NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62129

Première édition
First edition
2006-01

Etalonnage des analyseurs de spectre optique

Calibration of optical spectrum analyzers

© IEC 2006 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6

1 Domaine d'application 10
2 Références normatives 10
3 Termes et définitions 12
4 Exigences d'étalonnage d'essai 20
4.1 Préparation 20
4.2 Conditions de référence pour les essais 20
4.3 Traçabilité 20
5 Essai de résolution spectrale 22
5.1 Vue d'ensemble 22
5.2 Essai de la résolution spectrale 22
6 Etalonnage du niveau affiché de puissance 26
6.1 Vue d'ensemble 26
6.2 Etalonnage du niveau affiché de puissance (DPL) dans les conditions de référence 28
6.3 Etalonnage du niveau affiché de puissance (DPL) pour des conditions de fonctionnement 32
6.4 Calcul de l'incertitude étendue du niveau affiché de puissance 42
7 Etalonnage de la longueur d'onde 44
7.1 Vue d'ensemble 44
7.2 Etalonnage de la longueur d'onde dans les conditions de référence 46
7.3 Etalonnage de la longueur d'onde pour des conditions de fonctionnement 48
7.4 Calcul de l'incertitude étendue en longueur d'onde 52
8 Documents 54
8.1 Données de mesure et incertitude 54
8.2 Conditions de mesure 54

Annexe A (normative) Bases mathématiques pour le calcul de l'incertitude d'étalonnage 56
Annexe B (informative) Exemples de calcul de l'incertitude d'étalonnage 64
Annexe C (informative) En utilisant les résultats de l'étalonnage 80
Annexe D (informative) Références de longueur d'onde 90
Annexe E (informative) Lecture et références supplémentaires pour l'étalonnage de l'échelle de longueur d'onde 100

Figure 1 – Montage utilisant un laser à gaz dont la longueur d'onde est connue 22
Figure 2 – Montage utilisant une source à large bande avec un dispositif de transmission 22
Figure 3 – Montage utilisant une diode laser avec une longueur d'onde inconnue 24
Figure 4 – Montage pour l'étalonnage du niveau affiché de puissance dans les conditions de référence 28
Figure 5 – Configuration d'essai pour déterminer la dépendance en longueur d'onde de l'incertitude du niveau affiché de la puissance 32
Figure 6 – Configuration d'essai pour déterminer la dépendance en polarisation de l'incertitude du niveau affiché de la puissance 36

CONTENTS

FOREWORD 7

1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Terms and definitions 13
4 Calibration test requirements 21
4.1 Preparation 21
4.2 Reference test conditions 21
4.3 Traceability 21
5 Resolution bandwidth (spectral resolution) test 23
5.1 Overview 23
5.2 Resolution bandwidth (spectral resolution) test 23
6 Displayed power level calibration 27
6.1 Overview 27
6.2 Displayed power level (DPL) calibration under reference conditions 29
6.3 Displayed power level (DPL) calibration for operating conditions 33
6.4 Calculation of expanded uncertainty in displayed power level 43
7 Wavelength calibration 45
7.1 Overview 45
7.2 Wavelength calibration under reference conditions 47
7.3 Wavelength calibration for operating conditions 49
7.4 Calculation of expanded uncertainty in wavelength 53
8 Documentation 55
8.1 Measurement data and uncertainty 55
8.2 Measurement conditions 55

Annex A (normative) Mathematical basis for calculation of calibration uncertainty 57
Annex B (informative) Examples of calculation of calibration uncertainty 65
Annex C (informative) Using the calibration results 81
Annex D (informative) Wavelength references 91
Annex E (informative) Further reading and references for calibration of wavelength scale 101

Figure 1 – Setup using a gas laser whose wavelength is known 23
Figure 2 – Setup using a broadband source with a transmission device 23
Figure 3 – Setup using an LD with an unknown wavelength 25
Figure 4 – Setup for calibration of displayed power level under reference conditions 29
Figure 5 – Test configuration for determining the wavelength dependence of displayed power level uncertainty 33

