



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Overhead lines – Methods for testing self-damping characteristics of conductors

Lignes électriques aériennes – Méthodes d'essai des caractéristiques d'auto-amortissement des conducteurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 29.060; 29.240.20

ISBN 978-2-8322-1056-7

**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 and definitions	7
4 Symbols and units	8
5 Test span arrangements	8
5.1 General	8
5.2 Span terminations	9
5.3 Shaker and vibration control system	10
5.4 Location of the shaker	12
5.5 Connection between the shaker and the conductor under test	12
5.5.1 General	12
5.5.2 Rigid connection	13
5.5.3 Flexible connection	14
5.6 Transducers and measuring devices	14
5.6.1 Type of transducers	14
5.6.2 Transducer accuracy	15
6 Conductor conditioning.....	16
6.1 General	16
6.2 Clamping	16
6.3 Creep	16
6.4 Running-in.....	16
7 Extraneous loss sources.....	16
8 Test procedures	17
8.1 Determination of span resonance	17
8.2 Power Method	18
8.3 ISWR Method	20
8.4 Decay method	22
8.5 Comparison between the test methods	24
8.6 Data presentation	25
Annex A (normative) Recommended test parameters.....	27
Annex B (informative) Reporting recommendations.....	28
Annex C (informative) Correction for aerodynamic damping	31
Annex D (informative) Correction of phase shift between transducers	33
Bibliography.....	34
Figure 1 – Test span for conductor self-damping measurements	9
Figure 2 – Rigid clamp	10
Figure 3 – Electro-dynamic shaker	11
Figure 4 – Layout of a test stand for conductor self-damping measurements.....	12
Figure 5 – Example of rigid connection	13
Figure 6 – Example of flexible connection	14
Figure 7 – Miniature accelerometer	15

Figure 8 – Resonant condition detected by the acceleration and force signals	18
Figure 9 – Fuse wire system disconnecting a shaker from a test span; this double exposure shows the mechanism both closed and open.	23
Figure 10 – A decay trace	24
Figure B.1 – Example of conductor power dissipation characteristics	29
Figure B.2 – Example of conductor power dissipation characteristics	30
Table 1 – Comparison of laboratory methods	25
Table 2 – Comparison of Conductor Self-damping Empirical Parameters	26
Table C.1 – Coefficients to be used with equation C-3	32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OVERHEAD LINES – METHODS FOR TESTING SELF-DAMPING CHARACTERISTICS OF CONDUCTORS

FOREWORD

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

International Standard IEC 62567 has been prepared by IEC technical committee 7: Overhead electrical conductors.

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

FDIS	Report on voting
7/629/FDIS	7/630/RVD

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

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

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

- 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

Conductor self-damping is a physical characteristic of the conductor that defines its capacity to dissipate energy internally while vibrating. For conventional stranded conductors, energy dissipation can be attributed partly to inelastic effects within the body of the wires (hysteresis damping at the molecular level) but mostly to frictional damping, due to small relative movements between overlapping individual wires, as the conductor flexes with the vibration wave shape.

Self-damping capacity is an important characteristic of the conductors for overhead transmission lines. This parameter is a principal factor in determining the response of a conductor to alternating forces induced by the wind.

As the conductor self-damping is generally not specified by the manufacturer, it can be determined through measurements performed on a laboratory test span. Semi-empirical methods to estimate the self-damping parameters of untested conventional stranded conductors are also available but often lead to different results. Further, a great variety of new conductor types is increasingly used on transmission lines and some of them may have self-damping characteristics and mechanisms different from the conventional stranded conductors.

A “Guide on conductor self-damping measurements” was prepared jointly in the past by the IEEE Task Force on Conductor Vibration and CIGRE SC22 WG01, to promote uniformity in measuring procedures. The Guide was published by IEEE as Std. 563-1978 and also by CIGRE in Electra n°62-1979.

Three main methods are recognized in the above documents and divided into two main categories which are usually referred to as the "forced vibration" and "free vibration" methods.

The first forced vibration method is the “Power [Test] Method” in which the conductor is forced into resonant vibrations, at a number of tunable harmonics, and the total power dissipated by the vibrating conductor is measured at the point of attachment to the shaker.

The second forced vibration method, known as the “Standing Wave Method” or more precisely “Inverse Standing Wave Ratio [Test] Method” (ISWR), determines the power dissipation characteristics of a conductor by the measurement of antinodal and nodal amplitudes on the span, for a number of tunable harmonics.

The free vibration method named “Decay [Test] Method” determines the power dissipation characteristics of a conductor by measuring, at a number of tunable harmonics, the decay rate of the free motion amplitude following a period of forced vibration.

