

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

885-3

Première édition
First edition
1988

**Méthodes d'essais électriques pour les câbles
électriques**

Troisième partie:

Méthodes d'essais pour mesures de décharges
partielles sur longueurs de câbles de puissance
extrudés

Electrical test methods for electric cables

Part 3:

Test methods for partial discharge measurements
on lengths of extruded power cable



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 885-3: 1988

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

885-3

Première édition
First edition
1988

**Méthodes d'essais électriques pour les câbles
électriques**

Troisième partie:
Méthodes d'essais pour mesures de décharges
partielles sur longueurs de câbles de puissance
extrudés

Electrical test methods for electric cables

Part 3:
Test methods for partial discharge measurements
on lengths of extruded power cable

© CEI 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé,
électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les
microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized
in any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

● Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1.1 Domaine d'application	6
1.2 Objet	6

SECTION DEUX — ESSAIS DE DÉCHARGES PARTIELLES

2.1 Définitions	6
2.2 Appareillage d'essai	6
2.2.1 Matériel	6
2.2.2 Circuit d'essai et instruments	6
2.2.3 Générateur à double impulsion	8
2.2.4 Impédance terminale (impédance caractéristique)	8
2.2.5 Suppresseur de réflexion	8
2.3 Détermination des propriétés caractéristiques du circuit d'essai	8
2.3.1 Superposition	8
2.3.2 Impédance terminale	8
2.3.3 Suppresseur de réflexion	8
2.3.4 Charge d'étalonnage	10
2.3.5 Sensibilité	10
2.4 Méthodes de mesures	12
2.4.1 Courtes longueurs de câble y compris les longueurs pour essai de type	12
2.4.2 Grandes longueurs de câble sans impédance terminale	12
2.4.3 Grandes longueurs de câble essayées avec une impédance terminale	14
2.4.4 Grandes longueurs de câble essayées avec un suppresseur de réflexion	16
2.5 Niveaux de tension/limites des décharges partielles	16
2.6 Tracé des diagrammes de double impulsion	16
2.7 Prescriptions pour l'impédance terminale	18

SECTION TROIS — GUIDE D'APPLICATION

3.1 Information de base	22
3.1.1 Introduction	22
3.1.2 Superposition et atténuation	26
3.2 Procédures et paramètres	28
3.2.1 Détermination des propriétés caractéristiques du circuit d'essai	28
3.2.2 Méthodes de mesures	32
3.3 Bibliographie	38
Liste des symboles	40
FIGURES	41

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1.1 Scope	7
1.2 Object	7
SECTION TWO — PARTIAL DISCHARGE TESTS	
2.1 Definitions	7
2.2 Test apparatus	7
2.2.1 Equipment	7
2.2.2 Test circuit and instruments	7
2.2.3 Double pulse generator	9
2.2.4 Terminal impedance (characteristic impedance)	9
2.2.5 Reflection suppressor	9
2.3 Determination of characteristic properties of the test circuit	9
2.3.1 Superposition	9
2.3.2 Terminal impedance	9
2.3.3 Reflection suppressor	9
2.3.4 Calibration charge	11
2.3.5 Sensitivity	11
2.4 Measurement procedures	13
2.4.1 Short cable lengths including type test lengths	13
2.4.2 Long cable lengths tested without a terminal impedance	13
2.4.3 Long cable lengths tested with a terminal impedance	15
2.4.4 Long cable lengths tested with a reflection suppressor	17
2.5 Voltage levels/partial discharge limits	17
2.6 Plotting double pulse diagrams	17
2.7 Requirements for the terminal impedance	19
SECTION THREE — APPLICATION GUIDE	
3.1 Background information	23
3.1.1 Introduction	23
3.1.2 Superposition and attenuation	27
3.2 Procedures and parameters	29
3.2.1 Determination of characteristic properties of the test circuit	29
3.2.2 Measurement procedures	33
3.3 Bibliography	39
List of symbols	40
FIGURES	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAIS ÉLECTRIQUES POUR LES CÂBLES ÉLECTRIQUES

Troisième Partie: Méthodes d'essais pour mesures de décharges partielles sur longueurs de câbles de puissance extrudés

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Elle constitue la troisième partie de la Publication 885 de la CEI.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)101	20A(BC)106

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 270 (1981): Mesure des décharges partielles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL TEST METHODS FOR ELECTRIC CABLES**Part 3: Test methods for partial discharge measurements
on lengths of extruded power cable**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Sub-Committee 20A: High-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

It forms Part 3 of IEC Publication 885.

