

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

High-voltage test techniques – Partial discharge measurements

Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

High-voltage test techniques – Partial discharge measurements

Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-8322-3013-8

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.

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high current test techniques.

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

FDIS	Report on voting
42/338/FDIS	42/340/RVD

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

3 Definitions

Replace the existing title and introductory phrase with the following new title and introductory phrase:

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

Replace the existing definition 3.10 with the following new definition 3.10:

3.10

digital partial discharge instruments

instruments which perform a digital acquisition and evaluation of the PD data

Note 1 to entry: The A/D conversion of the PD pulses captured from the terminals of the test object can be done either directly or after the apparent charge pulses have been established employing either an analogue band-pass filter amplifier or an active integrator (see Annex E).

Add the following new definitions:

3.12

accumulated apparent charge q_a

sum of the apparent charge q of all individual pulses exceeding a specified threshold level, and occurring during a specified time interval Δt

3.13

PD pulse count m

total number of PD pulses which exceed a specified threshold level within a specified time interval Δt

3.14

PD pattern

display of the apparent charge q versus the phase angle ϕ_i of the PD pulses recorded during a specified time interval Δt

4.3.4 Wide-band PD instruments

Replace the last sentence of 4.3.4 with the following new text:

Recommended values for the significant frequency parameters f_1 , f_2 and Δf are:

$$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz}$$

$$f_2 \leq 1 \text{ MHz}$$

$$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 900 \text{ kHz}$$

Renumber the existing "NOTE" in 4.3.4 to "NOTE 1" and add the following new "NOTE 2":

NOTE 2 For test objects with windings like transformers and electrical machines the acquired frequency band may be reduced down to a few 100 kHz and even below. The upper limit frequency f_2 to be accepted for such kinds of test objects should be specified by the relevant Technical Committee.

5.2 Calibration procedure

Renumber the existing "NOTE" in 5.2 to "NOTE 1" and add the following new "NOTE 2" at the end of the subclause:

NOTE 2 For tall test objects, the connection leads between calibrator and terminals of the test object might exceed several meters. Thus the transfer of the charge from the calibrator to the test object may be reduced due to inevitable stray capacitances. The measurement uncertainty acceptable under this condition should be specified by the relevant Technical Committee.

6.1 General

Replace the existing third paragraph "The voltage pulses of the generator shall have a rise time t_r of less than 60 ns." with the following new text:

The parameters characterizing unipolar step voltage of magnitude U_0 shall satisfy the following conditions (see Figure 6):

Rise time:	$t_r \leq 60 \text{ ns}$
Time to steady state:	$t_s \leq 200 \text{ ns}$
Step voltage duration:	$t_d \geq 5 \text{ } \mu\text{s}$
Deviation of the step voltage magnitude U_0 between t_s and t_d :	$\Delta U \leq 0.03 U_0$

The time parameters t_r , t_s and t_d are measured from the origin t_0 of the step voltage which refers to the time instant when the rising voltage equals 10 % of U_0 (see Figure 6).

The time to steady state t_s is the shortest instant at which the deviation ΔU from U_0 remains first time less than 3 %.

The step voltage duration t_d is the instant after t_s at which the magnitude of the step voltage decays below 97% of U_0 . After t_d , the voltage shall decrease continuously down to 10 % of U_0 within a time interval not shorter than 500 μ s.

The magnitude U_0 of the step voltage is the mean value occurring within the steady state duration $t_d - t_s$.

For test objects represented by a lumped capacitance C_a the calibrating capacitor C_0 shall satisfy the conditions $C_0 \leq 200$ pF and $C_0 \leq 0,01 C_a$.

For test objects represented by a characteristic impedance Z_c , such as power cables exceeding a length of 200 m, the value of the calibrating capacitor shall satisfy the conditions $C_0 \leq 1$ nF and $C_0 \times Z_c \leq 30$ ns.

For calibrators manufactured before this amendment was published, whose time and voltage parameters do not comply with the above specified values, the deviation of the measured values from the specified values shall be stated in the test protocol.

11.2 Quantities related to partial discharges

Replace the existing title and text of 11.2 with the following new title and text:

11.2 PD quantities

PD measurements with direct voltage should be based on the following quantities:

- apparent charge of each individual PD pulse occurring during a specified time interval Δt_i at constant test voltage, as defined in 3.3.1 (see Figure H.1a)).
- accumulated apparent charge of a PD pulse train occurring within a specified time interval Δt_i at constant test voltage, as defined in 3.12 (see Figure H.1b)).
- PD pulse count m of PD pulse trains as defined in 3.13 exceeding specified limits of the apparent charge magnitude q_m during a specified time interval Δt_i at constant test voltage level (see Figure H.2a)).
- PD pulse count m occurring within specified ranges of the apparent charge magnitude q_m for a specified time interval Δt_i at constant test voltage level (see Figure H.2b)).

To determine the PD pulse count m care should be taken so that noisy pulses are not counted to avoid misleading statistics. Thus before starting the actual PD measurement the background noise level in terms of pC shall be determined. Based on this the apparent charge threshold level shall be adjusted to at least twice the background noise.

Values for the PD quantities listed above shall be specified by the relevant Technical Committee.

11.4 Test circuits and measuring systems

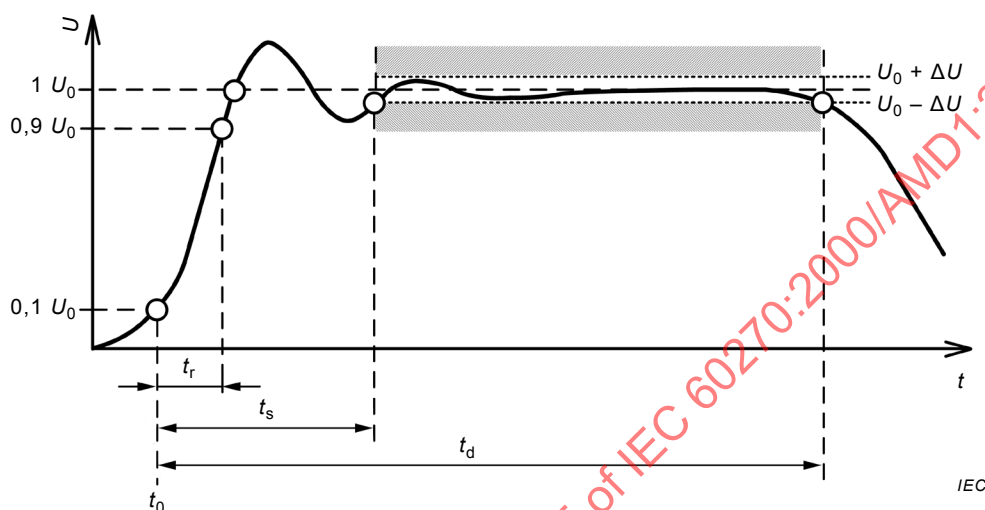
Replace the existing text with the following new text:

To measure the apparent charge according to 3.3.1, the basic circuits shown in Figure 1a to Figure 1d shall be used in conjunction with either analogue or digital PD measuring systems, as described in 4.3 and 4.4 and Annex E. The PD instruments applied shall have a pulse train response that is independent of the repetition rate of PD pulses.

