

# Teilentladungsmessungen an Messwandlern : Einführung in die neue SEV-Publikation 3304

Autor(en): **Prachauer, T.**

Objektyp: **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): **67 (1976)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915114>

## **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.

# Teilentladungsmessungen an Messwandlern

## Einführung in die neue SEV-Publikation 3304 <sup>1)</sup>

Von Th. Praehauser

621.317.333.82 : 621.3.087.92

*Teilentladungsmessungen an Hochspannungsapparaten für Hochspannungsnetze setzen sich immer mehr als Mittel zur Qualitätskontrolle der Hochspannungsisolation durch. Die CEI-Publikationen 185 und 186 [1] <sup>2)</sup> enthalten noch keine Regeln über Teilentladungsmessungen; daher verfasste die Arbeitsgruppe Teilentladungen des FK 38 diesbezügliche Regeln, die als SEV-Publikation 3304 [2] in Kraft gesetzt werden. Darin sind die CEI-Publikation 270 [3] sowie die bisherigen Erfahrungen mit amerikanischen und deutschen Vorschriften berücksichtigt. Die Auswahl der Messkreise und Messmethoden erfolgte zudem nach eigens durchgeführten Messungen. Die Gründe für die in den SEV-Regeln gewählten Mess- und Eich-Methoden werden erläutert.*

*Les mesures de décharges partielles sont utilisées de plus en plus pour contrôler la qualité de l'isolation des équipements à haute tension destinés aux réseaux HT. Comme les Publications CEI No. 185 et 186 ne contiennent pas de règles à ce sujet, le groupe de travail du CT 38 pour la mesure des décharges partielles a élaboré des règles dans le cadre du CES qui vont être mises en vigueur comme Publication ASE 3304. Pour ces règles, on a tenu compte de la Publication CEI No. 270 ainsi que des expériences antérieures avec les prescriptions américaines et allemandes. Le choix du circuit de mesure ainsi que les méthodes de mesure ont été déterminés en se basant sur des mesures effectuées spécialement dans ce même but. Les raisons pour le choix des méthodes de mesure et d'étalonnage utilisées dans les règles de l'ASE sont décrites ci-après.*

### 1. Qualitätskontrolle von Hochspannungsapparaten

Für die Sicherheit und Gleichmässigkeit der elektrischen Energieversorgung durch die Hochspannungsnetze ist die Verlässlichkeit der darin eingesetzten Hochspannungsapparate eine unbedingte Voraussetzung. Deshalb werden diese Hochspannungsapparate seit Jahrzehnten mit der allgemein als streng erachteten 1-min-Wechselspannungsprüfung kontrolliert, bei der Schwachstellen der Isolation zum Durchschlag gebracht werden und der entsprechende Apparat ausgeschrieben wird. Der Hauptnachteil dieser Prüfung ist, dass sie Schwachstellen bis knapp an die Grenze des Durchschlages schwächen kann, ohne dass es zum Durchschlag kommt, wodurch ein gefährdeter Apparat in Betrieb genommen wird; gewisse Schwachstellen werden also nicht aufgedeckt. Wenn dies auch selten vorkommt, so wird mit zunehmender Ausnutzung der verwendeten Materialien und der immer höheren elektrischen Beanspruchung eine anschliessende zerstörungsfreie Kontrolle der Hochspannungsisolation immer dringlicher. Als solche hat sich die Teilentladungsmessung allmählich eingebürgert. Sie ist eine wesentlich empfindlichere Methode als die tg  $\delta$ -Messung.

Als Teilentladung (TE) bezeichnet man einen Spannungszusammenbruch in einem Teilbereich einer Hochspannungsisolation, z. B. in einer Gasblase einer Ölpapierisolation oder in einem Giessharzlunker. Dadurch ändert sich nicht nur die Ladungsverteilung um diesen Teilbereich, sondern über Ausgleichsvorgänge auch die Ladungs- und Spannungsverteilung an den elektrischen Anschlüssen des Hochspannungsapparates. Die Ladungs- und Spannungsveränderungen an einem Teilbereich selbst sind in den seltensten Fällen direkt erfassbar [4; 5].

