstationen wird diese Hypothese grob bestätigt, im Netz hingegen nicht:

taine de points du réseau en un an. Les entreprises effectuent les mesures selon les «directives concernant la réalisation uniforme des mesures» [2]. Les valeurs mesurées sont reportées sur les feuilles de consignation des mesures préparées par l'UCS. Ceci permet d'assurer le contrôle des réseaux de l'entreprise tout en donnant à celle-ci une appréciation des niveaux d'harmoniques disponibles. Les feuilles de consignation sont envoyées régulièrement au secrétariat de l'UCS afin de permettre un dépouillement portant sur l'ensemble de la Suisse.

Les 16 entreprises participant à la campagne de mesure ont consigné 1981 valeurs de mesure au total jusqu'à fin 1980 (tableau I); les mesures ont duré chaque fois une semaine.

4. Analyse des mesures

Les statistiques sont généralement fondées sur un calcul de probabilité à partir de valeurs choisies au hasard. Ceci exige un échantillonnage systématique sur toute la gamme des données (petites, moyennes et grandes valeurs).

Cependant, les entreprises effectuent surtout des mesures en des points où l'on s'attend à trouver des niveaux élevés. C'est pourquoi il n'a pas été possible de procéder à un recensement statistique purement mathématique. Les résultats obtenus jusqu'à présent ont été représentés sous forme de courbes de probabilités cumulées sur un réseau de probabilité de Gauss.

Les données reçues des entreprises ont d'abord été triées sur la base des critères suivantes:

- Niveaux de tension
- Fréquences
- Puissances du/des transformateurs
- Conditions de réseau (station de transformation: barre collectrice ou antenne)
- Type de réseau (surtout souterrain ou surtout aérien)

L'analyse statistique n'a été possible que pour les mesures faites sur des barres collectrices dans les stations de transformation et dans les réseaux souterrains. Pour les réseaux aériens, il n'a pas encore été reçu suffisamment de données.

Les valeurs significatives sont les suivantes:

- la probabilité de 95% ($U_{V95\%}$); c'est-à-dire que le niveau statistique n'est pas dépassé avec une probabilité de 95%. Cette valeur est appliquée dans ce qui suit pour la comparaison avec le niveau maximum [1] proposé par l'ASE;
- la moyenne statistique de la série de mesures.

La dispersion σ^2 utilisée comme écart-type n'a pas été prise en considération.

5. Résultats

5.1 Les résultats chiffrés des niveaux statistiques

Niveaux d'harmoniques avec une probabilité

de 95% ($U_{V95\%}$)

Pour quelques séries de mesure (v. exemple Fig. 1) l'allure du niveau d'harmoniques U_V en % de la tension nominale U_N dans le réseau de probabilité est à peu près linéaire, correspondant à une distribution de Gauss. Pour de nombreuses séries, la courbe est brisée, indiquant une autre distribution (v. exemple Fig. 2). Les résultats des différentes sé-

Frequenz / Fréquence (Hz)	150		200		250		350		550		750		1150	
Ordnungszahl der OS / Numéro d'ordre	3		4		5		7		11		15		23	
	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH	SW / VC	SM / MH
Statistischer Mittelwert der gemessenen Pegel (in % von U_N) / Moyenne statistique des niveaux mesurés (en %)														
Trafo-Station / Station transfo	-	0,67	0,50	0,23	2,50	2,20	1,00	0,81	0,50	0,29	-	-	-	-
Netz / Réseau	-	1,07	0,50	0,32	2,00	1,85	1,10	0,91	0,56	0,29	-	-	-	-
Pegel-Auftretenswahrscheinlichkeit 95% ($U_{V,95\%}$ in % von U_N) / Probabilité 95% $U_{V,95\%}$ (en %)														
Trafo-Station / Station transfo	-	1,30	0,93	0,46	3,50	3,00	1,85	1,43	1,10	0,75	-	-	-	-
Netz / Réseau	-	2,62	1,16	1,04	2,50	2,33	1,95	1,98	1,30	0,58	-	-	-	-
Registrierte Maximal-Pegel ($U_{V,max}$ in % von U_N) / Niveaux maximaux enregistrés $U_{V,max}$ (en %)														
Trafo-Station und Netz Station transformatrice et réseau	3,25	3,15	2,66	2,27	5,54	4,54	4,54	3,00	4,34	2,36	0,80	0,45	0,50	0,30

SW = Spitzenwert SM = Stundenmittel
 VC = Valeur de crête MH = Moyenne horaire

- durchschnittlicher OS-Pegel in Transformatorenstationen
 $\approx 2,5$ mal EN 50006.1976-Werte
- durchschnittlicher OS-Pegel im Netz
 $\approx 3,2$ mal EN 50006.1976-Werte
- Um die OS-Pegelwerte mit der Auftretenswahrscheinlichkeit von 95% ($U_{V,95\%}$) nach ihrem Ausmass zu beurteilen, sind die Stundenmittel-(SM-)Werte (Netz) in das Balkendiagramm (Fig. 3) des SEV-Vorschlages «Zulässiger Pegel der Oberschwingungsspannungen in Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetzen» [1] eingetragen worden. Diese Grafik zeigt:
 - Im Bereich der ungeradzahigen, nicht durch 3 teilbaren OS überwiegt die 5. OS.

ries de mesure sont indiqués dans le résumé «valeurs numériques de niveaux» (tableau II).

Ces valeurs peuvent être interprétées comme suit:

- Lors de l'établissement des règles ASE, EN 50006.1976, on s'attendait à ce que l'augmentation cumulative des tensions harmoniques des appareils de grande diffusion corresponde à peu près à deux fois l'augmentation individuelle.
- Dans les stations de tranformation, cette hypothèse se confirma plus ou moins, mais pas dans le réseau:
 - niveau moyen dans les stations de transformation
 $\approx 2,5$ fois les valeurs EN 50006.1976
 - niveau moyen dans le réseau
 $\approx 3,2$ fois les valeurs EN 50006.1976

