Schmal- und breitbandige Teilentladungsmessungen

Autor(en): **Szaloky, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **76 (1985)**

Heft 19

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904681

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schmal- und breitbandige Teilentladungsmessungen

G. Szaloky

Die messtechnische Erfassung der Teilentladungsimpulse mittels schmal- und breitbandigen TE-Detektoren wird beschrieben. Die Bandbreite ist wesentlich massgebend für das Doppelimpulsverhalten des TE-Detektors. Weiter werden praktische, durch zahlreiche Messungen bestätigte Hinweise für die Störunterdrückung gegeben. Zwei typische Versuche zeigen den Einfluss der Bandbreite und die Grösse der gemessenen Störsignale. Unter Beachtung gewisser Massnahmen und Einschränkungen können breitbandige TE-Messungen auch ohne abgeschirmte Kabinen durchgeführt werden.

L'article décrit les procédés techniques pour la mesure de décharges partielles au moyen de détecteurs à bandes larges ou étroites. La largeur de la bande est déterminante pour le comportement du détecteur en cas de double impulsion. On donne ensuite des informations pratiques pour diminuer les perturbations, informations confirmées par de nombreuses mesures effectuées. Deux essais typiques démontrent l'influence de l'étalement de la bande passante et le niveau mesuré des signaux perturbateurs. A la lumière de divers essais on arrive à la conclusion qu'on peut procéder à des mesures de décharges partielles sur bandes larges, même sans cabine blindée, pour autant qu'on observe certaines conditions restrictives.

Adresse des Autors
Dr. G. Szaloky, Emil Haefely & Cie AG, Lehenmattstrasse 353, 4028 Basel.

1. Einleitung

Teilentladungsmessungen (TE-Messungen) an Hochspannungsapparaten sind als Mittel der Qualitätskontrolle schon lange bekannt [1; 2]. In letzter Zeit sind vor allem in der Messtechnik Fortschritte erzielt worden. TE-Messungen werden meistens in einer elektronisch verseuchten Umgebung durchgeführt. Die Störpegel sind sehr hoch; es ist schwierig, die notwendige Messempfindlichkeit zu erreichen; Störunterdrückungs-Massnahmen drängen sich auf.

Die Verwendung von abgeschirmten Räumen bringt den besten Schutz vor Störern, ist aber auch am kostenintensivsten. Die Brückenmethode allein kann nicht alle Störer unterdrücken, ebensowenig die Verwendung schmalbandiger Messinstrumente [6]. Im vorliegenden Beitrag sollen diese Methoden und deren Anwendung erläutert und mit Beispielen belegt werden.

Im ersten Teil der Arbeit wird der Zusammenhang zwischen Bandbreite, Filterantwort und Signal-Überlagerung behandelt. Im zweiten Teil werden die verschiedenen Störer und die Unterdrückungsmassnahmen aufgelistet. Der dritte Teil enthält zwei typische Experimente an Leistungstransformatoren. Insbesondere werden schmalbandige und breitbandige Messungen verglichen.

2. Einfluss der Bandbreite

Die IEC-Publ. 270 unterscheidet bei TE-Messungen:

Schmalbandige Messgeräte: Bandbreite Δf wesentlich kleiner als die Bandmittenfrequenz f_0 (typische Werte: $\Delta f = 9$ kHz, $f_0 = 500$ kHz)

Breitbandige Messgeräte: Bandbreite Δf in der gleichen Grössenordnung wie die obere Grenzfrequenz f_2 (typische Werte: $\Delta f = 300$ kHz, $f_2 \simeq 400$ kHz)

2.1 Filterantwort

Der TE-Messkreis besteht, vereinfacht dargestellt (Fig. 1) aus einem Prüfobjekt C_p, einem Kopplungskondensator C_k und einer Messimpedanz R. Ein TE-Impuls der Ladung Q erzeugt über der Messimpedanz R den folgenden Spannungsabfall:

$$\hat{U}_{TE} = \Delta Q / C_p$$

Die Zeitkonstante τ der Abfallzeit beträgt

$$\tau = R \frac{C_p C_k}{C_p + C_k}$$

Die Spannungsform $u_e(t)$ ist in Figur 1 schematisch dargestellt. Um die Filterantwort zu berechnen, wird der TE-Impuls durch einen Rechteckimpuls mit der gleichen Fläche F ersetzt:

$$F = \int_0^\infty \hat{U}_{TE} e^{-t/\tau} dt = \hat{U}_{TE} \cdot \tau = \frac{\Delta Q R C_k}{C_p + C_k}$$

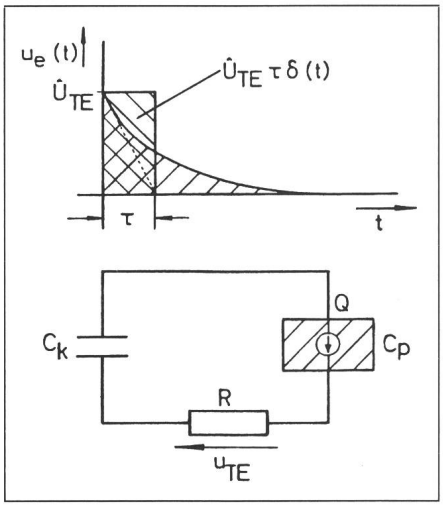


Fig. 1 Nachbildung eines TE-Impulses durch einen Rechteckimpuls, vereinfachtes Ersatzschaltbild