To indicate the PD pulse count m , the application of either digital PD instruments with integrated pulse counters or analogue PD instruments in combination with suitable pulse counting devices is recommended.

The calibration procedures recommended in Clause 5 and the calibrators specified in Clause 6 can also be applied for testing with direct voltage.

Add, after Figure 5, the following new Figure 6:



Key

U_0	step voltage magnitude	t_d	step voltage duration
t_0	origin of the step voltage	$(t_d - t_s)$	steady state duration
t_r	rise time of the step voltage	ΔU	absolute voltage deviation from U_0
t_s	time to steady state		

Figure 6 – Step voltage parameters of a calibrator

A.3 Alternative method

Replace the existing title of Clause A.3 with the following new title:

A.3 Numerical integration method

Add, at the end of Clause A.3, the following new text:

The voltage and time parameters of the step voltage specified in 6.1 and in Figure 6 can be determined if the current through the calibration capacitor C_0 caused by the voltage step U_0 is measured by means of a resistive shunt R_m (see Figure A.2). For example, this shunt can be a 50Ω feed-through low-inductive termination. Under this condition the calibrating charge can be determined based on a numerical integration of the time dependent voltage signal $u_r(t)$ appearing across R_m . Care shall be taken on the offset voltage which shall be adjusted exactly to zero to avoid an integration error.

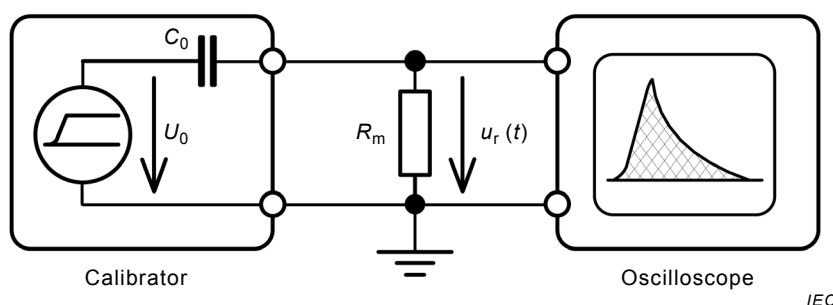


Figure A.2 – Setup for performance tests of calibrators using the numerical integration

Add, at the end of Annex A, the following new Clause A.4:

A.4 Step voltage response method

The charge q_0 generated by the calibrator can also be determined by measuring the transient voltage appearing across a measuring capacitor C_m using the circuit shown in Figure A.3 and [1]¹. As the series connection of C_0 and C_m comprises a voltage divider, the magnitude U_c of the time dependent voltage $u_c(t)$, which occurs across C_m at steady state condition, is direct proportional to the step voltage magnitude U_0 generated by the calibrator:

$$U_c = U_0 \times C_0 / (C_0 + C_m)$$

The charge q_c transferred from the calibrator to the measuring capacitor C_m can thus be expressed by:

$$q_c = q_0 / (1 + C_0 / C_m)$$

Under the condition $C_m \gg C_0$ the charge q_c injected into C_m becomes equal to that charge amount q_0 created by the calibrator:

$$q_0 \approx q_c \approx U_c \times C_m$$

To ensure a measurement uncertainty below 3 %, the capacitance of C_m should be selected not below 10 nF including both the capacitance of the connecting cable and the input capacitance of the oscilloscope. Under this condition a calibrating charge of $q_0 = 100$ pC would cause a step voltage magnitude of $U_c \approx 10$ mV which can be measured at the desired uncertainty using commercially available digital oscilloscopes, in particular if the averaging mode is adopted. For calibrating charges $q_0 < 100$ pC an active integration of the total current flowing through C_0 is recommended to enhance the signal magnitude being recorded by the oscilloscope in order to ensure the specified measuring uncertainty. For more information in this respect see reference [1].

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

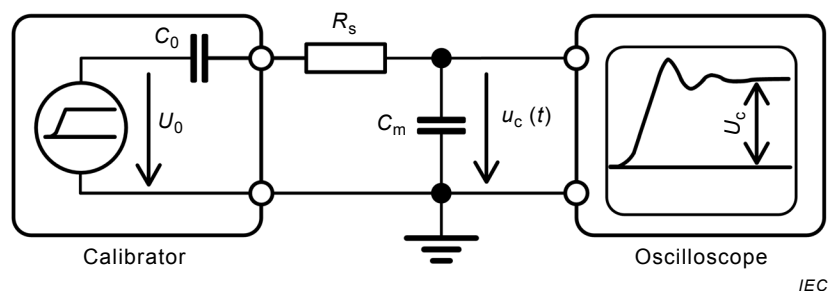
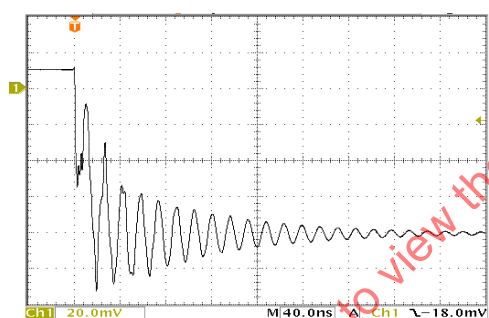


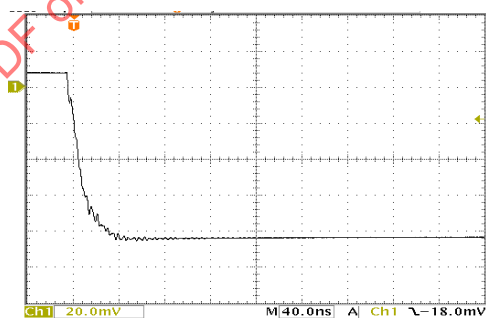
Figure A.3 – Setup for performance tests of calibrators using the step voltage method

The circuit shown in Figure A.3 can also be used for the determination of the significant time parameters presented in 6.1 and illustrated in Figure 6. As the series connection of C_0 and C_m comprises a voltage divider, the time dependent voltage $u_c(t)$ appearing across C_m is direct proportional to the time dependent voltage generated by the calibrator. For such measurements C_m should also be chosen in the order of 10 nF, as recommended for the determination of the calibrating charge. Moreover, C_m should be connected as close as possible to the input of the oscilloscope. Otherwise superimposed oscillations might be excited, as displayed in Figure A.4. To attenuate such disturbing oscillations, an additional series resistor R_s in the order of 100 Ω should be connected as closely as possible to the output of the calibrator. Moreover, the connection leads between calibrator and oscilloscope should not exceed a length of 1 m.



