IEC 60 PT*4 77 ■ 4844891 0060007 0 ■

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 60–4

Première édition — First edition

1977

Techniques des essais à haute tension

Quatrième partie: Guide d'application des dispositifs de mesure

High-voltage test techniques

Part 4: Application guide for measuring devices

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
  Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
  Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
  Published yearly

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

4844891 0060009 4

C.D.U./U.D.C.: 621.3.027.3.001.4.004.14(083.85) 621.317.31.014.33.084 621.317.321/.326.084

IEC 60 PT*4 77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 60–4

Première édition — First edition

1977

Techniques des essais à haute tension

Quatrième partie: Guide d'application des dispositifs de mesure

High-voltage test techniques

Part 4: Application guide for measuring devices

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Prix Price Fr. s. 77.–

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 6
PRÉFACE 6
INTRODUCTION 8

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

Articles
1. Domaine d'application 8
2. Objet 8

SECTION DEUX – MESURE DES TENSIONS CONTINUES

3. Généralités 8
4. Dispositifs de mesure de la valeur permanente des tensions continues 10
5. Dispositifs de mesure de la tension d'ondulation 10
6. Détermination des rapports de division de tension et des coefficients de conversion 12
7. Détermination de la réponse amplitude-fréquence d'un circuit de mesure 12
8. Sources d'erreurs possibles et précautions 12

SECTION TROIS – MESURE DES TENSIONS ALTERNATIVES

9. Généralités 14
10. Dispositifs de mesure de l'amplitude des tensions alternatives 14
11. Dispositifs de mesure de l'amplitude des harmoniques 16
12. Détermination des rapports de division et des coefficients de conversion 16
13. Détermination de la réponse d'amplitude-fréquence d'un circuit de mesure 18
14. Sources d'erreurs possibles et précautions 18

SECTION QUATRE – MESURE DES TENSIONS DE CHOC

15. Généralités 18
16. Constituants du circuit de mesure 20
    16.1 Diviseur de tension 20
    16.2 Conducteur à haute tension 20
    16.3 Résistance d'amortissement 22
    16.4 Oscillographe 22
    16.5 Voltmètre de crête 22
    16.6 Câble coaxial et dispositifs d'adaptation 24
    16.7 Retours de terre 24
17. Détermination du rapport des diviseurs de tension et des coefficients de conversion 24
18. Réponse d'un circuit de mesure 26
19. Modalités expérimentales pour mesurer la réponse à l'échelon unité 28
20. Détermination des paramètres de réponse à partir des oscillogrammes de réponse à l'échelon 30
    20.1 Détermination du point virtuel initial 0′ et de l'amplitude unité 30
    20.2 Détermination du temps de réponse T 30
    20.3 Détermination du temps de distorsion initial T_o 32
    20.4 Détermination du temps de réponse T_t du circuit sans conducteur haute tension 32
    20.5 Détermination de la zone de résonance 34
    20.6 Détermination du temps de réponse partiel T_α 34
21. Détermination des paramètres de réponse par la méthode de l'éclateur à sphères 34
    21.1 Détermination du temps de réponse T 34
    21.2 Détermination du temps de réponse partiel T_α ou T'_α 36
    21.3 Détermination du temps de réponse T_t du circuit de mesure sans conducteur haute tension 36
    21.4 Détermination de la zone de fréquence de résonance 38
22. Relation entre les paramètres de réponse et les erreurs de mesure 38
    22.1 Erreurs causées par le temps de réponse T 38
    22.2 Erreurs causées par le temps de réponse partiel T_α 40
    22.3 Erreurs causées par le temps de distorsion initial T_o 40
23. Critères relatifs aux corrections 40
    23.1 Conditions pour que les mesures soient suffisamment précises sans corrections 40
    23.2 Conditions de corrections des mesures et limites d'application des corrections 42
    23.3 Procédures lorsque les oscillations mesurées excèdent le niveau permis 46
24. Evaluation d'un circuit de mesure par la méthode de comparaison 46

CONTENTS

Page

FOREWORD 7
PREFACE 7
INTRODUCTION 9

SECTION ONE – GENERAL

Clause
1. Scope 9
2. Object 9

SECTION TWO – MEASUREMENT OF DIRECT VOLTAGES

3. General 9
4. Systems for measuring the steady-state value of direct voltages 11
5. Systems for measuring ripple voltage 11
6. Determination of voltage ratios and scale factors 13
7. Determination of the amplitude-frequency response of a measuring system 13
8. Possible sources of error and precautions 13