Several laboratories around the world have performed conductor self-damping measurements in accordance with the above mentioned Guide. However, large disparities in self-damping predictions have been found among the results supplied by the various laboratories. The causes of these disparities have been identified into five main points:

- 1) The different test methods adopted for the self-damping measurements.
- 2) The different span end conditions set up in the various test laboratories (rigid clamps, flexure members, etc.)
- 3) The different types of connection between the shaker and the conductor (rigid or flexible) and the different location of the power input point along the span.
- 4) The different conductor conditioning before the test (creep, running in, etc.)
- 5) The different manufacturing processes of the conductor.

OVERHEAD LINES – METHODS FOR TESTING SELF-DAMPING CHARACTERISTICS OF CONDUCTORS

1 Scope

The scope of this Standard is to provide test procedures based on the above-mentioned documents and devoted to minimize the causes of discrepancy between test results, taking into consideration the large experience accumulated in the last 30 years by numerous test engineers and available in literature, including a CIGRE Technical Brochure specifically referring to this standard (see Bibliography).

This Standard describes the current methodologies, including apparatus, procedures and accuracies, for the measurement of conductor self-damping and for the data reduction formats. In addition, some basic guidance is also provided to inform the potential user of a given method's strengths and weaknesses.

The methodologies and procedures incorporated in this Standard are applicable only to testing on indoor laboratory spans.

2 Normative references

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

IEC 60050-466:1990, *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 466: Overhead lines*

IEEE Std. 563-1978, *IEEE Guide on conductor self-damping measurements*

IEEE Std. 664-1993, *IEEE Guide for laboratory measurement of the power dissipation characteristics of aeolian vibration dampers for single conductors*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	40
INTRODUCTION.....	42
1 Domaine d'application	43
2 Références normatives.....	43
3 Termes et définitions	43
4 Symboles et unités	44
5 Agencements de portée d'essai	45
5.1 Généralités.....	45
5.2 Terminaisons de la portée	46
5.3 Secoueur et système de contrôle des vibrations	47
5.4 Emplacement du secoueur	48
5.5 Liaison entre le secoueur et le conducteur soumis à essai	49
5.5.1 Généralités.....	49
5.5.2 Liaison rigide	49
5.5.3 Liaison flexible	50
5.6 Capteurs et dispositifs de mesure.....	51
5.6.1 Type de capteurs.....	51
5.6.2 Précision des capteurs	52
6 Conditionnement du conducteur	53
6.1 Généralités.....	53
6.2 Serrage	53
6.3 Fluage.....	53
6.4 Rodage	53
7 Sources de pertes extérieures	54
8 Modes opératoires d'essai.....	54
8.1 Détermination de la résonance de la portée.....	54
8.2 Méthode de puissance.....	56
8.3 Méthode de l'ISWR.....	57
8.4 Méthode de décroissance.....	59
8.5 Comparaison entre les méthodes d'essai	62
8.6 Présentation des données	63
Annexe A (normative) Paramètres d'essai recommandés.....	65
Annexe B (informative) Recommandations pour le rapport.....	66
Annexe C (informative) Correction de l'amortissement aérodynamique	69
Annexe D (informative) Correction de déphasage entre capteurs	71
Bibliographie.....	72
Figure 1 – Portée d'essai pour les mesures d'auto-amortissement de conducteur	45
Figure 2 – Pince rigide.....	46
Figure 3 – Secoueur électrodynamique	47
Figure 4 – Configuration d'un montage d'essai pour les mesures d'auto-amortissement de conducteur.....	48
Figure 5 – Exemple de liaison rigide	50
Figure 6 – Exemple de liaison flexible.....	51
Figure 7 – Accéléromètre miniature	52

Figure 8 – Condition de résonance détectée par les signaux d'accélération et de force.....	55
Figure 9 – Système à fil fusible déconnectant un secoueur d'une portée d'essai; cette double exposition montre le mécanisme à la fois fermé et ouvert.	60
Figure 10 – Tracé de décroissance	61
Figure B.1 – Exemple de caractéristiques de dissipation en puissance d'un conducteur.....	67
Figure B.2 – Exemple de caractéristiques de dissipation en puissance d'un conducteur.....	68
Tableau 1 – Comparaison des méthodes de laboratoire	62
Tableau 2 – Comparaison des paramètres empiriques d'auto-amortissement d'un conducteur.....	64
Tableau C.1 – Coefficients à utiliser avec l'équation C-3.....	70

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES – MÉTHODES D'ESSAI DES CARACTÉRISTIQUES D'AUTO-AMORTISSEMENT DES CONDUCTEURS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62567 a été établie par le Comité d'études 7 de la CEI: Conducteurs pour lignes électriques aériennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
7/629/FDIS	7/630/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, 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 la CEI 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.

INTRODUCTION

L'auto-amortissement d'un conducteur est une caractéristique physique du conducteur définissant sa capacité à dissiper de l'énergie de manière interne tout en vibrant. Pour les conducteurs toronnés classiques, on peut attribuer la dissipation d'énergie partiellement à des effets inélastiques au sein du corps des fils (amortissement d'hystérésis au niveau moléculaire), mais principalement à l'amortissement par frottement, dû aux petits mouvements relatifs entre des fils individuels se recouvrant, lorsque le conducteur se courbe avec la forme d'onde des vibrations.