IEC

a) $R_s = 10 \Omega$



IEC

b) $R_s = 100 \Omega$

voltage scale: 20 mV/div; time scale: 40 ns/div

Figure A.4 – Impact of the series resistor R_s on the step voltage response appearing across C_m using the circuit according to Figure A.3, where the oscilloscope was connected to the calibrator via a 50 Ω measuring cable of 1 m long.

Annex E – Guidelines to digital acquisition of partial discharge quantities

Replace the existing title of Annex E with the following new title:

Annex E (informative)

PD measuring instruments

E.1 General

Add, at the beginning of Clause E.1, the following new text:

For processing the PD signal captured from the terminals of the test object by means of a coupling device, comprising a coupling capacitor in combination with a measuring impedance, both the analogue or digital PD signal processing can be applied. The major units of both analogue and digital PD instruments are shown in the Figures E.2 and E.3 respectively.

Additionally to the PD pulse trains, an AC signal derived from the test voltage should be digitized to enable the display of characteristic phase-resolved PD patterns, as displayed in Figure E.4

E.3 Recommendations for recording test voltage, phase angle φ_i and time t_i of occurrence of a PD pulse

Add, at the end of the Clause E.3, after the existing Figure E.1, the following new Figure E.2, Figure E.3 and Figure E.4.

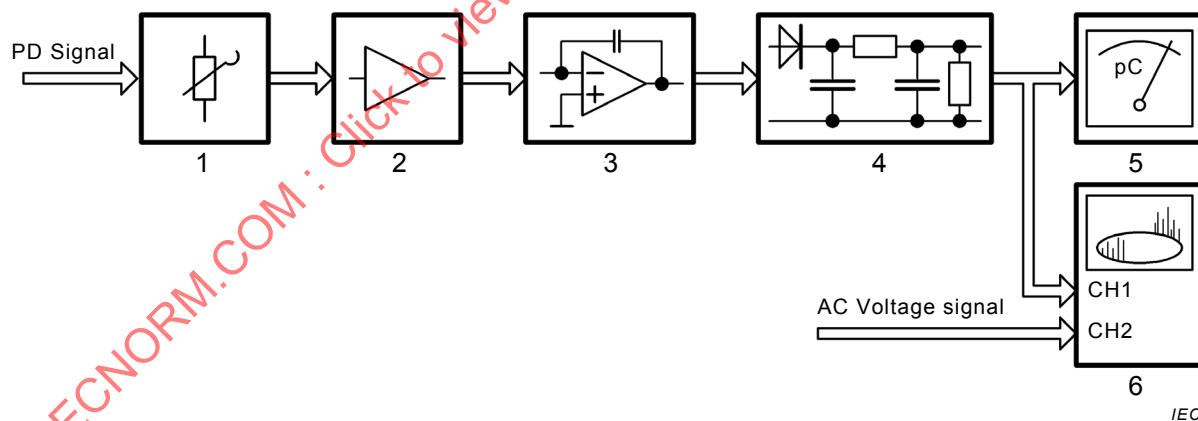
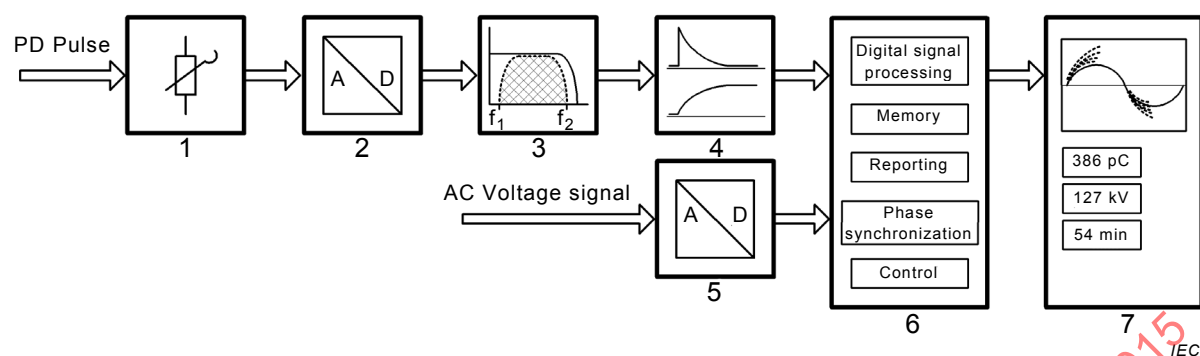


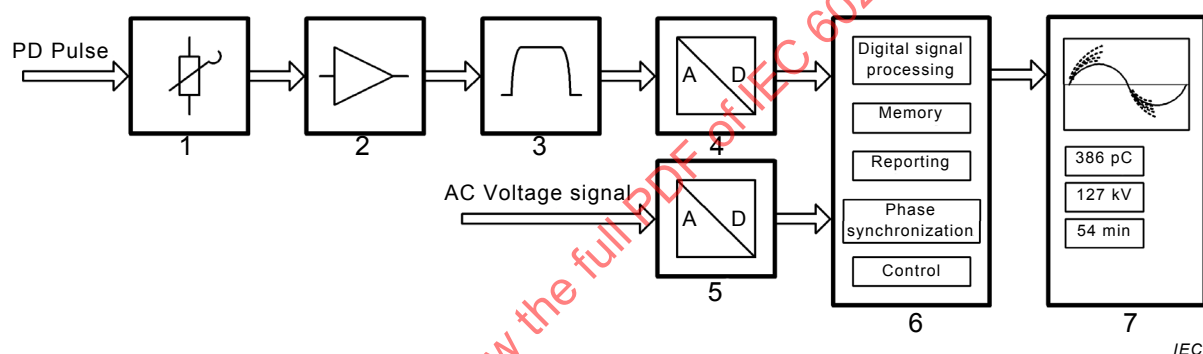
Figure E.2 – Block diagram of an analogue PD instrument equipped with an electronic integrator



Key

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Attenuator | 4 | Numerical integrator |
| 2 | A/D converter for PD pulses voltage | 5 | A/D converter for AC |
| 3 | Digital band-pass filter | 6 | Acquisition unit |
| | | 7 | Evaluation and visualization unit |

a) Direct A/D conversion of the input PD pulses

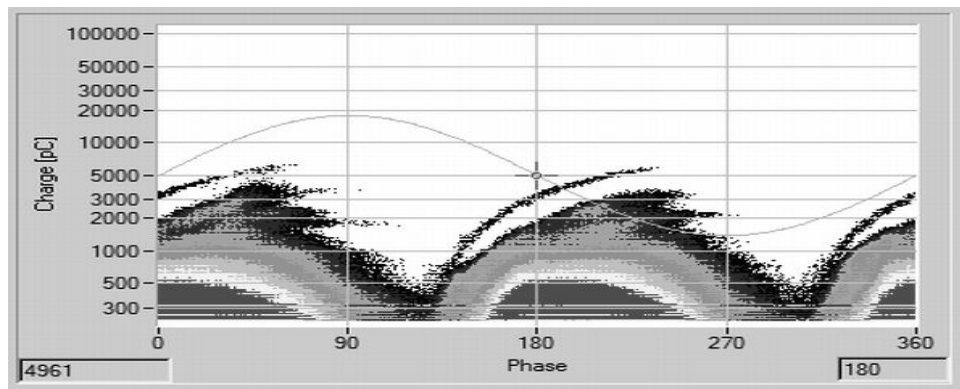


Key

- | | | | |
|---|------------------|---|--|
| 1 | Attenuator | 4 | A/D converter for apparent charge pulses |
| 2 | Amplifier | 5 | A/D converter for AC voltage signal |
| 3 | Band-pass filter | 6 | Acquisition unit |
| | | 7 | Evaluation and visualization unit |

b) A/D conversion after the integration of the input PD pulses by means of a band-pass filter has been performed

Figure E.3 – Block diagram of digital PD instruments



NOTE The PD pulses occurring during the negative half-cycle of the test voltage have been inverted which appear thus like positive pulses. Due to the large scattering PD magnitudes the logarithmic display mode has been used.

