

Stand der Revision von IEC 60 und die Auswirkungen auf die Hochspannungsprüftechnik

Dr. A. Rodewald

In den IEC Publikationen 60 für "High-Voltage test techniques"/II werden unter anderem die Grenzen für die zulässigen Messunsicherheiten abgesteckt, z.B. 3 % für die Messung des Scheitelwertes einer genormten Blitzstossspannung. Es werden dort auch die Verfahren beschrieben, mit deren Hilfe man diese Unsicherheiten in den festgelegten Grenzen halten muss.

Aber schon kurz nach der Veröffentlichung des letzten Teils der Publikation 60 im Jahr 1977 hat sich gezeigt, dass die beschriebenen Verfahren zur Eingrenzung der Messunsicherheiten zum Teil versagen.

Eine weitgehende Revision der genannten Vorschrift soll nächstens diesen unerfreulichen Zustand beseitigen. Im folgenden sollen die näheren Umstände dieser Revision grob umrissen werden und zwar

1. Die Ausgangslage:
Was fordert die derzeit gültige Norm?
2. In welcher Hinsicht hat die Norm versagt?
3. Welche Verbesserungsmöglichkeiten wurden überprüft?
4. Das neue Konzept
5. Der Zeitplan

Die Ausführungen konzentrieren sich exemplarisch auf Messeinrichtungen zur Messung von genormten Blitzstossspannungen der Form $1,2/50\mu\text{s}$. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei natürlich die Spannungsteiler.

1. Die Ausgangslage: Was fordert die derzeit gültige Norm?

Jeder Stossspannungsteiler reduziert nicht nur die Amplitude der zu messenden Stossspannung sondern er verändert gleichzeitig auch noch die Form des Impulses. In Bild 1 ist dieser Vorgang schematisch skizziert. Die Verzerrung der Form äussert sich in einer Veränderung der Amplitude um ΔU und in einer Veränderung der Zeitparameter, z.B. der Frontzeit um ΔT .

IEC 60 steckt die Grenzen der zulässigen Messunsicherheiten wie folgt ab:

- Für die Ermittlung der Amplitude des vollen Blitzstosses und der Amplitude eines im Rücken abgeschnittenen Stosses 3 %
- Für die Amplitude eines in der Front abgeschnittenen Blitzstosses 5 %
- Für die Zeitparameter Frontzeit und Rückenhalbwertzeit 10 %

Die derzeit gültige Fassung von IEC 60 bietet alternativ zwei Verfahren an, um die Messunsicherheiten einzugrenzen.

Verfahren I:

Teil Ia

Messung des Ueber-
setzungsverhältnis-
ses bei 50 Hz und 1 kHz
(z.B. mit einer
Messbrücke)

+

Teil Ib

Rechteckstoss
Antwort
(response time
 $T < 200 \text{ ns}$
bei Vollstoss-
Messung)

Verfahren II:

Vergleich mit einem
"independent approved
measuring system"

Das Verfahren I wird durch den Umfang der Beschreibung im Text der Vorschrift eindeutig favorisiert. Es wird auf 9 Seiten ausführlich beschrieben während dem Verfahren II nur 10 Zeilen gewidmet sind.

Darüber hinaus heisst es zugunsten von Verfahren I wörtlich:
"The accuracy of an impulse measurement can best be evaluated by usingthe unit step response."

Dem gegenüber wird für das Verfahren II nicht einmal näher erläutert, was ein "independent approved measuring system" genau ist.

In der bisherigen Praxis der Hochspannungsprüffelder wurde denn auch weitgehend das Verfahren I angewendet.

2. In welcher Hinsicht hat die Norm versagt?

Es hat sich gezeigt, dass die Forderung $T < 200 \text{ ns}$ nicht genügt um die Frontzeit der vollen Blitzstosssspannung mit einer Unsicherheit von höchstens 10 % zu ermitteln. Mit anderen Worten, der Teil b des Verfahrens I ist nicht tragfähig genug.

Bild 3 zeigt ein Beispiel in dem ein Teiler mit einer response Time von $T = 13,9 \text{ ns}$ einen Fehler bei der Wiedergabe der Frontzeit von weit mehr als 10 % nämlich 55,4 % verursacht /2/.

Im Rahmen der CIGRE working group 33-03 wurden 53 Teiler in 95 Messsystemen untersucht. Es zeigte sich, dass zwar alle Teiler eine response time $T < 200 \text{ ns}$ halten, dass aber bei mindestens 30 % der Teiler die Messunsicherheit der Frontzeit und bei mindestens 5 % der Prüflinge sogar die Messunsicherheit der Rückenhalbwertzeit grösser war als die zugelassenen 10 % .

