

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



**High voltage test techniques – Measurement of partial discharges by
electromagnetic and acoustic methods**

**Techniques d'essais à haute tension – Mesurage des décharges partielles par
méthodes électromagnétiques et acoustiques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-8322-3560-7

**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
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms et definitions	7
4 Electromagnetic PD phenomena	10
4.1 Physical background	10
4.2 Transmission aspects.....	10
4.3 Measuring systems	10
4.3.1 Electric/electromagnetic fields	10
4.3.2 Frequency ranges	10
4.3.3 Sensors	10
4.3.4 Instrument related influences	12
4.3.5 Instrument quantities.....	13
4.3.6 Performance and sensitivity check.....	13
5 Acoustic PD phenomena	15
5.1 Physical background	15
5.2 Transmission path aspects	15
5.3 Measuring system	15
5.3.1 General	15
5.3.2 Sensors	16
5.3.3 Instrument quantities.....	16
5.3.4 Performance and sensitivity check.....	17
6 Location of PD sources	17
6.1 General.....	17
6.2 Electromagnetic methods	18
6.3 Acoustic methods.....	18
6.4 Mixed electromagnetic and acoustic methods	18
Annex A (informative) Advantages and disadvantages of electromagnetic measurements	19
A.1 Advantages.....	19
A.2 Disadvantages	19
Annex B (informative) Advantages and disadvantages of acoustic PD measurements.....	20
B.1 Advantages.....	20
B.2 Disadvantages	20
Annex C (informative) Application-specific aspects	21
C.1 Gas insulated switchgear (GIS)	21
C.2 VHF and UHF methods.....	21
C.3 Acoustic methods.....	22
C.4 Sensitivity verification of electromagnetic and acoustic measurements on GIS.....	23
C.4.1 General	23
C.4.2 Sensitivity verification of UHF measurements	23
C.4.3 Sensitivity verification of acoustic measurement	24
C.4.4 Location of PD sources inside GIS	24
C.4.5 Time-of-flight measurements with the UHF method	24

C.4.6	Signal reduction analysis.....	25
C.4.7	Acoustic location methods.....	25
C.5	Rotating machines	26
C.6	Transformers	27
C.6.1	Physical background of high frequency and acoustic PD phenomena on transformers	27
C.6.2	UHF PD signals in transformers.....	28
C.6.3	Acoustic PD signals in transformers	28
C.6.4	Spatial location of PD sources in liquid-insulated transformers/reactors.....	28
C.7	Cable/accessories.....	29
	Bibliography	33
	Figure 1 – Classification of instruments for signal processing.....	13
	Figure 2 – Overview of the important aspects of electromagnetic PD detection.....	14
	Figure 3 – Overview of performance and sensitivity checks in different apparatus	14
	Figure C.1 – Defect location by time-of-flight measurement	25
	Figure C.2 – Illustration of the physical principle of acoustic and electromagnetic PD detection in an oil/paper insulated transformer.....	28
	Figure C.3 – Classical arrival time based PD location for transformers/reactors with a combination of the electric and acoustic PD signals.....	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES – MEASUREMENT OF PARTIAL DISCHARGES BY ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC METHODS

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC TS 62478, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high-current test techniques.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
42/325/DTS	42/333/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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.

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

- transformed into an International standard,
- 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.

INTRODUCTION

Partial discharges (PDs) generate electromagnetic and acoustic waves, emit light and produce chemical decomposition of insulation materials; these physical and chemical effects can be detected by various diagnostic methods and appropriate sensing elements (sensors). Besides the so-called 'conventional', electrical method described in IEC 60270, it is possible to detect and measure PDs with various 'non-conventional' methods (see Annexes A and B).

There is a special need to give recommendations for two used non-conventional methods, acoustic and electromagnetic ones, and this document is the first step in this direction.

HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES – MEASUREMENT OF PARTIAL DISCHARGES BY ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC METHODS

1 Scope

This document is applicable to electromagnetic (HF/VHF/UHF) and acoustic measurements of PDs which occur in insulation of electrical apparatus.