Figure E.4 – Example for a phase-resolved PD pattern

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60270:2000/AMD1:2015

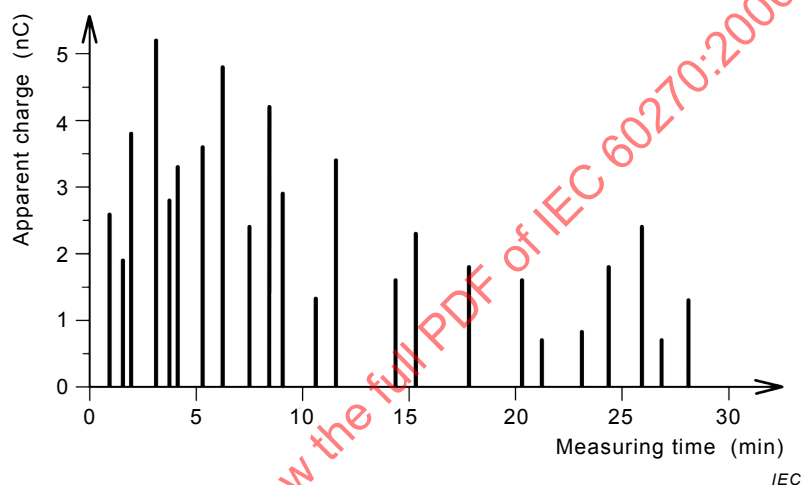
Add, after Annex G, the following new Annex H:

Annex H (informative)

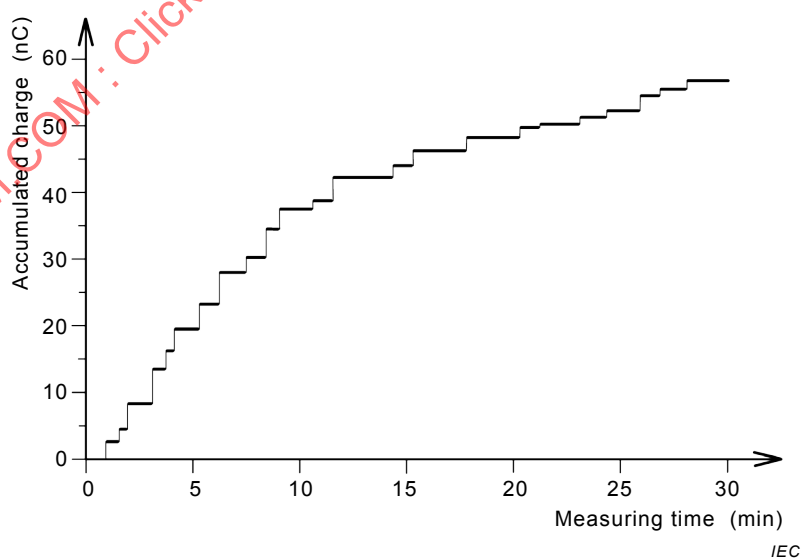
Evaluation of PD test results during tests with direct voltage

The evaluation of PD test results should be based on records of the apparent charge q of each individual PD pulse vs. the time at constant DC test voltage level, as shown in Figure H.1a). It is important to define the time between successive PD pulses where a resolution time of 2 ms is recommended.

Based on the graph shown in Figure H.1a), the accumulated apparent charge of the individual pulses vs. the measuring time is displayed in Figure H.1b).



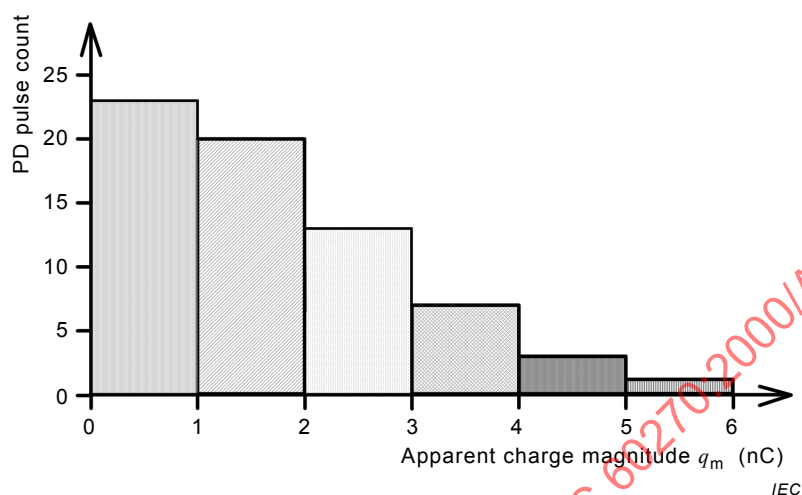
a) Apparent charge of individual PD pulses



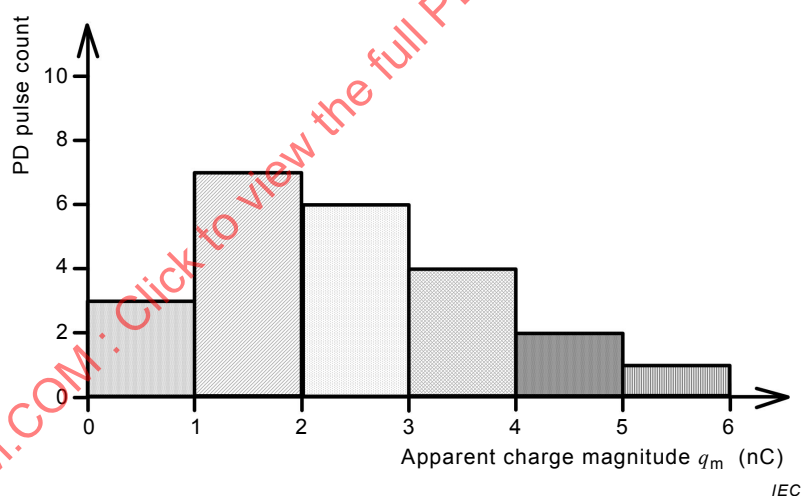
b) Accumulated apparent charge

Figure H.1 – Display modes of apparent pulses against measuring time

Additional information on the PD behaviour can be gained if the PD pulse count m vs. the apparent charge magnitude exceeding specified threshold levels during the measuring time is displayed, as illustrated in Figure H.2a). This graph has been deduced from the PD pulse train shown in Figure H.1a). Moreover the presentation of the pulse counts m occurring within specified limits of the apparent charge magnitude seems useful for assessing the PD activity during direct voltage tests.