Figure 7 – Configuration pour tester l'erreur de linéarité de l'incertitude du niveau affiché de puissance 38

Figure 8 – Configuration d'essai pour déterminer la dépendance en température de l'incertitude du niveau affiché de la puissance 40

Figure 9 – La configuration d'essai pour déterminer la dépendance en température de l'incertitude en longueur d'onde 52

Figure A.1 – Ecart et incertitude de type B, et comment remplacer chacune avec une incertitude de largeur plus grande de manière appropriée 58

Figure C.1 – Etalonnage de l'échelle de la longueur d'onde de l'OSA en utilisant des raies d'émission de krypton Intervalles de confiance de 95 % montrés 88

Figure D.1 – Absorption de la lumière d'une DEL par l'acétylène ($^{12}C_2H_2$) 94

Figure D.2 – Absorption de la lumière d'une DEL par l'acide cyanhydrique ($H^{13}C^{14}N$) 96

Tableau 1 – Sources de lumière recommandées 24

Tableau C.1 – Résultats de l'étalonnage de l'OSA 86

Tableau C.2 – Résumé des paramètres d'étalonnage de l'OSA 88

Tableau D.1 – Longueurs d'onde dans le vide (nm) des raies laser à gaz sélectionnées 90

Tableau D.2 – Longueurs d'onde dans le vide (nm) des raies de référence de gaz rares 90

Tableau D.3 – Longueurs d'onde dans le vide (nm) pour les raies d'absorptions de la bande $\nu_1+\nu_3$ de l'acétylène $^{12}C_2H_2$ [11] 92

Tableau D.4 – Longueurs d'onde dans le vide (nm) pour les raies d'absorptions de la bande $\nu_1+\nu_3$ de l'acétylène $^{12}C_2H_2$ [11] 94

Table D.5 – Longueurs d'onde dans le vide (nm) pour les raies d'absorptions de l'acide cyanhydrique ($H^{13}C^{14}N$) sélectionnée [12] 96

Figure 6 – Test configuration for determining the polarization dependence of displayed power level uncertainty 37
Figure 7 – Configuration for testing linearity error of displayed power level uncertainty 39
Figure 8 – Test configuration for determining the temperature dependence of displayed power level uncertainty 41
Figure 9 – Test configuration for determining the temperature dependence of wavelength uncertainty 53
Figure A.1 – Deviation and uncertainty type B, and how to replace both with an appropriately larger uncertainty 59
95 % confidence intervals shown. 89
Figure C.1 – Calibration of OSA wavelength scale using krypton emission lines 89
Figure D.1 – Absorption of LED light by acetylene ($^{12}C_2H_2$) 95
Figure D.2 – Absorption of LED light by hydrogen cyanide ($H^{13}C^{14}N$) 97

Table 1 – Recommended light sources 25
Table C.1 – OSA calibration results 87
Table C.2 – Summary of OSA calibration parameters 89
Table D.1 – Vacuum wavelengths (nm) of selected gas laser lines 91
Table D.2 – Vacuum wavelengths (nm) of noble gas reference lines 91
Table D.3 – Vacuum wavelengths (nm) for the $\nu_1+\nu_3$ band of acetylene $^{12}C_2H_2$ absorption lines [11] 93
Table D.4 – Vacuum wavelengths (nm) for the $\nu_1+\nu_3$ band of acetylene $^{13}C_2H_2$ absorption lines [11] 95
Table D.5 – Vacuum wavelengths (nm) of selected hydrogen cyanide ($H^{13}C^{14}N$) absorption lines [12] 97

COMMISSION ÉLECTROTECHINIQUE INTERNATIONALE

ÉTALONNAGE DES ANALYSEURS DE SPECTRE OPTIQUE

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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 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 tels 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. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
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 indispensable 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62129 a été établie par le Comité d'Etudes 86: Fibres optiques.

La CEI 62129 annule et remplace la CEI/PAS 62129 et constitue une révision technique.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86/245/FDIS	86/250/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CALIBRATION OF OPTICAL SPECTRUM ANALYZERS

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 62129 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics.