Aber gewissermassen als Nebeneffekt fand man bei dieser Analyse von 53 Teilern einen noch viel gravierenderen Tatbestand, nämlich, dass bei mindestens 17 % der Teiler die Eichung des Uebersetzungsverhältnisses um mehr als 3 % falsch war. Man fand in Extremfällen Messunsicherheiten von etwa 15 %.

Mit anderen Worten, damit hat sich auch der Teil a des Verfahrens I als nicht tragfähig erwiesen.

3. Welche Verbesserungsmöglichkeiten wurden überprüft?

Zunächst wurde versucht, die Philosophie der response parameter zu erweitern. Statt nur die response time T vorzuschreiben, wurde versucht, mit Parameter-Sätzen zu arbeiten, z.B.

$T, T_{\alpha}, T_{\beta},$ oder

$T, T_{\alpha}, T_{re},$ oder

T, f_s, T_{β} oder

$T, T_{\alpha}, \zeta,$ usw.

Allen Bemühungen, die in dieser Hinsicht unternommen wurden, blieb ein durchschlagender Erfolg versagt. /3/.

Man fand nämlich immer wieder Teiler, die zwar in Bezug auf die response Parameter in Ordnung waren, die aber trotzdem die Frontzeit zu stark verzerrt wiedergaben. Und man fand Teiler, die das zu messende Signal hinreichend korrekt übermittelten, obwohl ihre response Parameter unzureichend waren. Mit anderen Worten, es gelang nicht einen eindeutigen und für alle Teiler und alle möglichen Impulsformen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen response parameter und Messfehler herzustellen.

Man besann sich dann auf das Verfahren II, also die Vergleichsmessung.

In einigen Staatslaboratorien wie z.B. der PTB wurden Normalteiler gebaut, geeicht und im internationalen Austausch miteinander verglichen.

Es zeigte sich, dass es möglich ist, praktisch fehlerfreie Normalteiler zu bauen /4/ und durch den Vergleich mit solchen Teilern die Messunsicherheiten in den von IEC 60 gesteckten Grenzen zu halten /5/.

4. Das neue Konzept

Im Entwurf zur Revision von IEC 60 wird vorgeschrieben, die Messunsicherheiten sowohl die Amplitude als auch die Zeitparameter betreffend hauptsächlich mit Vergleichsmessungen einzuschränken. Die anderen bisher verwendeten Methoden wie Brückenmessungen oder Rechteckstoss-Verhalten spielen nur noch eine Nebenrolle.

Im Einzelnen sieht das neue Konzept wie folgt aus:

- A Als Basis für die Vergleichsmessungen dienen Referenzteiler, die von dem jeweiligen Staatslaboratorium - in Deutschland der PTB - geeicht werden.
- B Ein Staatslaboratorium kann in seinem Geltungsbereich sogenannte "accredited laboratories" ernennen. Voraussetzungen dafür sind hinreichend qualifiziertes Personal und hinreichende Messeinrichtungen.
- C Jede Hochspannungsmesseinrichtung, die den Status einer "zugelassenen Messeinrichtung" (approved measuring system) erreichen und erhalten will, muss vier Bedingungen erfüllen:
 - 1. Eichung der Messeinrichtung am Ort des Einsatzes mit Hilfe eines Referenzteilers durch das Personal eines accredited laboratory.
 - 2. Die Eichung durch ein accredited laboratory ist in nicht zu grossen Zeitabständen (alle 1 bis 2 Jahre) zu wiederholen.

3. In der Zeit zwischen den Eichungen müssen häufig sogenannte routine checks ausgeführt werden, die eine Grob-Information darüber vermitteln, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit die Eichung noch gültig ist. Dies können Messungen des Uebersetzungsverhältnisses bei niedriger Frequenz sein oder Ueberprüfungen, dass die Form der Rechteckstoss-Antwort unverändert ist.
4. Ueber jede Eichung und jeden routine check sowie Aenderungen an der Messeinrichtung müssen Protokolle im sogenannten record of performance festgehalten werden.

In Bild 4 ist die geschilderte Hierarchie zwischen dem Staatslabor, dem accredited laboratory sowie dem approved measuring system des Normalverbrauchers dargestellt.

5 Der Zeitplan

Der Teil 1 und 2 der revidierten IEC 60 wurden kürzlich veröffentlicht.

Für die Teile 3 und 4 von IEC 60, in denen die oben skizzierten Verfahren zur Eingrenzung der Messunsicherheiten enthalten sind, wurde auf der letzten Sitzung des TC 42 im September des letzten Jahres in Paris folgendes beschlossen.