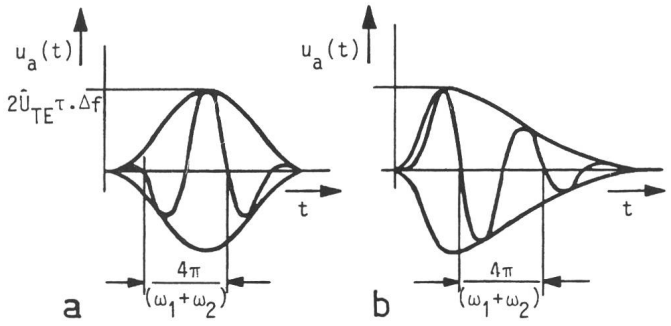


Fig. 2 Filterantwort eines Bandpassfilters
a Erster Ordnung
b Zweiter Ordnung

Damit kann die Filterantwort berechnet werden:

Eingangsspannung:

$u_e(t) = \hat{U}_{TE}\,\tau\delta(t); \qquad \delta(t) = 0 \text{ oder } 1$

Ausgangsspannung, berechnet nach [4]:

$$U_a(t) = \hat{U}_{TE}\,\frac{2\tau}{\pi(t-T)}\cdot$$

$$\sin\frac{\omega_2-\omega_1}{2}(t-T)\cdot\cos\frac{\omega_2+\omega_1}{2}(t-T)$$

Bandbreite des Filters: $\omega_2 - \omega_1 = \Delta\,\omega = 2\,\pi\,\Delta f$. Phasengang linear mit ωT.

Die typische Form der Filterantwort ist in Figur 2 dargestellt. Die Filterantwort entspricht einem Wechselspannungsimpuls mit dem Scheitelwert $2\,\hat{U}\,\tau\Delta f$ und der Kreisfrequenz $(\omega_1 + \omega_2)/2$. Δf ist die Bandbreite des Messgerätes und somit konstant. Der Scheitelwert der Filterantwort ist daher proportional der «Fläche» $\hat{U}_{TE}\,\tau$ der Eingangssignale und auch proportional der Impulsladung Q. Diese Messmethode wird als «Quasi-Integration» bezeichnet.

In Figur 3 ist das Frequenzspektrum einer Teilentladung dargestellt. Die Fouriertransformation dieses Frequenzspektrums ergibt

$$U(\omega) = \frac{QRC_k}{\pi(C_p + C_k)}\,\frac{\sin\omega t}{\omega t}$$

Die Nulldurchgänge befinden sich bei den Frequenzen

$$f_n = \frac{n}{2\tau} \text{ für } n = 1, 2, 3\ldots$$

Die Bandmittenfrequenz f_0 des Messbereiches muss viel tiefer liegen als diese Nullstellen, d.h.

$$f_0 \ll f_n = \frac{1}{2\tau} \text{ für } n = 1$$

Beispielsweise ist f_0 = 200 kHz und f_1 = 2,5 MHz (f_1 ist die untere Grenzfrequenz). In diesem Falle wird die Ladung der TE-Impulse richtig gemessen. Im allgemeinen gilt, je tiefer die Bandmittenfrequenz, um so «genauer» ist die Ladungsmessung. Bei der Bezeichnung «genau» ist allerdings zu beachten, dass immer von der scheinbaren Ladung [3] gesprochen wird.

Einige Beispiele von Filterantworten werden in den Oszillogrammen 4a bis 4d gezeigt, die mit dem TE-Detektor in Figur 5 durchgeführt wurden. Dieser weist einen breitbandigen und zwei schmalbandige Messbereiche auf. Das Eingangssignal entsprach einem Kalibriersignal von 10 pC.

Die Länge der Filterantwort ist umgekehrt proportional zur Bandbreite des Filters. Die Schwingungsfrequenz entspricht etwa der Mittenfrequenz f_0. Wenn die Bandbreite zu klein wird ($\Delta f \leq$ 10 kHz), kann wegen der sehr

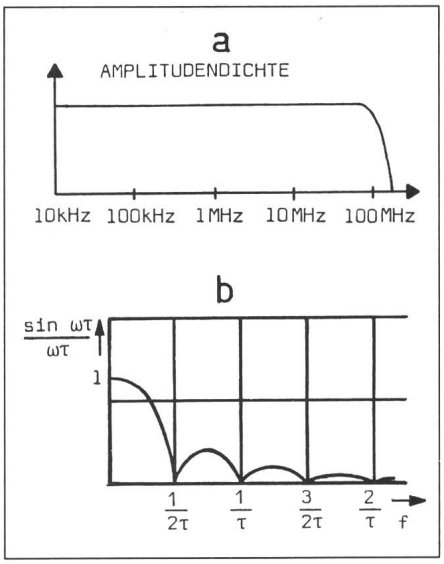


Fig. 3 Frequenzspektrum (a) und Verlauf von dessen Fouriertransformation (b) schematisch dargestellt

