IEC 60904-2

Edition 4.0 2023-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Photovoltaic devices –
Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices

Dispositifs photovoltaïques –
Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-6948-0

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.

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

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 6
4 Selection of reference device 8
4.1 General requirements 8
4.2 Additional requirements for single reference cell in a multi-cell package 8
4.3 Additional requirements for reference modules 9
4.4 Requirements for built-in shunt resistors 9
5 Temperature measurement 10
6 Electrical connections 10
7 Calibration 10
7.1 General requirements 10
7.2 Calibration value(s) 10
7.3 Spectral responsivity 11
7.4 Temperature coefficients 11
7.5 Linearity 11
8 Documentation and report 11
8.1 General 11
8.2 Device documentation 11
8.3 Calibration report 12
9 Marking 12
10 Packaging 12
10.1 Recommended packaging for use in natural sunlight 12
10.2 Recommended packaging for use under solar simulators 13
10.3 Single cell package 13
11 Care of reference devices 13
12 Usage of reference devices 14
13 Calibration of secondary reference devices against a primary reference cell 14
13.1 General 14
13.2 Natural sunlight 15
13.3 Simulated sunlight 15
13.4 Test procedure 15
13.5 Additional measurements 17
13.5.1 Spectral responsivity 17
13.5.2 Temperature coefficient(s) 17
13.5.3 Linearity 17
14 Calibration of working reference device against a secondary reference device 17
Bibliography 19

Figure 1 – Single cell package 7
Figure 2 – Single reference cell in a multi-cell package 8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices

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.

IEC 60904-2 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2015. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) added calibration procedures for calibrating PV devices at maximum power by extending the respective Clauses 12 and 13;
b) revised requirements for mandatory measurement of spectral responsivity, temperature coefficients and linearity, depending on usage and allowing some measurements on equivalent devices;
c) revised requirements for built-in shunt resistor;
d) added requirements for traceability of calibration explicitly.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
82/2127/FDIS	82/2151/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices

1 Scope

This part of IEC 60904 gives requirements for the classification, selection, packaging, marking, calibration and care of photovoltaic reference devices.

This document applies to photovoltaic (PV) reference devices that are used to measure the irradiance of natural or simulated sunlight for the purpose of quantifying the electrical performance of photovoltaic devices (cells, modules and arrays). It does not cover photovoltaic reference devices for use under concentrated sunlight.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60904-4, *Photovoltaic devices – Part 4: Photovoltaic reference devices – Procedures for establishing calibration traceability*

IEC 60904-5, *Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method*

IEC 60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices*

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

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Classification of solar simulator characteristics*

IEC 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linear dependence and linearity measurements*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 21
1 Domaine d'application 23
2 Références normatives 23
3 Termes et définitions 24
4 Sélection des dispositifs de référence 26
4.1 Exigences générales 26
4.2 Exigences supplémentaires pour une cellule de référence unique dans un boîtier multicellule 26
4.3 Exigences supplémentaires pour les modules de référence 27
4.4 Exigences pour les résistances de shunt intégrées 27
5 Mesurage de la température 28
6 Connexions électriques 28
7 Étalonnage 28
7.1 Exigences générales 28
7.2 Valeur(s) d'étalonnage 29
7.3 Sensibilité spectrale 29
7.4 Coefficients de température 29
7.5 Linéarité 29
8 Documentation et rapport 29
8.1 Généralités 29
8.2 Documentation du dispositif 30
8.3 Rapport d'étalonnage 30
9 Marquage 31
10 Conditionnement 31
10.1 Conditionnement recommandé pour l'utilisation en éclairement solaire naturel 31
10.2 Conditionnement recommandé pour l'utilisation avec simulateurs solaires 31
10.3 Boîtier pour cellule individuelle 31
11 Précautions relatives aux dispositifs de référence 32
12 Utilisation des dispositifs de référence 32
13 Étalonnage des dispositifs secondaires de référence par rapport à une cellule primaire de référence 33
13.1 Généralités 33
13.2 Éclairement solaire naturel 33
13.3 Éclairement solaire simulé 34
13.4 Procédure d'essai 34
13.5 Mesurages supplémentaires 36
13.5.1 Sensibilité spectrale 36
13.5.2 Coefficient(s) de température 36
13.5.3 Linéarité 36
14 Étalonnage du dispositif de travail de référence par rapport à un dispositif secondaire de référence 36
Bibliographie 38

Figure 1 – Boîtier d'une cellule individuelle 25
Figure 2 – Cellule de référence unique dans un boîtier multicellule 27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60904-2 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) ajout de procédures d'étalonnage des dispositifs PV à la puissance maximale en développant les Articles 12 et 13) correspondants;

b) révision des exigences applicables au mesurage obligatoire de la sensibilité spectrale, des coefficients de température et de la linéarité, en fonction de l'usage et en permettant certains mesurages sur des dispositifs équivalents;

c) révision des exigences applicables aux résistances de shunt intégrées;

d) ajout d'exigences pour la traçabilité de l'étalonnage de manière explicite.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
82/2127/FDIS	82/2151/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les directives ISO/IEC, Partie 1 et les directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60904 donne les exigences relatives à la classification, à la sélection, au conditionnement, au marquage, à l'étalonnage et aux précautions d'utilisation des dispositifs photovoltaïques de référence.

Le présent document s'applique aux dispositifs photovoltaïques (PV) de référence utilisés pour mesurer l'irradiance de la lumière solaire naturelle ou simulée afin de quantifier les performances électriques des dispositifs PV (cellules, modules et panneaux). Il ne couvre pas les dispositifs photovoltaïques de référence pour une utilisation sous éclairement solaire concentré.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

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

IEC 60904-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesurage des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

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

IEC 60904-4, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 4: Dispositifs photovoltaïques de référence – Procédures pour établir la traçabilité de l'étalonnage*

IEC 60904-5, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 5: Détermination de la température de cellule équivalente (ECT) des dispositifs photovoltaïques (PV) par la méthode de la tension en circuit ouvert*

IEC 60904-7, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques*

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

IEC 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Classification des caractéristiques des simulateurs solaires*

IEC 60904-10, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 10: Méthodes de mesure de la dépendance linéaire et de la linéarité*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)