Die zulässigen TE-Werte bei Betriebsspannung und bei bestimmten Meßspannungen nach der Spannungsprüfung müssen aufgrund der Prüf- und Betriebserfahrungen festgelegt werden. 1968 wurden die zu verwendenden Messgrößen, Messgeräte, Messkreise, Mess- und Eichmethoden durch die CEI-Publikation 270 [3] vereinheitlicht. Bis dahin waren in den meisten nationalen Vorschriften Störspannungsmes-

sungen (Radio Influence Voltage RIV) in  $\mu\text{V}$  vorgeschrieben gewesen, wogegen durch CEI 270 neben anderen Messgrößen die scheinbare Ladungsmenge in pC bevorzugt wird. Daher ergab sich der Wunsch, die bisherigen  $\mu\text{V}$ -Erfahrungen in pC auszudrücken. Dies kann durch Umrechnungsfaktoren geschehen, welche aus Parallelmessungen in  $\mu\text{V}$  und pC gewonnen wurden; sie hängen von den oben erwähnten Parametern (Messgeräte, Messkreis usw.) ab. Weil aber ein Grossteil der Erfahrungen mit  $\mu\text{V}$ -Messungen gemacht wurde, also eine bessere Vertrautheit mit  $\mu\text{V}$  vorliegt, einigte man sich für die SEV-Regeln,  $\mu\text{V}$  auch weiterhin neben pC zuzulassen. Um die Vergleichbarkeit aller Messergebnisse zu gewährleisten, wurde aber nur eine Messmethode zugelassen.

Für die  $\mu\text{V}$ -Schmalbandmessung spricht auch die Möglichkeit, Störungen im gemessenen Frequenzband durch Sperrfilter zwischen Speisung und Prüfling zu dämpfen. Weitere durch CEI 270 an sich zugelassene Messgrößen wurden für die SEV-Regeln wegen geringer praktischer Bedeutung nicht vorgesehen.

### 2. Messung der TE mittels der Störspannung

Als man in den vierziger Jahren in den USA auf breiterer Basis begann TE-Messungen durchzuführen, setzte man die für den Rundfunk entwickelten RIV-Geräte ein und wandte die NEMA-Vorschriften [6] <sup>3)</sup> an, welche 1964 überarbeitet neu erschienen sind [7]. Eine Besonderheit der RIV-Geräte ist, dass sie eine gewichtete Spannung anzeigen; die Anzeige berücksichtigt nicht nur die Amplitude der Störimpulse sondern auch deren Häufigkeit. Im Laufe der Jahre wurden zwei etwas unterschiedliche Typen von RIV-Messgeräten entwickelt, nämlich gemäss NEMA einerseits und gemäss CISPR [8] <sup>4)</sup> andererseits. Bei konstanter Impulsamplitude und einer Steigerung der Impulshäufigkeit von  $1\text{ s}^{-1}$  auf  $10\text{ s}^{-1}$  steigt die Anzeige beim NEMA-Gerät um 30 %, beim CISPR-Gerät um 70 % [9]. Die Abhängigkeit der CISPR-Anzeige von der Impulshäufigkeit ist der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres angepasst.

Die Abhängigkeit der Anzeige von der Impulshäufigkeit wirkt sich auch bei erhöhter Speisefrequenz der Prüfspannung aus. Tabelle I gibt einige angenäherte Werte für Beispiele von Impulszahlen je Halbwelle bezogen auf eine Anzeige bei 50 Hz. Der Einfluss der Speisefrequenz wird um so kleiner, je höher die Impulshäufigkeit je Halbwelle ist.

<sup>1)</sup> Gekürzte Fassung eines Vortrages im Rahmen des Kolloquiums für Forschungsprobleme der Energietechnik am 29. April 1975 an der ETHZ. Ausgearbeitet im Auftrag des FK 38 des CES.

