

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical test methods for electric cables –
Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded
power cables**

**Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques –
Partie 3: Méthodes d'essais pour la mesure des décharges partielles sur des
longueurs de câbles de puissance extrudés**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60885-3:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical test methods for electric cables –
Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded
power cables**

**Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques –
Partie 3: Méthodes d'essais pour la mesure des décharges partielles sur des
longueurs de câbles de puissance extrudés**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-2582-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms, definitions and symbols.....	6
3.1 Terms and definitions.....	6
3.2 Symbols used in Figures 1 to 14.....	6
4 Overview.....	7
4.1 General.....	7
4.2 Object.....	7
4.3 Problem of superposition of travelling waves for long lengths.....	7
5 Partial discharge tests.....	10
5.1 Test apparatus.....	10
5.1.1 Equipment.....	10
5.1.2 Test circuit and instruments.....	10
5.1.3 Double pulse generator.....	10
5.1.4 Terminal impedance.....	10
5.1.5 Reflection suppressor.....	10
5.2 Setting up the test circuit.....	10
5.2.1 Determination of characteristic properties of the test circuit.....	10
5.2.2 Terminal impedance.....	10
5.2.3 Determination of superposition of travelling waves.....	11
5.2.4 Reflection suppressor.....	11
5.2.5 Calibration of the measuring system in the complete test circuit.....	11
5.2.6 Sensitivity.....	11
5.3 Measurement procedures.....	11
5.3.1 General.....	11
5.3.2 Short cable lengths including type test lengths.....	12
5.3.3 Long cable lengths tested without a terminal impedance.....	12
5.3.4 Long cable lengths tested with a terminal impedance.....	13
5.3.5 Long cable lengths tested with a reflection suppressor.....	14
5.4 Voltage levels/partial discharge limits.....	15
5.5 Double pulse behaviour and plotting the double pulse diagram.....	15
5.6 Requirements for the terminal impedance.....	16
5.6.1 General.....	16
5.6.2 RC element.....	16
5.6.3 RLC element series resonance circuit.....	17
Bibliography.....	21
Figure 1 – Discharge site exactly at the cable end remote from the detector ($x = l$).....	7
Figure 2 – Discharge site at a distance $x = x_1$ – Travelling waves.....	8
Figure 3 – Attenuation of PD pulses along the cable.....	8
Figure 4 – Superposition and attenuation of PD pulses.....	9
Figure 5 – Input unit Z_A connected in series with the coupling capacitor, C_K	17
Figure 6 – Input unit Z_A connected in series with the cable, C_X	18
Figure 7 – Bridge circuit.....	18

Figure 8 – Connection of the terminal impedance Z_W	18
Figure 9 – Connection of the reflection suppressor, RS	19
Figure 10 – Connection of the double pulse generator into the measuring circuit in Figure 5	19
Figure 11 – Double pulse diagram type 1 without negative superposition	19
Figure 12 – Double pulse diagram type 2 with negative superposition between t_1 and t_2	20
Figure 13 – Double pulse diagram type 3 with negative and positive superpositions between t_1 and t_2	20
Figure 14 – Connection of the double pulse generator for the test circuit in Figure 9 with the reflection suppressor	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60885-3:2015

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60885-3 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This second edition of IEC 60885-3 cancels and replaces the first edition, published in 1988 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- The definition of sensitivity as twice the background noise level has been removed and replaced by a practical assessment of sensitivity based on the minimum level of detectable discharge.
- References to measurements of pulse heights in mm on an oscilloscope have been replaced by measurements of partial discharge magnitude in pC.

- The order of the clauses has been revised in line with the general numbering scheme of IEC standards and to provide clarity in order to facilitate its practical use. Section 3 of the first edition (Application guide) has been removed as it is considered that background information is better obtained from the original references as listed in the bibliography.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
20/1560/FDIS	20/1587/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60885 series, published under the general title *Electrical test methods for electric cables*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60885-3:2015

ELECTRICAL TEST METHODS FOR ELECTRIC CABLES –

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

1 Scope

This part of IEC 60885 specifies the test methods for partial discharge (PD) measurements on lengths of extruded power cable, but does not include measurements made on installed cable systems.

Reference is made to IEC 60270 which gives the techniques and considerations applicable to partial discharge measurements in general.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60270 apply.

3.2 Symbols used in Figures 1 to 14

a_1	discharge magnitude measured with the calibrator at the end near to the detector
a_2	discharge magnitude measured with the calibrator at the end remote from the detector
C_{cal}	calibrator
C_K	coupling capacitor
C_x	power cable
D	detector
I	double pulse generator
l	length of the power cable
M	coaxial signal cable
Q	discharge magnitude
$R_1 R_2$	matching resistors
RS	reflection suppressor
v	propagation velocity of partial discharge
V	voltage indicator
W	power supply

Z impedance/filter
 Z_A input unit
 Z_W terminal impedance

4 Overview

4.1 General

Partial discharge measurements shall be carried out using the test techniques specified in IEC 60270.

4.2 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 and a declared minimum sensitivity.

4.3 Problem of superposition of travelling waves for long lengths

Short lengths of cable behave in the same way as a single capacitor in that the discharge magnitude can be measured directly by considering the cable as a single capacitor. However longer cables behave like a transmission line and PD pulses travel away from their source in both directions along the cable, in the form of a wave. On reaching the remote end from the measuring equipment, the pulse will be reflected with the same polarity if the end is open circuit. The reflected pulse will then travel back along the length of cable and arrive at the detector at a time after the directly received pulse. If the time between the arrival of the two pulses is short (the time difference depending on the length of the cable) then the detection instrument may give a false response, indicating either a larger or smaller magnitude of discharge than was actually the case. The methods detailed in this standard allow correct measurement of partial discharges under these conditions.

Figures 1 to 4 illustrate the behaviour of travelling waves and possible superposition effects.

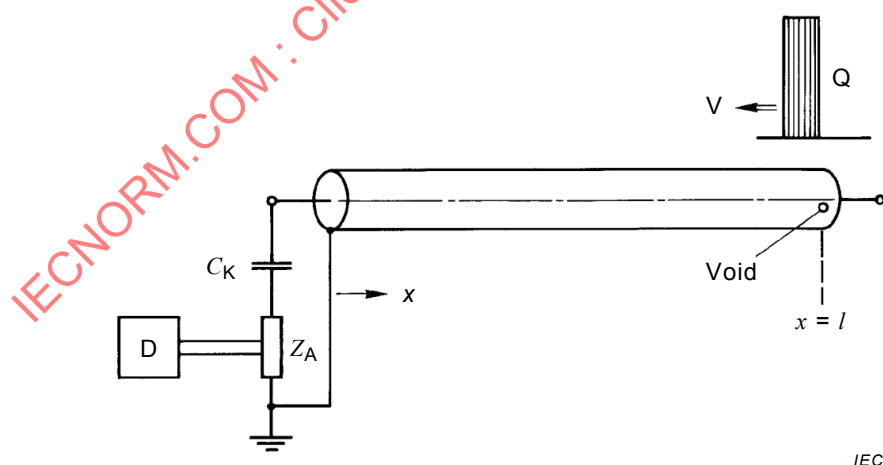
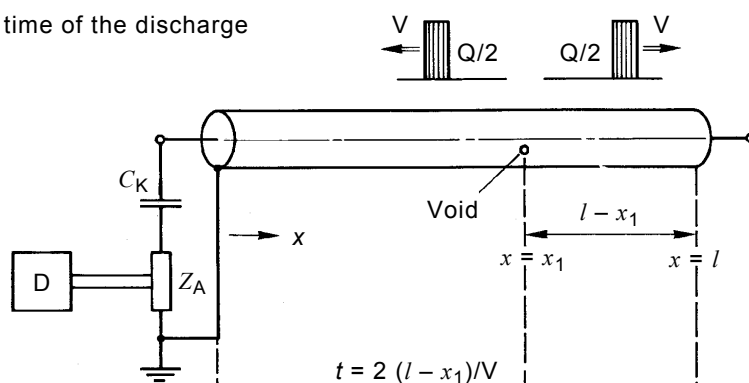
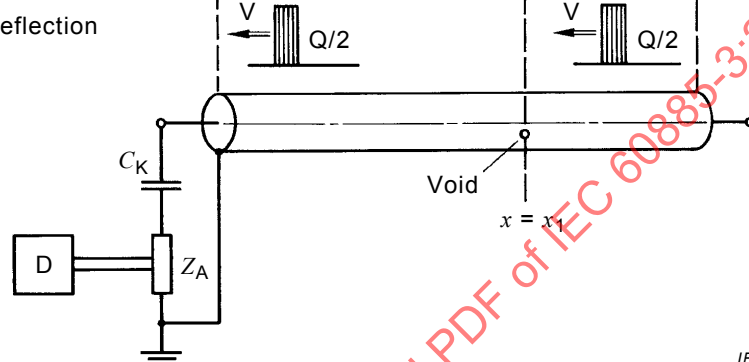


