

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 60-4

Première édition — First edition

1977

DEUXIÈME IMPRESSION 1987

SECOND IMPRESSION 1987

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 Varembe

Genève, Suisse

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 Oscilloscope	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_0	32
20.4 Détermination du temps de réponse T_i 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_a	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_a ou T_a'	36
21.3 Détermination du temps de réponse T_i 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_a	40
22.3 Erreurs causées par le temps de distorsion initial T_0	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_i 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_i 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
France	Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 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
Belgium
Brazil
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Egypt
France
Germany
Italy
Japan
Korea (Republic of)

Norway
Poland
Romania
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

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).

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).