The text is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
20A(CO)101	20A(CO)106

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Report indicated in the above table.

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 270 (1981): Partial discharge measurements.

MÉTHODES D'ESSAIS ÉLECTRIQUES POUR LES CÂBLES ÉLECTRIQUES

Troisième partie: Méthodes d'essais pour mesures de décharges partielles sur longueurs de câbles de puissance extrudés

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application

La présente norme spécifie les prescriptions essentielles pour les mesures de décharges partielles sur des longueurs de câbles de puissance extrudés.

Il est fait référence à la Publication 270 de la CEI qui donne les techniques et considérations générales applicables aux mesures de décharges partielles. La première édition de la Publication 270 de la CEI a été publiée en 1968. Dans la présente norme, toutes les références s'appliquent à la deuxième édition (1981).

1.2 Objet

L'objet de l'essai est de déterminer l'amplitude des décharges ou de vérifier que l'amplitude des décharges ne dépasse pas une valeur prescrite à une tension spécifiée pour une sensibilité donnée.

SECTION DEUX — ESSAIS DE DÉCHARGES PARTIELLES

2.1 Définitions

Les définitions données dans la Publication 270 de la CEI s'appliquent.

2.2 Appareillage d'essai

2.2.1 Matériel

Le matériel est constitué par une source haute tension ayant une puissance en kilovolt-ampères correspondant à la longueur du câble en essai, par un voltmètre haute tension, un circuit de mesure, un dispositif d'étalonnage de décharges, un générateur à double impulsion et, si nécessaire, une impédance terminale ou un suppresseur de réflexion. Tous les composants de l'appareillage d'essai doivent avoir un niveau de bruit suffisamment faible pour arriver à la sensibilité requise.

La fréquence de l'alimentation d'essai est supposée être celle du réseau de puissance a.c. 49 Hz à 61 Hz de forme sensiblement sinusoïdale, le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace étant de $\sqrt{2}$ avec une tolérance de $\pm 7\%$. Les principaux points considérés dans la présente norme, étalonnage et atténuation des impulsions de décharges partielles, ne sont pas affectés en utilisant des fréquences différentes de celle du réseau de puissance. Par contre, les caractéristiques des décharges partielles sont affectées par la fréquence d'essai et la méthode de mesure prend ce fait en considération.

2.2.2 Circuit d'essai et instruments

Le circuit d'essai comprend l'objet en essai, le condensateur de couplage et le circuit de mesure. Le circuit de mesure comprend l'impédance de mesure (impédance d'entrée de l'instrument de mesure et l'unité d'entrée qui est choisie pour accorder l'impédance caractéristique du câble), le

ELECTRICAL TEST METHODS FOR ELECTRICAL CABLES

Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables

SECTION ONE - GENERAL

1.1 Scope

This standard specifies the essential requirements for partial discharge measurements on lengths of extruded power cable.

Reference is made to IEC Publication 270 which gives the techniques and considerations applicable to partial discharge measurements in general. The first edition of IEC Publication 270 appeared in 1968. All references in this standard apply to the second edition (1981).

1.2 Object

The object of the test is to determine the discharge magnitude, or to check that the discharge magnitude does not exceed a specified value, at a specified voltage with a given sensitivity.

SECTION TWO - PARTIAL DISCHARGE TESTS

2.1 Definitions

The definitions given in IEC Publication 270 apply.

2.2 Test apparatus

2.2.1. Equipment

The equipment consists of a high-voltage power supply having a kilovolt-ampere capability adequate for the length of cable under test, a voltmeter for high voltages, a measuring circuit, a discharge calibrator, a double pulse generator and, if necessary, a terminal impedance or reflection suppressor. All components of the test equipment shall have a sufficiently low noise level to achieve the required sensitivity.

