

# 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**

## 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60904-10 ed 2.0:2009

## 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60904-10 ed.2.0:2009

## 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*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60904 10 ed 2.0:2009

## 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60904-10 ed 2.0:2009

## 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.