<sup>2)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

<sup>3)</sup> National Electrical Manufacturers Association NEMA.

<sup>4)</sup> Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques.

Hz	Impulse je Halbwelle	1	2	4	8
50	Relative Anzeige des CISPR-Gerätes	1,0	1,0	1,0	1,0
100		1,25	1,2	1,11	1,1
150		1,38	1,26	1,17	1,14

### 2.1 Eichung des Messkreises durch Spannungsvergleich

Die NEMA-Vorschrift 107 [7] schreibt eine Eichung durch Anlegen einer Sinus-Hochfrequenz-Spannung am Messobjekt vor, wobei der Übertragungsfaktor dem Verhältnis gemessene Spannung zu Spannung am Messobjekt entspricht. Bei Verwendung von Messinstrumenten mit niedriger Eingangsimpedanz (CISPR) ist zu beachten, dass die Stromverteilung im Messkreis und damit der gemessene Übertragungsfaktor geändert wird, wenn das Instrument einmal am Prüfling und dann an der Meßstelle angeschlossen wird. Deshalb muss in diesem Fall jeweils entweder ein zweites Instrument oder eine entsprechende Ersatzimpedanz eingesetzt werden.

Die Grösse der Messimpedanz beeinflusst das Messergebnis bei der Eichung durch Spannungsvergleich sehr wenig. Zwar wird die Anzeige des Messinstrumentes mit steigender Messimpedanz grösser, zugleich aber sinkt der Übertragungsfaktor entsprechend, der ja das Verhältnis von Eich-Eingangsspannung am Prüfling zu Ablesung am Instrument ist. Deshalb ist der errechnete TE-Wert von der Grösse der Messimpedanz bei der Spannungsvergleichs-Eichung unabhängig. Kleine Abweichungen sind jedoch möglich, da durch andere Messimpedanzen die Stromverteilung im Messkreis geändert werden kann.

### 2.2 Eichung des Messkreises durch Stromvergleich

Die VDE-Vorschriften [10] verwenden eine Hochfrequenzstromquelle zur Eichung. Als Konstantstromquelle dient entweder die Serieschaltung eines Hochfrequenzgenerators mit einer kleinen Kapazität von höchstens 50 pF oder ein Impulsgenerator. Einmal wird diese Stromquelle bei angeschlossenem Messgerät zwischen Hochspannungspol und Erde in Serie mit der Messimpedanz geschaltet, anschliessend über den Prüfling. Das Verhältnis der beiden Werte des Messgerätes gibt den Übertragungsfaktor, mit welchem die Messgeräteeigenen während der TE-Prüfung zu multiplizieren sind. Bei Verwendung eines Sinusgenerators als Eichquelle können die Werte des Übertragungsfaktors von der Lage der Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen des Messkreises (Messobjekt, Kopplungskondensator, Messimpedanz) abhängig sein. Bei Verwendung eines Impulsgenerators sind diese Schwierigkeiten wesentlich geringer [11].

Im Gegensatz zur Eichung durch Spannungsvergleich beeinflusst hier die Grösse der Messimpedanz das Messergebnis direkt, jedoch nicht streng proportional. Bei beiden Ablesungen während der Eichung steigt die Anzeige mit steigender Messimpedanz. Dadurch bleibt deren Verhältnis und damit der Übertragungsfaktor ziemlich unverändert, obschon sich die Stromverteilung im Messkreis mit der Grösse der Messimpedanz auch etwas ändert. Die Anzeige während der TE-Messung steigt aber mit steigender Messimpedanz, also auch das Messergebnis.

Die Übertragungsfaktoren sind sowohl bei Spannungs- als auch bei Stromeichung frequenzabhängig, wegen der Ver-

schiedenheit der Eichkreise aber in den beiden Methoden nicht in der gleichen Weise. Das bedeutet, dass bei Stromvergleichseichung nur eine bestimmte Messimpedanzgrösse den gleichen TE-Wert ergibt, wie eine Messung an einer Messimpedanz von 150  $\Omega$  und Eichung durch Spannungsvergleich.

