IEC 60904-10

Edition 2.0 2009-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic devices –
Part 10: Methods of linearity measurement

Dispositifs photovoltaïques –
Partie 10: Méthodes de mesure de la linéarité

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 27.160

ISBN 2-8318-1074-2

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope and object 5
2 Normative references 5
3 Apparatus 6
4 Sample selection 6
5 Procedure for current and voltage linearity test 6
5.1 Procedure in natural sunlight 6
5.2 Procedure with a solar simulator 8
5.3 Procedure for short-circuit linearity from absolute spectral responsivity 9
6 Procedure for short-circuit current linearity from two-lamp method 9
6.1 Background 9
6.2 Apparatus - Light sources A and B 9
6.3 General procedure 9
7 Linearity calculation 10
7.1 Slope linearity determination 10
7.2 Determination of the short circuit current linearity using the two lamp method 11
7.3 Linearity requirements 11
8 Report 11
Bibliography 13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 10: Methods of linearity measurement

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 60904-10 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998 and constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

a) Added clause for two-lamp method for I_{sc} linearity.
b) Changed standard deviation as a metric for linearity to percent deviation from linearity. This was done because a non-linear device can have a low standard deviation and percent deviation is the quantitative number that matters for the parameter of interest.
c) Removed clause on spectral responsivity nonlinearity because it is not used by any PV testing / calibration group. For testing real PV devices it is difficult to make this error significant in the spectral mismatch correction factor while still passing I_{sc} linearity. Measuring the responsivity over the entire response range means that the device will probably fail the temperature linearity near the band edge.

d) Added a clause to allow short circuit linearity with temperature or total irradiance to be determined from absolute spectral responsivity measurements. This data is routinely reported in PTB primary reference cell calibration certificates.

e) Added report clause in compliance with ISO/IEC 17025 requirements.

f) Often the temperature coefficient of short circuit current is very small so measurement errors can result in percent deviations outside the accepted range. Therefore, the following text was added to 7.3c): “If the temperature coefficient of short circuit current is less than 0,1 %/K, then the device can be considered linear with respect to this parameter.”

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

FDIS	Report on Voting
82/582/FDIS	82/589/RVD

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

A list of all parts of IEC 60904 series, under the general title *Photovoltaic devices*, can be found on the IEC website.

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.

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 10: Methods of linearity measurement

1 Scope and object

This part of IEC 60904 describes procedures used to determine the degree of linearity of any photovoltaic device parameter with respect to a test parameter. It is primarily intended for use by calibration laboratories, module manufacturers and system designers.

Photovoltaic (PV) module and system performance evaluations, and performance translations from one set of temperature and irradiance conditions to another frequently rely on the use of linear equations (see IEC 60891 and IEC 61829). This standard lays down the linearity requirements and test methods to ensure that these linear equations will give satisfactory results. Indirectly, these requirements dictate the range of the temperature and irradiance variables over which the equations can be used.

The methods of measurement described in this standard apply to all PV devices and are intended to be carried out on a sample or on a comparable device of identical technology. They should be performed prior to all measurement and correction procedures that require a linear device. The methodology used in this standard is similar to that specified in IEC 60891 in which a linear (straight-line) function is fitted to a set of data points using a least-squares fit calculation routine. The variation of the data from this function is also calculated, and the definition of linearity is expressed as an allowable variation percentage.

A device is considered linear when it meets the requirements of 7.3.

General procedures for determining the degree of linearity for these and any other performance parameter are described in Clauses 5 and 6.

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 60891, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics*

IEC 60904-1, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 60904-8, *Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device*

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 15
1 Domaine d'application et objet 17
2 Références normatives 17
3 Equipement 18
4 Sélection de l'échantillon 18
5 Procédure pour l'essai de linéarité du courant et de la tension 18
5.1 Procédure sous éclairage solaire naturel 18
5.2 Procédure avec un simulateur solaire 20
5.3 Procédure pour la linéarité du court-circuit à partir de la réponse spectrale absolue 21
6 Procédure pour la linéarité du courant de court-circuit à partir de la méthode à deux lampes 21
6.1 Contexte 21
6.2 Appareils – sources de lumière A et B 22
6.3 Procédure générale 22
7 Calcul de la linéarité 22
7.1 Détermination de la linéarité de la pente 22
7.2 Détermination de la linéarité du courant de court-circuit en utilisant la méthode à deux lampes 23
7.3 Exigences de linéarité 23
8 Rapport 24
Bibliographie 25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 10: Méthodes de mesure de la linéarité