This specification deals with a large variety of applications, sensors of different frequency ranges and differing sensitivities. The tasks of PD location and measuring system calibration or sensitivity check are also taken into account.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC TS 60034-27, *Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application.....	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
4 Phénomènes électromagnétiques liés à une décharge partielle.....	42
4.1 Contexte physique	42
4.2 Aspects de transmission.....	42
4.3 Systèmes de mesure	42
4.3.1 Champs électriques/électromagnétiques.....	42
4.3.2 Plages de fréquences.....	42
4.3.3 Capteurs.....	43
4.3.4 Influences liées à l'instrument	44
4.3.5 Grandeurs des instruments	45
4.3.6 Contrôle des caractéristiques et contrôle de sensibilité	46
5 Phénomènes acoustiques liés à une décharge partielle	47
5.1 Contexte physique	47
5.2 Aspects du trajet de transmission	47
5.3 Systèmes de mesure	48
5.3.1 Généralités	48
5.3.2 Capteurs.....	48
5.3.3 Grandeurs des instruments	49
5.3.4 Contrôle des caractéristiques et contrôle de sensibilité	49
6 Localisation des sources de décharges partielles	50
6.1 Généralités	50
6.2 Méthodes électromagnétiques	51
6.3 Méthodes acoustiques.....	51
6.4 Méthodes électromagnétiques et acoustiques mixtes	51
Annexe A (informative) Avantages et inconvénients des mesurages électromagnétiques.....	52
A.1 Avantages.....	52
A.2 Inconvénients.....	52
Annexe B (informative) Avantages et inconvénients des mesurages acoustiques des décharges partielles.....	53
B.1 Avantages.....	53
B.2 Inconvénients.....	53
Annexe C (informative) Aspects spécifiques à l'application	54
C.1 Appareillages à isolation gazeuse (GIS)	54
C.2 Méthodes VHF et UHF	54
C.3 Méthodes acoustiques.....	55
C.4 Vérification de la sensibilité des mesurages électromagnétiques et acoustiques effectués sur un appareillage à isolation gazeuse	57
C.4.1 Généralités	57
C.4.2 Vérification de la sensibilité des mesurages UHF	57
C.4.3 Vérification de la sensibilité des mesurages acoustiques	57
C.4.4 Localisation des sources de décharges partielles à l'intérieur d'un appareillage à isolation gazeuse.....	58

C.4.5	Mesurages du temps de vol avec la méthode UHF	58
C.4.6	Analyse de réduction des signaux	59
C.4.7	Méthodes acoustiques de localisation.....	59
C.5	Machines tournantes	60
C.6	Transformateurs.....	61
C.6.1	Contexte physique des phénomènes de décharges partielles à haute fréquence et acoustiques sur les transformateurs	61
C.6.2	Signaux UHF de décharges partielles dans les transformateurs	62
C.6.3	Signaux acoustiques de décharges partielles dans les transformateurs	62
C.6.4	Localisation spatiale des sources de décharges partielles dans les transformateurs / bobines d'inductance à isolation liquide	63
C.7	Câbles/accessoires	64
	Bibliographie	68
	Figure 1 – Classification des instruments pour le traitement des signaux.....	45
	Figure 2 – Vue d'ensemble des aspects importants de la détection électromagnétique des décharges partielles	46
	Figure 3 – Vue d'ensemble du contrôle des caractéristiques et du contrôle de sensibilité avec différents appareils.....	47
	Figure C.1 – Localisation des défauts par mesure du temps de vol.....	58
	Figure C.2 – Représentation du principe physique de détection acoustique et électromagnétique des décharges partielles dans un transformateur à isolation à l'huile/papier	62
	Figure C.3 – Localisation classique des décharges partielles basée sur le temps d'arrivée pour les transformateurs/bobines d'inductance avec combinaison des signaux électriques et acoustiques de décharges partielles	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES D'ESSAIS À HAUTE TENSION – MESURAGE DES DÉCHARGES PARTIELLES PAR MÉTHODES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ACOUSTIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir, mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'IEC TS 62478, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 42 de l'IEC: Techniques d'essais à haute tension et/ou à fort courant.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
42/325/DTS	42/333/RVC

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

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

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. À cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale,
- 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.

INTRODUCTION

Les décharges partielles (DP) produisent des ondes électromagnétiques et acoustiques, émettent de la lumière et engendrent une décomposition chimique des matériaux isolants. Ces effets physiques et chimiques peuvent être détectés par différentes méthodes de diagnostic et par des éléments de détection appropriés (capteurs). Outre la méthode électrique dite «classique» décrite dans l'IEC 60270, il est possible de détecter et de mesurer les décharges partielles au moyen de différentes méthodes «non classiques» (voir Annexes A et B).

Il existe un besoin spécifique de fournir des recommandations relatives à deux méthodes non classiques en usage: la méthode acoustique et la méthode électromagnétique. Le présent document constitue un premier pas à cet effet.

TECHNIQUES D'ESSAIS À HAUTE TENSION – MESURAGE DES DÉCHARGES PARTIELLES PAR MÉTHODES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ACOUSTIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux mesurages électromagnétiques (HF/VHF/UHF) et acoustiques des décharges partielles qui se produisent dans les matériaux isolants de l'appareillage électrique.

La présente norme traite d'un grand nombre d'applications et de capteurs de plages de fréquences différentes et de sensibilités diverses. La localisation des décharges partielles et le contrôle de l'étalonnage ou de sensibilité des systèmes de mesure sont également pris en considération.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 TS 60034-27, *Machines électriques tournantes – Partie 27: Mesures à l'arrêt des décharges partielles effectuées sur le système d'isolation des enroulements statoriques des machines électriques tournantes*

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