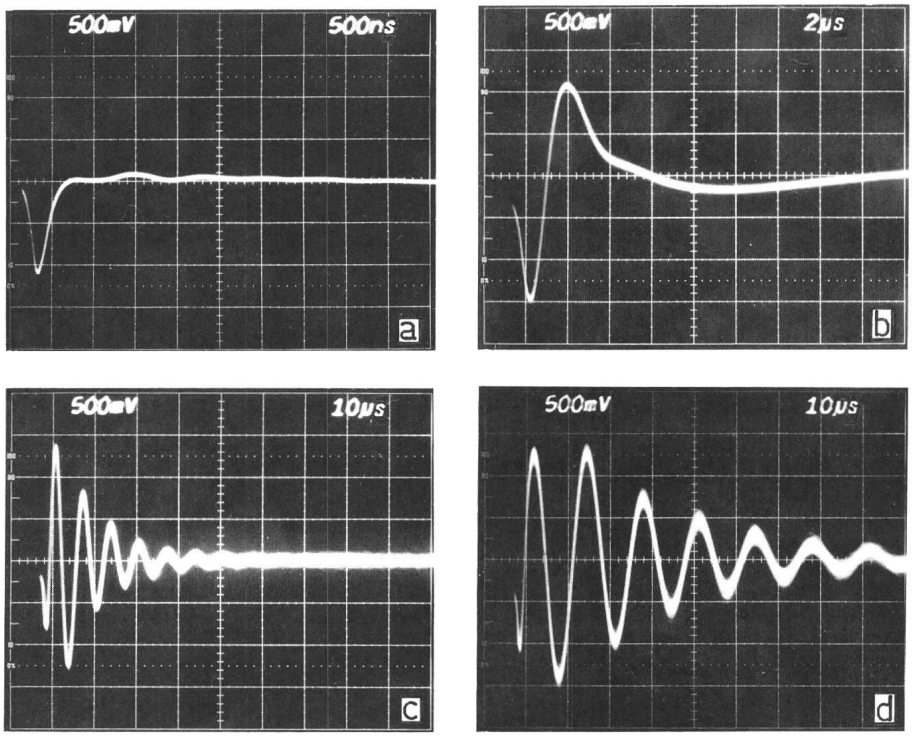


Fig. 4 Eingangssignal von 10 pC und Filterantwort
a Eingangssignal am TE-Detektor, gemessen mit einem breitbandigen Verstärker, Δf = 10 MHz, f_0 = 5 MHz
b Filterantwort des Breitbandfilters Nr. 3, Δf = 360 kHz, f_0 = 220 kHz
c Filterantwort des schmalbandigen Filters Nr. 2, Δf = 30 kHz, f_0 = 150 kHz
d Filterantwort des schmalbandigen Filters Nr. 1, Δf = 10 kHz, f_0 = 75 kHz

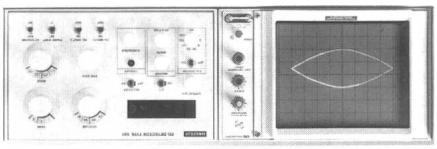


Fig. 5 TE-Detektor Typ 561
Hersteller: Emil Haefely & Cie AG, Basel

langen Filterantwort eine negative Superposition des Original-TE-Impulses mit einem seiner Reflexionen auftreten. Ferner wird das zeitliche Auflösungsvermögen reduziert. Den Figuren 4b und 4d kann die Abschätzung der Tabelle I entnommen werden.

Tabelle I

Bandbreite des Filters	Zeitliches Auflösungsvermögen
360 kHz	~ 3 µs
30 kHz	~ 20 µs
10 kHz	~ 70 µs

Bei den schmalbandigen Messungen ist auch die frequenzabhängige Abschwächung der TE-Signale in den Prüfobjekten zu berücksichtigen. Ein Vergleich von Messresultaten, gemessen bei verschiedenen Mittenfrequenzen, ist praktisch nicht möglich. Bei breitbandigen Messungen hingegen wird ein Mittelwert über die frequenzabhängige Abschwächung gebildet. Ein Vergleich von TE-Messresultaten ist dort zulässig.

2.2 Doppelimpulsverhalten

Das Doppelimpulsverhalten eines breitbandigen Filters ($\Delta f \approx 300$ kHz) ergibt nie zu kleine Resultate. Wenn die beiden Signale weniger als etwa 2 µs separiert sind, wird die Filterantwort die doppelte Amplitude ergeben. Eine negative Superposition zweier Signale ist nicht möglich. Die Oszillogramme 6 und 7 zeigen Beispiele des Doppelimpulsverhaltens.

3. Störeinflüsse

TE-Messungen an Leistungstransformatoren werden hauptsächlich mittels der beiden in Figur 8 vorgestellten «Bushing-Tap»- bzw. «Straight-Forward»-Methoden durchgeführt.

Bei der Bushing-Tap-Methode wird die kapazitiv gesteuerte Durchführung mit C_1 und C_2 als Koppelkondensator verwendet; Z_m ist die Messimpedanz, C_0 der Injektionskondensator für die Kalibrierung des Messkreises. Bei der Straight-Forward-Methode wird ein externer Hochspannungskondensator C als Koppelkondensator benützt.