Figure 1 – Discharge site exactly at the cable end remote from the detector ($x = l$)

a) at the time of the discharge

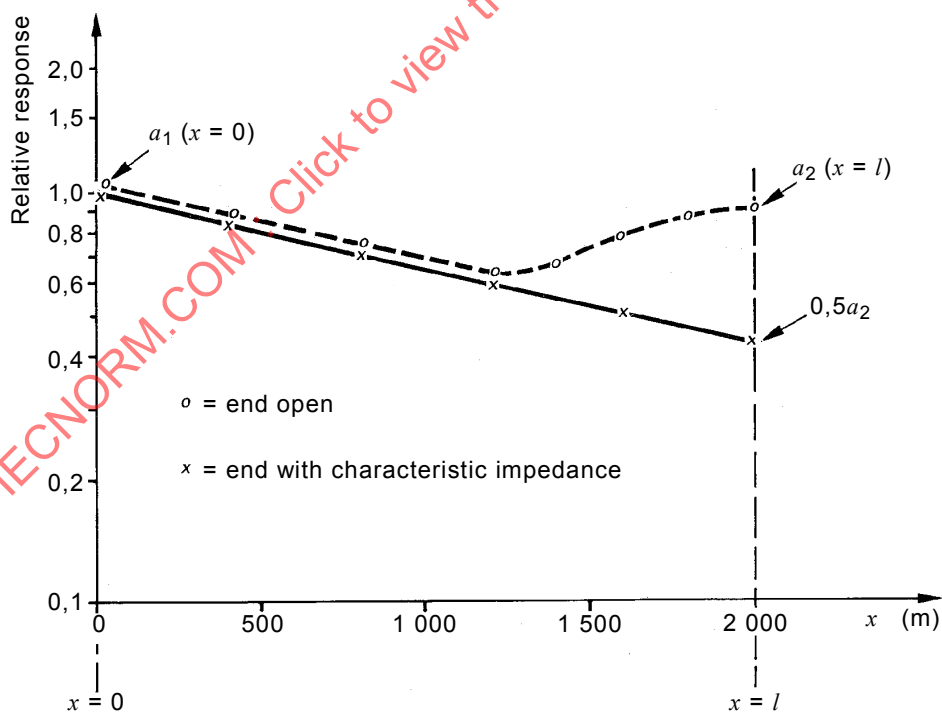


b) after reflection



IEC

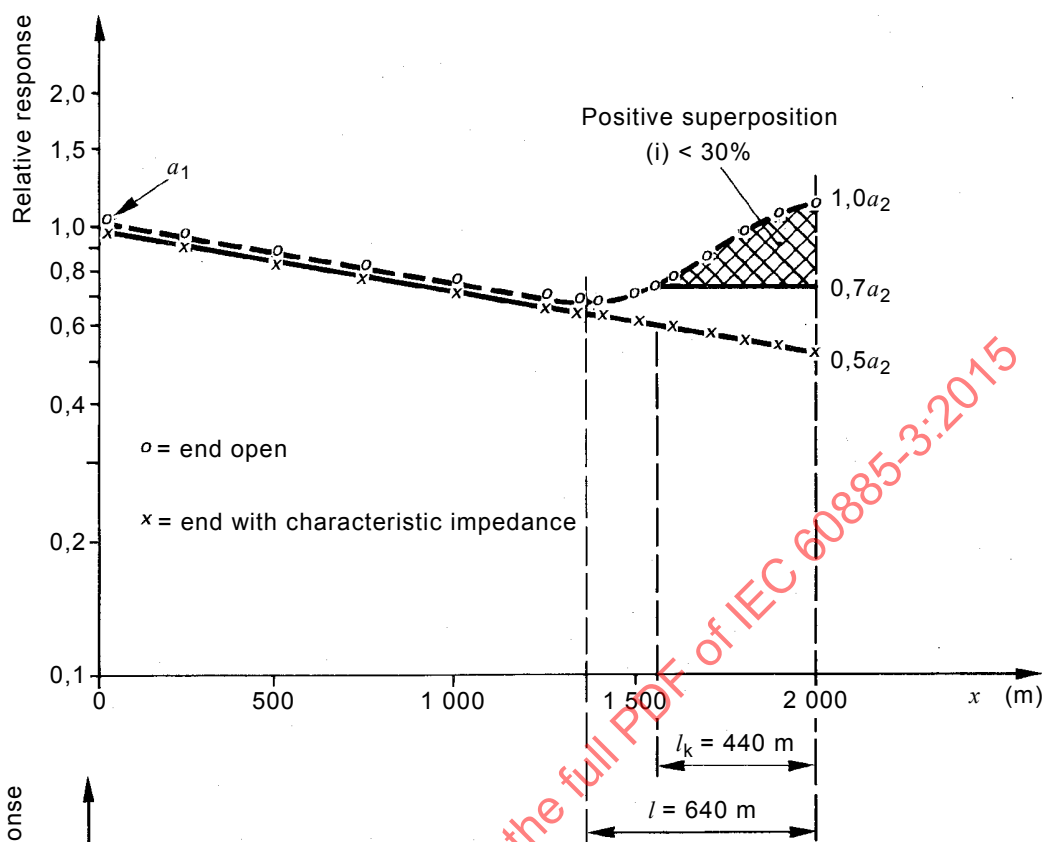
Figure 2 – Discharge site at a distance $x = x_1$ – Travelling waves



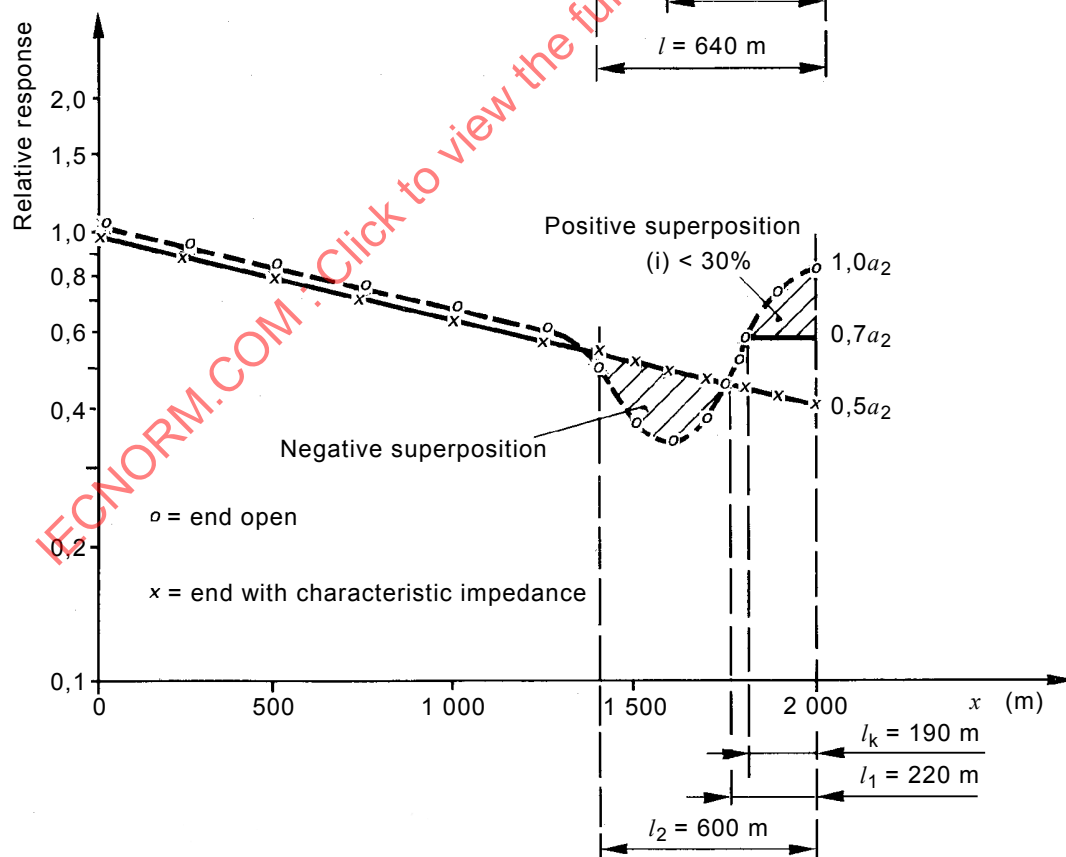
IEC

Figure 3 – Attenuation of PD pulses along the cable

a)



b)



IEC

Figure 4 – Superposition and attenuation of PD pulses

5 Partial discharge tests

5.1 Test apparatus

5.1.1 Equipment

The equipment consists of a high-voltage alternating voltage supply having a rating adequate to energise the length of cable under test, a voltmeter for high voltages, a measuring circuit, a discharge calibrator, a double pulse generator and, where applicable, 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 shall be in the range 45 Hz to 65 Hz with a waveshape approximating to a sinusoid with the ratio of peak to r.m.s. values being equal to $\sqrt{2}$ with a maximum tolerance of 5 %.

5.1.2 Test circuit and instruments

The test circuit includes the high voltage power supply, test object, the coupling capacitor and the HV and PD measuring equipment. 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 the measuring instrument. The measuring instrument or detector includes a suitable amplifying device, an oscilloscope, or other instrument to indicate the existence of partial discharges and to measure the apparent charge. The measuring system shall comply with IEC 60270.

5.1.3 Double pulse generator

A double pulse generator is an instrument producing two equal pulses (with the same apparent charge) following each other within a time interval which can be varied between 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.

5.1.4 Terminal impedance

A terminal impedance is an impedance, equal in value to the characteristic impedance of the test object, which is connected to the open end of the cable remote from the detector. It may be a combination of resistance and capacitance (R & C) or resistance, capacitance and inductance (R, C & L). The components shall be suitable for operation at the test voltage to be applied to the cable under test. Additional requirements are specified in section 5.6.

5.1.5 Reflection suppressor

This is an electronic switch which is designed to block the input of the measuring instrument from pulses reflected from the open end of the cable. This is achieved by blocking the input for a fixed time after the first pulse is received.

5.2 Setting up the test circuit

5.2.1 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 5, 6, 7, 8 and 9. Similar test circuits are also applicable when both ends of the cable conductor are connected together; in this case the two ends of the metal cable screen shall also be connected together.

5.2.2 Terminal impedance

If a terminal impedance is connected to the remote end of the cable under test, with an impedance value equal to the characteristic impedance of the cable then the cable will behave

as if it is of infinite length and there will be no reflected wave. The circuit for connection of a terminal impedance is shown in Figure 8. The values (RC and L where applicable) of the components of the terminal impedance and its suitability for the type of cable under test should be demonstrated using the procedure described in 5.6. This check should be carried out when the test circuit is set up and also when any changes are made to the circuit.

5.2.3 Determination of superposition of travelling waves

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 10 and a double pulse diagram is plotted (see 5.5 and Figures 11, 12 and 13). This check should be carried out when the test circuit is set up and also when any changes are made to the circuit.

5.2.4 Reflection suppressor

The purpose of using a reflection suppressor is to obtain a double pulse diagram of Type 1 corresponding to Figure 11. Using the arrangement shown in Figure 14, the efficiency of the reflection suppressor should be checked by plotting a double pulse diagram (see 5.5 and Figures 11, 12 and 13), when the test circuit is set up and also when any changes are made to the circuit.