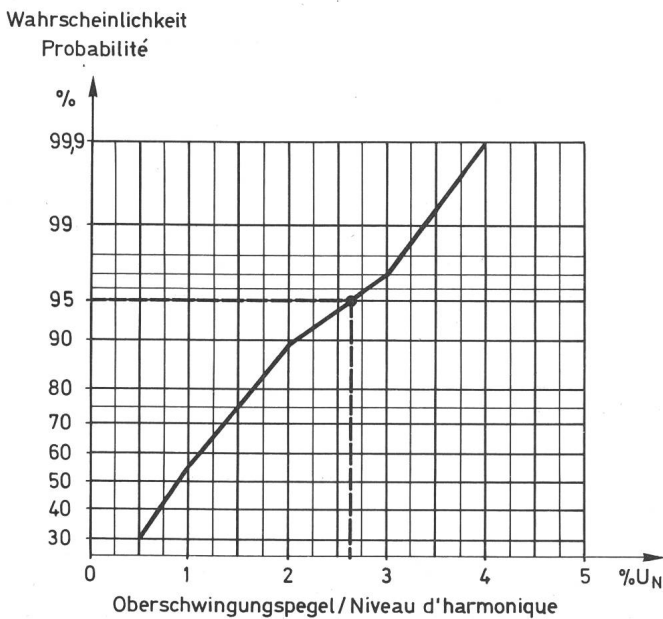


Fig. 1 3. Oberschwingung, SM-Werte im Niederspannungsnetz (Kabel)
 3^e harmonique, valeurs MH dans le réseau basse tension (câbles)

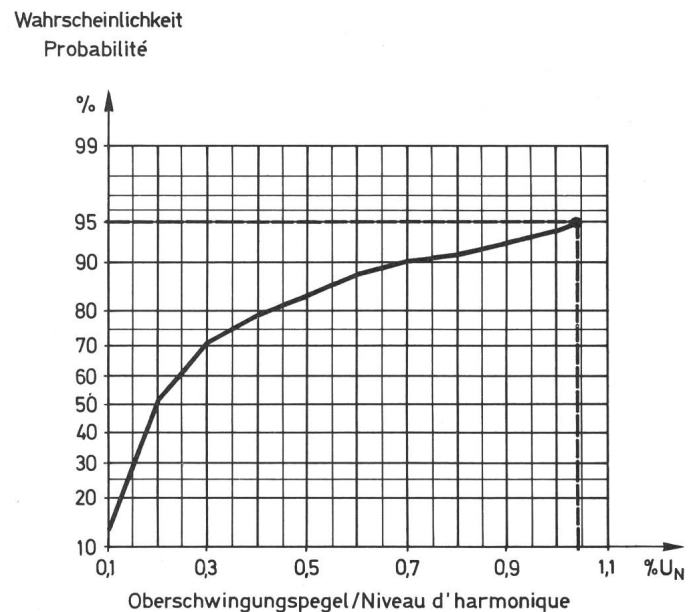


Fig. 2 4. Oberschwingung, SM-Werte im Niederspannungsnetz (Kabel)
 4^e harmonique, valeurs MH dans le réseau basse tension (câbles)

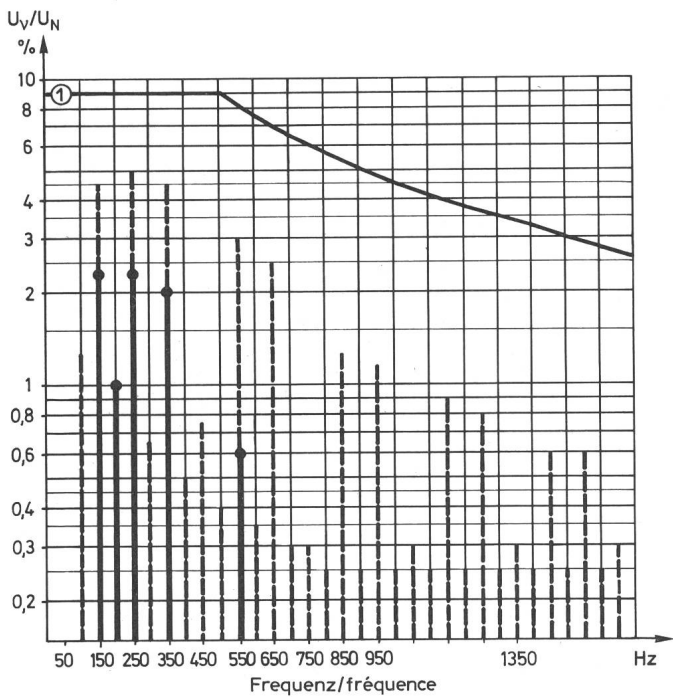


Fig. 3 Zulässige Oberschwingungs-Spannungspiegel im Niederspannungsnetz im Vergleich mit VSE-Messergebnissen
Niveaux admissibles des tensions harmoniques dans les réseaux basse tension en comparaison avec les résultats de mesure de l'UCS

- ① «Meisterkurve»: Zulässige TRA-Spannung für Rundfunk- und Fernsehempfänger
- «Courbe Meister»: Tension admissible pour récepteurs de radio et télévision
- Werte gemäss Vorschlag SEV [1]
Valeurs selon proposition ASE [1]
- Gemessene SM-Werte VSE im Niederspannungsnetz (Kabel)
Valeurs MH mesurées UCS dans le réseau basse tension (câbles)

- Im Bereich der ungeradzahligen, durch 3 teilbaren OS wurden nur die Messwerte in der 3. OS ausgewertet, weil in anderen Frequenzen zuwenig Messresultate vorliegen.
 - Im Bereich der geradzahligen OS liegen nur Messwerte der 4. OS vor.
- Max. zul. Pegel nach SEV-Vorschlag [1] 1,00% U_N
gemessener Pegel nach VSE 1,04% U_N

Registrierte Maximal-Pegel

Sie sind als Einzelwerte statistisch kaum relevant. Kurzfristige Überspannungen von OS in der Grössenordnung von 0,2 U_N müssen nach SEV-Vorschlag [1] von den elektronischen Betriebsmitteln ausgehalten werden können. Als Maximalwert wurde in der 5. OS ein Wert von 5,54% U_N gemessen.

Statistische Mittelwerte

Der statistische Mittelwert (auch 50%-Auftrittswahrscheinlichkeit bei gestreckten Summengeraden) kann dem Werk, dank einfacher Ermittlung, als Vergleichskennzahl dienen.