a) PD pulse count m exceeding the following limits for the apparent charge magnitude q_m : 0 nC, 1 nC, 2 nC, 3 nC, 4 nC, 5 nC.



b) PD pulse count m occurring within the following apparent charge intervals q_{mi} : (0-1) nC, (1-2) nC, (2-3) nC, (3-4) nC, (4-5) nC

Figure H.2 – Histograms of PD pulse count m against apparent charge intervals

Add, after Annex H, the following new Bibliography:

Bibliography

- [1] CIGRE WG D1.33, "Guide for Electrical Partial Discharge Measurements in compliance with IEC 60270," Technical Brochure 366, *Electra*, vol. 60, no. 241, Dec. 2008.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60270:2000/AMD1:2015

AVANT-PROPOS

Cet amendement a été établi par le comité d'études 42 de l'IEC: Techniques d'essais à haute tension et/ou à fort courant.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
42/338/FDIS	42/340/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

3 Définitions

Remplacer le titre et la phrase d'introduction existants par les nouveaux titre et phrase d'introduction suivants:

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Remplacer la définition 3.10 existante par la nouvelle définition 3.10 suivante:

3.10

appareils de mesure de décharges partielles numériques

appareils pour effectuer une acquisition numérique et une évaluation des données de DP

Note 1 à l'article: La conversion A/N des impulsions de DP reçues par les bornes de l'objet soumis à essai peut être effectuée soit directement, soit après avoir déterminé les impulsions de charge apparente en utilisant, soit un amplificateur de filtrage passe-bande analogique, soit un intégrateur actif (voir Annexe E).

Ajouter les nouvelles définitions suivantes:

3.12

charge apparente accumulée q_a

somme de la charge apparente q de toutes les impulsions individuelles dépassant un niveau de seuil spécifié et apparaissant pendant un intervalle de temps spécifié Δt

3.13

nombre m d'impulsions de DP

nombre total d'impulsions de DP dépassant un niveau de seuil spécifié dans un intervalle de temps spécifié Δt

3.14

motif de DP

affichage de la charge apparente q en fonction de l'angle de phase φ_i des impulsions de DP enregistrées pendant un intervalle de temps spécifié Δt

4.3.4 Appareils de mesure de DP à large bande

Remplacer la dernière phrase de 4.3.4 par le nouveau texte suivant:

Les valeurs recommandées pour les paramètres de fréquence significatifs f_1 , f_2 et Δf sont les suivantes:

$$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz}$$

$$f_2 \leq 1 \text{ MHz}$$

$$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 900 \text{ kHz}$$

Renommer la "NOTE" existante de 4.3.4 en "NOTE 1" et ajouter la "NOTE 2" suivante:

NOTE 2 Pour les objets soumis à essai avec des enroulements tels que des transformateurs et des machines électriques, la bande de fréquences acquise peut être réduite à quelques centaines de kilohertz et même en dessous. Il convient que la fréquence limite supérieure f_2 à accepter pour ces types d'objets soumis à essai soit spécifiée par le comité d'études approprié.

5.2 Procédure d'étalonnage

Renommer la "NOTE" existante en 5.2 en "NOTE 1" et ajouter la "NOTE 2" suivante à la fin du paragraphe:

NOTE 2 Pour des objets de grande taille soumis à essai, les conducteurs de connexion entre le dispositif d'étalonnage et les bornes de l'objet soumis à essai peuvent dépasser plusieurs mètres. Ainsi, le transfert de la charge du dispositif d'étalonnage vers l'objet soumis à essai peut être réduit en raison des capacités parasites inévitables. Il convient que l'incertitude de mesure acceptable dans ces conditions soit spécifiée par le comité d'études approprié.

6.1 Généralités

Remplacer le troisième alinéa existant "Les impulsions de tension du générateur doivent avoir un temps de montée t_r inférieur à 60 ns." par le nouveau texte suivant:

Les paramètres caractérisant un échelon de tension unipolaire d'amplitude U_0 doivent satisfaire aux conditions suivantes (voir Figure 6):

Temps de montée:	$t_r \leq 60 \text{ ns}$
Temps jusqu'au régime établi:	$t_s \leq 200 \text{ ns}$
Durée d'un échelon de tension	$t_d \geq 5 \text{ } \mu\text{s}$
Écart d'amplitude d'échelon de tension U_0 entre t_s et t_d	$\Delta U \leq 0,03 U_0$

Les paramètres de temps t_r , t_s et t_d sont mesurés depuis l'origine t_0 de l'échelon de tension qui se réfère à l'instant où la tension croissante est égale à 10 % de U_0 (voir Figure 6).

Le temps jusqu'au régime établi t_s est l'instant le plus court auquel l'écart de ΔU par rapport à U_0 reste inférieur à 3 % pour la première fois.

La durée de l'échelon de tension t_d est l'instant après t_s auquel l'amplitude de l'échelon de tension diminue en dessous de 97 % de U_0 . Après t_d , la tension doit diminuer de façon continue jusqu'à 10 % de U_0 dans un intervalle de temps supérieur ou égal à 500 μ s.

L'amplitude U_0 de l'échelon de tension est la valeur moyenne apparaissant au cours de la durée du régime établi $t_d - t_s$.

Pour des objets soumis à essai représentés par une capacité localisée C_a , le condensateur d'étalonnage C_0 doit satisfaire aux conditions suivantes $C_0 \leq 200$ pF et $C_0 \leq 0,01 C_a$.

Pour les objets soumis à essai représentés par une impédance caractéristique Z_c , tels que des câbles d'alimentation dont la longueur dépasse 200 m, la valeur du condensateur d'étalonnage doit satisfaire aux conditions suivantes $C_0 \leq 1$ nF et $C_0 \times Z_c \leq 30$ ns.

Pour les dispositifs d'étalonnage fabriqués avant la publication du présent amendement, dont les paramètres de temps et de tension ne sont pas conformes aux valeurs spécifiées ci-dessus, l'écart des valeurs mesurées par rapport aux valeurs spécifiées doit être mentionné dans le protocole d'essai.