### 2.3 Zusammenstellung möglicher Fehler bei TE-Messungen mit Störspannungsmessgeräten

Genauigkeit	
moderner Störspannungsmessgeräte	$\pm 2$ dB
älterer Geräte	$\pm 3$ dB
Einfluss der Impulshäufigkeit auf ältere Geräte	+6 dB
Speisefrequenz der Prüfspannung 150 Hz statt 50 Hz	+3 dB
NEMA 1964 gegenüber NEMA 1940 bis zu	+6 dB
NEMA-Kreis mit CISPR-Geräten z. B.	+6 dB
VDE-Vorschriften mit Sinus-HF-Generator und ungünstig gewählten Verbindungen	ca. $\pm 3$ dB
VDE 60 $\Omega$ gegenüber NEMA 150 $\Omega$ z. B.	-8 dB

Einige dieser Fehler wurden früher sicherlich kompensiert durch Weglassen der Eichung, durch Wahl von Messfrequenzen mit für TE schlechter Übertragung oder durch mehr oder weniger geeignete Anordnung der HF-Verbindungen bei der Eichung. Selbst bei ungünstigen Annahmen dürften die Messungen der letzten 30 Jahre innerhalb eines Streubereiches von  $\pm 10$  dB liegen. Sicherlich ist dieser Streubereich immer dann wesentlich kleiner, wenn TE-Messungen an grösseren Serien von Prüflingen anhand einer gleichbleibenden einwandfrei festgelegten Methode durchgeführt wurden oder auch bei Anwendung verschiedener Methoden, deren Relation zueinander aber ausgemessen wurde.

### 2.4 Die Eichmethode für Störspannungsmessung in den SEV-Regeln

Verglichen mit einem Hochfrequenzgenerator bietet ein Impuls-Eichgenerator [12] folgende Vorteile:

- seine Impulsform entspricht im Gegensatz zur Sinuswelle der tatsächlichen Impulsform von Teilentladungen;
- seine Handlichkeit erleichtert rasche und wiederholte Anwendung;
- die Gefahr hochfrequenztechnisch ungünstiger Verbindungen ist vergleichsweise gering, so dass Fehleichungen wesentlich unwahrscheinlicher sind;
- durch die Eingabe von z. B. 50 pC ist direkt eine Relation pC zu  $\mu$ V gegeben.

Um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse in Zukunft so verlässlich wie möglich zu machen, wurde deshalb als einzige Eichquelle für TE-Messungen der *Impulsgenerator* vorgeschrieben.

Die Stromvergleichsmethode bietet gegenüber der Spannungsvergleichsmethode folgende Vorteile:

- sie wurde bisher in der Schweiz in der überwiegenden Zahl der TE-Messungen mit Störspannungsmessgeräten verwendet; dadurch ist sie vertraut und deren Messergebnisse sind vergleichbar;
- hochfrequenztechnisch geringere Schwierigkeiten (bei Verwendung eines Impuls-Eichgenerators);
- nur ein Messgerät bzw. keine Ersatzimpedanz nötig.

Daher wurde die *Stromvergleichsmethode* als einzige Methode vorgeschrieben. Auf eine Abänderung zur Direktmessung der pC-Impulse über die Messimpedanz anstatt unter Einschaltung des gesamten Messkreises wurde verzichtet. Die Unterschiede sind vernachlässigbar.

In der Schweiz wurden schon sehr viele Messungen mit einer 150- $\Omega$ -Messimpedanz durchgeführt. Auch auf interna-

tionaler Ebene scheint dieser Wert zu überwiegen. Daher wurde  $150 \Omega$  als einzige Grösse der *Messimpedanz* gewählt. Dadurch entfällt die Unsicherheit, die bei Umrechnung von einer Messimpedanz auf eine andere besteht, auch wenn sie gering ist.