The frequency of the test supply is assumed to be the power frequency a.c. 49 Hz to 61 Hz of approximately sine-wave form, the ratio peak value/r.m.s. being equal to $\sqrt{2}$ with a tolerance of $\pm 7\%$. The main subjects considered in this standard, calibration and attenuation of partial discharge pulses, are not affected by using different frequencies of the power supply. However, the partial discharge characteristics are affected by the test frequency; the measurement procedure should take this fact into consideration.

2.2.2 Test circuit and instruments

The test circuit includes the test object, the coupling capacitor and the measuring circuit. The measuring circuit consists of the measuring impedance (input impedance of the measuring instrument and the input unit which is selected to match the cable impedance), the connecting lead and

conducteur de connexion et l'instrument de mesure. L'instrument de mesure ou détecteur comprend un dispositif d'amplification adapté, un oscilloscope et, si nécessaire, un instrument additionnel pour indiquer l'existence de décharges partielles et pour mesurer la charge apparente.

2.2.3 Générateur à double impulsion

Les propriétés du circuit d'essai pour les décharges partielles sont contrôlées au moyen d'un générateur à double impulsion, produisant deux impulsions égales (même charge apparente), séparées par un intervalle de temps variable de façon continue de 0,2 μ s à 100 μ s. Le temps de montée des impulsions ne doit pas excéder 20 ns (10% à 90% de la valeur de crête); le temps entre les valeurs 10% des temps de front et de queue ne doit pas excéder 150 ns. Les impulsions peuvent être synchronisées avec la fréquence du réseau.

2.2.4 Impédance terminale (impédance caractéristique)

Une impédance terminale égale à la valeur de l'impédance caractéristique de l'objet en essai peut être connectée à l'extrémité ouverte du câble éloignée du détecteur. Cela supprime la réflexion des impulsions à cette extrémité.

2.2.5 Suppresseur de réflexion

Pour éviter les effets de superposition lors des essais sans impédance terminale, un supprimeur de réflexion peut être utilisé. C'est un commutateur électronique qui, dans la plupart des cas, peut isoler l'entrée du détecteur des impulsions réfléchies en provenance de l'extrémité ouverte du câble. Cependant, quand la source de décharge partielle est située au niveau ou près de l'extrémité ouverte, certaines superpositions positives sont inévitables.

2.3 Détermination des propriétés caractéristiques du circuit d'essai

Les propriétés caractéristiques du circuit d'essai doivent être déterminées dans les conditions d'emploi. Les circuits d'essais normalement utilisés pour les connexions à une seule extrémité du câble sont ceux des figures 1, 2, 3, 4 et 5. Des circuits d'essais similaires sont aussi applicables quand les deux extrémités de l'âme du câble sont connectées ensemble. Ici les deux extrémités de l'écran doivent aussi être connectées ensemble.

2.3.1 Superposition

Si une impédance terminale n'est pas utilisée, il est nécessaire de déterminer les propriétés du circuit d'essai en tenant compte des superpositions des ondes progressives. Un générateur à double impulsion est connecté selon la figure 6 et un diagramme de double impulsion est tracé (voir paragraphe 2.6 et figures 7, 8 et 9). Ce contrôle doit être effectué au moins une fois par an et aussi sur demande, et lorsque n'importe quel composant important du circuit aura été réparé ou changé.

2.3.2 Impédance terminale

Si une impédance terminale est utilisée (voir figure 4) on démontre sa validité pour le type de câble en essai, en utilisant la procédure décrite au paragraphe 2.7. Ce contrôle est effectué au moins une fois par an, ainsi que sur demande, et lorsque n'importe quel composant important du circuit a été réparé ou changé.

2.3.3 Suppresseur de réflexion

L'utilisation de ce dispositif vise à obtenir un diagramme de double impulsion du type 1 correspondant à la figure 7. En utilisant le montage de la figure 10, on vérifie l'efficacité du supprimeur de réflexion au moins une fois par an, ainsi que sur demande, et lorsque n'importe quel composant du circuit a été réparé ou changé.

the measuring instrument. The measuring instrument or detector includes a suitable amplifying device, an oscilloscope and, if desired, an additional instrument to indicate the existence of partial discharges and to measure the apparent charge.