SECTION THREE – MEASUREMENT OF ALTERNATING VOLTAGES

9. General 15
10. Systems for measuring the amplitude of alternating voltages 15
11. Systems for measuring the amplitude of harmonics 17
12. Determination of voltage ratios and scale factors 17
13. Determination of the amplitude-frequency response of a measuring system 19
14. Possible sources of errors and precautions 19

SECTION FOUR – MEASUREMENT OF IMPULSE VOLTAGES

15. General 19
16. Measuring system components 21
    16.1 Voltage divider 21
    16.2 High voltage lead 21
    16.3 Damping resistor 23
    16.4 Oscilloscope 23
    16.5 Peak voltmeter 23
    16.6 Coaxial cable and matching devices 25
    16.7 Earth returns 25
17. Determination of voltage divider ratios and scale factors 25
18. Response of a measuring system 27
19. Experimental procedure for measuring the unit step response 29
20. Determination of the response parameters from step response oscillograms 31
    20.1 Determination of the virtual starting point 0′ and unit amplitude 31
    20.2 Determination of the response time T 31
    20.3 Determination of the initial distortion time T_0 33
    20.4 Determination of the response time T_t of the system without high voltage lead 33
    20.5 Determination of the resonant frequency range 35
    20.6 Determination of partial response time T_a 35
21. Determination of the response parameters by the sphere-gap method 35
    21.1 Determination of the response time T 35
    21.2 Determination of the partial response time T_a or T_a' 37
    21.3 Determination of the response time T_t of the system without high voltage lead 37
    21.4 Determination of the resonant frequency range 39
22. Relation of response parameters to measuring errors 39
    22.1 Errors caused by response time T 39
    22.2 Errors caused by partial response time T_a 41
    22.3 Errors caused by initial distortion time T_0 41
23. Criteria relating to corrections 41
    23.1 Conditions for measurements to be sufficiently accurate without corrections 41
    23.2 Conditions for correcting measurements and limits of application of the corrections 43
    23.3 Procedures for cases when recorded oscillations exceed permitted level 47
24. Evaluation of a measuring system by comparison method 47

Articles Pages

25. Sources d'erreurs diverses, précautions 46
25.1 Rapport du diviseur pour des chocs de longue durée 46
25.2 Effets de proximité 48
25.3 L'effet de couronne, précautions 48
25.4 Contrôle du niveau de perturbations 48

SECTION CINQ – MESURE DES COURANTS DE CHOC

26. Généralités 50
27. Dispositifs de mesure couramment utilisés 50
27.1 Constituants du circuit de mesure 52
27.2 Réponse à l'échelon des circuits de mesure de courant 52
28. Précautions 54

SECTION SIX – ERREURS DE MESURE

29. Evaluation statistique 54

ANNEXE A – Diviseurs à résistance 58
ANNEXE B – Bases mathématiques du temps de réponse T 60
ANNEXE C – Procédure pour déterminer si les oscillations sont présentes sur l'objet en essai 64
FIGURES 66

Clause Page

25. Various sources of errors, precautions 47
25.1 Divider ratio for long impulse duration 47
25.2 Proximity effects 49
25.3 Corona effects, precautions 49
25.4 Disturbance level check 49

SECTION FIVE – MEASUREMENT OF IMPULSE CURRENTS

26. General 51
27. Commonly used measuring systems 51
27.1 Measuring system components 53
27.2 Step response of current measuring systems 53
28. Precautions 55

SECTION SIX – MEASURING ERRORS

29. Statistical evaluation 55

APPENDIX A – Resistor dividers 59
APPENDIX B – Mathematical basis for response time T 61
APPENDIX C – Procedure to determine if oscillations are present across the test object 65
FIGURES 66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION

Quatrième partie: Guide d'application des dispositifs de mesure

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 42 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

Elle constitue la révision de la partie de la Publication 60 de la CEI qui traite des procédés de mesures et d'étalonnage nécessaires afin de remplir les conditions de précision spécifiées. Elle remplace plus particulièrement la section huit, les annexes et les notes techniques de la Publication 60 de la CEI.