Der Übertragungsfaktor ist frequenzabhängig. Es liegt im Interesse von Hersteller und Kunden, diesen und damit die Messunsicherheit möglichst klein zu halten. Wegen der Vielzahl der Radiosender wurde ein *Frequenzbereich* von 100...1200 kHz eingeräumt.

### 3. Messung der TE mittels der scheinbaren Ladung

Im Gegensatz zu Schmalband-RIV-Geräten messen Breitband-pC-Geräte über ein breites Frequenzband; sie sind daher vom Frequenzverhalten des Messkreises unabhängiger. Da die Anzeige bei den meisten Geräten auf den gewünschten Betrag justiert werden kann, ist bei diesen die Berechnung eines Übertragungsfaktors nicht nötig.

#### 3.1 Eichung des Messkreises

Sie erfolgt mittels eines Impulsgenerators über das Messobjekt. Zu Beginn der pC-Messungen wurden oft ins Messgerät eingebaute Impulsgeneratoren verwendet und der Übertragungsfaktor entsprechend den Kapazitätsverhältnissen errechnet, was sich aber bei Überprüfung durch Eichimpuls über das Prüfobjekt als unzuverlässig herausstellte.

#### 3.2 Zusammenstellung möglicher Fehler bei TE-Messungen mit pc-Geräten

Genauigkeit von Breitband-pC-Geräten	$\pm 1$ dB
Genauigkeit von Eichgeneratoren	$\pm 1$ dB
Genauigkeit des geeichten Messkreises	$\pm 3$ dB

Messungen mit Eichung direkt am Messgeräteingang ohne Eichung über den Prüfling, eventuell mit berechnetem Übertragungsfaktor, können bis um ca. 10 dB zu kleine Werte ergeben.

### 4. Verhältnis von $\mu V$ zu pC

Für die Umrechnung von  $\mu V$  in pC ist es nötig folgende Daten zu kennen: Typ des Prüfobjektes, Messgerät, Messkreis und angewandte Vorschrift oder Empfehlung, Frequenz der Prüfspannung, Messfrequenz, Messimpedanz, Eichmethode. Der Betrag der Messimpedanz ist besonders bei der Stromvergleichsmethode wichtig. Im allgemeinen ist eine Umrechnung nur angenähert möglich. CEI 270 empfiehlt für Messergebnisse mit einer Messimpedanz von  $150 \Omega$  einen Umrechnungsfaktor  $pC/\mu V$  von 1. Dieser Wert wurde in die SEV-Regeln übernommen. [9] gibt für Transformatoren je nach TE-Ursprungsort und Art der Kapazitätsverteilung einen Bereich von 0,2 bis 60, mit der Grosszahl der Werte zwischen 0,25 und 5, für andere Hochspannungsapparate wie Schalter, Überspannungsableiter, Durchführungen etwa 1,0 (Messimpedanz  $150 \Omega$ ); [13] gibt  $2,6 pC/\mu V$  bei 100 Impulsen/s und einer Messimpedanz von  $60 \Omega$ .

Ergebnisse aus Messungen mit einer Messimpedanz von  $60 \Omega$  und Stromvergleichseichung müssen für die Umrechnung auf  $150 \Omega$  mit einem Faktor von max. 2,5 multipliziert werden. Bei Spannungsvergleichseichung sind die Werte von der Messimpedanz ziemlich unabhängig. Um diese Differenzierung zu umgehen, wurde nur die Messimpedanz von  $150 \Omega$  zugelassen.