5.2.5 Calibration of the measuring system in the complete test circuit

Calibration of the measuring system in the complete test circuit shall be carried out in accordance with Clause 5 of IEC 60270:2000. The calibrator used shall comply with IEC 60270. For long lengths of cable (> 100 m) there is an additional requirement that the calibrating capacitance shall be not greater than 150 pF.

5.2.6 Sensitivity

The sensitivity of the measuring system is defined as the minimum detectable discharge pulse, $q_{\min}$ (in picocoulombs – pC) that can be observed in the presence of background noise.

Value of $q_{\min}$ shall be determined by evaluation of the background noise level and shall be no more than twice the apparent noise level, h_n (h_n is the noise reading on the measuring instrument).

Therefore:

$$q_{\min} = x \times k \times h_n$$

where k is the scale factor and x is the ratio of the minimum detectable discharge to the background noise. The maximum allowed value of x is 2. Typically values of x of between 1,25 and 1,5 should be achievable.

The maximum values of sensitivity shall be determined according to 5.4.

5.3 Measurement procedures

5.3.1 General

The selection of the test circuit depends on whether the cable sample may be considered as a short length (see 5.3.2) or a long length (see 5.3.3, 5.3.4 and 5.3.5). The test circuit shall be discharge free in order to achieve the required sensitivity (see 5.2.6). Calibration does not necessarily have to be done with the HV supply on (see 5.2.5). During the partial discharge measurement, individual pulses clearly identifiable as interference may be disregarded.

5.3.2 Short cable lengths including type test lengths

5.3.2.1 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, however it may be assumed that cable lengths of up to 50 m (or 100 m, if both ends of the cable are connected together) behave as a lumped capacitance and therefore superposition of reflected waves need not be taken into account. For longer lengths whether they can be treated as a lumped capacitance shall be determined using the double pulse diagram as described in 5.5. The maximum length which can be considered as a lumped capacitance is defined as l_k . This may be as low as 100 m or even greater than 1 000 m, depending on the particular measuring system in use.

The test circuits normally used are those in Figures 5, 6 and 7.

5.3.2.2 Verification of sensitivity

The determination of the scale factor k for the measurement of the apparent charge shall be carried out in accordance with Clause 5 of IEC 60270:2000. Therefore the partial discharge calibrator shall be connected in parallel with the cable at the end remote from the detector.

5.3.2.3 Test procedure

The measurement shall be made only at one end of the cable.

The test parameters shall be selected according to 5.4.

5.3.3 Long cable lengths tested without a terminal impedance

5.3.3.1 General

For long cable lengths (>50 m or >100 m with ends connected), tested without a terminal impedance, it is necessary to plot a double pulse diagram.

5.3.3.2 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 double pulse generator is connected according to Figure 10 and a double pulse diagram is plotted (see 5.5 and Figures 11, 12 and 13). This shall be carried out when the test circuit is set up and also when any changes are made to the circuit.

A test without terminal impedance is permitted where the double pulse diagram is either

- type 1 (Figure 11), or
- type 2 and type 3 (Figures 12 and 13) but where the cable length, l , lies outside the limits $2l_1 \leq l \leq 2l_2$.

(See 5.5 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 5.3.4 or 5.3.5 should be adopted.

The test circuits normally used are those shown in Figures 5, 6, 7 and 9.

5.3.3.3 Verification of sensitivity

The determination of the scale factor k for the measurement of the apparent charge shall be carried out in accordance with Clause 5 of IEC 60270:2000. Therefore the partial discharge calibrator shall be connected in parallel with the cable at the end near to the detector.

For the determination of the attenuation correction factor, the partial discharge calibrator shall be connected to each end in turn in parallel with the cable with the same setting of the amplifier and calibration charge. The following values shall be recorded:

- a_1 discharge magnitude measured with the calibrator at the end near to the detector;
- a_2 discharge magnitude measured with the calibrator at the end remote from the detector.

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

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

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

5.3.3.4 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 discharge magnitudes A_1 and A_2 shall be determined and the higher value $A_{\max}$ (pC) selected. With the correction factor F , the discharge magnitude q (pC) is:

$$q = A_{\max} \times F$$

The voltage levels used when measuring the highest discharge magnitude $A_{\max}$ shall be selected according to 5.4.

NOTE Only if the double pulse diagram is of type 1 (see Figure 11) and $a_2 \geq a_1$, a measurement of A (pC) is sufficient when both cable ends are connected together (see 5.3.2). The discharge magnitude is then: $q = A$.

5.3.4 Long cable lengths tested with a terminal impedance

5.3.4.1 General

For long cable lengths (>50 m or >100 m with ends connected), tested with a terminal impedance, it is not necessary to plot a double pulse diagram.

5.3.4.2 Requirements

To eliminate superposition errors, cables of length greater than l_k may be tested with a terminal impedance as shown in Figure 8. This method may be used with all detectors and all cable lengths provided that the impedance Z_w meets the requirements specified in 5.6. The suitability of the impedance for the cable under test shall be demonstrated using the procedure described in 5.6.

5.3.4.3 Verification of sensitivity

The partial discharge calibrator shall be connected to each end in turn in parallel with the cable with the same setting of the amplifier and calibration charge. The following values shall be recorded:

- a_1 (pC) the discharge magnitude measured with the calibrator at the end near to the detector. This need not be measured if the procedure in 5.3.4.4 b) is sufficient;

- a_2 (pC) the discharge magnitude measured with the calibrator at the end remote from the detector.

For the determination of the scale factor k for the measurement of the apparent charge in accordance with Clause 5 of IEC 60270:2000, the value a_2 (pC) with the partial discharge calibrator connected in parallel with the cable at the end remote from the detector shall be used.

5.3.4.4 Test procedure

The test procedure is as follows.

- a) When it is required to determine the value of the partial discharge magnitude as closely as possible, the high voltage end of the coupling capacitor shall be connected to each end of the cable in turn and both measured discharge magnitudes A_1 (pC) and A_2 (pC) determined. The discharge magnitude q (pC) is given by:

$$q = q_{\text{cal}} \times \sqrt{\frac{A_1 \times A_2}{a_1 \times a_2}}$$

where q_{cal} is the calibration discharge magnitude (pC).

- b) When it is sufficient to check that the discharge magnitude does not exceed a specified value, the measurement may be made with the high voltage end of the coupling capacitor connected to one end of the cable only. In this case the calibration pulse is injected only at the end of the cable connected to the terminal impedance remote from the detector (a_2). With the measured discharge magnitude A_1 (pC) and the scale factor k_2 the discharge magnitude q (pC) is given by:

$$q = k_2 \times A_1$$

The voltage levels used when measuring the discharge magnitudes A_1 and if necessary A_2 shall be selected according to 5.4.

5.3.5 Long cable lengths tested with a reflection suppressor

5.3.5.1 General

For long cable lengths (>50 m or >100 m with ends connected), tested with a reflection suppressor, it is necessary to plot a double pulse diagram.

The connection of the reflection suppressor is shown in Figure 9.

A double pulse generator is connected according to Figure 10 and a double pulse diagram is plotted (see 5.5 and Figures 11, 12 and 13). This shall be carried out when the test circuit is set up and also when any changes are made to the circuit.

5.3.5.2 Requirements

When using a reflection suppressor the double pulse diagram shall be type 1 (see Figure 11).

5.3.5.3 Verification of sensitivity

See 5.3.2.2.

5.3.5.4 Test procedure

See 5.3.2.3.

5.4 Voltage levels/partial discharge limits

The test voltages, partial discharge sensitivity and partial discharge limits shall be determined in accordance with the requirements in the standard for the type of cable.

5.5 Double pulse behaviour and plotting the double pulse diagram

The double pulse plot is affected by variations in each circuit component. It is important that the double pulse plot be obtained for the precise conditions to be used in the high voltage test.

NOTE The test cable is not connected whilst the double pulse plot is being plotted, the double pulse plot depends solely on the measuring system and test circuit, excluding the cable.

The power cable is replaced by a resistive load having the maximum characteristic impedance for extruded cables (generally $R_{\max} = 40 \Omega$). The double pulses are injected in the same position as the calibration pulses for the various test circuits shown in Figures 5, 6 and 7. Figure 10 shows, as an example, the double pulse generator connected to the test circuit of Figure 5.

The following conditions should apply:

- a) The double pulse generator should satisfy the requirements of 5.1.3. In some cases the dials of the double pulse generator may have numeric (e.g. 0 to 9) markings for pulse separation, in which case it will be necessary to use a suitable oscilloscope to calibrate these scales in terms of μs ; the required accuracy is $\pm 3\%$ or 50 ns whichever is the greater. The overall output impedance should approximately match the characteristic impedance of the cable, which is typically in the range of 20Ω to 40Ω . To achieve this it may be necessary to add external resistors in parallel to or in series with the output.

Experience has shown that the double pulse plot may be reliably obtained in the following ways:

- The simplest method is to connect the double pulse generator across the high voltage capacitor C_K and the measuring impedance Z_A with wires not longer than 3 m.
 - For longer connections a coaxial cable should be used (see Figure 10). In this case two adapter resistors R_1 and R_2 are necessary to ensure that the system approximately matches the characteristic impedance of the cable, which is typically in the range of 20Ω to 40Ω .
- b) The capacitor C_K and the other high voltage components of the test circuit should be the same and have the same connections as those used in the high voltage test.
 - c) The matching unit or detector impedance Z_A to be used in the high voltage test should be used to obtain the double pulse plot.
 - d) The detector amplifier D should be used with the gain setting and amplifier frequency response selected for the high voltage test. For accurate measurement of the changes in pulse magnitude caused by superposition distortions, the output of the detector amplifier D should be displayed on an external oscilloscope (for example the oscilloscope used in 5.5 a)).