Lors d'une réunion tenue à Bucarest en 1962, une discussion générale avait eu lieu au sujet des modifications et additifs à prévoir pour la Publication 60 de la CEI, alors en cours d'impression. Il en résulta des projets qui furent diffusés et discutés à Aix-les-Bains en 1964, à Tokyo en 1965, à Londres en 1968, à Leningrad en 1971 et à Ottawa en 1975. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 42(Bureau Central)27, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pologne
Brésil	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Egypte	Tchécoslovaquie
Espagne	Turquie
Etats-Unis d'Amérique	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	Yougoslavie
Italie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 52: Recommandations pour la mesure des tensions au moyen d'éclateurs à sphères (une sphère à la terre).
60-2: Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais.
60-3: Techniques des essais à haute tension, Troisième partie: Dispositifs de mesure.
186: Transformateurs de tension.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

Part 4: Application guide for measuring devices

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 42, High-Voltage Testing Techniques.

It constitutes a revision of that part of IEC Publication 60 which deals with measuring and calibration procedures which will satisfy the specified requirements for accuracy. More specifically it replaces Section eight, the appendices and the technical notes of the IEC Publication 60.

During a meeting in Bucharest in 1962, a general discussion was held concerning which modifications and addenda were foreseen for IEC Publication 60, then being printed. Subsequent drafts were circulated and discussed in Aix-les-Bains in 1964, in Tokyo in 1965, in London in 1968, in Leningrad in 1971 and in Ottawa in 1975. As a result of this latter meeting, a draft, Document 42(Central Office)27, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Norway
Belgium	Poland
Brazil	Romania
Canada	Spain
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Egypt	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia
Korea (Republic of)	

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 52: Recommendations for Voltage Measurement by Means of Sphere-gaps (One Sphere Earthed).

60-2: High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures.
60-3: High-voltage Test Techniques, Part 3: Measuring Devices.
186: Voltage Transformers.

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION

Quatrième partie: Guide d'application des dispositifs de mesure

---

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Ce guide d'application est applicable:

- aux mesures des tensions continues;
- aux mesures des tensions alternatives;
- aux mesures des tensions de choc;
- aux mesures des courants de choc;
- aux erreurs de mesure.

2. Objet

L'objet de ce guide d'application est de présenter des renseignements sur:

- des dispositifs de mesure pour des tensions continues;
- des dispositifs de mesure pour des tensions alternatives;
- des dispositifs de mesure pour des tensions de choc;
- des dispositifs de mesure pour des courants de choc;
- l'évaluation statistique des erreurs de mesure.

En général, l'emploi des dispositifs et des procédés de mesure et d'étalonnage décrits ci-après remplira les conditions de précision spécifiées dans la Publication 60-3 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, troisième partie: Dispositifs de mesure. L'emploi de ces procédés n'est pas obligatoire; d'autres peuvent être utilisés s'il est établi qu'ils donnent la même précision. Les mesures de tension à l'aide d'éclateurs à sphères sont examinées dans la Publication 52 de la CEI: Recommandations pour la mesure des tensions au moyen d'éclateurs à sphères (une sphère à la terre).

SECTION DEUX – MESURE DES TENSIONS CONTINUES

3. Généralités

Les circuits de mesure des tensions continues comprennent généralement un appareil de mesure et une impédance élevée aux bornes de laquelle apparaît la presque totalité de la tension d'essai. L'impédance est de valeur élevée afin de réduire la consommation de la puissance du circuit de mesure. Quelques-uns des circuits les plus communément utilisés pour mesurer la valeur permanente et l'amplitude de l'ondulation sont décrits ci-dessous.

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

Part 4: Application guide for measuring devices

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This application guide is applicable to:

- measurement of direct voltages;
- measurement of alternating voltages;
- measurement of impulse voltages;
- measurement of impulse currents;
- measuring errors.

2. Object

The object of this application guide is to provide information on:

- measuring devices for direct voltages;
- measuring devices for alternating voltages;
- measuring devices for impulse voltages;
- measuring devices for impulse currents;
- statistical evaluation of measuring errors.

In general, use of the devices and of the measuring and calibration procedures described herein will satisfy the requirements of accuracy specified in IEC Publication 60-3, High-voltage Test Techniques, part 3: Measuring Devices. Their use is not mandatory: others may be used if they are shown to have equal accuracy. Voltage measurements with sphere-gaps are dealt with in IEC Publication 52, Recommendations for Voltage Measurement by Means of Sphere-gaps (One Sphere Earthed).

SECTION TWO – MEASUREMENT OF DIRECT VOLTAGES

3. General

Systems for measuring direct voltages generally consist of a measuring instrument and a high impedance across which almost the entire test voltage will appear. The value of the impedance is made high to minimize the power consumption of the measuring system. Some of the more commonly used systems for measuring the steady-state and ripple values are described below.