2.2.3 *Double pulse generator*

The properties of the partial discharge test circuit shall be checked by means of a double pulse generator, producing two equal pulses (same apparent charge) following each other within a continuously variable time interval of 0.2 μ s to 100 μ s. The rise time of the pulses shall not exceed 20 ns (10% to 90% of peak value); the time between 10% values of the front and the tail shall not exceed 150 ns. The pulses may be synchronized with the power frequency.

2.2.4 *Terminal impedance (characteristic impedance)*

A terminal impedance equal in value to the characteristic impedance of the test object may be connected to the open end of the cable remote from the detector. This will suppress the reflection of pulses at this end.

2.2.5 *Reflection suppressor*

To avoid superposition effects when testing without a terminal impedance, a reflection suppressor may be used. This is an electronic switch which in most cases can block the input of the detector from pulses reflected from the open end of the cable. However, when the partial discharge source is located at or near the open end some positive superposition is unavoidable.

2.3 **Determination of characteristic properties of the test circuit**

The characteristic properties of the test circuit should be determined under the conditions to be used. The test circuits normally used for connections to a single cable end are those shown in Figures 1, 2, 3, 4 and 5. Similar test circuits are also applicable when both ends of the cable conductor are connected together. Here the two ends of the screen must also be connected together.

2.3.1 *Superposition*

If a terminal impedance is not used it is necessary to determine the properties of the test circuit with respect to superposition of travelling waves. A double pulse generator is connected according to Figure 6 and a double pulse diagram is plotted (see Clause 2.6 and Figures 7, 8 and 9). This check should be carried out at least once a year and also upon request and when any significant circuit component has been repaired or changed.

2.3.2 *Terminal impedance*

If a terminal impedance is used (see Figure 4) its suitability for the type of cable under test should be demonstrated using the procedure described in Sub-clause 2.7. This check should be carried out at least once a year and also upon request and when any significant circuit component has been repaired or changed.

2.3.3 *Reflection suppressor*

The purpose of using this device is to obtain a double pulse diagram of Type 1 corresponding to Figure 7. Using the arrangement shown in Figure 10, the efficiency of the reflection suppressor should be checked at least once per year and also upon request and when any significant circuit component has been repaired or changed.

2.3.4 Charge d'étalonnage

La méthode d'étalonnage par «transfert de charge» est utilisée conformément au paragraphe 5.2.1. de la Publication 270 de la CEI. Des informations plus complètes sur l'utilisation des dispositifs d'étalonnage de décharge sont données dans le rapport CIGRÉ 1968 21-01, Annexe III. Dans cette méthode, un dispositif d'étalonnage est connecté directement à une extrémité du câble en essai pour injecter de courtes impulsions de courant des charges d'amplitude prédéterminées dans l'objet en essai comme indiqué au paragraphe 2.4. L'impulsion résultante devra avoir une hauteur d'au moins 10 mm sur l'oscilloscope.

A moins que le condensateur d'étalonnage ne soit dimensionné pour être utilisé aux tensions d'essai mises en jeu, il est nécessaire que le circuit d'étalonnage soit déconnecté avant que le transformateur d'essai haute tension soit mis sous tension. Le gain de l'amplificateur n'est pas réajusté après cette opération à moins que l'on ne dispose d'un moyen pour un affichage permanent d'un signal d'étalonnage convenable pendant toute la durée de l'essai.

Un tel moyen peut être obtenu comme suit:

- a) le condensateur d'étalonnage peut être dimensionné pour la pleine tension et faire partie du circuit d'essai. Il n'a pas besoin, dans ce cas, d'être déconnecté avant que le transformateur haute tension soit mis sous tension, ou
- b) un dispositif d'étalonnage secondaire peut être utilisé additionnellement. Ce dispositif est connecté à l'entrée du détecteur. Dans ce cas, l'amplitude de la réponse de l'impulsion secondaire est préétalonnée sur le circuit primaire d'étalonnage avant que ce dernier circuit soit déconnecté et que le transformateur d'essai haute tension soit mis sous tension selon le rapport CIGRÉ 1968-21-01, Annexe III, Section I, paragraphe 1.2.