IEC 62129 cancels and replaces IEC/PAS 62129, published in 2004, and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86/245/FDIS	86/250/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.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

ÉTALONNAGE DES ANALYSEURS DE SPECTRE OPTIQUE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des procédures pour étalonner un analyseur de spectre optique destiné à mesurer la distribution en puissance d'un spectre optique. Cet analyseur est équipé d'un port d'entrée à utiliser avec un connecteur à fibres optiques.

Un analyseur de spectre optique est équipé des caractéristiques minimales suivantes:

a) la capacité de visualiser à l'écran un spectre optique en fonction de longueurs d'onde absolues;

b) un marqueur/curseur qui affiche la puissance optique et la longueur d'onde d'un point sur la visualisation de spectre.

NOTE La présente norme s'applique aux analyseurs de spectre optique développés pour être utilisés dans les communications par fibres optiques et elle est limitée aux équipements pouvant mesurer directement la sortie de spectre optique à partir d'une fibre optique, lorsque celle-ci est connectée au port d'entrée installé dans l'analyseur de spectre optique, au travers d'un connecteur de fibre optique.

En plus, un analyseur de spectre optique peut mesurer la distribution spectrale de puissance en fonction des longueurs d'onde absolues de la lumière testée et afficher les résultats de telles mesures. Il n'inclura pas d'appareil de mesure de la longueur d'onde optique mesurant uniquement les longueurs centrales, un interféromètre Fabry-Perot ou un monochromateur ne possédant pas d'unité d'affichage.

Les procédures décrites dans la présente norme sont considérées comme destinées à être effectuées principalement par des utilisateurs des analyseurs de spectre optique. Le document n'inclut donc pas les corrections utilisant les résultats de l'étalonnage dans le corps principal. Les procédures de correction sont décrites dans l'Annexe C. La présente norme sera à l'évidence utile aux laboratoires d'étalonnage et aux fabricants d'analyseurs de spectre optique.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050-731, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

CEI 60359*, Appareils de mesures électriques et électroniques – Expression des performances*

CEI 60793-1 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 1: Méthodes de mesure et procédures d'essai*

CEI 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*

CEI 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de communication par fibres optiques*

CEI 61290-3-1, *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit –Méthode d'analyseur de spectre optique*

CALIBRATION OF OPTICAL SPECTRUM ANALYZERS

1 Scope

This International Standard provides procedures for calibrating an optical spectrum analyzer designed to measure the power distribution of an optical spectrum. This analyzer is equipped with an input port for use with a fibre-optic connector.

An optical spectrum analyzer is equipped with the following minimum features:

a) the ability to present a display of an optical spectrum with respect to absolute wavelength;

b) a marker/cursor that displays the optical power and wavelength at a point on the spectrum display.

NOTE This standard applies to optical spectrum analyzers developed for use in fibre-optic communications, and is limited to equipment that can directly measure the optical spectrum output from an optical fibre, where the optical fibre is connected to an input port installed in the optical spectrum analyzer through a fibre-optic connector.

In addition, an optical spectrum analyzer can measure the spectral power distribution with respect to the absolute wavelength of the tested light and display the results of such measurements. It will not include an optical wavelength meter that measures only centre wavelengths, a Fabry-Perot interferometer or a monochromator that has no display unit.

The procedures outlined in this standard are considered to be mainly performed by users of optical spectrum analyzers. The document, therefore, does not include correction using the calibration results in the main body. The correction procedures are described in Annex C. Of course, this standard will be useful in calibration laboratories and for manufacturers of optical spectrum analyzers.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 60359, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

IEC 60793-1 (all parts), *Optical fibres – Part 1: Measurement methods and test procedures*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems*

IEC 61290-3-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 3-1: Noise figure parameters – Optical spectrum analyzer method*

BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA, et OIML:1993, *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*

BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA, et OIML, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML:1993, *International vocabulary of basic terms in metrology (VIM)*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*