La capacité d'auto-amortissement est une caractéristique importante des conducteurs pour les lignes de transmission aériennes. Ce paramètre constitue un facteur principal pour déterminer la réponse d'un conducteur à des forces alternatives induites par le vent.

L'auto-amortissement d'un conducteur n'étant généralement pas spécifié par le fabricant, il peut être déterminé par des mesures effectuées sur une portée de laboratoire. Des méthodes semi-empiriques pour estimer les paramètres d'auto-amortissement de conducteurs toronnés classiques non soumis aux essais sont également disponibles, mais elles conduisent souvent à des résultats différents. En outre, on utilise de plus en plus sur les lignes de transmission un grand nombre de nouveaux types de conducteurs et certains d'entre eux peuvent avoir des caractéristiques et des mécanismes d'auto-amortissement différents de ceux des conducteurs toronnés classiques.

Un «Guide des mesures d'auto-amortissement des conducteurs» a été élaboré dans le passé, conjointement par la «IEEE Task Force on Conductor Vibration» et le WG01 du SC22 du CIGRÉ pour promouvoir l'uniformité des procédures de mesure. Ce Guide a été publié par l'IEEE sous forme d'une norme 563-1978 ainsi que par le CIGRÉ dans Electra n°62-1979.

Trois méthodes principales sont reconnues dans les documents ci-dessus et elles sont divisées en deux catégories principales qui sont habituellement appelées méthodes des «vibrations forcées» et des «vibrations libres».

La première méthode des vibrations forcées, est la «Power [Test] Method» (Méthode d'essai de puissance) dans laquelle on force le conducteur à vibrer en résonance à un certain nombre d'harmoniques accordables et la puissance totale dissipée par le conducteur vibrant est mesurée au point de fixation au secoueur.

La seconde méthode de vibrations forcées, appelée «Méthode des ondes stationnaires» ou plus précisément «Méthode [d'essai] du rapport d'ondes stationnaires inverse» détermine les caractéristiques de dissipation en puissance d'un conducteur en mesurant les amplitudes aux ventres et aux nœuds sur la portée, pour un certain nombre d'harmoniques accordables.

La méthode des vibrations libres appelée «Méthode [d'essai] par décroissance» détermine les caractéristiques de dissipation en puissance d'un conducteur en mesurant pour un certain nombre d'harmoniques accordables le taux de décroissance de l'amplitude d'un mouvement libre suivant une période de vibration forcée.

Plusieurs laboratoires dans le monde ont effectué des mesures d'auto-amortissement de conducteurs conformément au Guide mentionné ci-dessus. On a constaté toutefois de grandes disparités de prédiction d'auto-amortissement entre les résultats fournis par les divers laboratoires. Les causes de ces disparités ont été identifiées en cinq points principaux:

- 1) Les différentes méthodes d'essai adoptées pour les mesures d'auto-amortissement.
- 2) Les différentes conditions d'extrémités de portée mises en place dans les divers laboratoires d'essais (pincés rigides, éléments de flexion, etc.)
- 3) Les différents types de connexions entre le secoueur et le conducteur (rigide ou flexible) et les différents emplacements du point d'entrée de puissance sur la portée.
- 4) Les différents conditionnements de conducteurs avant l'essai (fluage, rodage, etc.)
- 5) Les différents processus de fabrication du conducteur.

LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES – MÉTHODES D'ESSAI DES CARACTÉRISTIQUES D'AUTO-AMORTISSEMENT DES CONDUCTEURS

1 Domaine d'application

Le domaine d'application de la présente Norme recouvre la fourniture de procédures d'essai basées sur les documents mentionnés ci-dessus et dont le but est de minimiser les causes de divergence entre les résultats d'essais, en tenant compte de la grande expérience accumulée ces 30 dernières années par un grand nombre d'ingénieurs d'essai, et disponible dans les documentations, incluant une brochure technique du CIGRÉ se référant spécifiquement à cette norme (voir la Bibliographie).

La présente Norme décrit les méthodologies actuelles, incluant les appareils, modes opératoires et précisions, pour la mesure de l'auto-amortissement d'un conducteur et pour les formats de réduction de données. De plus, certaines directives fondamentales sont également fournies pour informer l'utilisateur potentiel des forces et des faiblesses d'une méthode donnée.

Les méthodologies et les modes opératoires incorporés dans la présente Norme ne sont applicables qu'à un essai sur des portées de laboratoire intérieures.

2 Références normatives

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

CEI 60050-466:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International. Chapitre 466: Lignes aériennes*

IEEE Std. 563-1978, *IEEE Guide on conductor self-damping measurements* (disponible uniquement en anglais)

IEEE Std. 664-1993, *IEEE Guide for laboratory measurement of the power dissipation characteristics of aeolian vibration dampers for single conductors* (disponible uniquement en anglais)