### 5. Die Durchführung der TE-Prüfung

Die SEV-Regeln legen drei Varianten der Kontrolle durch TE-Messung fest, um die jeweiligen Prüfgegebenheiten zu berücksichtigen und den verschiedenen Auffassungen gerecht zu werden, d. h. die Hochspannungsisolation sowohl bei Belastung durch kurze betriebliche Überspannungen als auch nach bestandener Prüfspannung zu kontrollieren. Die Varianten unterscheiden sich durch die Art der Spannungsvorbeanspruchung vor der TE-Messung. Die Spannungswerte, bei welchen die TE-Messungen durchzuführen sind, sowie die bei diesen Meßspannungen zulässigen TE-Grenzwerte sind unabhängig von den 3 Varianten. Sie wurden unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen festgelegt und richten sich danach, ob es sich

- um Wandler mit Ölisation (vorwiegend ölgetränkte Isolation oder zähflüssige Füllung) oder mit Feststoffisolation handelt, oder
- um Apparate für Netze mit wirksam oder nicht wirksam geerdetem Sternpunkt oder um Spannungswandler für V-Schaltung.

Auf die Festlegung einer höchst zulässigen Differenz der TE-Werte vor und nach Prüfspannung wurde verzichtet, da dadurch indirekt die maximalen TE-Werte herabgesetzt würden, je nach Anfangs-TE-Werten.

#### 5.1 Variante 1

Um den Prüfaufwand niedrig zu halten, wird die TE-Messung vielfach sofort an die 1-min-Wechselspannungsprüfung beim Herunterregeln der Spannung angeschlossen. Dies ist aber aus technischen Gründen dann nicht durchführbar, wenn z. B. der TE-Prüfraum nicht für die Prüfspannung ausgelegt ist, oder die Prüfspannung mit einer Maschine gefahren werden muss, die die verlangten TE-Werte nicht einhält. In diesen Fällen muss nach der Prüfspannung in einen anderen Raum gewechselt oder auf eine andere Speisung umgeschaltet werden. Abgesehen davon könnten aber auch durch die hohe Prüfspannung Störungen im Objekt ausgelöst werden, die erst allmählich wieder abklingen. Die TE-Messung soll nicht in erster Linie der Kontrolle der Spannungsprüfung dienen, sondern vor allem der Sicherstellung eines guten Betriebsverhaltens; in den genannten Fällen ist die Prüfung nach Variante 2 fortzusetzen.

#### 5.2 Variante 2

Entsprechen die TE-Werte sofort nach der Spannungsprüfung nicht den vorgeschriebenen Werten, sei es wegen der Anlage, sei es wegen des Wandlers selbst, so muss die TE-Prüfung unter Bedingungen durchgeführt werden, die der Beanspruchung des tatsächlichen Netzbetriebs gleichwertig erscheinen. Es genügt nicht, dass die zulässigen TE-Werte bei zwar leicht überhöhter (10 %) aber gleichmässiger Netzspannung eingehalten werden; vielmehr dürfen durch Überspannungen keine TE gezündet werden, die bei Dauerspannung weiterbrennen. Als Dauerspannung muss bei wirksam geerdetem Sternpunkt des Netzes die Phasenspannung, bei nicht wirksam geerdetem die verkettete Spannung (Erdschluss über mehrere Stunden) angenommen werden. Als gleichwertige Überspannung von mindestens 5 s Dauer wurde für Wandler mit Ölisation im ersten Fall  $2 U_m/\sqrt{3}$ , im zweiten  $2,4 U_m/\sqrt{3}$  festgelegt, was in beiden Fällen etwa der 1,4fachen Erdschlussspannung entspricht.