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 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 60904-10 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1998 et constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

a) Ajout d'un article sur la méthode à deux lampes pour la linéarité I_{sc}.
b) Modification de l'écart type, d'une donnée du système métrique pour la linéarité en un écart en pourcentage par rapport à la linéarité. Cette modification est due au fait qu'un dispositif non linéaire peut avoir un faible écart type et l'écart en pourcentage est un nombre quantitatif qui importe pour le paramètre présentant un intérêt.

c) Suppression de l'article sur la non-linéarité de la réponse spectrale parce qu'elle n'est utilisée par aucun groupe d'étalonnage/d'essai PV. Pour les dispositifs PV réels d'essai, il est difficile de rendre cette erreur significative dans le facteur de correction de la désadaptation spectrale lorsque la linéarité I_{SC} est toujours satisfaite. Mesurer la réponse au-delà de la gamme de réponse entière signifie que le dispositif ne satisfait probablement pas à la linéarité de température à la limite de la bande.

d) Ajout d'un article pour permettre la linéarité du court-circuit avec une température ou un éclairement total à déterminer à partir des mesures de réponse spectrale absolue. Cette donnée est régulièrement reportée sur les certificats d'étalonnage de la cellule de référence primaire PTB.

e) Ajout d'un article sur le rapport en conformité avec les exigences de l'ISO/CEI 17025.

f) Le coefficient de température du courant de court-circuit est souvent très petit de sorte que les erreurs de mesure peuvent donner lieu à des écarts de pourcentage en dehors de la gamme acceptée. C'est pourquoi le texte suivant a été ajouté en 7.3c): « Si le coefficient de température du courant de court-circuit est inférieur à 0,1 %/K, alors le dispositif peut être considéré comme linéaire par rapport à ce paramètre. »

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/582/FDIS	82/589/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60904, présentées sous le titre général *Dispositifs photovoltaïques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 10: Méthodes de mesure de la linéarité

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60904 décrit des procédures utilisées pour déterminer le degré de linéarité d'un quelconque paramètre du dispositif photovoltaïque par rapport à un paramètre d'essai. Elle est surtout destinée à être utilisée par les laboratoires d'étalonnage, les fabricants de modules et les concepteurs de systèmes.

L'évaluation de la performance des modules et des systèmes photovoltaïques (PV), ainsi que la conversion des performances d'un groupe de conditions de température et d'éclairement à l'autre, reposent souvent sur l'application d'équations linéaires (voir la CEI 60891 et la CEI 61829). La présente norme établit les exigences et les méthodes d'essai de la linéarité afin que ces équations linéaires garantissent des résultats satisfaisants. Ces exigences indiquent indirectement la gamme des variables de température et d'éclairement sur laquelle ces équations peuvent être appliquées.

Les méthodes de mesure décrites dans la présente norme s'appliquent à tous les dispositifs PV et sont destinées à être appliquées à un échantillon ou à un dispositif comparable de technologie identique. Il convient qu'elles soient utilisées avant toutes les procédures de mesure et de correction qui exigent un dispositif linéaire. La méthodologie utilisée dans la présente norme est similaire à celle spécifiée dans la CEI 60891 dans laquelle une fonction linéaire (ligne droite) convient bien pour un ensemble de points de données utilisant un sous-programme de calcul des moindres carrés. La variation des données à partir de cette fonction est aussi calculée et la définition de la linéarité est exprimée comme un pourcentage de la variation admissible.

Un dispositif est considéré comme linéaire lorsqu'il satisfait aux exigences de 7.3.

Les procédures générales pour déterminer le degré de linéarité de ces paramètres et de tout autre paramètre de performance sont décrites dans les Articles 5 et 6.

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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

CEI 60891, *Dispositifs photovoltaïques – Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées*

CEI 60904-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

CEI 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

CEI 60904-8, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8: Mesure de la réponse spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)*

CEI 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

CEI 61215, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61646, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*