The time interval of the double pulse generator should be set to $100 \mu\text{s}$ and the discharge magnitude of the partial discharge detector to the two pulses A_{100} should be measured. The time interval should then be reduced from $100 \mu\text{s}$ to $0,2 \mu\text{s}$; for different values of an interval t measured between maximum peaks of the two pulses, the maximum discharge magnitude A_t should be measured. Particular attention should be given to areas of positive and negative superposition. Values of A_t/A_{100} should then be plotted as a function of t to obtain the double pulse diagram. Examples of diagrams are in Figures 11 to 13.

The value t_k where $A_t/A_{100} = 1,4$ on the initial positive superposition should be determined from the plot. Times t_1 and t_2 where $A_t/A_{100} \leq 1,0$ at all areas of negative superposition should be determined. Taking into account the errors of measurement, areas of negative superposition with a maximum magnitude up to -10% may be ignored.

The cable lengths l_k , l_1 and l_2 corresponding to t_k , t_1 and t_2 should be calculated using the formula $l = 0,5 \times t \times v$. The mean propagation velocity is v and typical values for most extruded cable lie between 150 m/μs and 170 m/μs. On request the propagation rate shall be measured by injecting a calibration pulse into a cable not having a terminal impedance and measuring the time delay between incident and reflected pulse.

The cable lengths $l < l_k$ can be considered as short lengths. These may be as low as 100 m and even higher than 1 000 m.

Lengths between $2l_1$ and $2l_2$ have to be tested with a terminal impedance (see 5.3.4.2) or under modified conditions of the test circuit (for example D, Z_A , C_K) to alter l_1 and l_2 to more suitable values. Alternatively, it is possible to effectively double the value of l_k by connecting both ends of the cable together.

5.6 Requirements for the terminal impedance

5.6.1 General

The terminal impedance Z_w , shown in Figure 8 comprises either RC or RLC elements which are selected on the basis of experimental evaluation.

5.6.2 RC element

The following measurement shall be used to prove the suitability of the terminal capacitor C_w .

The RC element shall be connected in parallel with the cable across the end remote from the detector. The capacitive component shall be short-circuited and the ohmic component shall be adjusted to correspond to the characteristic impedance of the cable. Subsequently the calibrator shall also be connected to the end remote from the detector and the measured discharge magnitude a_2 shall be determined.

With the same amplifier setting, the short circuit of the capacitive component of the terminal impedance shall be removed.

The removal of the short circuit of the capacitor (C_w) shall not change the discharge magnitude a_2 by more than $\pm 15\%$.

For PD detectors having a cut-off frequency lower than 2 MHz, a reasonable estimate for the value of the capacitance C_w (high voltage coupling capacitor of Z_w) may be obtained using the following formula:

$$C_w \geq 0,5 \frac{1}{R_w \times f_m}$$

where

R_w is the ohmic component of the terminal impedance (corresponding approximately to the characteristic impedance of the cable);

f_m is the mean measuring frequency of the detector (arithmetic mean of the upper and lower limiting frequencies of the detector).

For PD measuring instruments having a wide-band amplifier with an upper cut-off frequency more than 2 MHz in connection with an electronic integrator unit, C_w can be estimated on the basis of the relation:

$$C_w \geq \frac{3 T_J}{R_w}$$

T_J is the time duration of the original PD pulse (in general smaller than 0,2 μs).

5.6.3 RLC element series resonance circuit

The following measurement shall be used for proving the suitability of the resonant circuit at the respective measuring frequency.

With the terminal impedance removed an ohmic resistor corresponding to the characteristic impedance of the cable shall be connected to the end remote from the detector in parallel with the cable. Furthermore the calibrator shall be connected to the end remote from the detector, and the measured discharge magnitude a_2 shall be determined.

Then the ohmic resistor shall be removed — with the setting of the amplifier kept constant — and replaced by the terminal impedance, consisting of RLC.

At the measuring frequency the ohmic component of the terminal impedance shall correspond to the resistance R_w .

The measured discharge magnitude a_2 shall not change by more than $\pm 15\%$ when the terminal impedance is connected.

Reasonable estimates of the values of the capacitance C_w and the inductance L_w may be obtained by using the following formulas:

$$C_w \geq \frac{\Delta f}{2\pi \times f_m^2 \times R_w}$$

$$L_w \geq \frac{1}{(2\pi \times f_m)^2 \times C_w}$$

where

R_w is the ohmic component of the terminal impedance (corresponding approximately to the characteristic impedance of the cable);

f_m is the mean measuring frequency of the detector (arithmetic mean of the upper and lower limiting frequencies of the detector);

Δf is the bandwidth of the detector (upper limiting frequency minus the lower limiting frequency of the detector).