La décharge d'étalonnage q_{cal} (en picocoulombs), est égale au produit de l'amplitude de l'impulsion d'étalonnage ΔU (en volts) par la capacité d'étalonnage C_{cal} (en picofarads), du dispositif d'étalonnage pour autant que cette capacité soit petite par rapport à la capacité de l'objet en essai C_x .

$$q_{cal} = C_{cal} \cdot \Delta U$$

Les caractéristiques de l'impulsion d'étalonnage doivent satisfaire aux paragraphes 5.2 et 5.3 de la Publication 270 de la CEI et au rapport CIGRÉ 1968-21-01, Annexe III, Section III. Pour les grandes longueurs de câble, il existe une prescription complémentaire précisant que la capacité d'étalonnage ne doit pas être supérieure à 150 pF.

Le facteur d'échelle de l'appareil de mesure, k , est le facteur par lequel la lecture sur l'appareil est multipliée de façon à obtenir la grandeur de la quantité de décharge injectée dans l'objet en essai pendant son étalonnage. Sa valeur doit être en accord avec le paragraphe 5.2 de la Publication 270 de la CEI.

2.3.5 Sensibilité

- a) La sensibilité du circuit d'essai (avec l'alimentation haute tension et les appareils de mesure) est définie comme l'impulsion de décharge minimale détectable, q_{min} , (en picocoulombs) qui peut être observée en présence de bruit de fond. Les impulsions d'interférences individuelles clairement identifiables peuvent ne pas être prises en compte. Un affichage à l'oscilloscope est nécessaire pour identifier les niveaux de signal bruit puisqu'un picocoulombmètre ne peut identifier la source du signal indiqué. De façon à être détectable, une impulsion de décharge doit être au moins égale à deux fois la hauteur du bruit apparent, h_n (h_n est la lecture du bruit sur l'oscilloscope ou sur le picocoulombmètre si celui-ci est utilisé additionnellement).

Donc:

$$q_{min} = 2 k \cdot h_n$$

où k est le facteur d'échelle

- b) Les valeurs de sensibilité sont choisies conformément au paragraphe 2.5.

2.3.4 Calibration charge

The “charge transfer” method of calibration shall be used in accordance with Sub-clause 5.2.1 of IEC Publication 270. Further guidance for the use of discharge calibrators is given in CIGRÉ Report 1968-21-01, Appendix III. In this method, a calibrator is connected directly across one end of the cable being tested to inject short current pulses of predetermined charge magnitude into the test object as detailed in Sub-clause 2.4. The resulting pulse on the oscilloscope should have a height of at least 10 mm.

Unless the calibrating capacitor is rated for use at the test voltages involved, it is necessary to disconnect it before the high-voltage test transformer is energized. The amplifier gain shall not be re-adjusted after this has been done, unless a means is provided for continuous display of a suitable calibrating signal throughout the test.

Such a means may be as follows:

- a) the calibrating capacitor may be full voltage rated and may form part of the test circuit. It need not, in this case, be disconnected before the high-voltage test transformer is energized, or
- b) a secondary calibrator can be used additionally. This calibrator is connected to the input of the detector. In this case, the amplitude of the secondary pulse response shall be pre-calibrated against the primary calibrator before the latter is disconnected and the high-voltage test transformer is energized in accordance with CIGRÉ Report 1968-21-01, Appendix III, Section I, Sub-clause 1.2.

The calibration discharge, q_{cal} (in picocoulombs), is equal to the product of the calibration pulse amplitude ΔU (in volts) and the calibrating capacitance C_{cal} (in picofarads), of the calibrator as long as this capacitance is small compared with the capacitance of the test object, C_x .

$$q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} \cdot \Delta U$$

The characteristics of the calibrating pulse shall comply with Sub-clauses 5.2 and 5.3 of IEC Publication 270 and CIGRÉ Report 1968-21-01, Appendix III, Section III. For long lengths of cable there is an additional requirement that the calibrating capacitance shall be not larger than 150 pF.