1. Es wird noch ein Anhang mit Beispielen zur Praxis der Vergleichsmessung auf der Basis von Referenzteilern erstellt.
2. Ende Februar wird die redaktionell bereinigte Fassung in das 6-Monatsprocedere gehen.
3. Falls nicht noch schwerwiegende Einwände von mehreren Nationen kommen, sollen die Teile 3 und 4 der IEC 60 auf einer TC 42 Sitzung im November 1990 zur Veröffentlichung freigegeben werden.

Literatur

- II/ IEC Publikation 60 "High-voltage test techniques"
Part 1 - 4
- /2/ Qi, Qing-Cheng, W.S. Zaengl:
Investigation of Errors Related to the Measured
Front Time T of Lightning Impulse
IEEE Transaction PES Vol PAS-83 pp.
- /3/ T.R. McComb
An Empirical Evaluation of Various Proposed Methods of
Characterizing the Dynamic Behaviour of a High Voltage
Impulse Measuring System
Proc. 6th Int. Symposium of High Voltage Engineering
New Orleans (1989) Nr. 41.01
- /4/ Kind, D., Schön, K; Schulte, R.
The calibration of standard impulse dividers.
Proc. 6th Int. Symposium of High Voltage Engineering
New Orleans (1989) Nr. 41.10
- /5/ T.R. McComb, R.C. Huges, H.A. Lightfoot, K. Schon
R. Schulte, R. McKnight, and Y.X. Zhang, "Interna-
tional Intercomparison of HV Impulse Measuring Systems",
IEEE pes Summer Meeting, Portland, Oregon,
July 1988, Paper 88SM635-5

