

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
904-5**

Première édition  
First edition  
1993-11

---

---

**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

**Photovoltaic devices –**

**Part 5:**

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 904-5: 1993

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- IEC web site\*
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
904-5

Première édition  
First edition  
1993-11

---

---

**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

**Photovoltaic devices —**

**Part 5:**

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

© CEI 1993 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

F

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

## SOMMAIRE

|                                           | Pages |
|-------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                        | 4     |
| INTRODUCTION .....                        | 6     |
| Articles                                  |       |
| 1    Domaine d'application et objet ..... | 8     |
| 2    Références normatives .....          | 8     |
| 3    Equipement .....                     | 8     |
| 4    Procédure .....                      | 10    |

## CONTENTS

|                              | Page |
|------------------------------|------|
| FOREWORD .....               | 5    |
| INTRODUCTION .....           | 7    |
| Clause                       |      |
| 1 Scope and object .....     | 9    |
| 2 Normative references ..... | 9    |
| 3 Equipment .....            | 9    |
| 4 Procedure .....            | 11   |

## 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 CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 904-5 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI:  
Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| DIS      | Rapport de vote |
|----------|-----------------|
| 82(BC)57 | 82(BC)72        |

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

## 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 IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 904-5 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

| DIS      | Report on voting |
|----------|------------------|
| 82(CO)57 | 82(CO)72         |

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

## 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'avant ou 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 avant et 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.

La température de cellule équivalente (ECT) d'un dispositif photovoltaïque (cellules, modules, champs d'un type de module) est la température de jonction à laquelle la puissance électrique mesurée en sortie serait produite si le dispositif entier fonctionnait uniformément à cette température de jonction.

La méthode décrite ci-après est basée sur le fait que la tension en circuit ouvert d'une cellule solaire varie en fonction de la température. Si la tension en circuit ouvert et le coefficient de température du dispositif sont connus pour les conditions normales d'essais (STC), la température équivalente de toutes les cellules composant le dispositif peut être déterminée. La tension en circuit ouvert étant également légèrement affectée par l'éclairage, une correction additive peut être apportée. L'expérience montre que la température de cellule équivalente peut être déterminée plus précisément par cette méthode que par toute autre technique. Cependant, étant donné que le coefficient de température  $\beta$  baisse rapidement à des éclairages inférieurs à  $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , il convient de n'utiliser cette méthode qu'à des éclairages intenses.



## 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, within the area of the module, a considerable spread of temperature can be observed. Second, as the solar cells are usually not accessible, sensors are attached to the front or back of the module and the temperature thus measured is influenced by the thermal conductivity of the encapsulant and the front or back materials. These problems are aggravated when determining the equivalent cell temperature for on-site measurements of array performance.

The equivalent cell temperature (ECT) is the junction temperature at which the measured electrical output of a PV device (cells, modules, arrays of one type of module) would be produced if the entire device were operating uniformly at this junction temperature.

The method described below is based on the fact that the open-circuit voltage of a solar cell changes with temperature. If the open-circuit voltage of the device at standard test conditions is known, together with its temperature coefficient, the equivalent temperature of all the cells in the device can be determined. As the open-circuit voltage is also slightly affected by the irradiance, an additional correction may be required. Experience shows that the equivalent cell temperature can be determined more precisely by this method than by any alternative technique. However, as the temperature coefficient  $\beta$  drops rapidly at irradiances below  $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , this method should only be used at higher irradiances.

## 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 904 s'applique uniquement aux dispositifs au silicium cristallin.

Elle 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) et de transposer les caractéristiques I-V mesurées à d'autres températures que celles de leur mesure.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 904. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 904 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 891: 1987, *Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées des dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin*

CEI 904-1: 1987, *Dispositifs photovoltaïques – Première partie: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

#### 3 Equipement

L'équipement suivant est nécessaire:

- une sonde de rayonnement étalonnée, telle qu'un dispositif de référence (de préférence) ou un pyranomètre;
- des moyens pour mesurer la tension en circuit ouvert avec une incertitude meilleure que  $\pm 0,5$  %.

## 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 904 applies to crystalline silicon devices only.

It 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.

#### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 904. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 904 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 891: 1987, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices*

IEC 904-1: 1987, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*

#### 3 Equipment

The following equipment is required:

- a calibrated radiation sensor, such as a reference device (preferred) or a pyranometer;
- means to measure the open-circuit voltage to a precision better than  $\pm 0,5 \%$ .