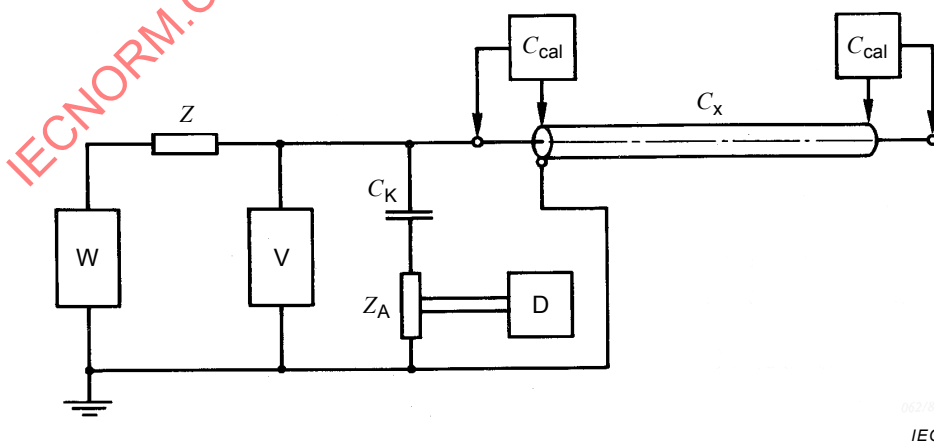


Figure 5 – Input unit Z_A connected in series with the coupling capacitor, C_K

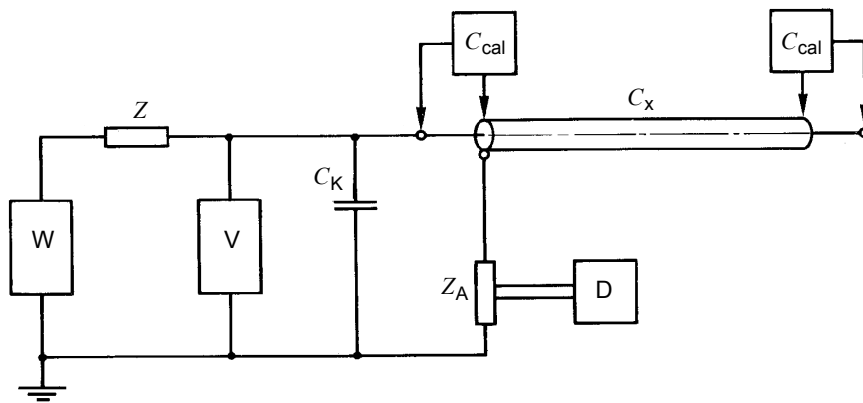


Figure 6 – Input unit Z_A connected in series with the cable, C_x

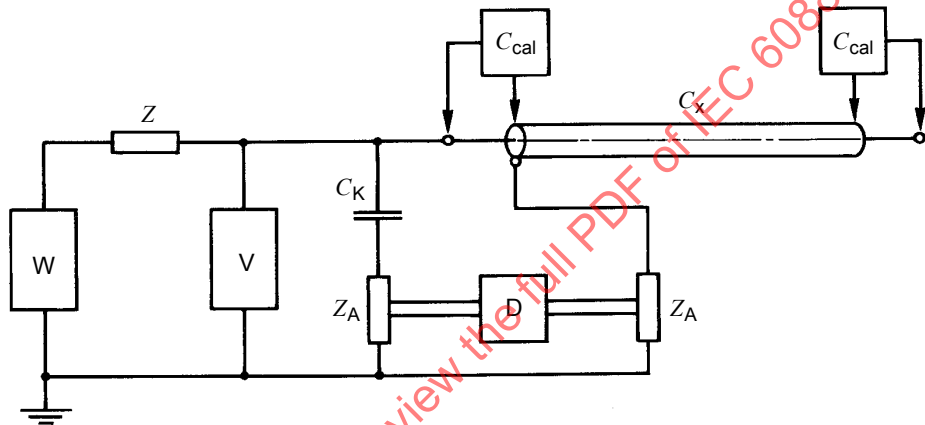


Figure 7 – Bridge circuit

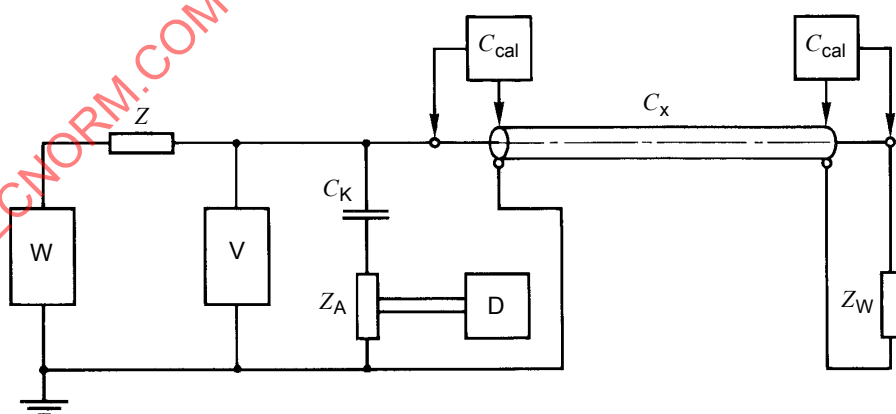


Figure 8 – Connection of the terminal impedance Z_w

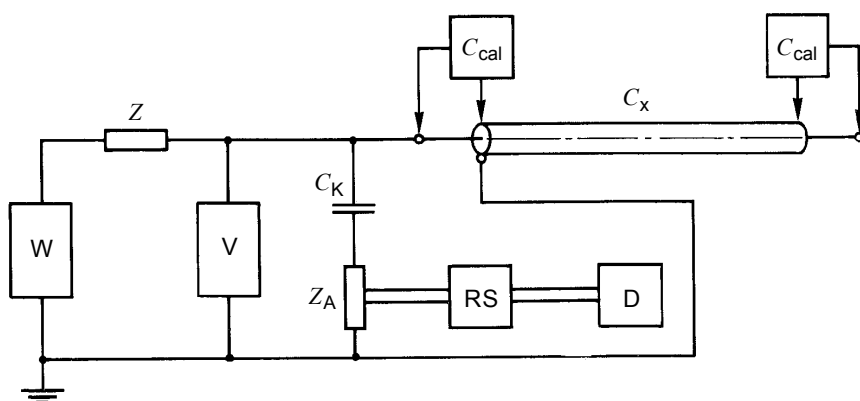
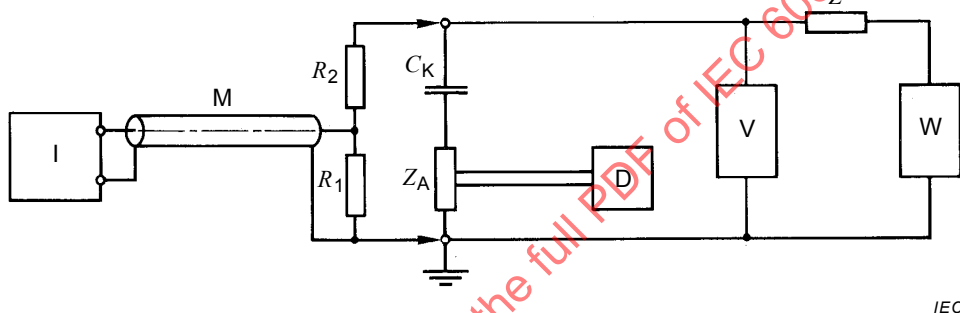


Figure 9 – Connection of the reflection suppressor, RS



Key

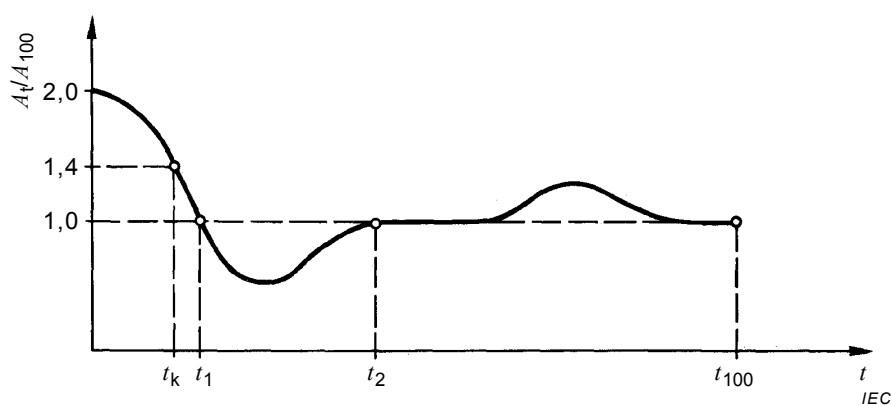
R_1 matching resistor with a value corresponding to the characteristic impedance of the coaxial signal cable M

R_2 matching resistor with a value $R_2 = R - \frac{R_1}{2}$ (load resistance R is typically 20 Ω to 40 Ω)

Figure 10 – Connection of the double pulse generator into the measuring circuit in Figure 5



Figure 11 – Double pulse diagram type 1 without negative superposition



NOTE The influence of the positive superposition between t_2 and t_{100} is negligible.

Figure 12 – Double pulse diagram type 2 with negative superposition between t_1 and t_2

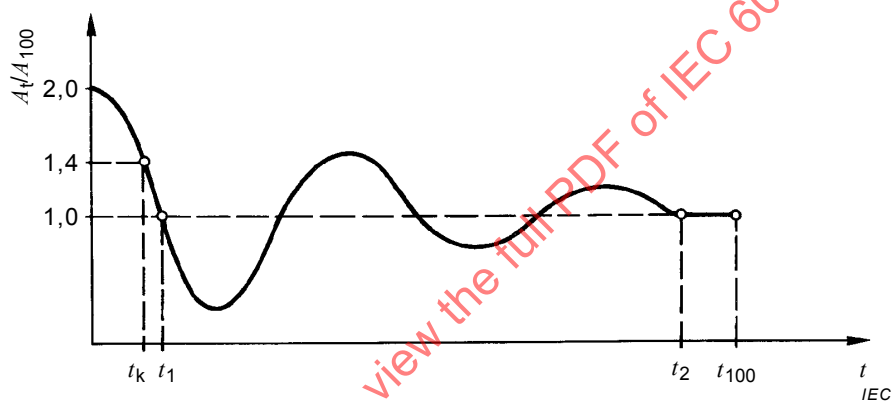
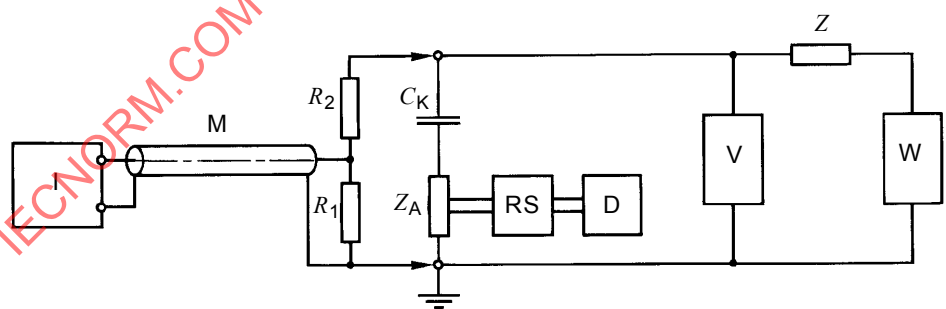


Figure 13 – Double pulse diagram type 3 with negative and positive superpositions between t_1 and t_2



IEC

Figure 14 – Connection of the double pulse generator for the test circuit in Figure 9 with the reflection suppressor

Bibliography

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

DIN 57472 Teil 513/VDE 0472 Teil 513 (07.82), *Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen, Teilentladungen*

CIGRÉ Report 21-01, Appendix IV (1968), *Discharge measurements in long lengths of cable: prevention of errors due to superposition of travelling waves*

CIGRÉ Technical Brochure No. 366 (December 2008), *Guide for Discharge measurements in Compliance to IEC 60270*

CIGRÉ Electra (March 1969), *Discharge measurement in long lengths of cable*

ICEA Publication T-24-380 (1980), *Guide for partial discharge test procedures*

BORSI, H., *Verfahren zur Messung von Teilentladungen an Hochspannungskabeln unter Berücksichtigung des Einflusses der Kabeldaten, Ankoppelungsvierpole und Meßsysteme*, DISS, T.U. Hannover (Juni 1976)

LUKASCHEWITSCH, A., PUFF, E., *Messung von Teilentladungen (TE) an langen Kabeln*, Energie, Heft 2 (Febr. 1976), S.32-39

VAN HOVE, C., LIPPERT, A., WIZNEROWICZ, F., *Interferenzerscheinungen bei der Teilentladungsmessung an langen Kabeln*, Elektrizitätswirtschaft 73 (1974), S. 776-780

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	24
1 Domaine d'application.....	26
2 Références normatives	26
3 Termes, définitions et symboles	26
3.1 Termes et définitions	26
3.2 Symboles utilisés dans les Figures 1 à 14.....	26
4 Vue d'ensemble	27
4.1 Généralités	27
4.2 Objet	27
4.3 Problème de superposition des ondes progressives pour de grandes longueurs.....	27
5 Essais de décharges partielles.....	30
5.1 Appareillage d'essai	30
5.1.1 Matériel	30
5.1.2 Circuit d'essai et instruments.....	30
5.1.3 Générateur à double impulsion	30
5.1.4 Impédance terminale.....	30
5.1.5 Suppresseur de réflexion.....	30
5.2 Montage du circuit d'essai	30
5.2.1 Détermination des propriétés caractéristiques du circuit d'essai	30
5.2.2 Impédance terminale.....	31
5.2.3 Détermination de la superposition des ondes progressives.....	31
5.2.4 Suppresseur de réflexion.....	31
5.2.5 Étalonnage du système de mesure dans le circuit d'essai complet	31
5.2.6 Sensibilité	31
5.3 Méthodes de mesures	32
5.3.1 Généralités	32
5.3.2 Courtes longueurs de câble y compris les longueurs pour essai de type	32
5.3.3 Grandes longueurs de câbles soumises à essai sans impédance terminale	32
5.3.4 Grandes longueurs de câbles soumises à essai avec une impédance terminale	34
5.3.5 Grandes longueurs de câble soumises à essai avec un suppresseur de réflexion	35
5.4 Niveaux de tension/limites des décharges partielles.....	35
5.5 Comportement de la double impulsion et traçage du diagramme de double impulsion	35
5.6 Exigences relatives à l'impédance terminale	36
5.6.1 Généralités	36
5.6.2 Élément RC	37
5.6.3 Élément RLC (circuit série résonnant)	37
Bibliographie	42

Figure 1 – Décharge située exactement à l'extrémité du câble éloignée du détecteur ($x = l$)27

Figure 2 – Décharge située à une distance $x = x_1$ – Ondes progressives.....28

Figure 3 – Atténuation des impulsions de décharges partielles le long du câble.....	28
Figure 4 – Superposition et atténuation des impulsions des décharges partielles	29
Figure 5 – Unité d'entrée Z_A connectée en série avec le condensateur de couplage, C_K	38
Figure 6 – Unité d'entrée Z_A connectée en série avec le câble, C_X	38
Figure 7 – Circuit en pont.....	39
Figure 8 – Connexion de l'impédance terminale Z_W	39
Figure 9 – Connexion du supprimeur de réflexion, R_S	39
Figure 10 – Connexion du générateur à double impulsion dans le circuit de mesure illustré à la Figure 5	40
Figure 11 – Diagramme de double impulsion type 1 sans superposition négative	40
Figure 12 – Diagramme de double impulsion type 2 avec superposition négative entre t_1 et t_2	40
Figure 13 – Diagramme de double impulsion type 3 avec superpositions négative et positive entre t_1 et t_2	41
Figure 14 – Connexion du générateur à double impulsion pour le circuit d'essai illustré à la Figure 9 avec le supprimeur de réflexion.....	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAIS ÉLECTRIQUES POUR LES CÂBLES ÉLECTRIQUES –

Partie 3: Méthodes d'essais pour la mesure des décharges partielles sur des longueurs de câbles de puissance extrudés

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60885-3 a été établie par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques.