Verhältnis des Pegelspitzenwertes zum Stundenmittel (Auftrittswahrscheinlichkeit 95%)
Relation de la valeur de crête par rapport à la valeur moyenne (probabilité 95%)

Tabelle III

Tableau III

	3. OS 3 ^e harm.	4. OS 4 ^e harm.	5. OS 5 ^e harm.	7. OS 7 ^e harm.	11. OS 11 ^e harm.
	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH
Trafo-Station Station transfo	*)	2,00	1,16	1,29	1,03
Netz Réseau	*)	1,11	1,07	0,98	2,24

*) Nur SM-Werte vorhanden
*) Valeurs MH seules disponibles

- Afin d'évaluer les niveaux avec 95% de probabilité, les moyennes horaires (MH) (réseau) ont été portées dans l'abaque du projet ASE «Niveau admissible des tensions harmoniques dans les réseaux BT et MT» [1] (Fig. 3). Ce graphique montre:

- Dans la gamme des harmoniques impairs non divisibles par 3, le 5^e harmonique prédomine.
 - Dans la gamme des harmoniques impairs divisibles par 3, les valeurs du 3^e harmonique sont seules reportées étant donné qu'il n'y avait pas assez de résultats de mesure pour d'autres fréquences.
 - Dans la gamme des harmoniques pairs, le 4^e harmonique est seul mesuré.
- Niveau max. admissible selon projet ASE [1] 1,00% U_N
Niveau mesuré selon UCS 1,04% U_N

Niveaux maximums enregistrés

Ceux-ci ne sont guère intéressants en tant que valeurs individuelles. Des surtensions de l'ordre de 0,2 U_N doivent pouvoir être supportées par les éléments électroniques selon le projet ASE [1]. Pour le 5^e harmonique, on a mesuré une valeur de 5,54% U_N .

Mittleres Verhältnis des Pegelspitzenwertes zum Stundenmittel
Relation moyenne de la valeur de crête par rapport à la valeur moyenne horaire

Tabelle IV

Tableau IV

	3. OS 3 ^e harm.	4. OS 4 ^e harm.	5. OS 5 ^e harm.	7. OS 7 ^e harm.	11. OS 11 ^e harm.
	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH	SW:SM VC:MH
Trafo-Station Station transfo	*)	2,17	1,13	1,20	1,72
Netz Réseau	*)	1,56	1,08	1,20	1,93

*) Nur SM-Werte vorhanden
*) Valeurs MH seules disponibles

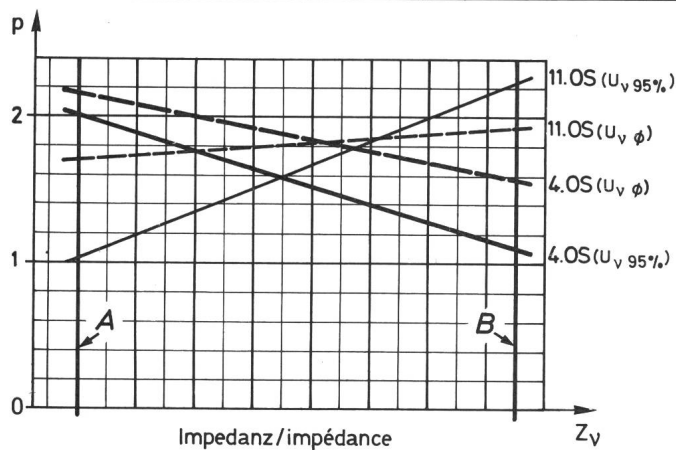


Fig. 4 Verhältnis des Pegelspitzenwertes (SW) zum Stundenmittelwert (SM) der 4. und 11. Oberschwingung
Relation de la valeur de crête du niveau (VC) par rapport à la valeur moyenne de l'horaire (MH)

- A Transformatorstation (tiefere Impedanz)
Station de transformation (impédance plus basse)
- B Netz (höhere Impedanz)
Réseau (impédance plus élevée)
- p Verhältnis SW/SM
Relation VC/MH

5.2 Verlauf der Relation

Spitzenwert (SW)/Stundenmittel (SM)

Diese Relationen wurden aus der Tabelle II «Numerische Pegel-Einzelwerte» berechnet und in den Tabellen III und IV dargestellt.

Die Relationen in der 5. OS und 7. OS sind ähnlich. Dar- aus lässt sich schliessen, dass die Messreihen bezüglich Spitzenwerte im Netz wie in den Transformatorstationen ähnlich sind.

Der Verlauf der 4. OS und 11. OS ist aus Figur 4 ersicht- lich; er zeigt, dass in der 4. OS und 11. OS die Relationen stark divergieren:

- Die 4. OS zeigt in den Transformatorstationen höhere Relationen Spitzenwert/Stundenmittel als im Netz.
- Bei der 11. OS ist es gerade umgekehrt.

Eine eindeutige Erklärung dieser Gegenläufigkeit ist noch offen.

5.3 Pegelverläufe $U_{V95\%}$ in Funktion der OS (Fig. 5)

Generell betrachtet zeigen alle Kurven einen Spitzenver- lauf. Der «Gipfelpunkt» liegt bei der 5. OS in Transfor- matorstationen. Dies lässt vermuten, dass die vom Mittel- spannungsnetz einspeisenden OS sich an der Transfor- matorschiene mit den schon vorhandenen Netzpegeln kumu- lieren.

Mit zunehmender Ordnungszahl der OS sinken im allge- meinen die Pegel, was die Theorie bestätigt:

«Das resultierende Störspektrum ist mit zunehmender Frequenz abnehmend.»

Die SW- und SM-Werte bei Transformatorstationen verlaufen mit zunehmender Frequenz parallel. Hingegen

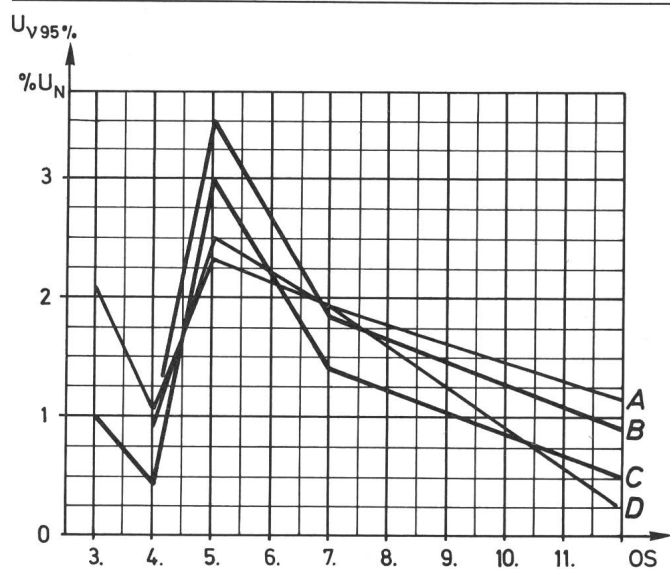


Fig. 5 Pegelverläufe (95%-Auftrittens-Wahrscheinlichkeit $U_{V95\%}$ in Funktion der Oberschwingungen (Netz mit vorwiegend Kabel)
Diagrammes des niveaux (probabilité 95%) en fonction des harmoniques (réseau câblé en grande partie)

- A SW Netz
VC Réseau
- B SW Transformatorstation
VC Station de transformation
- C SM Transformatorstation
MH Station de transformation
- D SM Netz
MH Réseau

Moyennes statistiques

La moyenne statistique (également 50% de probabilité pour la courbe cumulée) peut servir à l'entreprise comme caractéristique comparative.