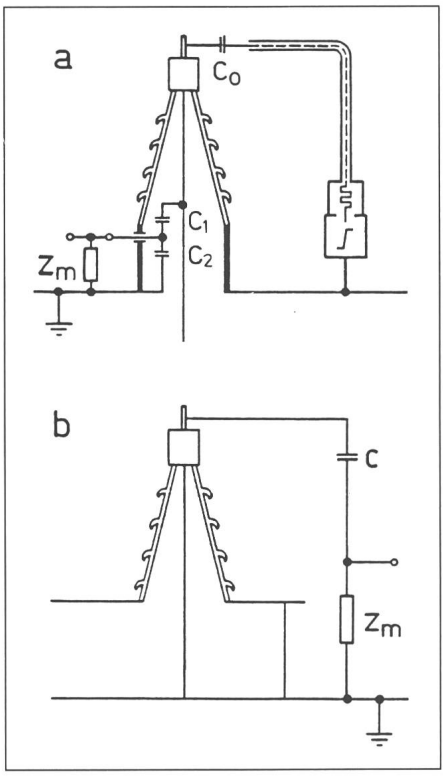


Fig. 8 Messmethoden für TE-Messungen an Leistungstransformatoren
Schematische Darstellung
a der Bushing-Tap-Methode
b der Straight-Forward-Methode

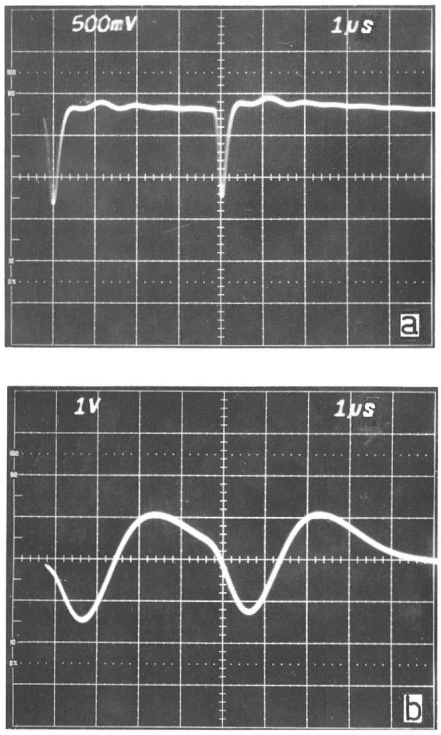


Fig. 6 Doppelimpulssignal mit Signalabstand 4 µs
a Eingangssignal gemessen mit breitbandigem Verstärker, Δf = 10 MHz
b Filterantwort des breitbandigen Filters Nr. 3, Δf = 360 kHz

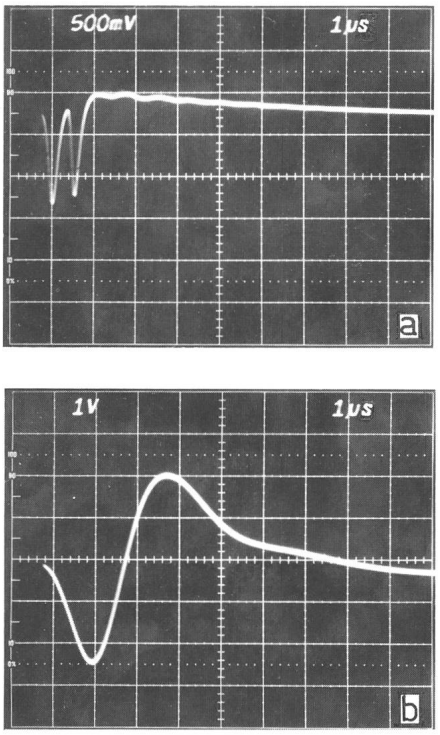


Fig. 7 Doppelimpulssignal mit Signalabstand 0,5 µs
a Eingangssignal gemessen mit breitbandigem Verstärker, Δf = 10 MHz
b Filterantwort des breitbandigen Filters Nr. 3, Δf = 360 kHz

Messungen in den verschiedenen Hochspannungs-Laboratorien lassen die folgenden, wichtigsten Quellen von Störungen erkennen:

3.1 Externe Störquellen, nicht im Messaufbau:

A) Elektronische Geräte und Maschinen mit Thyristorantrieben
B) Schaltvorgänge im Netz
C) Radiosender in der Nähe des Prüffeldes
D) Andere in Betrieb stehende Hochspannungsversuche
E) Betrieb von Schweissapparaten
F) Grosse, z.B. mit Gleichrichtern ausgerüstete Elektromotoren
G) Leuchtstofflampen

3.2 Interne Störquellen, erzeugt durch einen unzweckmässigen Messaufbau:

H) Elektronische Messgeräte (Ventilatoren, Zeilentrafos von KOs, Thyristoren usw.)