Cette deuxième édition de l'IEC 60885-3 annule et remplace la première édition parue en 1988. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- La définition de la sensibilité considérée comme le double du niveau de bruit de fond a été supprimée et remplacée par une évaluation pratique de la sensibilité en fonction du niveau minimum de décharge détectable.

- Les références aux mesures des hauteurs d'impulsions en mm sur un oscilloscope ont été remplacées par des mesures de la grandeur de la décharge partielle en pC.
- L'ordre des articles a été révisé pour reprendre le schéma de numérotation général des normes de l'IEC et pour clarifier le texte pour en faciliter l'utilisation pratique. La Section 3 de la première édition (Guide d'application) a été supprimée car il est considéré que les références originales telles qu'énumérées dans la bibliographie fournissent des informations de meilleure qualité sur l'environnement technique.

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

FDIS	Rapport de vote
20/1560/FDIS	20/1587/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60885, publiées sous le titre général *Méthodes d'essais électriques pour les essais électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

MÉTHODES D'ESSAIS ÉLECTRIQUES POUR LES Câbles ÉLECTRIQUES –

Partie 3: Méthodes d'essais pour la mesure des décharges partielles sur des longueurs de câbles de puissance extrudés

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60885 spécifie les méthodes d'essai pour les mesures des décharges partielles sur des longueurs de câbles de puissance extrudés, mais ne traite pas des mesures effectuées sur des systèmes de câbles installés.

Il est fait référence à l'IEC 60270 qui donne les techniques et considérations générales applicables aux mesures des décharges partielles.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60270 s'appliquent.

3.2 Symboles utilisés dans les Figures 1 à 14

a_1	grandeur de décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité proche du détecteur
a_2	grandeur de décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité éloignée du détecteur
C_{cal}	dispositif d'étalonnage (calibrator)
C_K	condensateur de couplage (coupling capacitor)
C_x	câble de puissance (power cable)
D	détecteur (detector)
I	générateur à double impulsion (double pulse generator)
l	longueur du câble de puissance (length of the power cable)
M	câble de liaison coaxial (coaxial signal cable)
Q	grandeur de décharge
$R_1 R_2$	résistances d'adaptation (matching resistors)
RS	suppresseur de réflexion (reflection suppressor)
v	vitesse de propagation de la décharge partielle

V	indicateur de tension (voltage indicator)
W	alimentation de puissance (power supply)
Z	impédance/filtre (impedance/filter)
Z_A	unité d'entrée (input unit)
Z_W	impédance terminale (terminal impedance)

4 Vue d'ensemble

4.1 Généralités

Les mesures des décharges partielles doivent être réalisées en utilisant les techniques d'essai spécifiées dans l'IEC 60270.

4.2 Objet

L'objet de l'essai est de déterminer la grandeur des décharges ou de vérifier que la grandeur des décharges ne dépasse pas une valeur spécifiée à une tension spécifiée et une sensibilité minimale déclarée.

4.3 Problème de superposition des ondes progressives pour de grandes longueurs

De courtes longueurs de câble se comportent de la même façon qu'un condensateur unique dans la mesure où la grandeur de la décharge peut être mesurée directement en considérant le câble comme un seul condensateur. Cependant, des câbles plus longs se comportent comme une ligne de transmission et les impulsions de décharges partielles se déplacent à partir de leur source dans les deux directions le long du câble, sous la forme d'une onde. À son arrivée à l'extrémité éloignée de l'équipement de mesure, l'impulsion sera réfléchiée avec la même polarité, si l'extrémité est en circuit ouvert. Ensuite, l'impulsion réfléchiée repartira en sens inverse le long de la longueur du câble et arrivera au niveau du détecteur après l'impulsion reçue directement. Si le temps écoulé entre l'arrivée des deux impulsions est court (la différence de temps étant fonction de la longueur du câble), l'instrument de détection peut donner une réponse fausse, indiquant une grandeur supérieure ou inférieure de la décharge par rapport à sa valeur réelle. Les méthodes détaillées dans la présente norme permettent une mesure correcte des décharges partielles dans ces conditions.

Les Figures 1 à 4 illustrent le comportement des ondes progressives et les éventuels effets de superposition.

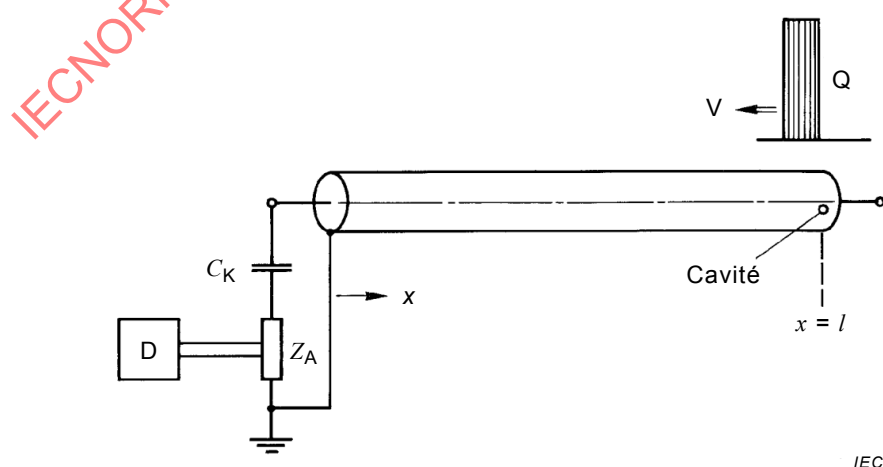
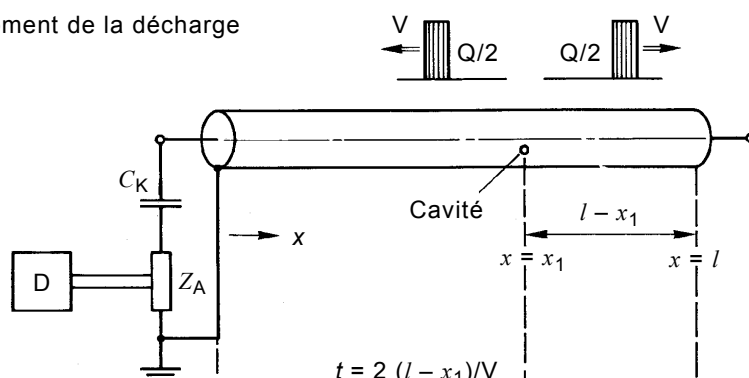
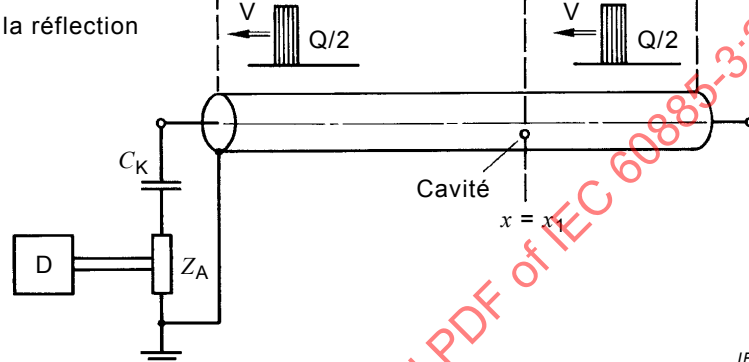


Figure 1 – Décharge située exactement à l'extrémité du câble éloignée du détecteur ($x = l$)