5.2 Evolution du rapport entre la valeur de crête (VC) et la moyenne horaire (MH)

Les relations ont été calculées à partir du tableau II «Résultats chiffrés des niveaux statistiques» et représentés dans les tableaux III et IV.

Les relations des 5^e et 7^e harmoniques sont sensiblement les mêmes. On peut en conclure que les séries de mesures pour les valeurs de crêtes dans le réseau et sur les transfor- mateurs sont semblables.

L'allure des 4^e et 11^e harmoniques est indiquée dans la Fig. 4; celle-ci indique pour ces deux harmoniques des rela- tions très divergentes:

- Le 4^e harmonique présente dans les stations de transfor- mation un rapport VC: MH plus élevé que dans le réseau.
- Pour le 11^e harmonique, c'est le contraire.

Ce fait n'a pas encore été clairement expliqué.

5.3 Diagramme des niveaux ($U_{V95\%}$) en fonction des harmoni- ques (Fig. 5)

D'une manière générale, toutes les courbes présentent un maximum. Le plus élevé se situe sur le 5^e harmonique dans les stations de transformation. Ceci laisse supposer que l'harmonique du réseau MT s'ajoute aux niveaux déjà pré- sents sur le réseau BT au secondaire du transformateur.

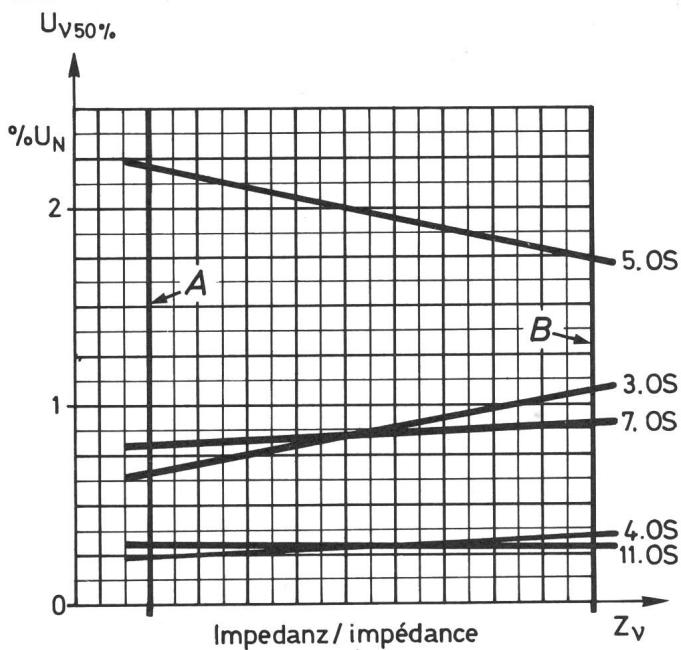


Fig. 6 Pegelverläufe (50%-Auftrittens-Wahrscheinlichkeit $U_{V50\%}$ in Abhängigkeit der Netzimpedanz
Diagrammes des niveaux (probabilité 50%) en fonction de l'impédance du réseau
A Transformatorstation (tiefere Impedanz)
Station de transformation (impédance plus basse)
B Netz (höhere Impedanz)
Réseau (impédance plus élevée)

divergieren die Pegelverläufe im Netz bei zunehmender Frequenz.

5.4 Pegelverläufe in Funktion der Netzimpedanz

Genau Impedanzwerte liegen nicht vor. Vom Netzspeisepunkt betrachtet ist jedoch die Impedanz Z_v in Transformatorstationen tiefer, im Netz höher.

Die Grafik in Figur 6 zeigt:

- Die 3. OS verläuft nach der Beziehung $U_v = I_v \cdot Z_v$ impedanzabhängig (höhere Netzimpedanzen ergeben an einem Strang höhere Spannungsoberschwingungen).
- Die Pegelhöhe der 5. OS nimmt vom Netz gegen die Transformatorstation zu.

Mögliche Erklärung:

Da die 5. OS offenbar mehrheitlich von Fernsehgeräten und Diodengleichrichtern herrührt, addieren sich die OS-Einzelvektoren fast algebraisch (wenig Winkelkompensation, Gleichphasigkeitsfaktor ≈ 1). Die Vektoren der Spannungsoberschwingungen können sich daher vom Netz zur Transformatorstation mit zunehmender Verzweigung addieren.

5.5 $U_{V95\%}$ -Pegelverläufe in Funktion der Transformatorgrößen (Fig. 7)

Größere Transformatoren liegen in einem tiefen, kleinere Transformatoren in einem höheren Impedanzbereich. Trotzdem variieren die OS-Pegel in Funktion der Transformatorgröße kaum.

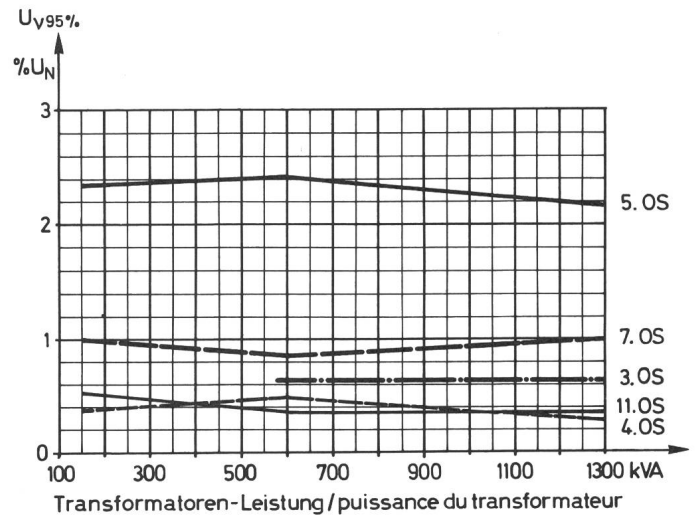


Fig. 7 Pegelverläufe (95%-Auftrittens-Wahrscheinlichkeit $U_{V95\%}$ in Abhängigkeit der Transformatoren-Leistung
Diagramme des niveaux (probabilité 95%) en fonction de la puissance du transformateur

La tendance des niveaux des harmoniques supérieurs confirme la théorie:

«Le spectre perturbateur résultant diminue lorsque les fréquences augmentent.»

