



IEC 60904-5

Edition 2.0 2011-02

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Photovoltaic devices –**

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

**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**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**K**

---

ICS 27.160

ISBN 978-2-88912-366-7

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope and object.....	6
2 Normative references .....	6
3 Measurement principle and requirements .....	6
3.1 Principle.....	6
3.2 General measurement requirements.....	7
4 Apparatus.....	7
5 Determination of required input parameters .....	7
6 Procedure .....	8
6.1 General.....	8
6.2 Operating in a controlled environment .....	8
6.3 Taking measurements under arbitrary irradiance conditions .....	8
7 Calculation of equivalent cell temperature .....	8
8 Test report.....	9

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## PHOTOVOLTAIC DEVICES –

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

## 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 60904-5 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition, issued in 1993, and constitutes a technical revision.

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

- added and updated normative references;
- added reporting section;
- added method on how to extract the input parameters;
- rewritten method on how to calculate ECT;
- reworked formulae to be in line with IEC 60891.

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

CDV	Report on voting
82/595/CDV	82/626/RVC

Full information on the voting for the approval of this standard 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.

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.

## INTRODUCTION

When temperature sensors, such as thermocouples, are used to determine the cell temperature of PV devices under natural or simulated steady-state irradiance, two main problems arise. First, a considerable spread of temperature can be observed over the area of the module. Second, as the solar cells are usually not accessible, sensors are attached to the back of the module and the measured temperature thus is influenced by the thermal conductivity of the encapsulant and back materials. These problems are aggravated when determining the equivalent cell temperature for on-site measurements of array performance where all cells have slightly different temperatures and one cannot easily determine the average cell temperature.

The equivalent cell temperature (ECT) is the average temperature at the electronic junctions of the device (cells, modules, arrays of one type of module) which equates to the current operating temperature if the entire device were operating uniformly at this junction temperature.

## PHOTOVOLTAIC DEVICES –

### Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method

#### 1 Scope and object

This part of IEC 60904 describes the preferred method for determining the equivalent cell temperature (ECT) of PV devices (cells, modules and arrays of one type of module), for the purposes of comparing their thermal characteristics, determining NOCT (nominal operating cell temperature) and translating measured I-V characteristics to other temperatures.

This standard applies to linear devices with logarithmic  $V_{OC}$  dependence on irradiance and in stable conditions. It may be used for all technologies but one has to verify that there is no preconditioning effect influencing the measurement.

#### 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 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices*

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

IEC 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement*

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

IEC 61829, *Crystalline silicon photovoltaic (PV) array – On-site measurement of I-V characteristics*

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	13
INTRODUCTION.....	15
1 Domaine d'application et objet.....	16
2 Références normatives.....	16
3 Principe et exigences de mesure.....	17
3.1 Principe.....	17
3.2 Exigences générales de mesure.....	17
4 Appareillage.....	17
5 Détermination des paramètres d'entrée exigés.....	18
6 Procédure.....	18
6.1 Généralités.....	18
6.2 Fonctionnement dans un environnement contrôlé.....	18
6.3 Relevé de mesures dans des conditions d'éclairement arbitraires.....	18
7 Calcul de la température de cellule équivalente.....	18
8 Rapport d'essai.....	20

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## 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**

## 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 60904-5 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1993, dont elle constitue une révision technique.

Les principaux changements techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- ajout et mise à jour de références normatives;
- ajout d'une section concernant le rapport;
- ajout d'une méthode explicitant comment extraire les paramètres d'entrée;

- réécriture de la méthode explicitant comment calculer ECT;
- travail sur les formules pour qu'elles soient cohérentes avec la CEI 60891.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
82/595/CDV	82/626/RVC

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.

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.

## INTRODUCTION

Quand des sondes de température, telles que des thermocouples, sont utilisées pour déterminer la température de cellule des dispositifs photovoltaïques sous un éclairage naturel ou simulé à l'équilibre, deux problèmes majeurs se posent. Premièrement, on peut observer une dispersion de température considérable à la surface du module. Deuxièmement, étant donné que les cellules solaires ne sont généralement pas accessibles, les sondes sont placées à l'arrière du module et la température ainsi mesurée est influencée par la conductivité thermique de l'encapsulant et des matériaux composant les faces arrière du module. Ces problèmes sont aggravés quand on détermine la température de cellule équivalente pour des mesures sur site de performance d'un champ de modules, où toutes les cellules ont des températures légèrement différentes et il n'est pas facile de déterminer la température de cellule moyenne.

La température de cellule équivalente (ECT)<sup>1</sup>, est la température moyenne aux jonctions électroniques d'un dispositif (cellules, modules, champs d'un type de module), qui équivaut à la température de fonctionnement, si le dispositif entier fonctionnait uniformément à cette température de jonction.

---

<sup>1</sup> ECT en anglais: *Equivalent cell temperature*.

## 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

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60904 décrit la méthode préférentielle pour déterminer la température de cellule équivalente (ECT) des dispositifs photovoltaïques (cellules, modules et champs d'un type de module), dans les buts de comparer leurs caractéristiques thermiques, de déterminer leur NOCT (température nominale d'utilisation des cellules)<sup>2</sup> et de transposer les caractéristiques I-V mesurées à d'autres températures que celles de leur mesure.

Cette norme s'applique aux dispositifs linéaires dont  $V_{oc}$  dépend de façon logarithmique de l'éclairement, dans des conditions stables. Elle peut être utilisée pour toutes les technologies mais il doit être vérifié qu'il n'y a pas d'effet de préconditionnement qui influence la mesure.

#### 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 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 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences relatives aux dispositifs solaires de référence*

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

CEI 60904-10, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 10: Méthodes de mesure de la linéarité*

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

CEI 61829, *Champ de modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin – Mesure sur site des caractéristiques I-V*

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

---

<sup>2</sup> NOCT en anglais: Nominal operation cell temperature.