a) au moment de la décharge

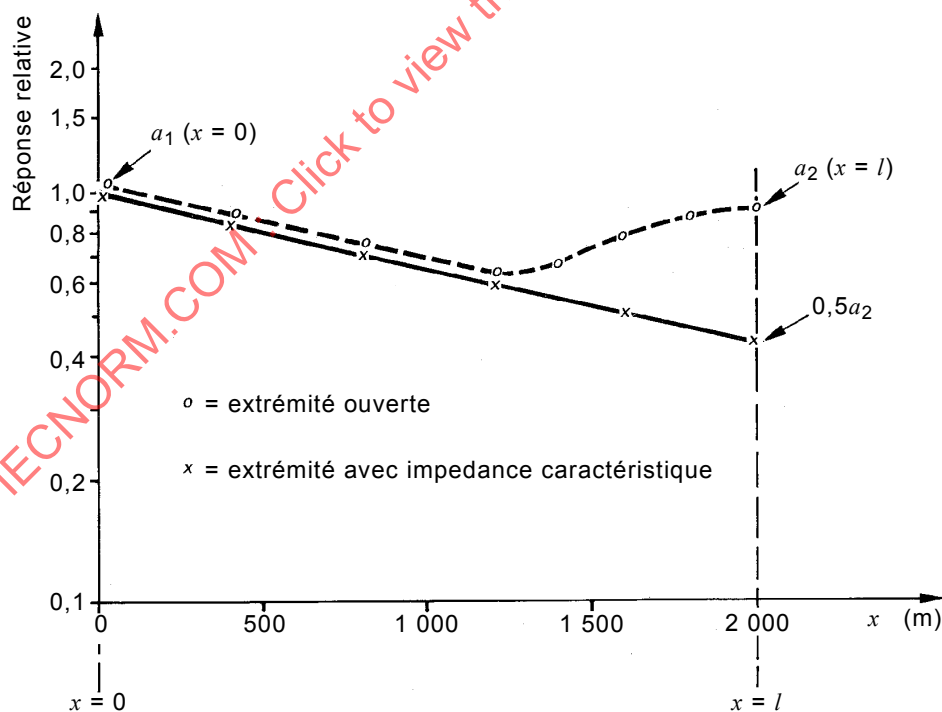


b) après la réflexion



IEC

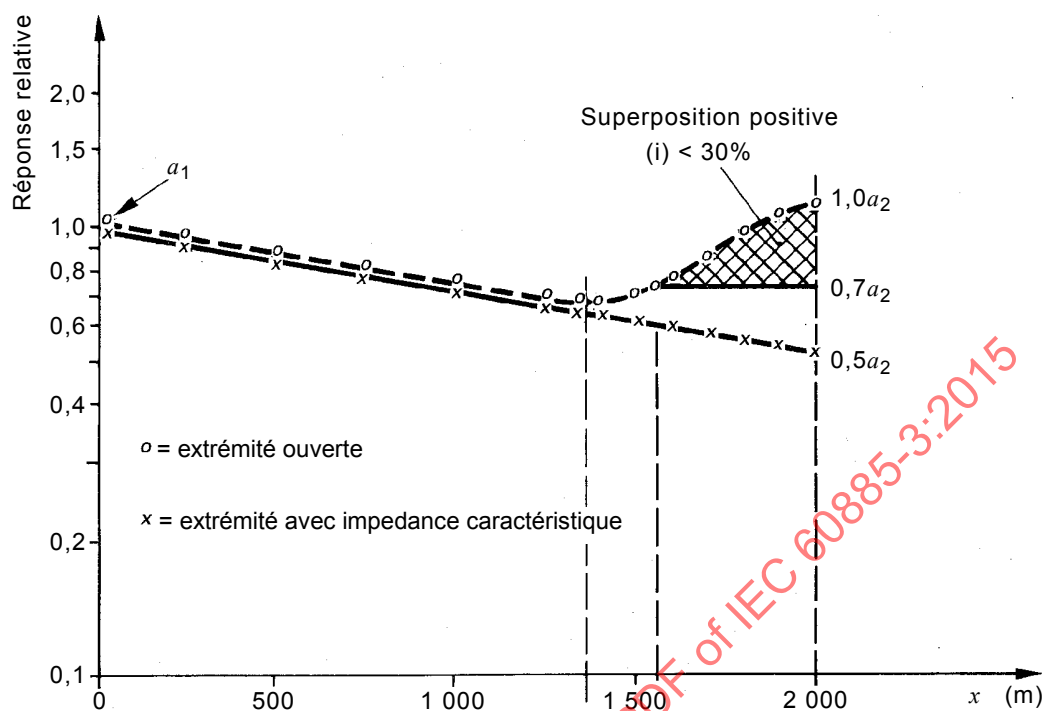
Figure 2 – Décharge située à une distance $x = x_1$ – Ondes progressives



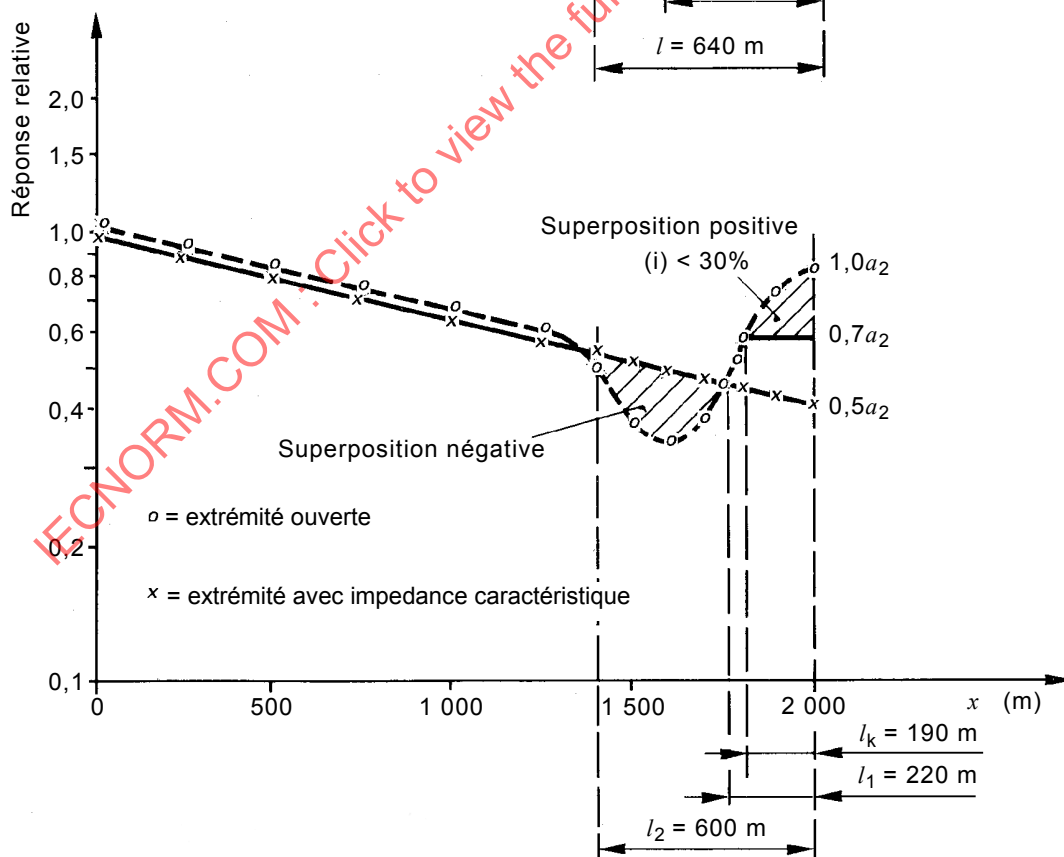
IEC

Figure 3 – Atténuation des impulsions de décharges partielles le long du câble

a)



b)



IEC

Figure 4 – Superposition et atténuation des impulsions des décharges partielles

5 Essais de décharges partielles

5.1 Appareillage d'essai

5.1.1 Matériel

Le matériel est constitué d'une alimentation en courant alternatif à haute tension ayant des caractéristiques assignées appropriées pour alimenter la longueur du câble en essai, d'un voltmètre pour les hautes tensions, d'un circuit de mesure, d'un dispositif d'étalonnage de décharges, d'un générateur à double impulsion et, le cas échéant, d'une impédance terminale ou d'un supprimeur de réflexion. Tous les composants de l'appareillage d'essai doivent avoir un niveau de bruit suffisamment faible pour atteindre la sensibilité requise. La fréquence de l'alimentation d'essai doit être dans une plage allant de 45 Hz à 65 Hz de forme d'onde pratiquement sinusoïdale avec le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace égal à $\sqrt{2}$ avec une tolérance maximale de 5 %.

5.1.2 Circuit d'essai et instruments

Le circuit d'essai comprend l'alimentation à haute tension, l'objet en essai, le condensateur de couplage et l'équipement de mesure de l'alimentation en haute tension et des décharges partielles. 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 adapter l'impédance caractéristique du câble), le conducteur de connexion et l'instrument de mesure. L'instrument de mesure ou le détecteur comprend un dispositif d'amplification adapté, un oscilloscope ou un autre instrument pour indiquer l'existence de décharges partielles et pour mesurer la charge apparente. Le système de mesure doit être conforme à l'IEC 60270.

5.1.3 Générateur à double impulsion

Un générateur à double impulsion est un instrument produisant deux impulsions égales (avec la même charge apparente) qui se succèdent dans un intervalle de temps pouvant varier de 0,2 μ s à 100 μ s. Le temps de montée des impulsions ne doit pas dépasser 20 ns (10 % à 90 % de la valeur crête); le temps qui s'écoule entre les valeurs à 10 % avant et arrière ne doit pas dépasser 150 ns. Les impulsions peuvent être synchronisées avec la fréquence du réseau.

5.1.4 Impédance terminale

Une impédance terminale est une impédance égale à la valeur de l'impédance caractéristique de l'objet en essai, qui est connectée à l'extrémité ouverte du câble éloignée du détecteur. Il peut s'agir d'une combinaison de la résistance et de la capacité (R & C) ou de la résistance, de la capacité et de l'inductance (R, C & L). Les composants doivent être adaptés pour fonctionner à la tension d'essai à appliquer au câble en essai. Des exigences supplémentaires sont spécifiées en 5.6.

5.1.5 Supprimeur de réflexion

Il s'agit d'un interrupteur électronique qui est conçu pour isoler l'entrée de l'instrument de mesure des impulsions réfléchies en provenance de l'extrémité ouverte du câble. Cela est réalisé en bloquant l'entrée pendant une durée fixe suite à la réception de la première impulsion.

5.2 Montage du circuit d'essai

5.2.1 Détermination des propriétés caractéristiques du circuit d'essai

Il convient de déterminer les propriétés caractéristiques du circuit d'essai dans les conditions d'emploi. Les circuits d'essais normalement utilisés pour les connexions à une seule extrémité du câble sont ceux présentés dans les Figures 5, 6, 7, 8 et 9. Des circuits d'essais similaires sont aussi applicables quand les deux extrémités du conducteur du câble sont

connectées ensemble; dans ce cas, les deux extrémités de l'écran métallique du câble doivent aussi être connectées ensemble.

5.2.2 Impédance terminale

Si une impédance terminale est connectée à l'extrémité éloignée du câble en essai, avec une valeur d'impédance égale à l'impédance caractéristique du câble, alors le câble se comportera comme s'il était de longueur infinie, et il n'y aura aucune onde réfléchie. Le circuit de connexion d'une impédance terminale est représenté à la Figure 8. Il convient de démontrer les valeurs (RC et L, le cas échéant) des composantes de l'impédance terminale et sa validité pour le type de câble en essai en utilisant la procédure décrite en 5.6. Il convient d'appliquer cette vérification lorsque le circuit d'essai est mis en place et également lorsque des modifications sont apportées au circuit.