Les valeurs VC et MH des stations de transformation évoluent parallèlement lorsque la fréquence augmente. En revanche, sur le réseau, elles divergent avec la fréquence.

5.4 Diagrammes des niveaux en fonction de l'impédance du réseau

Il n'y pas encore de valeurs précises d'impédance. Du point de vue alimentation de réseau, l'impédance Z_v est cependant plus basse dans les stations de transformation que dans le réseau.

Les graphiques dans la figure 6 montrent:

- Le 3^e harmonique présente une tendance selon la relation $U_v = I_v \cdot Z_v$ en fonction de l'impédance (des impédances plus élevées donnent sur une branche du réseau des tensions harmoniques plus importantes).
- Le 5^e harmonique augmente à partir du réseau en direction de la station de transformation.

Explication possible:

Etant donné que le 5^e harmonique est généré essentiellement par les téléviseurs et les redresseurs à diodes, les vecteurs s'additionnent presque algébriquement (moins de compensation d'angle, facteur de distorsion de phase ≈ 1). Les vecteurs des tensions harmoniques peuvent donc s'ajouter du réseau en direction de la station de transformation au fur et à mesure que la distribution du réseau est plus importante.

5.5 Diagrammes des niveaux $U_{V95\%}$ en fonction de la puissance du transformateur (fig. 7)

Les gros transformateurs présentent une impédance plus faible que les petits transformateurs. Néanmoins, toutes les droites d'harmoniques sont pratiquement horizontales en fonction de la puissance des transformateurs.

Mögliche Erklärung:

Kleine Transformatoren speisen leistungsschwache oder wenig Abgänge (quasi Einzelspannungsabfall-Schaltung). Grosse Transformatoren speisen leistungsstarke oder viele Abgänge (quasi Parallelspannungsabfall-Schaltung).

Der Einzelspannungsabfall beträgt:

$$\Delta U_v = \text{Strangstrom} \cdot \text{Strangimpedanz}$$

Der Parallelspannungsabfall beträgt:

$$\Delta U_v = \frac{\text{Strangstrom} \cdot \text{Strangzahl} \cdot \text{Strangimpedanz}}{\text{Strangzahl}}$$

Der Faktor «Strangzahl» kürzt sich in der Gleichung.

Folglich: *Einzelspannungsabfall* \approx *Parallelspannungsabfall*
D.h. der Spannungsüberschwingungsabfall ist bei grossen und kleinen Transformatoren ungefähr gleich gross.

5.6 Pegelhäufigkeit der 5. OS während einer Woche

Die Balkenhöhen in Figur 8 entsprechen der Häufigkeit des Auftretens des maximalen Pegels der 5. OS während einer Woche. Die gemessenen Stundenmittel erreichen häufig die Höchstwerte der Messperiode.

Aus dem Balkendiagramm in Figur 8 lässt sich folgern:

- Die grösste Häufigkeit des Auftretens der höchsten Pegel fällt nie mit der höchsten Netzlast zusammen. Das lässt auf eine gewisse Dämpfung der Spannungsüberschwingungen durch die Lastimpedanz schliessen.
- Die grösste Häufigkeit des Auftretens der höchsten Pegel fällt auf das Wochenende. In diesen Zeitabschnitten kann der OS-Pegel durch vermehrt eingeschaltete Fernsehgeräte und bei reduzierter Lastimpedanz stark ansteigen.

Auch ohne Einwirkung der Lastimpedanz darf geschlossen werden, dass die maximalen OS-Pegel durch das Fernsehen verursacht werden.

6. Zusammenfassung

Um die Qualität der Netzspannung zu überwachen, hat die VSE-Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse den Werken eine OS-Messmethode mit statistischer Auswertung unterbreitet. 16 Werke beteiligten sich an diesen Messungen, die nun statistisch ausgewertet vorliegen.

Explication possible:

Les petits transformateurs alimentent des circuits de faible puissance ou en petit nombre (pratiquement des circuits avec une chute de tension simple).

Les gros transformateurs alimentent des circuits de grande puissance ou en grand nombre (pratiquement des circuits avec une chute de tension parallèle).

La chute de tension simple est:

$$\Delta U_v = \text{courant de branche} \cdot \text{impédance de branche}$$

La chute de tension parallèle est:

$$\Delta U_v = \frac{\text{nombre de branches} \cdot \text{impédance de branche}}{\text{nombre de branches}} \cdot \text{courant de branche}$$

Le facteur «nombre de branches» s'élimine dans la relation.

Par conséquent: *Chute de tension simple* \approx *chute de tension parallèle*

C'est-à-dire que la chute de tension harmonique est à peu près la même pour les gros et petits transformateurs.

5.6 Fréquence du niveau du 5^e harmonique pendant une semaine

La hauteur des surfaces dans la figure 8 dépend de la fréquence de l'apparition du niveau maximal du 5^e harmonique pendant une semaine. Les moyennes horaires mesurées sont fréquemment égales aux valeurs maximales de la période de mesure.

Le diagramme dans la fig. 8 permet d'observer:

- La plus grande fréquence de l'apparition des niveaux maximaux ne coïncide jamais avec la plus forte charge du réseau. Ceci permet de conclure à une certaine atténuation des harmoniques à travers l'impédance de charge du réseau.
- La plus grande fréquence de l'apparition des niveaux maximaux est atteinte en fin de semaine. Durant ces périodes, le niveau harmonique peut fortement augmenter étant donné un plus grand nombre de téléviseurs en service et une impédance de charge réduite.

Même sans l'effet de l'impédance de charge, on peut admettre que les téléviseurs provoquent les niveaux harmoniques les plus importants.