### 5.3 Variante 3

Sie dient der Nachbildung der nicht netzfrequenten, sehr kurzdauernden Überspannungen im Betrieb am besten. Die äusseren Überspannungen werden durch die Blitzstossprüfung – eine Typenprüfung – nachgebildet. Innere Überspannungen sind z. B. die Schaltspannungen; deren Dauer ist wesentlich grösser als die der Blitzstösse. Die 1-min-Prüfspannung erscheint als überdimensionierter Ersatz; sie steht schon seit längerer Zeit in Diskussion [4], da sie z. B. bei 100 Hz 12 000 Schaltstössen von der Form einer Wechselspannungs-Halbperiode entspricht, was für den Zeitraum von 60 s eine äusserst scharfe Zeitraffung von betrieblichen Beanspruchungen darstellt. Spannungen von geringerer Höhe aber längerer Dauer wiederum sind zwar technisch als Kontrolle nach den bisherigen Erfahrungen an Transformatoren sinnvoll, aber bei den grossen Stückzahlen an zu prüfenden Wandlern wirtschaftlich nicht vertretbar. Im übrigen sieht Publikation CEI 71 für Netzspannungen über 300 kV keine Wechselspannungsprüfung mehr vor.

Um den Bedingungen im tatsächlichen Netzbetrieb näherzukommen, wurde daher – für nationale Regeln für Messwandler erstmalig – als erster Schritt zum späteren Ersatz der 1-min-Prüfung – Variante 3 der TE-Prüfung für Messwandler eingeführt. Diese sieht 5 Schaltstösse von 1,05fachem Scheitelwert der 1-min-Prüfwechselfspannung als Überlagerungen zur vorgeschriebenen Meßspannung vor in zeitlich ausreichendem Abstand zur Wechselspannungsprüfung. [14] enthält eine Schaltung zur Erzeugung solcher Überspannungen ohne Verwendung eines zusätzlichen Impulsgenerators sowie weitere Angaben zur Durchführung des Versuches.

### 5.4 Besonderheiten der Wandler mit Feststoffisolation

Da bisher die TE-Werte an Wandlern für Netze mit nicht starr geerdetem Sternpunkt bei 1,3 statt 1,1  $U_m$  gemessen wurden, behielt man diesen Meßspannungswert bei. Die zulässigen TE-Werte sind entsprechend der bisherigen Erfahrung und Praxis höher als für Wandler mit Ölisolation.

## 6. Schlussbemerkungen

Die SEV-Regeln für TE-Messungen an Messwandlern wurden durch Vertreter der Abnehmer und der Hersteller von Wandlern sowie des SEV erarbeitet, um einheitliche Maßstäbe innerhalb der Schweiz und damit eine breite Basis für diese zusätzliche Kontrolle der dielektrischen Qualität von Messwandlern zu schaffen.

### Literatur

- [1a] Transformateurs de courant. Publication de la CEI 185(1966).
- [1b] Transformateurs de tension. Publications de la CEI 186(1969) et 186A(1970).
- [2] Entwurf der SEV-Regeln zur Vereinheitlichung der TE-Messung an Messwandlern. Zürich, SEV, 1974. (Betrifft Publikation 3304 des SEV.)
- [3] Mesure des décharges partielles. Publication de la CEI 270(1968).
- [4] T. Praehauser: Lokalisierung von Teilentladungen in Hochspannungsapparaten. Bull. SEV 63(1972)16, S. 893...905.
- [5] F. H. Kreuger: Discharge detection in high voltage equipment. London, Temple Press Books LTD, 1964.
- [6] Methods of measuring radio noise, 1940, EEI-Publication No. G9, NEMA-Publication No. 107(1940).
- [7] Methods of measurements of radio influence voltage (RIV) of high-voltage apparatus. NEMA Standards Publication No. 107(1964).
- [8] Specification de l'appareillage de mesure CISPR pour les fréquences comprises entre 0,15 MHz et 30 MHz. Publication CISPR N° 1, 1961.
- [9] R. T. Harrold and T. W. Dakin: The relationship between the picocoulomb and microvolt for corona measurements on HV transformers and other apparatus. Trans. IEEE PAS 92(1973)1, p. 187...198.
- [10a] Richtlinien für Teilentladungs-Messeinrichtungen für Isolationsprüfungen mit Wechselspannungen bis 500 Hz. VDE-Vorschrift 0434 Teil 1/1.66.
- [10b] Richtlinien für Teilentladungsprüfungen an Betriebsmitteln mit Wechselspannungen bis 500 Hz. VDE-Vorschriften 0434 Teil 2/1.66.
- [11] T. Praehauser: The calibration of partial discharge (PD) measuring circuits. Internationales Symposium Hochspannungstechnik, ETHZ, 9. ...13. September 1975. Zürich, SEV, 1975; S. 265...270.
- [12] F. H. Kreuger: Dispositions recommandées pour l'étalonnage et le contrôle des circuits de détection des décharges. Rapport CIGRE No. 21-01(1968), annexe III.
- [13] E. M. Dembinski and J. L. Douglas: Calibration and comparison of partial-discharge and radio-interference measuring circuits. Proc. IEE 115(1968)9, p. 1332...1340.
- [14] M. Pieper und H.-J. Vorwerk: Erzeugung kurzzeitiger Überspannungen bei Ionisationskontrolle von Messwandlern und Leistungstransformatoren. Brown Boveri Mitt. 58(1971)6, S. 196...200.