5.2.3 Détermination de la superposition des ondes progressives

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 10 et un diagramme de double impulsion est tracé (voir 5.5 et les Figures 11, 12 et 13). Il convient d'appliquer cette vérification lorsque le circuit d'essai est mis en place et également lorsque des modifications sont apportées au circuit.

5.2.4 Suppresseur de réflexion

L'utilisation de ce supprimeur de réflexion vise à obtenir un diagramme de double impulsion du Type 1 correspondant à la Figure 11. En utilisant le montage représenté à la Figure 14, il convient de vérifier l'efficacité du supprimeur de réflexion en traçant un diagramme de double impulsion (voir 5.5 et Figures 11, 12 et 13), lorsque le circuit d'essai est mis en place et également lorsque des modifications sont apportées au circuit.

5.2.5 Étalonnage du système de mesure dans le circuit d'essai complet

L'étalonnage du système de mesure dans le circuit d'essai complet doit être effectué conformément à l'Article 5 de l'IEC 60270:2000. Le dispositif d'étalonnage utilisé doit être conforme à l'IEC 60270. Pour les grandes longueurs de câble (> 100 m) il existe une exigence complémentaire précisant que la capacité d'étalonnage ne doit pas être supérieure à 150 pF.

5.2.6 Sensibilité

La sensibilité du système de mesure est définie comme étant l'impulsion de décharge minimale détectable, $q_{\min}$ (en pico-coulombs – pC) qui peut être observée en présence de bruit de fond.

La valeur de $q_{\min}$ doit être déterminée en évaluant le niveau de bruit de fond et ne doit pas être supérieure au double du niveau de bruit apparent, h_n (h_n est la valeur du bruit lue sur l'instrument de mesure).

Par conséquent:

$$q_{\min} = x \times k \times h_n$$

où k est le facteur d'échelle et x est le rapport entre la décharge minimale détectable et le bruit de fond. La valeur maximale autorisée de x est 2. En général, il convient de pouvoir atteindre les valeurs de x comprises entre 1,25 et 1,5.

Les valeurs maximales de sensibilité doivent être déterminées conformément au 5.4.

5.3 Méthodes de mesures

5.3.1 Généralités

Le choix du circuit d'essai dépend de la longueur de l'échantillon de câble qui peut être considéré comme étant de courte longueur (voir 5.3.2) ou de grande longueur (voir 5.3.3, 5.3.4 et 5.3.5). Le circuit d'essai doit être exempt de décharge afin d'atteindre la sensibilité requise (voir 5.2.6). L'étalonnage ne doit pas nécessairement être effectué avec l'alimentation HT connectée (voir 5.2.5). Lors de la mesure des décharges partielles, les impulsions individuelles clairement identifiables comme une interférence peuvent être ignorées.

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

5.3.2.1 Exigences

Les câbles de courtes longueurs peuvent être assimilés à une capacité localisée. La limitation de la longueur si cela n'est pas acceptable dépend du circuit d'essai utilisé, mais il peut être supposé que des longueurs de câble allant jusqu'à 50 m (ou 100 m, si les deux extrémités du câble sont connectées ensemble) se comportent comme une capacité à constantes localisées et que donc la superposition des ondes réfléchies ne nécessite pas d'être prise en compte. Pour des longueurs plus importantes, si elles peuvent être considérées comme une capacité à constantes localisées, elles doivent être déterminées en utilisant le diagramme de double impulsion, comme décrit en 5.5. La longueur maximale qui peut être considérée comme une capacité à constantes localisées est définie comme l_k . Elle peut être égale à une valeur aussi faible que 100 m voire supérieure à 1 000 m, en fonction du système de mesure particulier utilisé.

Les circuits d'essai normalement utilisés sont ceux des Figures 5, 6 et 7.

5.3.2.2 Vérification de la sensibilité

La détermination du facteur d'échelle k relatif à la mesure de la charge apparente doit être effectuée conformément à l'Article 5 de l'IEC 60270:2000. Par conséquent, le dispositif d'étalonnage de décharges partielles doit être connecté en parallèle avec le câble à l'extrémité éloignée du détecteur.

5.3.2.3 Méthode d'essai

La mesure doit être effectuée seulement à une extrémité du câble.

Les paramètres d'essai doivent être choisis conformément au 5.4.

5.3.3 Grandes longueurs de câbles soumises à essai sans impédance terminale

5.3.3.1 Généralités

Pour de grandes longueurs de câble (>50 m ou >100 m si les extrémités sont connectées ensemble), soumises à essai sans une impédance terminale, il est nécessaire de tracer un diagramme de double impulsion.

5.3.3.2 Exigences

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 générateur à double impulsion est connecté selon la Figure 10 et un diagramme de double impulsion est tracé (voir 5.5 et les Figures 11, 12 et 13). Cela doit être appliqué lorsque le circuit d'essai est mis en place et également lorsque des modifications sont apportées au circuit.

Un essai sans impédance terminale est autorisé lorsque le diagramme de double impulsion est

- du type 1 (Figure 11), ou
- du type 2 et du type 3 (Figures 12 et 13) à condition que la longueur du câble, l , reste en dehors des limites $2l_1 \leq l \leq 2l_2$.

(Voir 5.5 pour la détermination de l_1 et de l_2 .)

Pour les longueurs contenues dans ces limites, il convient d'utiliser un circuit d'essai différent ou il convient d'adopter les méthodes décrites en 5.3.4 ou en 5.3.5.

Les circuits d'essai normalement utilisés sont ceux des Figures 5, 6, 7 et 9.

5.3.3.3 Vérification de la sensibilité

La détermination du facteur d'échelle k relatif à la mesure de la charge apparente doit être effectuée conformément à l'Article 5 de l'IEC 60270:2000. Par conséquent, le dispositif d'étalonnage de décharges partielles doit être connecté en parallèle avec le câble à l'extrémité proche du détecteur.

Pour la détermination du facteur de correction de l'atténuation, le dispositif d'étalonnage de la décharge partielle doit être connecté à chaque extrémité tour à tour en parallèle avec le câble avec le même réglage de l'amplificateur et la même charge d'étalonnage. Les valeurs suivantes doivent être enregistrées:

- a_1 grandeur de la décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité proche du détecteur;
- a_2 grandeur de la décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité éloignée du détecteur.

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

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

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

5.3.3.4 Mode opératoire

La mesure doit être effectuée deux fois en connectant l'extrémité haute tension du condensateur de couplage tour à tour à chaque extrémité du câble. Les grandeurs de décharge mesurées A_1 et A_2 doivent être déterminées et la plus grande valeur $A_{\max}$ (pC) doit être choisie. Avec le facteur de correction F , la valeur de la grandeur q (pC) est:

$$q = A_{\max} \times F$$

Les niveaux de tension utilisés lors de la mesure de la plus grande valeur la plus élevée de la décharge $A_{\max}$ doivent être choisis conformément au 5.4.

NOTE Ce n'est que dans le cas où le diagramme de double impulsion est du type 1 (voir la Figure 11) et que $a_2 \geq a_1$ qu'une mesure de A (pC) est suffisante lorsque les deux extrémités du câble sont connectées ensemble (voir 5.3.2). La grandeur de la décharge est alors: $q = A$.

5.3.4 Grandes longueurs de câbles soumises à essai avec une impédance terminale

5.3.4.1 Généralités

Pour de grandes longueurs du câble (>50 m ou >100 m si les extrémités sont connectées ensemble), soumises à essai avec une impédance terminale, il n'est pas nécessaire de tracer un diagramme de double impulsion.

5.3.4.2 Exigences

Pour éliminer les erreurs de superposition, les câbles de longueur supérieure à l_k peuvent être soumis à essai avec une impédance terminale comme représenté à la Figure 8. 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 exigences spécifiées en 5.6. L'adéquation de l'impédance au câble en essai doit être démontrée en utilisant la procédure décrite en 5.6.

5.3.4.3 Vérification de la sensibilité

Le dispositif d'étalonnage de la décharge partielle doit être connecté à chaque extrémité tour à tour en parallèle avec le câble avec le même réglage de l'amplificateur et la même charge d'étalonnage. Les valeurs suivantes doivent être enregistrées:

- a_1 (pC) est la grandeur de la décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité proche du détecteur. Il n'est pas nécessaire de la mesurer si la procédure en 5.3.4.4 b) est suffisante;
- a_2 (pC) est la grandeur de la décharge mesurée avec le dispositif d'étalonnage à l'extrémité éloignée du détecteur.

Pour la détermination du facteur d'échelle k pour la mesure de la charge apparente conformément à l'Article 5 de l'IEC 60270:2000, la valeur a_2 (pC) avec le dispositif d'étalonnage de la décharge partielle connecté en parallèle avec le câble à l'extrémité éloignée du détecteur doit être utilisée.

5.3.4.4 Mode opératoire

Le mode opératoire est le suivant.

- a) Lorsqu'il est nécessaire de déterminer la grandeur des décharges partielles aussi précisément que possible, l'extrémité haute tension du condensateur de couplage doit être connectée à chaque extrémité du câble, tour à tour, et les grandeurs de la décharge mesurées A_1 (pC) et A_2 (pC) doivent être déterminées. La grandeur de la décharge q (pC) est donnée par:

$$q = q_{cal} \times \sqrt{\frac{A_1 \times A_2}{a_1 \times a_2}}$$

où q_{cal} est la grandeur de la décharge d'étalonnage (pC).

- b) Lorsqu'il est suffisant de s'assurer que la grandeur de la décharge ne dépasse pas une valeur spécifiée, la mesure peut être faite avec l'extrémité haute tension du condensateur de couplage connectée à une seule extrémité du câble uniquement. Dans ce cas l'impulsion d'étalonnage est injectée seulement à l'extrémité du câble connectée à l'impédance terminale éloignée du détecteur (a_2). Avec la grandeur de la décharge mesurée A_1 (pC) et le facteur d'échelle k_2 la grandeur de la décharge q (pC) est donnée par:

$$q = k_2 \times A_1$$

Les niveaux de tension utilisés lors de la mesure de la grandeur de la décharge A_1 et s'il y a lieu A_2 doivent être choisis conformément au 5.4.