K) Äussere Entladungen am Messaufbau, bedingt durch zu kleine Elektroden, scharfe Kanten oder Spitzen
L) TE in der Speise-Einrichtung (HS- oder Speise-Trafo)
M) Schlechte Kontakte in der Speisung oder im HS-Trafo
N) Schlechte HS-Verbindungen, nur lose aufliegende Rohre usw.
P) Höhere harmonische Frequenzen der Speisespannung
Q) TE an anderen sich im HS-Labor befindlichen grossen Gegenständen
R) Ungeerdet herumliegende Gegenstände

Das Erkennen und Analysieren dieser Störer ist sehr aufwendig und verlangt neben sehr viel Erfahrung die Verwendung von TE-Detektoren mit einem Bildschirm, auf welchem die Prüfspannung zusammen mit den aufgehellten TE-Impulsen bzw. Störern dargestellt werden kann. Allein schon die Position der Störer in bezug auf die Phasenlage der Prüfspannung lässt Rückschlüsse auf den Ursprung dieser Störer ziehen. Einige typische Erscheinungsbilder der Störer sind im CIGRE-Bericht Nr. 11 [5] dargestellt.

3.3 Einstreuungen und Abschwächungsmassnahmen

Die Einstreuungen in den Messaufbau erfolgen durch die Streukapazitäten des Prüfobjektes und durch die Schlaufen, die durch den Messkreis gebildet werden. Aus diesen Gründen ist eine einzige Störunterdrückungs-Massnahme, wie z.B. der Einsatz von HF-Filtern in der Speiseleitung, meistens ungenügend. Die Störeinflüsse gelangen über mehrere Wege in den Messaufbau. Signale, welche durch den Messaufbau als Antenne aufgefangen werden, erzeugen im Messkreis einen Strom, welcher im gleichen Sinne wie der TE-Strom fliesst. Solche Störer können z.B. nicht durch eine Brückenschaltung eliminiert werden.

Eine ideale Störunterdrückung ist einzig durch einen Faradayschen Käfig mit gefilterten Zuführungen realisierbar. Da aber die HS-Apparate beachtliche Dimensionen aufweisen, ist die Einrichtung einer solchen Halle recht aufwendig. Falls kein Faradayscher Käfig zur Verfügung steht, können trotzdem TE-Messungen mit einer vernünftigen Empfindlichkeit durchgeführt werden, wenn die vorhandenen Störquellen sorgfältig analysiert und nach Möglichkeit eliminiert oder unterdrückt werden.

Bevor eine intensive Analyse durchgeführt wird, lohnt es sich, die folgenden einfachen Massnahmen zu beachten:
- Die TE-Messung zu einem Zeitpunkt durchführen, in welchem möglichst viele Maschinen stillstehen (Fälle D und E können so gelöst werden)
- Leuchtstoff-Lampen ausschalten (Fall G)
- Die Prüfobjekte und andere grössere Objekte in der Prüfhalle mit richtig dimensionierten Elektroden abschirmen (K und Q)
- Boden reinigen und alle Gegenstände gut erden (R)
- Mess- und Speisegeräte ohne interne Störgeräusche oder TE verwenden, eventuell Filter einsetzen (H, L und M)
- Auf sehr gute Stromkontakte und HS-Verbindungen achten (M und N)
- Der Einfluss von Störern, welche durch das Netz in den Messaufbau gelangen, kann durch entsprechende Filter auf der Niederspannungsseite reduziert werden (B, F und P)

Durch Antennenwirkung aufgefangene Störeinflüsse wie z.B. A, C und F sind am schwierigsten zu unterdrükken. Folgende Massnahmen helfen, die Amplitude solcher Störsignale zu reduzieren:
- Schmalbandige Messeinrichtung
- Reduktion der geometrischen Grösse des Messkreises (z.B. Bushing-Tap-Methode statt Straight-Forward-Methode)
- Schlaufen eliminieren, welche durch Streukapazitäten zwischen langen, nebeneinander verlegten Kabeln gebildet werden (z.B. doppelt abgeschirmte Kabel verwenden)
- Streukapazitäten direkt kurzschliessen (Beispiel: Kapazität zwischen Kabelrolle aus Metall und Kabel-Abschirmung)

Wie in Abschnitt 2 erwähnt, kann die Verwendung schmalbandiger Messgeräte zu Fehlmessungen führen. Aus diesem Grunde wird in gewissen Fällen gleichzeitig schmalbandig und breitbandig gemessen.

4. Experimentelle Ergebnisse

Von den zahlreichen, in verschiedenen Labors durchgeführten Messungen seien hier zwei Beispiele vorgestellt. Bei beiden handelt es sich um TE-Messungen an Leistungstransformatoren.

4.1 Versuch 1

Labor:	Grossmontagehalle in einer Trafofabrik, nicht abgeschirmt; elektrische Verbindungen spannen grosse Flächen auf; keine Filter in der Speisung
Prüfobjekt:	Generator-Transformator Nennspannung: US: 3×31,5 kV OS: 3×220 kV/$\sqrt{3}$ Leistung: 63 MVA
Prüfanordnung:	- «Bushing-Tap»-Methode, elektrische Anordnung ähnlich Figur 8a - Alle 3 OS-Phasen erregt
Speisung:	- Motor-Generator-Satz - Zwischentransformer - Selbsterregung des Prüfobjektes - Speisespannungsfrequenz: etwa 100 Hz
Kalibrierung:	Ein Kalibriersignal von 100 pC wurde vor Anlegen der Speisespannung zwischen OS-Phase und Erde eingespeist Spannungssprung: $\Delta U = 1{,}0$ V Anstiegszeit: $t \leq 50$ ns Injektionskondensator: $C_0 = 100$ pF Injizierte Ladung: $q = 100$ pC

Der TE-Detektor wurde so abgeglichen, dass die digitale Anzeige genau 100 pC ergab. So konnten bei der TE-Messung die Werte direkt in pC (digital) abgelesen werden.