The scale factor of the measuring instrument, k , is the factor by which the reading of the instrument shall be multiplied in order to obtain the magnitude of the discharge quantity injected into the test object during calibration. Its consistency shall comply with Sub-clause 5.2 of IEC Publication 270.

2.3.5 Sensitivity

- a) The sensitivity of the test circuit (with the high-voltage supply and the instruments) is defined as the minimum detectable discharge pulse, q_{min} , (in picocoulombs) that can be observed in the presence of background noise. Individual, clearly identifiable interference pulses may be disregarded. An oscilloscope display is required to monitor noise signal levels since a picocoulomb meter does not identify the source of the signal indicated. In order to be detectable, a discharge pulse shall be of at least twice the apparent noise height, h_n (h_n is the noise reading on the oscilloscope or the picocoulomb meter if this is used additionally).

Therefore:

$$q_{\text{min}} = 2 k \cdot h_n$$

where k is the scale factor.

- b) The values of sensitivity shall be selected according to Sub-clause 2.5.

2.4 Méthodes de mesures

Les essais sont effectués comme essais de type, sur des échantillons de câble courts, et comme essais individuels, sur des longueurs de production.

Le choix du circuit d'essai diffère selon que l'échantillon de câble est considéré comme court (paragraphe 2.4.1) ou comme une grande longueur (paragraphe 2.4.2, 2.4.3 et 2.4.4) en fonction du diagramme de double impulsion (paragraphe 2.6). Le circuit d'essai doit être exempt de décharge pour atteindre la sensibilité requise (voir paragraphe 2.3.5). L'étalonnage ne doit pas nécessairement avoir été fait avec l'alimentation HT connectée (voir paragraphe 2.3.4).

2.4.1 Courtes longueurs de câble y compris les longueurs pour essai de type

a) Prescriptions

Les câbles de courtes longueurs peuvent être assimilés à une capacité localisée. La limitation en longueur à partir de laquelle cela n'est plus acceptable dépend du circuit d'essai utilisé. La valeur réelle est déterminée en utilisant le diagramme de double impulsion décrit au paragraphe 2.6 et définie comme l_k .

Note. — Cependant, les longueurs jusqu'à $2 l_k$ sont considérées comme longueurs courtes lorsque les deux extrémités du câble sont connectées ensemble. (Voir paragraphe 2.3.)

Les circuits d'essai normalement utilisés sont ceux des figures 1, 2 et 3.

b) Vérification de la sensibilité

Le dispositif d'étalonnage est connecté en parallèle avec le câble et seulement à l'extrémité éloignée du détecteur. La charge d'étalonnage q_{cal} est injectée et la valeur de la déviation obtenue mesurée, a_2 , est utilisée pour calculer le facteur d'échelle $k_2 = q_{cal}/a_2$ (pC/mm) et la sensibilité q_{min} (pC).

$$q_{min} = 2k_2 \cdot h_n$$

où:

h_n est la déviation (mm) produite par l'interférence du bruit de fond

c) Méthode d'essai

La mesure est effectuée seulement à une extrémité du câble. Pour une déviation A (mm) mesurée, la valeur de la décharge q (pC) est

$$q = k_2 \cdot A$$

Les niveaux de tension utilisés sont déterminés conformément au paragraphe 2.5.

2.4.2 Grandes longueurs de câble sans impédance terminale

a) Prescriptions

Pour les longueurs de câble supérieures à l_k il peut encore être possible de procéder à des essais sans impédance terminale à condition que les phénomènes d'atténuation et de superposition soient pris en compte. Un essai sans impédance terminale est autorisé lorsque le diagramme de double impulsion (paragraphe 2.6) est soit:

- du type 1 (figure 7) ou
- du type 2 et du type 3 (figures 8 et 9) à condition que la longueur l du câble reste en dehors des limites $2l_1 \leq l \leq 2l_2$.

(voir paragraphe 2.6 pour la détermination de l_1 et l_2)

Pour les longueurs comprises à l'intérieur de ces limites, un circuit d'essai différent peut être utilisé ou alors on adopte l'une des méthodes décrites aux paragraphes 2.4.3 ou 2.4.4.

Les circuits d'essai normalement utilisés sont ceux des figures 1, 2, 3 et 5.