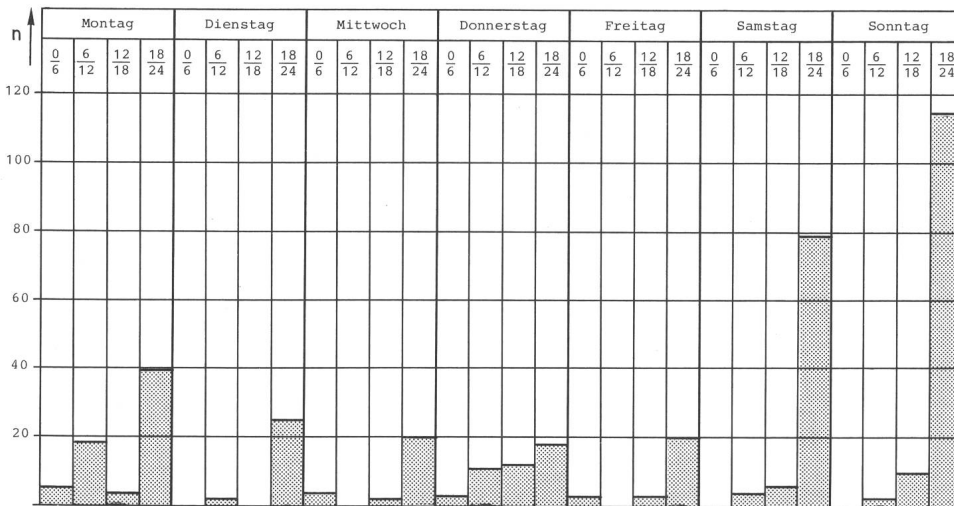


Fig. 8
Häufigkeit n des Auftretens von U_{vmax} (5. OS)
Fréquence n de l'apparition de l' U_{vmax} (5^e harmonique)

Die Auswertung bezüglich OS-Pegel kann folgendermassen zusammengefasst werden:

- Die 95%-Auftrittswahrscheinlichkeit der 5. OS erreicht den höchsten Wert und beträgt als Stundenmittelwert (SM) $2,5\% U_N$ im Netz. Der maximal zulässige Wert gemäss SEV-Vorschlag [1] beträgt $5\% U_N$.
- Die 95%-Auftrittswahrscheinlichkeit der 4. OS beträgt als Stundenmittelwert (SM) $1,04\% U_N$ im Netz. Der maximal zulässige Wert gemäss SEV-Vorschlag [1] beträgt $1\% U_N$. Die zulässige Grenze wird also bereits leicht überschritten.

Die Messergebnisse zeigen, dass dem Gleichphasigkeitsfaktor bei höheren Ordnungszahlen und der Oberschwingungseinstreuung vom Mittel- ins Niederspannungsnetz erhöhte Bedeutung zukommen. Trotz Dämpfung durch die Lastimpedanz darf geschlossen werden, dass das Fernsehen den max. OS-Pegel verursacht.

Um die weitere Entwicklung der «Netzverunreinigung» beurteilen zu können, empfiehlt der VSE den Werken, die Messungen nach bisheriger Methode vorerst weiterzuführen.

Literatur

- [1] SEV-Kommission zum Studium niederfrequenter Störeinflüsse: Zulässiger Pegel der Oberschwingungsspannungen in Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetzen; Vorschlag Mai 1981.
- [2] Richtlinien für die einheitliche Durchführung der Messungen. VSE-Formular Nr. 2.17, 30. Juni 1978.

6. Résumé

Afin de vérifier la qualité de la tension des réseaux, le groupe de travail de l'UCS sur les influences à basse fréquence dans les réseaux a présenté aux entreprises d'électricité une méthode de mesure d'harmoniques avec analyse statistique. 16 entreprises ont participé à ces mesures qui ont été relevées par l'UCS.

L'analyse des niveaux harmoniques présente brièvement les résultats suivants:

- La probabilité à 95% du 5^e harmonique atteint la valeur la plus élevée et représente en moyenne horaire (MH) $2,5\% U_N$ dans le réseau. La valeur maximale selon proposition ASE [1] est de $5\% U_N$.
- La probabilité à 95% du 4^e harmonique est en moyenne horaire (MH) de $1,04\% U_N$ sur le réseau. La valeur maximale selon proposition ASE [1] est de $1\% U_N$. La valeur limite admissible est déjà atteinte.

Les résultats des mesures montrent que le facteur «équi-phase», pour les harmoniques d'ordre élevé, et l'interférence des harmoniques du réseau MT sur le réseau BT revêtent une importance considérable. Malgré l'atténuation de l'impédance de charge, on peut conclure que ce sont les téléviseurs qui provoquent les niveaux d'harmoniques les plus importants.

Afin de pouvoir évaluer l'évolution future de la pollution des réseaux, l'UCS recommande aux entreprises d'électricité de poursuivre les mesures dans le cadre actuel.

Bibliographie

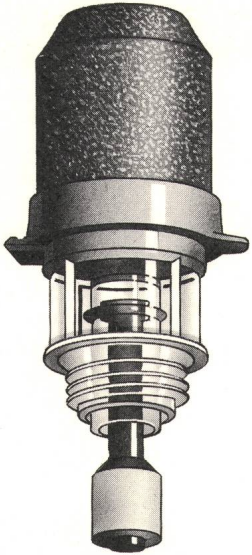
- [1] Commission de l'ASE pour l'étude des influences BF: Niveau admissible des tensions harmoniques dans les réseaux BT et MT, projet de mai 1981.
- [2] Directives concernant la réalisation uniforme des mesures. Formulaire de l'UCS N° 2.17, 30 juin 1978.

Damit haben wir vor 27 Jahren die Industriebatterie revolutioniert:

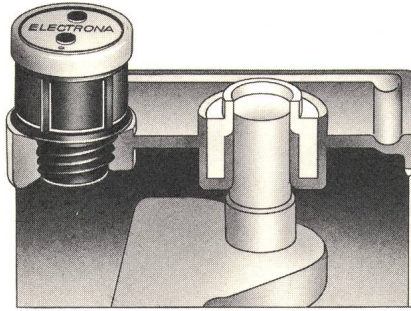


Diese Rohrkonstruktion, eine Electrona Pionierleistung des Jahres 1955, bringt gegenüber den ehemaligen Batterien mit positiven Gitterplatten wesentlich höhere Leistungen pro Gewichts- und Volumeneinheit.