Die TE-Messungen wurden in allen 3 Frequenzbereichen durchgeführt:

Band 1: Schmalbandiger Messbereich: $\Delta f = 10$ kHz, $f_0 = 75$ kHz

Band 2: Schmalbandiger Messbereich: $\Delta f = 30$ kHz, $f_0 = 150$ kHz

Band 3: Breitbandiger Messbereich: $\Delta f = 360$ kHz, $f_0 = 220$ kHz

Die Ergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt.

4.2 Versuch 1

Labor:	Prüfhalle in Trafofabrik; zum Teil mit Drahtnetz abgeschirmt; saubere Erdung unter der Halle; keine Filter in der Speisung
Prüfobjekt:	Generator-Transformator Nennspannung: US: 3× 15 kV OS: 3×250 kV Leistung: 181 MVA

Tabelle II

Hochspannung an der OS-Klemme	TE-Ablesung Band 1	Band 2	Band 3
HS = 0, Erregung aus	29 pC	50 pC	46 pC
HS = 0, Erregung ein	41 pC	54 pC	58 pC
HS = 63 kV	320 pC	220 pC	200 pC
HS = 127 kV[1]	27 400 pC	26 500 pC	24 900 pC
HS = 63 kV	320 pC	220 pC	200 pC
HS = 0, Erregung ein	41 pC	50 pC	58 pC
HS = 0, Erregung aus, Grundstörpegel[2]	8 pC	4 pC	4 pC

[1] Die OS-Elektroden hatten keine Toroide, Teilentladung in Luft.
[2] gemessen mit einem Fenster

Prüfanordnung:
- «Bushing-Tap»-Methode (Fig. 8a)
- 2 OS-Phasen geerdet
- 1 OS-Phasen erregt

Speisung:
- Motor-Generator-Satz
- Zwischentransformator
- Selbsterregung des Prüfobjektes
- Speisespannungsfrequenz: 200 Hz

Kalibrierung: Ein Kalibriersignal von 20 pC wurde vor Anlegen der Speisespannung zwischen OS-Phase und Erde eingespeist

Spannungssprung:
$\Delta U = 2{,}0$ V
Anstiegszeit:
$t \leq 50$ ns
Injektionskondensator:
$C_0 = 100$ pF
Injizierte Ladung:
$q = 100$ pC

Das Messsystem wurde ähnlich wie im Versuch 1 kalibriert. Die Messungen wurden mit dem breitbandigen Filter Nr. 3 (Δf = 360 kHz) durchgeführt. Tabelle III zeigt die Ergebnisse.

Tabelle III

Hochspannung an der OS-Klemme	TE-Ablesung
HS = 0, Erregung aus - Grundstörpegel - enzelne Störspitzen bis	 5 pC 9 pC
HS = 0, Erregung ein	14 pC
HS = 250 kV	700–400 pC[1]

[1] Wert zunächst etwa 700 pC, im Laufe der Zeit bei konstanter Prüfspannung abnehmend bis etwa 400 pC. Der Transformator wies TE auf.

5. Schlussfolgerungen

Die beiden Versuche zeigen, dass breitbandige Messungen in der «Bushing-Tap»-Methode zu aussagekräftigen Resultaten führen. Insbesondere konnte beim Versuch 2 mit einem breitbandigen Messgerät eine Empfindlichkeit von etwa 10 pC erreicht werden. Wenn die in Abschnitt 3.3 aufgeführten Massnahmen konsequent verfolgt werden, können praktisch in jedem Labor TE-Messungen mit breitbandigen Geräten durchgeführt werden. In einem konsequent und sauber ausgerüsteten Labor können Pegel von 5–10 pC gemessen werden. Die Ausnahme bilden HS-Kabel grosser Längen und Labors, die in unmittelbarer Nähe von starken Radiosendern stehen.

Literatur

[1] *T. Praehauser:* Lokalisierung von Teilentladungen in Hochspannungsapparaten. Schwierigkeiten und Aufwand. Bull. SEV 63(1972)16, S. 893...905.
[2] *T. Praehauser:* Teilentladungsmessungen an Messwandlern. Einführung in die neue SEV-Publikation 3304. Bull. SEV/VSE 67(1976)2, S. 89...92.
[3] Mesure des décharges partielles. Deuxième édition. Publication de la CEI N° 270, 1981.
[4] *N. Hyltén-Cavallius* et *J. Frixell:* Effet de couronne dans les transformateurs de puissance et problèmes d'essai correspondants. Rapport CIGRE N° 104, 1962.
[5] Identification des décharges. Electra -(1969)11, p. 61...98.
[6] *P. Osvath, W. Zaengl* und *H.J. Weber:* Teilentladungsmessungen: Probleme und deren Lösung mit einem flexiblen Messsystem. Bull. SEV 76(1985)19, S. 1137...1143.