2.4 Measurement procedures

The test shall be carried out as a type test on short cable samples and as a routine test on production lengths.

The selection of the test circuit depends on whether the cable sample may be considered as a short length (Sub-clause 2.4.1) or a long length (Sub-clauses 2.4.2, 2.4.3 and 2.4.4) depending on the double pulse diagram (Sub-clause 2.6). The test circuit has to be discharge free for achieving the required sensitivity (see Sub-Clause 2.3.5). Calibration does not necessarily have to be done with the HV supply on (see Sub-clause 2.3.4).

2.4.1 Short cable lengths including type test lengths

a) Requirements

For short lengths the cable may be considered similar to a lumped capacitance. The limitation on length where this is not acceptable depends upon the test circuit used. The actual value would be determined using the double pulse diagram described in Sub-clause 2.6 and defined as l_k .

Note. — However, lengths up to $2l_k$ behave as short lengths when both ends of the cable are connected together. (See Sub-clause 2.3.)

The test circuits normally used are those in Figures 1, 2 and 3.

b) Verification of sensitivity

The calibrator shall be connected in parallel with the cable and only at the end remote from the detector. The calibration charge, q_{cal} , is injected, and the respective measured deflection value a_2 , is used to calculate the scale factor $k_2 = q_{cal}/a_2$ (pC/mm) and sensitivity, q_{min} (pC).

$$q_{min} = 2k_2 \cdot h_n$$

where:

h_n is the deflection (mm) from background interference

c) Test procedure

The measurement shall be made only at one end of the cable. For the measured deflection A (mm) the discharge magnitude q (pC) is

$$q = k_2 \cdot A$$

The voltage levels used shall be selected according to Sub-clause 2.5.

2.4.2 Long cable lengths tested without a terminal impedance

a) Requirements

For cable lengths in excess of l_k it may still be possible to test without a terminal impedance provided superposition and attenuation phenomena are taken into account. A test without terminal impedance is permitted where the double pulse diagram (Sub-clause 2.6) is either:

- Type 1 (Figure 7) or
- Type 2 and Type 3 (Figures 8 and 9) but where the cable length, l , lies outside the limits $2l_1 \leq l \leq 2l_2$.

(See Sub-clause 2.6 for the determination of l_1 and l_2 .)

For lengths inside these limits an alternative test circuit should be used or the procedures described in Sub-clause 2.4.3 or 2.4.4 should be adopted.

The test circuits normally used are those shown in Figures 1, 2, 3 and 5.

b) *Vérification de la sensibilité*

Suivant les figures 1, 2, 3 ou 5, le dispositif d'étalonnage est successivement connecté aux deux extrémités en parallèle avec le câble, d'abord à l'extrémité éloignée du détecteur et ensuite, avec le même réglage de l'amplificateur et la même charge d'étalonnage, à l'extrémité proche du détecteur. Les valeurs suivantes sont notées:

- a_1 (mm) déviation mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité proche du détecteur;
- a_2 (mm) déviation mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité éloignée du détecteur.

a_1 et la charge d'étalonnage q_{cal} (pC) sont utilisées pour déterminer le facteur d'échelle k_1 (pC/mm):

$$k_1 = q_{cal}/a_1$$

a_1 et a_2 sont utilisées pour déterminer un facteur de correction F pour tenir compte de l'atténuation. Il est donné par:

$$F = 1 \quad \text{si } a_2 \geq a_1$$

$$F = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} \quad \text{si } a_2 < a_1$$

La sensibilité q_{min} (pC) est calculée par:

$$q_{min} = 2k_1 \cdot h_n \cdot F$$

c) *Méthode d'essai*

La mesure est effectuée deux fois en connectant l'extrémité haute tension du condensateur de couplage tour à tour à chaque extrémité du câble. Les déviations mesurées A_1 et A_2 sont déterminées et la plus grande valeur A_{max} (mm) retenue. Avec le facteur d'échelle k_1 (pC/mm) et le facteur de correction F la valeur de la décharge q (pC) est:

$$q = k_1 \cdot A_{max} \cdot F$$

Les niveaux de tension utilisés lors de la mesure de la plus grande déviation A_{max} sont déterminés conformément au paragraphe 2.5.