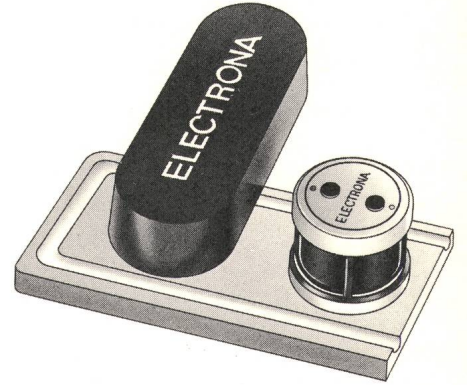
Und damit haben wir sie seither perfektioniert:



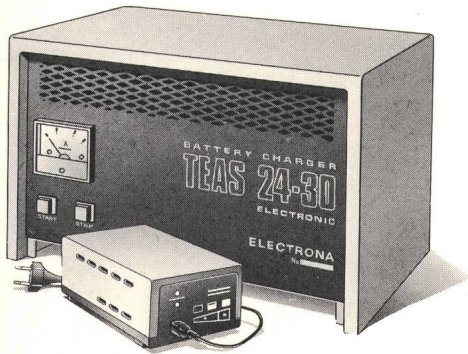
Fillmeter AntiEx. Dieser praktische Verschlusspfropfen muss nicht abgeschraubt werden und ermöglicht das direkte Ablesen des Säurestandes, Messen der Säuredichte und der Temperatur. Wasser kann direkt eingefüllt werden. Die kippbare AntiEx-Kappe schützt vor Explosionsgefahr.



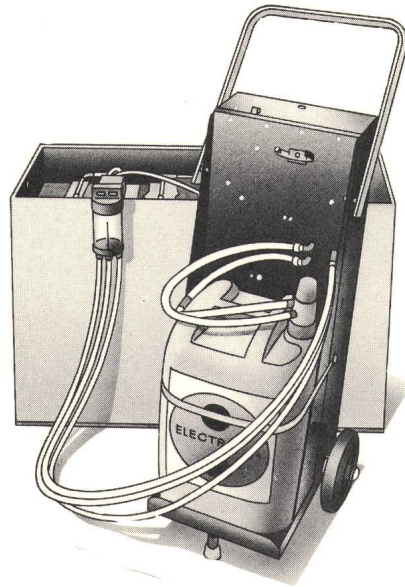
Spezielle Zellendeckel. Der patentierte elastische Electrona Zellendeckel ist absolut dicht mit dem Gehäuse aus Polypropylen verschweisst; Polstutzen mit Bleibuchsen im Deckel verlötet.



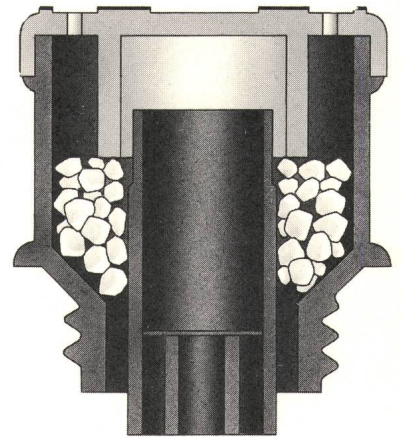
Vollisolierung. Die mit Plastikabdeckungen versehenen verlöteten Verbinder erhöhen die Betriebssicherheit. Keine Kurzschlüsse und damit keine Explosionen durch Unachtsamkeiten.



Optimale Ladegeräte. Die vollautomatischen, genau auf die Batterien abgestimmten Electrona Ladegeräte bieten optimale Leistung bei maximaler Schonung der Batterie. (Keinerlei manuelle Einstellungen erforderlich).



Aqua-Fill-System. Das notwendige destillierte Wasser kann bei einer Electrona Traktionsbatterie mit dieser automatischen Nachfüllvorrichtung in kürzester Zeit beigegeben werden. Kein Entfernen der Pfropfen, kein Überfüllen, kein Überlaufen der Säure.



Universalpfropfen. Mit Granulat gefüllt. Verhindert den Säureaustritt und lässt Gase entweichen. Muss während der Ladung nicht entfernt werden.

Wenn's um Traktionsbatterien oder stationäre Akkumulatoren geht, ist Electrona in der Schweiz führend punkto Leistung, Langlebigkeit, Sicherheit und Wartungsfreundlichkeit. Dafür bürgt die Electrona Forschung, immer an vorderster Front des technischen Fortschritts. Und dafür bürgt der sprichwörtliche Electrona Service, in der ganzen Schweiz jederzeit abrufbereit.

Immer an der Spitze des Fortschritts.

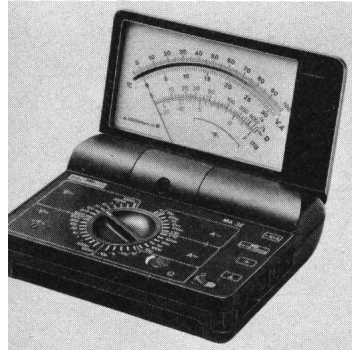


Electrona SA, Akkumulatorenfabrik
CH-2017 Boudry/NE, Tel. 038/44 21 21
Telex 35398 ACCU CH

DER ENTWICKLUNG EINER NASENLÄNGE VORAUS- FÜR VIELFACHMESSGERÄTE

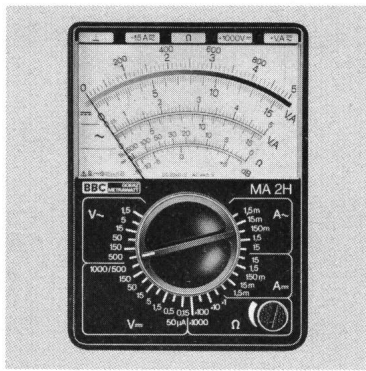


Seit mehr als 75 Jahren ist Metrawatt nicht nur in der Spitzeengruppe mit dabei, sondern dieser Spitze gleich noch eine Nasenlänge voraus.

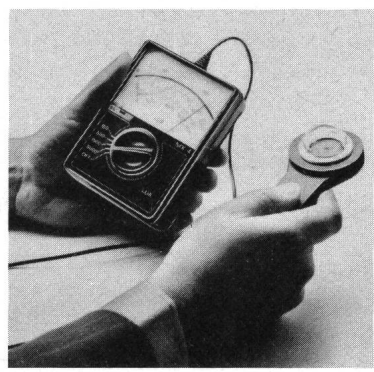


Im Beispiel mit den 3 Klapperteilen der Digital-Multimeter M 2030 – M 2032: Hände frei zum Messen mit umgehängtem Gerät, Blick frei durch optimal einstellbaren Ablesewinkel. Sicher verpackt durch einfaches Zuklappen.