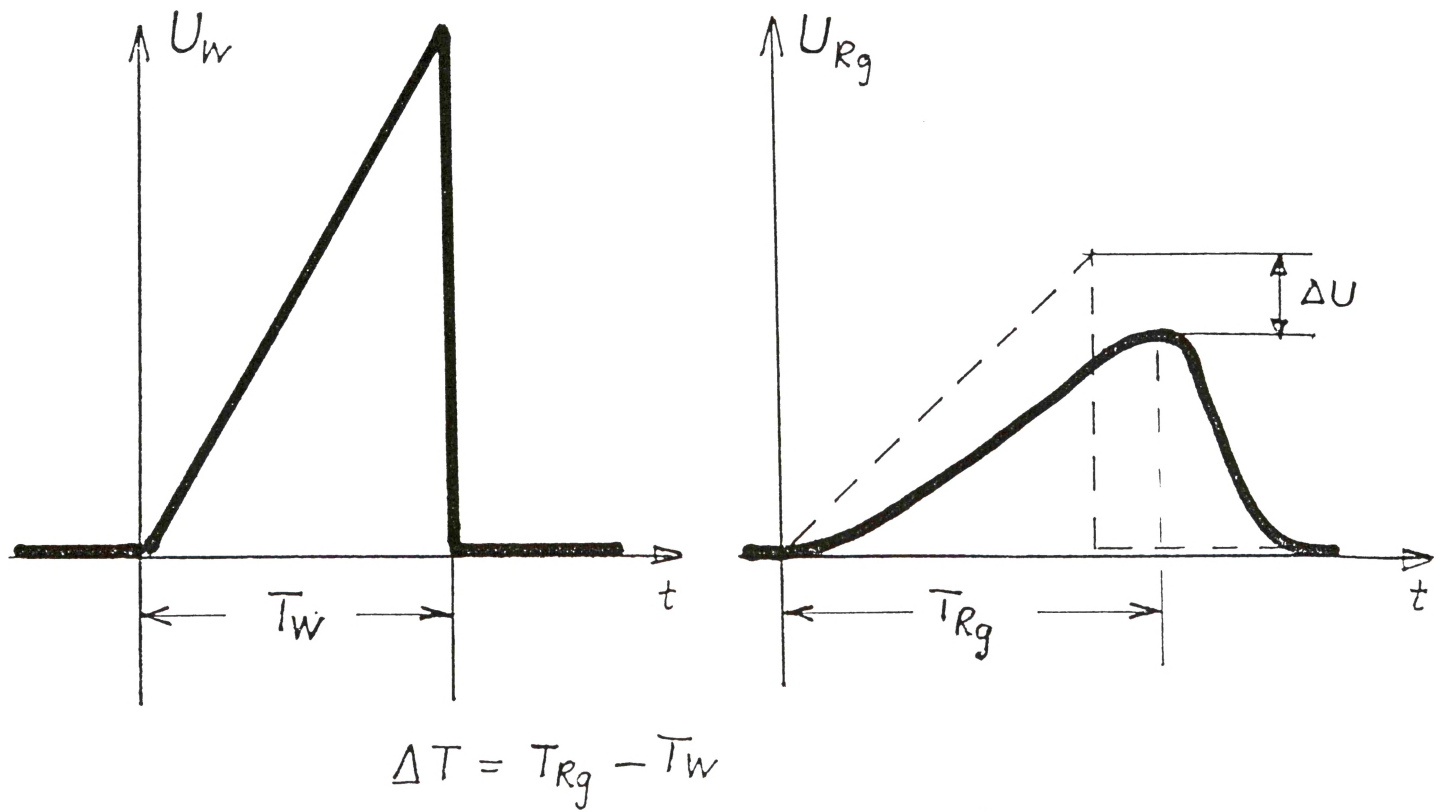


Bild 1 Schematische Darstellung einer Verformung durch einen Spannungsteiler

U_W zu messende Spannung

U_{Rg} registrierte Spannung

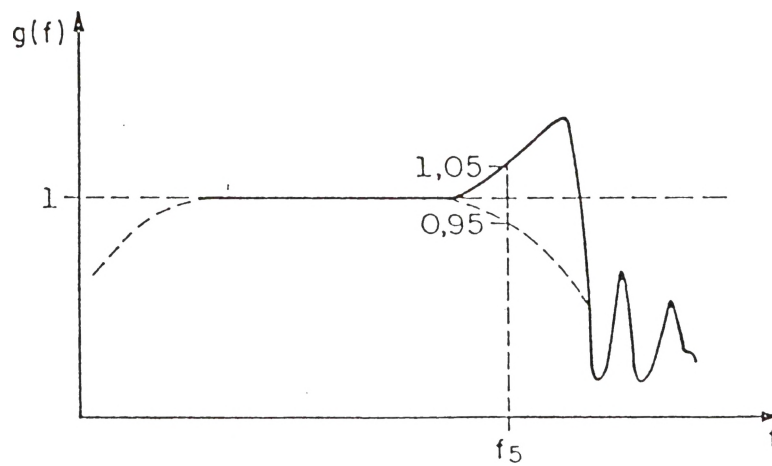
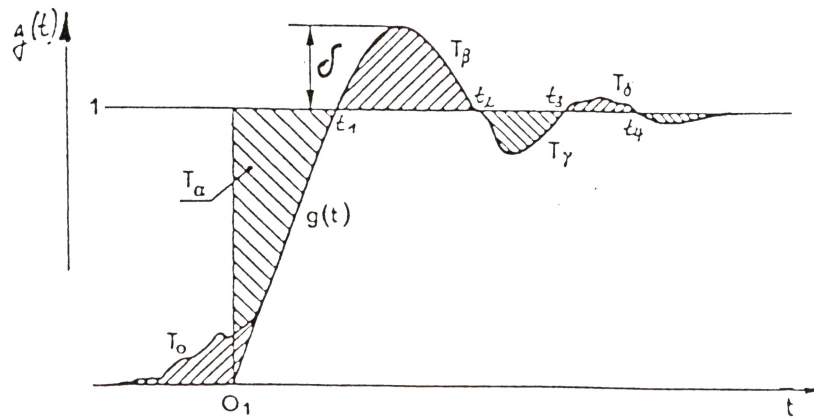
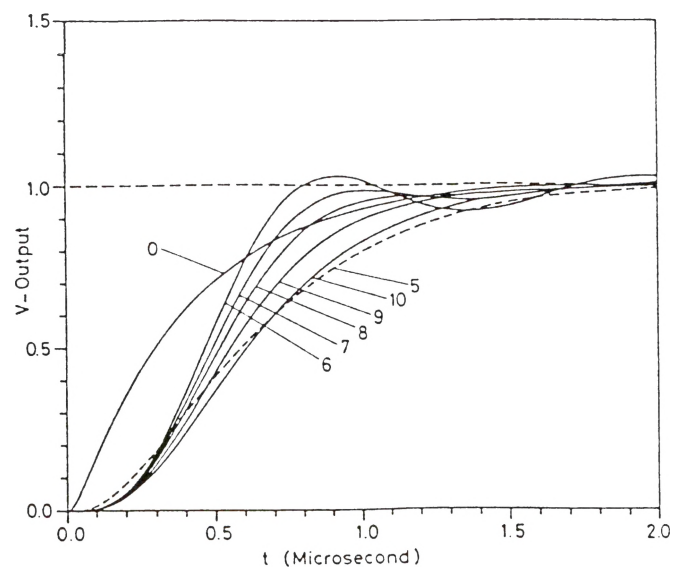