MERLIN GERIN

à chaque besoin,
une réponse de qualité,
avec de l'appareillage
et des équipements
moyenne tension

Unsere Antwort
auf ihren Bedarf
heisst Qualität,
mit Geräten
und Austrüstungen
in der Mittelspannung

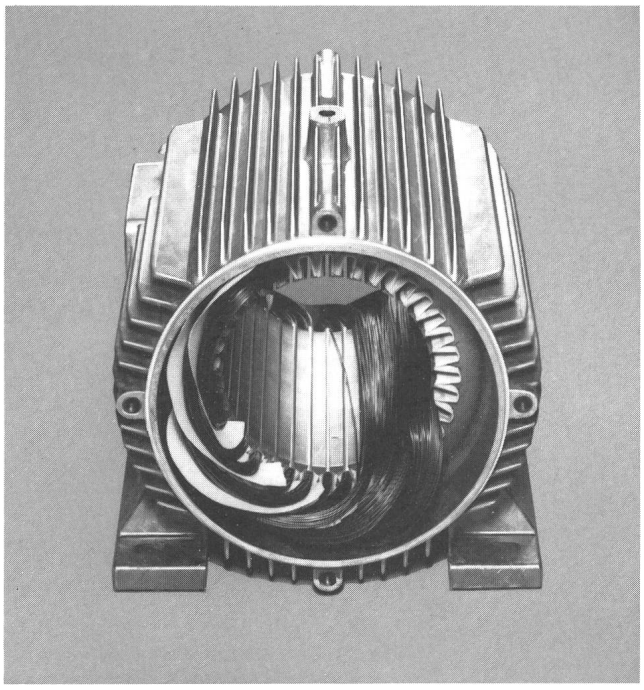
la maîtrise de l'énergie électrique
Elektrotechnik mit Verstand

52, avenue Giuseppe-Motta
1202 Genève / *Genf*
tél. 022 / 33 58 00

MERLIN GERIN

ASE 857

Wachendorf AG, Technischer Grosshandel, 4002 Basel, Tel. 061-42 90 90



Flächen-isolationen

einlagig und mehrschichtig aus den Werkstoffen:

Pressspan

Polyesterfolie-Mylar*

Aramidpapier-Nomex*

Polyimidfolie-Kapton*

*** Du Pont's eingetragenes Warenzeichen**

Eigenschaften:

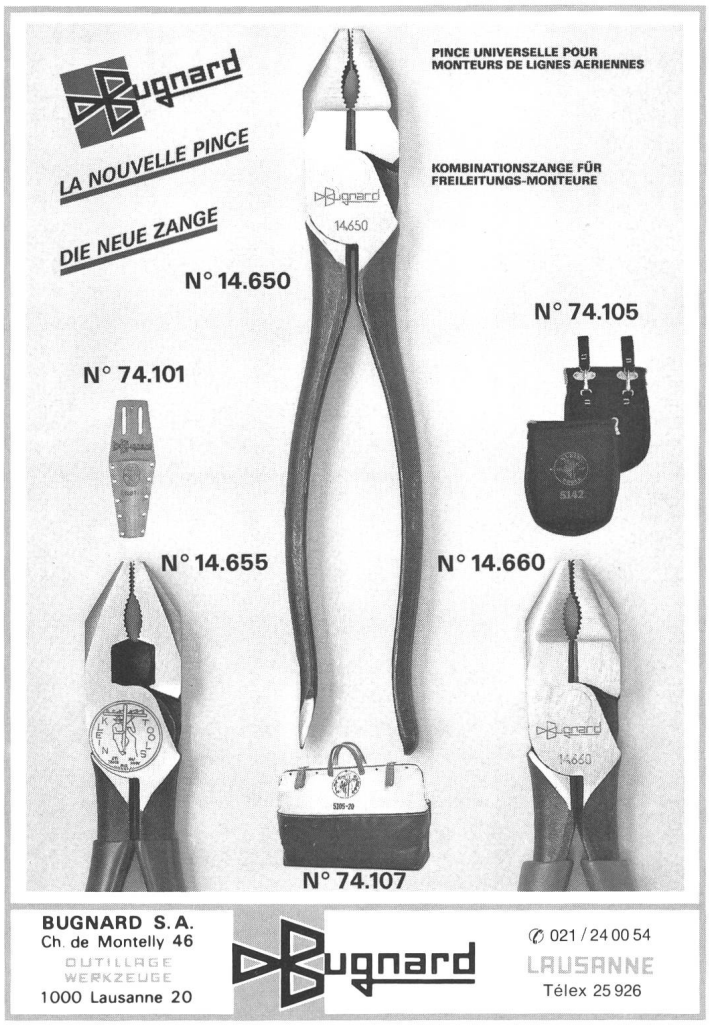
Mylar*
Hohe el. Durchschlags- und Zugfestigkeit, bis 150 °C.

Nomex*
Hohe el. Durchschlagsfestigkeit, flammwidrig, verträglich gegen Chemikalien, Lösungsmittel und radioaktive Strahlungen, bis 220 °C.

Kapton*
Thermische Höchst-Ansprüche von −269 °C bis +400 °C, dimensionsstabil, flammwidrig, kein Schmelzpunkt und strahlenbeständig.

Mehrschichtenisolation
Durch Verwendung versch. Trägerstoffe können Eigenschaften variiert werden, Einsatzbereich in den Wärmeklassen B-F-H-C.