Note. — Seulement si le diagramme de double impulsion est du type 1 (voir figure 7) et $a_2 \geq a_1$, une mesure de A (mm) est suffisante lorsque les deux extrémités du câble sont connectées ensemble (voir paragraphe 2.3). La valeur de la décharge est alors:

$$q = k_1 \cdot A$$

2.4.3 Grandes longueurs de câble essayées avec une impédance terminale

a) *Prescriptions*

Pour éliminer les erreurs de superposition, les câbles de longueur supérieure à l_k peuvent être essayés avec une impédance terminale comme représenté à la figure 4. Cette méthode peut être utilisée avec tous les détecteurs et sur toutes les longueurs de câble, à condition que l'impédance Z_w satisfasse aux conditions spécifiées au paragraphe 2.7. L'accord de l'impédance avec le câble en essai est démontré en utilisant la procédure décrite au paragraphe 2.7.

b) *Vérification de la sensibilité*

Selon la figure 4, le dispositif d'étalonnage est successivement connecté aux deux extrémités en parallèle avec le câble, d'abord sur l'extrémité éloignée du détecteur et ensuite, avec le même réglage de l'amplificateur et la même charge d'étalonnage, à l'extrémité proche du détecteur. Les valeurs suivantes sont notées:

- a_1 (mm) déviation mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité proche du détecteur. Il n'est pas nécessaire de la déterminer lorsque la procédure du point c ii) est suffisante;
- a_2 (mm) déviation mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité éloignée du détecteur.

b) *Verification of sensitivity*

As shown in Figures 1, 2, 3 or 5, the calibrator shall be connected to each end in turn, in parallel with the cable, at first to the end remote from the detector and then—with the same setting of the amplifier and calibration charge—to the end near the detector. The following values shall be recorded:

- a_1 (mm) the deflection measured with the calibrator at the end near to the detector;
 - a_2 (mm) the deflection measured with the calibrator at the end remote from the detector.
- a_1 and the calibration charge q_{cal} (pC) are used to determine the scale factor k_1 (pC/mm):

$$k_1 = q_{\text{cal}}/a_1$$

a_1 and a_2 are used to determine a correction factor F to allow for attenuation. It is given by:

$$F = 1 \quad \text{if } a_2 \geq a_1$$

$$F = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} \quad \text{if } a_2 < a_1$$

The sensitivity q_{min} (pC) is calculated by:

$$q_{\text{min}} = 2k_1 \cdot h_n \cdot F$$

c) *Test procedure*

The measurement shall be made twice by connecting the high voltage end of the coupling capacitor to each end of the cable in turn. The measured deflections A_1 and A_2 shall be determined and the higher value A_{max} (mm) selected. With the scale factor k_1 (pC/mm) and the correction factor F the discharge magnitude q (pC) is:

$$q = k_1 \cdot A_{\text{max}} \cdot F$$

The voltage levels used when measuring the highest deflection A_{max} shall be selected according to Sub-clause 2.5.

Note. — Only if the double pulse diagram is of type 1 (see Figure 7) and $a_2 \geq a_1$, a measurement of A (mm) is sufficient when both cable ends are connected together (see Sub-clause 2.3). The discharge magnitude is then:

$$q = k_1 \cdot A$$

2.4.3 Long cable lengths tested with a terminal impedance

a) *Requirements*

To eliminate superposition errors, cables of length greater than l_k may be tested with a terminal impedance as shown in Figure 4. This method may be used with all detectors and all cable lengths provided that the impedance Z_w meets the requirements specified in Sub-clause 2.7. The suitability of the impedance for the cable under test shall be demonstrated using the procedure described in Sub-clause 2.7.

b) *Verification of sensitivity*

As shown in Figure 4 the calibrator should be connected to each end in parallel with the cable at first to the end remote from the detector and then—with the same amplifier setting and calibration charge—to the end near to the detector.

The following values shall be recorded:

- a_1 (mm) the deflection measured with the calibrator at the end near to the detector. This need not be measured if the following procedure of Item c ii) is sufficient;
- a_2 (mm) the deflection measured with the calibrator at the end remote from the detector.