Bild 2 Die üblichen Bezeichnungen an der Rechteckstossantwort und dem Frequenzgang eines Spannungsteiler



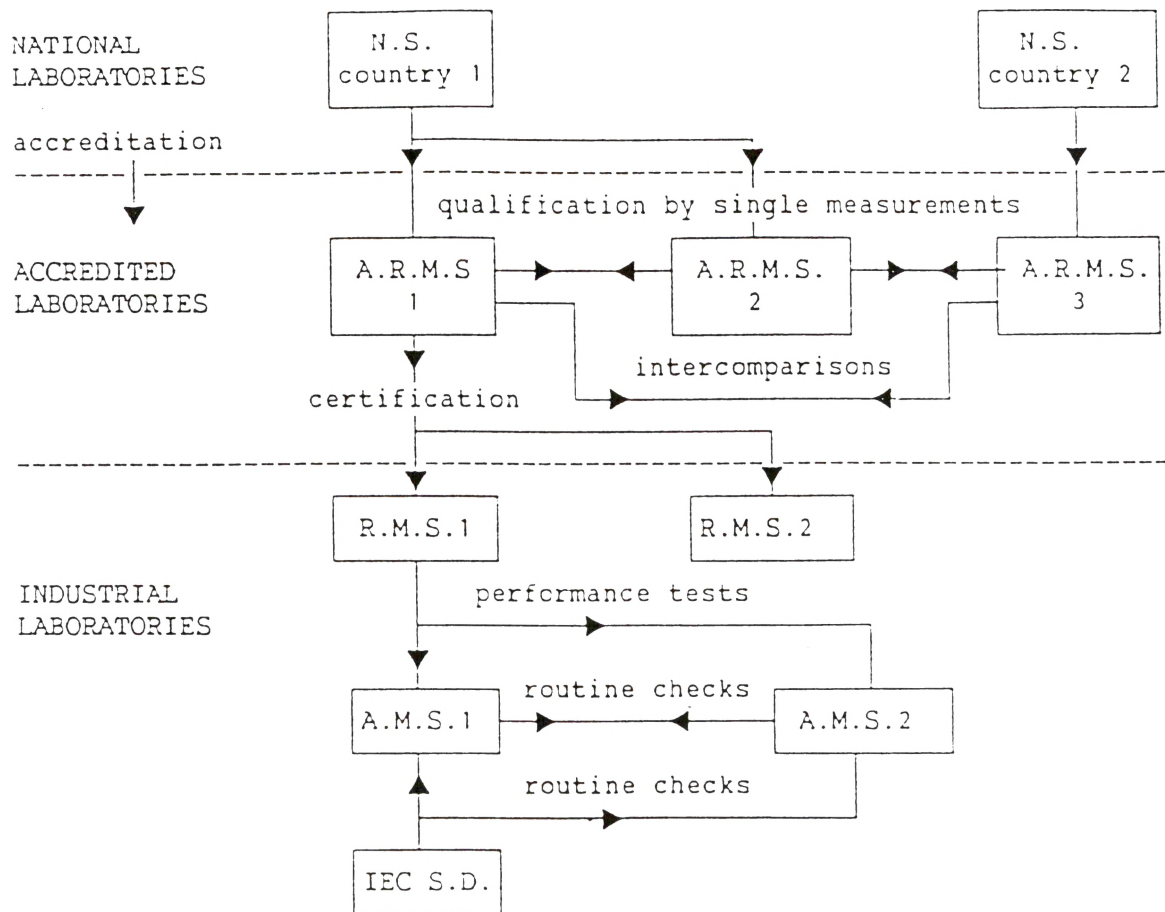
0 - zu messende Spannung 1,2/50 μ s

6 ÷ 10 - Spannung am Ausgang verschiedener Teiler

	6	7	8	9	10
T (ns)	13.9	53.2	92.0	149.4	224.8
δ (%)	44.4	30.9	20.5	9.5	1.5
ΔT_1 (%)	-55.4	-22.8	-34.4	-17.2	+ 2.0

ΔT_1 - Fehler bei der Wiedergabe der Frontzeit

Bild 3 Verzerrung eines 1,2/50 μ s Spannungsimpulses durch Teiler mit verschiedener response time T und unterschiedlichem Ueberschwingen δ .



N.S. = National Standard
 A.R.M.S. = Accredited Reference Measuring System
 R.M.S. = Reference Measuring System
 A.M.S. = Approved Measuring System
 IEC S.D. = IEC Standard Device

Bild 4 Die Beziehung zwischen den "approved measuring systems" und den nationalen Normal-Teilern über Referenzteiler.