Oder mit den «Taschenfreundlichen», den handlichen, 92 x 154 x 25 mm kleinen Digital-Multimetern M 2011/2012 mit 25 Messbereichen. Oder mit den «Analogen», den verschiedenen bewährten und immer wieder verbesserten Multimetern mit robusten Drehspulmesswerken (darunter die bekannten Unigor-Geräte). Schliesslich auch mit dem ebenso praktischen wie vielseitigen Digital-Labor-Multimeter 5 D für die Bedienung von vorn.

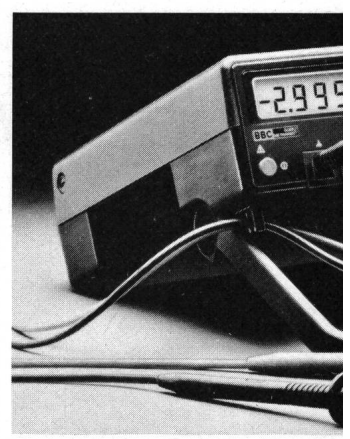


voll kompatiblen NiCr-Ni-Fühlern. Mit Umschaltung Tauch-/Oberflächenmessung, automatischer Kompensation, Minimal- und Maximalwertspeicher, mit Schreiberausgang. Messbereiche von -50° bis $+1200^{\circ}\text{C}$.



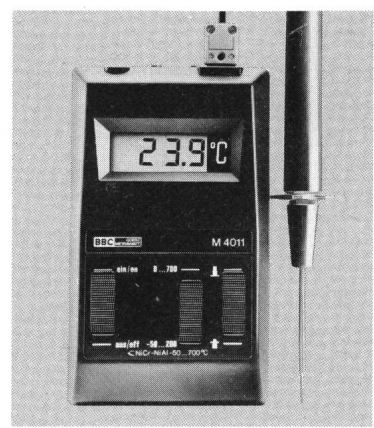
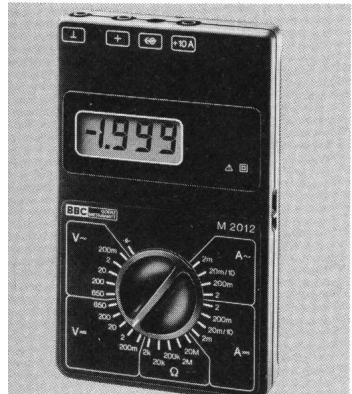
Und nicht zu vergessen die verschiedenen praxisgerecht aufgebauten Prüfgeräte für Erdungs- und Isolationsmessungen sowie das lückenlose Zubehörprogramm mit Messzangen, Stromwandlern, Vor- und Nebenspitzen, Netzadaptern, Bereitschaftstaschen und Gummischutzhüllen.

Ihnen bleibt die Wahl der bestgeeigneten Geräte. Wir helfen Ihnen dabei – unverbindlich und kostenlos – mit ausgezeichneten detaillierten technischen Unterlagen, mit objektiver Beratung durch geschulte und erfahrene Spezialisten. Verlangen Sie als ungeniert das Gewünschte, ein Telefonanruf genügt.

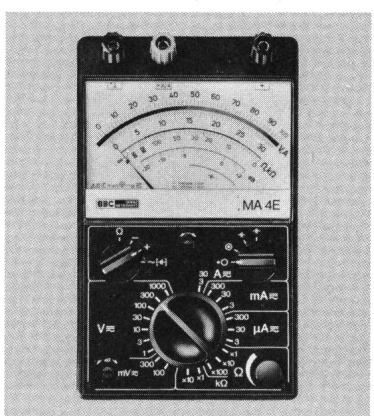
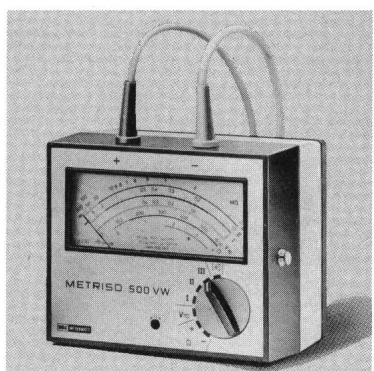


SICHERHEIT DURCH KNOW-HOW, BERATUNG, QUALITÄT, SERVICE

dazu natürlich der griffige, zentrale Umschalter für die vielen Messbereiche, die deutliche, kompakte LCD-Anzeige, der Überlastungsschutz, die berührungssicheren Anschlüsse, die automatische Batterieabschaltung.



Modern in Technik und Design die neuen digitalen Temperaturmessgeräte M 4011 – M 4014 für Messungen an festen, in flüssigen oder in gasförmigen Medien. Mit 11 austauschbaren



- ### Labor-schreiber
- Vertikalschreiber mit 1 bis 6 Kanälen
 - Transientenschreiber mit 1 bis 3 Kanälen
 - Koordinatenschreiber (X/Y-Schreiber)
 - Schreibende Vielfachmessgeräte für Temperaturschreiber

**AUCH
TE!**



Neu: M 2032

- Als neuester Spitzenreiter in der modernen Klapptechnik-Serie präsentiert sich das Digital-Multimeter M 2032 mit
- echter Effektivwertmessung für Spannung und Strom und Bewertung von Gleich- und Wechselanteil (AC+DC)
 - wahlweiser Hi/Lo-Widerstandsmessung
 - neu einem 200-Ohm-Messbereich
 - Bereich für Diodentest und Durchgangsprüfung mit Audiosignal
 - 2000 h Batterie-Lebensdauer

**Der Entwicklung voraus
Auch für
Einbaugeräte Service**

Linien-, Punkt- und Zeitmarkenschreiber
Quadratische DIN-Einbauminstrumente mit Wechselskala
Grenzsignalgeber, 2- und 3-Punkt- sowie Temperaturregler
Messumformer für Starkstrom und Prozesstechnik



- sorgfältiger Reparatur in der Schweiz
 - minutiösen Kontrollen.
- Anruf genügt!

Messgerät beschädigt? – Wir helfen mit
– kurzfristigem Ersatz bei Ausfall



**METRAWATT
AG für Messapparate**

Felsenrainstrasse 1 · CH-8052 Zürich · Tel. 01-302 35 31