Wachendorf

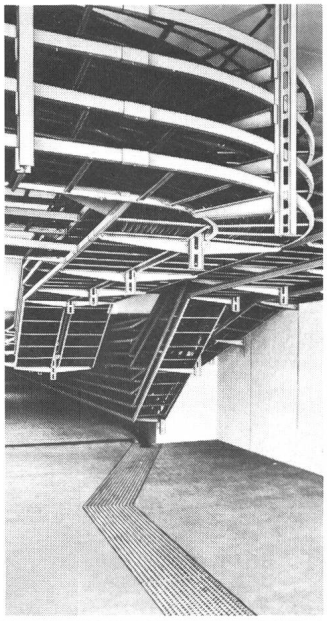


RICO HILFT SPAREN

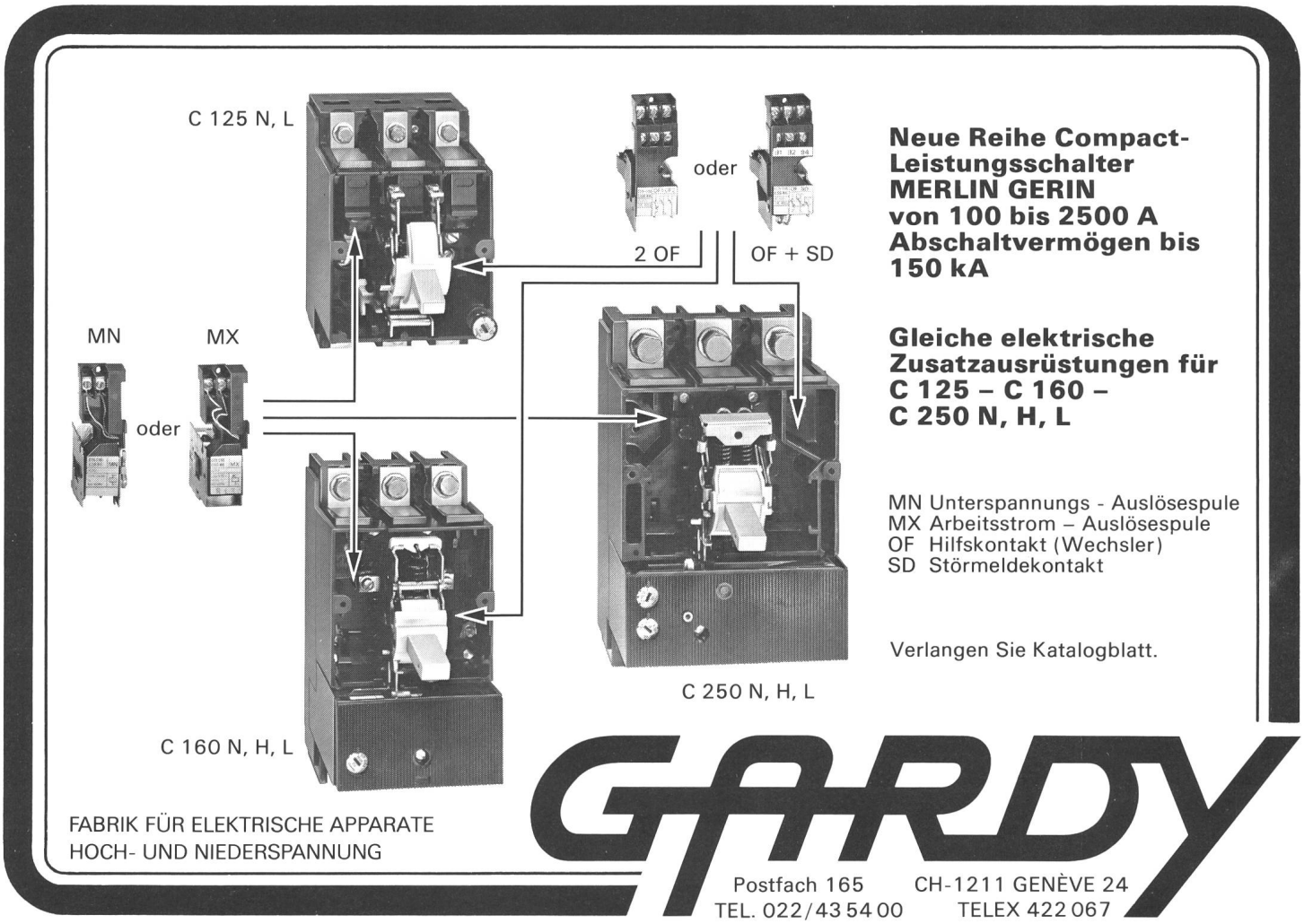
RICO-Kabeltragkonstruktionen, -Kabelpritschen und -Kabelrinnen

Schnelles und wirtschaftliches Verlegen aller Kabel jeder Grösse mit beliebigem Verlauf.

Senken Sie Ihre Kosten, verlangen Sie «RICO» – Tel. 01-830 12 51



Bruno Winterhalter AG

Ressort Industrieprodukte

Oberwiesenstrasse 4 **8304 Wallisellen**
Telefon 01-830 12 51 **Telex 82 62 12**