### Adresse des Autors

Dr. Thomas Praehauser, Emil Haefely & Cie. AG, 4028 Basel.

## Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

### Sitzungen des SC 23A, Conduits de protection des conducteurs, vom 25. bis 28. November 1975 in Baden-Baden

Das SC 23A der CEI führte unter dem Vorsitz von R. Huguët (F) vom 25. bis 28. November 1975 in Baden-Baden seine 4. Tagung durch. Rund 35 Delegierte aus 13 Ländern besprachen in diesen vier Tagen verschiedene Entwürfe internationaler Normen für Installationsrohre. Die Schweiz war durch 2 Delegierte des FK 23A vertreten.

Das Protokoll der vorangegangenen Tagung konnte erst nach längeren Verhandlungen genehmigt werden, da mehrere Einsprachen vorlagen und die Amerikaner zudem dieses Dokument nicht erhalten haben.

Der Sekretär orientierte über den mit Dokument 02(Suisse/La Hays)... dem Comité d'Action anlässlich der Generalversammlung in Den Haag eingereichten Vorschlag, im Rahmen des SC 23A keine Arbeiten über die Brennbarkeit der Rohre auszuführen, sondern dieses Problem von einem zuständigeren Gremium der CEI behandeln zu lassen. Die Versammlung vertrat jedoch die Meinung, dass die speziellen Probleme der Brennbarkeit von Elektrorohren nur vom SC 23A speditiv und zweckdienlich gelöst werden können, wobei selbstverständlich eine Koordination erfolgen muss mit einem vom Comité d'Action eventuell noch zu bildenden Gremium, das die Behandlung der Probleme

der Brennbarkeit von elektrischem Material an die Hand nehmen soll.

Anschließend berichteten die Vorsitzenden der Arbeitsgruppen über den Stand der Arbeiten. Die Arbeitsgruppe 1 unterbreitete einen auf den Empfehlungen des CE 64 basierenden Vorschlag für die in Normen über Elektrorohre zu berücksichtigenden Umgebungsbedingungen, der ohne lange Diskussionen akzeptiert wurde. Die von der Arbeitsgruppe 2 ausgearbeiteten Vorschläge für Brennbarkeitsprüfungen wurden von der Versammlung gutgeheissen.

Daraufhin orientierte der Sekretär über verschiedene gegenwärtig unter der 6-Monate-Regel stehende Dokumente.

Anhand einer Zusammenfassung wurden die zahlreichen Kommentare zum Dokument 23A(Secretariat)26, Specification for conduits for electrical installations – Part IIA: Particular specification for steel conduits, behandelt, die zu verschiedenen Modifikationen führten. Die Versammlung entschied sich zuerst für die folgende neue Klassifizierung der Stahlrohre, 1. Rohre für schwere mechanische Beanspruchung, 2. Rohre für sehr schwere mechanische Beanspruchung. In bezug auf den Schutz der Stahlrohre gegen Rosten wurde entschieden, zuerst Beispiele