11.2 Grandeurs relatives aux décharges partielles

Remplacer le titre et texte existants de 11.2 par le nouveau titre et texte suivants:

11.2 Grandeurs relatives aux DP

Il convient de baser les mesurages de DP en courant continu sur les grandeurs suivantes:

- charge apparente de chaque impulsion de DP individuelle apparaissant pendant un intervalle de temps spécifié Δt_i à une tension d'essai constante, comme défini en 3.3.1 (voir Figure H.1a)).
- charge apparente accumulée d'un train d'impulsions de DP apparaissant dans un intervalle de temps spécifié Δt_i à une tension d'essai constante, comme défini en 3.12 (voir Figure H.1b)).
- nombre m d'impulsions de DP de trains d'impulsions de DP, comme défini en 3.13 dépassant les limites spécifiées de l'amplitude de la charge apparente q_m pendant un intervalle de temps spécifié Δt_i à un niveau constant de tension d'essai (voir Figure H.2a)).
- nombre m d'impulsions de DP apparaissant dans des plages spécifiées de l'amplitude de charge apparente q_m pendant un intervalle de temps spécifié Δt_i à un niveau constant de tension d'essai (voir Figure H.2b)).

Pour déterminer le nombre m d'impulsions de DP, il convient de veiller à ne pas compter les impulsions de bruit pour éviter des statistiques erronées. Ainsi, avant de commencer le mesurage réel des DP, le niveau du bruit de fond en termes de pC doit être déterminé. En se fondant sur celui-ci, le niveau de seuil de charge apparente doit être réglé au moins au double du bruit de fond.

Les valeurs des grandeurs relatives aux DP énumérées ci-dessus doivent être spécifiées par le comité d'études approprié.

11.4 Circuits d'essai et dispositifs de mesure

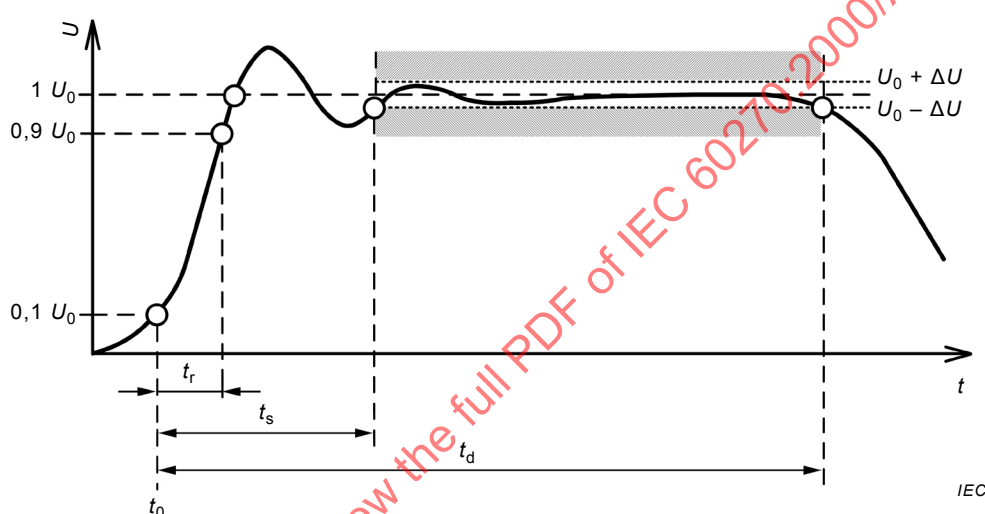
Remplacer le texte existant par le nouveau texte suivant:

Pour mesurer la charge apparente conformément à 3.3.1, les circuits de base représentés aux Figures 1a à 1d doivent être utilisés conjointement avec des systèmes de mesure de DP analogiques ou numériques, comme décrit en 4.3 et 4.4 et à l'Annexe E. La réponse à un train d'impulsions des appareils de mesure de DP appliqués doit être indépendante de la fréquence de répétition des impulsions de DP.

Pour indiquer le nombre m d'impulsions de DP, l'application des appareils de mesure de DP numériques avec compteurs d'impulsions intégrés ou des appareils de mesure de DP analogiques associés à des dispositifs appropriés de comptage d'impulsions est recommandée.

Les modes opératoires d'étalonnage recommandés à l'Article 5 et les dispositifs d'étalonnage spécifiés à l'Article 6 peuvent également être appliqués pour l'essai en tension continue.

Ajouter, après la Figure 5, la nouvelle Figure 6 suivante.



Légende

U_0	amplitude de l'échelon de tension	t_d	durée de l'échelon de tension
t_0	origine de l'échelon de tension	$(t_d - t_s)$	durée du régime établi
t_r	temps de montée de l'échelon de tension	ΔU	écart de tension absolu par rapport à U_0
t_s	temps jusqu'au régime établi		

Figure 6 – Paramètres d'un échelon de tension d'un dispositif d'étalonnage

A.3 Autre méthode

Remplacer le titre existant de l'Article A.3 par le nouveau titre suivant:

A.3 Méthode d'intégration numérique

Ajouter, à la fin de l'Article A.3, le nouveau texte suivant:

Les paramètres de tension et de temps de l'échelon de tension spécifiés en 6.1 et à la Figure 6 peuvent être déterminés si le courant traversant le condensateur d'étalonnage C_0 provoqué par l'échelon de tension U_0 est mesuré au moyen d'un shunt résistif R_m (voir Figure A.2). Ce shunt peut être par exemple une terminaison de traversée à faible inductance de 50 Ω . Dans ces conditions, la charge d'étalonnage peut être déterminée d'après une intégration numérique du signal de tension dépendant du temps $u_r(t)$ apparaissant aux

bornes de R_m . Une attention particulière doit être portée à la tension de décalage qui doit être réglée sur zéro afin d'éviter toute erreur d'intégration.

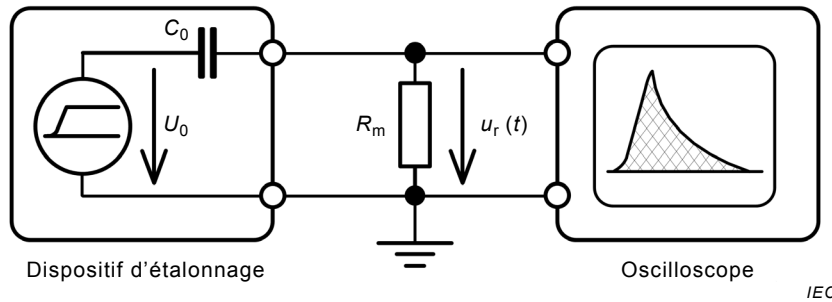


Figure A.2 – Montage pour les essais de performance des dispositifs d'étalonnage utilisant l'intégration numérique

Ajouter, à la fin de l'Annexe A, le nouvel Article A.4 suivant:

A.4 Méthode de la réponse à l'échelon de tension

La charge q_0 générée par le dispositif d'étalonnage peut également être déterminée en mesurant la tension transitoire apparaissant aux bornes d'un condensateur de mesure C_m à l'aide du circuit représenté à la Figure A.3 et [1]¹. Étant donné que la connexion en série de C_0 avec C_m comprend un diviseur de tension, l'amplitude U_c de la tension dépendant du temps $u_c(t)$ qui se produit aux bornes de C_m en conditions de régime établi est directement proportionnelle à l'amplitude de l'échelon de tension U_0 générée par le dispositif d'étalonnage:

$$U_c = U_0 \times C_0 / (C_0 + C_m)$$

La charge q_c transférée du dispositif d'étalonnage au condensateur de mesure C_m peut ainsi être exprimée par la formule suivante:

$$q_c = q_0 / (1 + C_0/C_m)$$

Avec la condition $C_m \gg C_0$, la charge q_c injectée dans C_m devient égale à cette valeur de charge q_0 créée par le dispositif d'étalonnage:

$$q_0 \approx q_c \approx U_c \times C_m$$

Pour garantir une incertitude de mesure inférieure à 3 %, il convient que la capacité de C_m sélectionnée ne soit pas inférieure à 10 nF. Celle-ci inclut à la fois la capacité du câble de connexion et la capacité d'entrée de l'oscilloscope. Dans ces conditions, une charge d'étalonnage $q_0 = 100$ pC produit une amplitude d'échelon de tension de $U_c \approx 10$ mV qui peut être mesurée avec l'incertitude désirée au moyen d'oscilloscopes numériques disponibles dans le commerce, en particulier si le mode de moyennage est utilisé. Pour des charges d'étalonnage $q_0 < 100$ pC, une intégration active du courant total circulant dans C_0 est recommandée pour améliorer l'amplitude du signal enregistrée par l'oscilloscope et garantir l'incertitude de mesure spécifiée. Pour de plus amples informations à ce sujet, voir la référence [1].

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

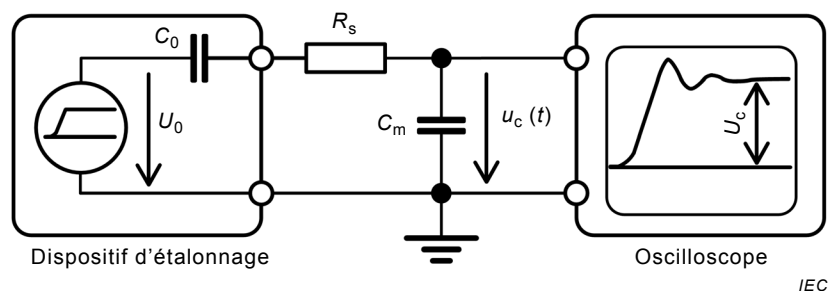


Figure A.3 – Montage pour les essais de performance des dispositifs d'étalonnage utilisant la méthode de l'échelon de tension

Le circuit représenté à la Figure A.3 peut également être utilisé pour déterminer les paramètres de temps significatifs présentés en 6.1 et représentés à la Figure 6. Étant donné que la connexion en série de C_0 avec C_m comprend un diviseur de tension, la tension dépendant du temps $u_c(t)$ apparaissant aux bornes de C_m est directement proportionnelle à la tension dépendant du temps générée par le dispositif d'étalonnage. Pour ces mesures, il convient également de choisir une valeur de C_m de l'ordre de 10 nF, comme cela est recommandé pour déterminer la charge d'étalonnage. De plus, il convient de connecter C_m aussi près que possible de l'entrée de l'oscilloscope. Sinon, des oscillations superposées peuvent être excitées, comme cela est représenté à la Figure A.4. Pour atténuer ces oscillations perturbatrices, il convient de connecter en série une résistance supplémentaire R_s de l'ordre de 100 Ω aussi près que possible de la sortie du dispositif d'étalonnage. De plus, il convient que les conducteurs de la connexion entre le dispositif d'étalonnage et l'oscilloscope ne dépassent pas 1 m de long.

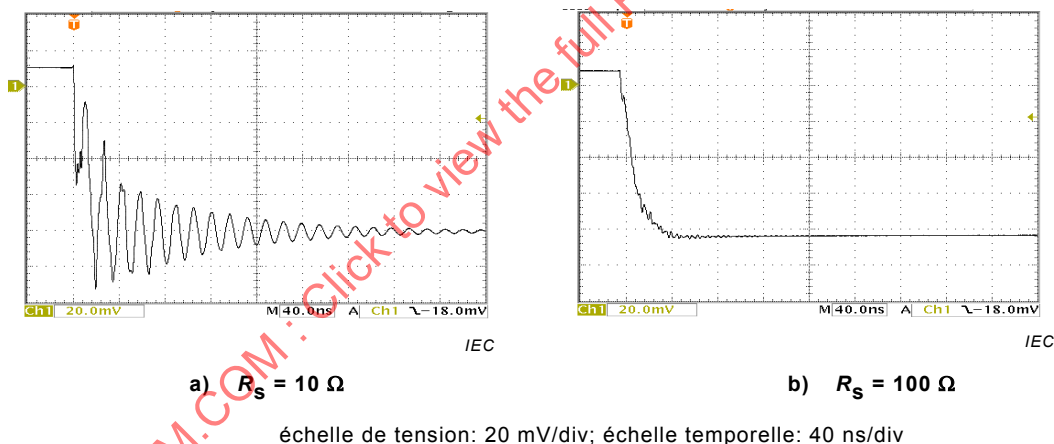


Figure A.4 – Impact de la résistance en série R_s sur la réponse de l'échelon de tension apparaissant aux bornes de C_m utilisant le circuit de la Figure A.3, lorsque l'oscilloscope a été connecté au dispositif d'étalonnage via un câble de mesure de 50 Ω de 1 m de long

Annex E – Directives sur l'acquisition numérique des grandeurs relatives aux décharges partielles

Remplacer le titre existant de l'Annexe E par le nouveau titre suivant:

Annex E (informative)

Appareils de mesure de DP

E.1 Généralités

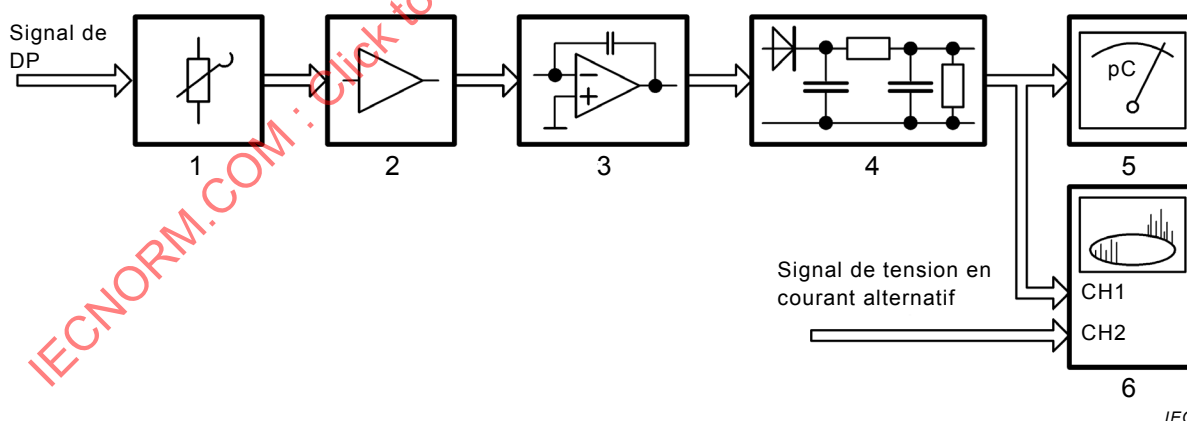
Ajouter, au début de l'Article E.1, le nouveau texte suivant:

Pour traiter le signal de DP reçu par les bornes de l'objet soumis à essai au moyen d'un dispositif de couplage, comprenant un condensateur de couplage combiné avec une impédance de mesure, il est possible d'appliquer aussi bien le traitement de signal de DP analogique que le traitement numérique. Les principaux éléments des appareils de mesure de DP analogiques et numériques sont représentés aux Figures E.2 et E.3 respectivement.

Outre les trains d'impulsions de DP, il convient de numériser un signal en courant alternatif issu de la tension d'essai pour permettre l'affichage des motifs de DP caractéristiques résolus en phase, comme représenté à la Figure E.4.

E.3 Recommandations pour enregistrer la tension d'essai, l'angle de phase ϕ_i et l'instant t_i d'occurrence d'une impulsion de DP

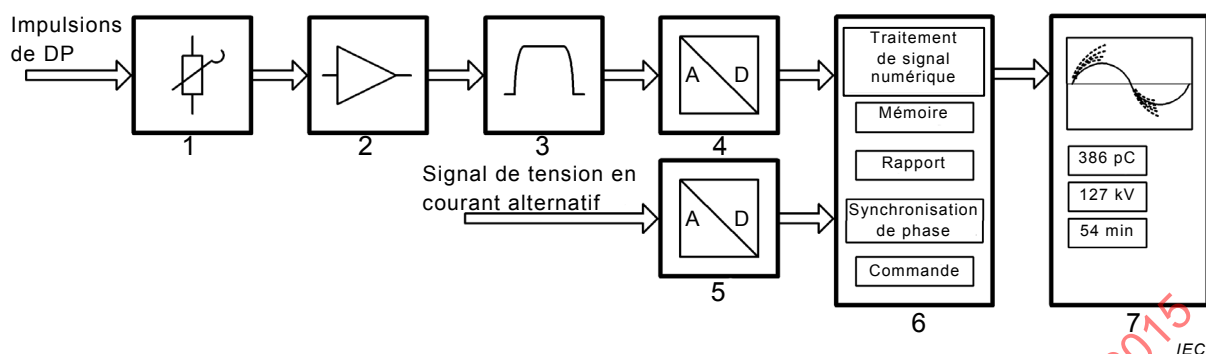
Ajouter, à la fin de l'Article E.3, après la Figure E.1 existante, les nouvelles Figure E.2, Figure E.3 et Figure E.4 suivantes:



Légende

1	Atténuateur	4	Détecteur de crête et unité d'évaluation
2	Amplificateur	5	Instrument de relevé
3	Intégrateur électronique	6	Unité de visualisation

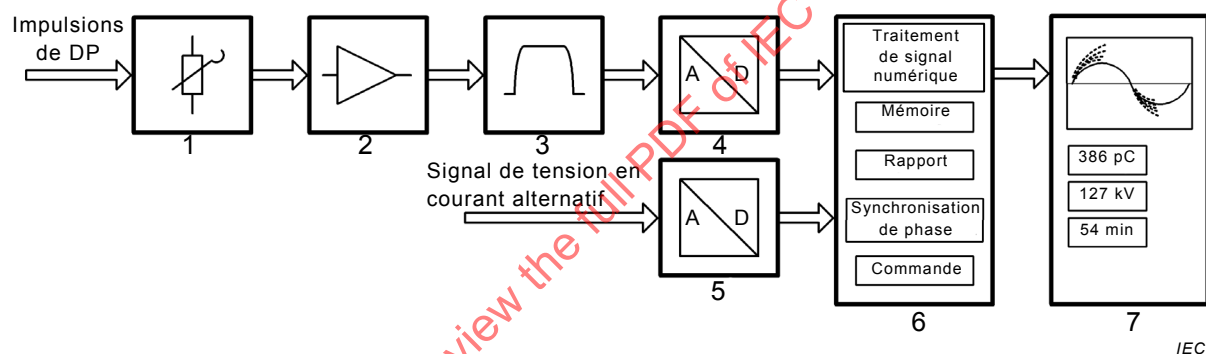
Figure E.2 – Schéma fonctionnel d'un appareil de mesure de DP analogique équipé d'un intégrateur électronique



Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Atténuateur | 4 | Intégrateur numérique |
| 2 | Convertisseur A/N pour impulsions de DP | 5 | Convertisseur A/N pour tension alternative |
| 3 | Filtre passe-bande numérique | 6 | Unité d'acquisition |
| | | 7 | Unité d'évaluation et de visualisation |

a) Conversion A/N directe des impulsions de DP d'entrée

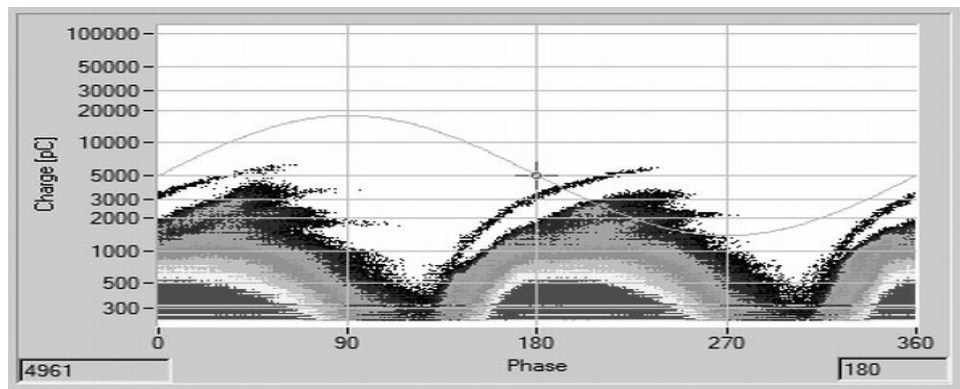


Légende

- | | | | |
|---|--------------------|---|---|
| 1 | Atténuateur | 4 | Convertisseur A/N pour impulsions de charge apparente |
| 2 | Amplificateur | 5 | Convertisseur A/N pour signal de tension alternative |
| 3 | Filtre passe-bande | 6 | Unité d'acquisition |
| | | 7 | Unité d'évaluation et de visualisation |

b) Intégration des impulsions de DP d'entrée utilisant un filtre passe-bande suivie d'une conversion A/N

Figure E.3 – Schéma fonctionnel d'un appareil de mesure de DP numérique



NOTE Les impulsions de DP apparaissant dans le demi-cycle négatif de la tension d'essai ont été inversées et apparaissent ainsi comme des impulsions positives. En raison des importantes amplitudes de diffusion de DP, le mode d'affichage logarithmique a été utilisé.

Figure E.4 – Exemple de motif de DP résolu en phase