



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

K

ICS 27.160

ISBN 978-2-88910-324-9

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Description of method.....	6
4 Apparatus.....	7
5 Determination of spectral response	7
6 Determination of test spectrum	7
7 Determination of the spectral mismatch factor	8
8 Report	9
Bibliography.....	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

**Part 7: Computation of the spectral mismatch correction
for measurements of photovoltaic 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60904-7 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/540/FDIS	82/547/RVD

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1998. It constitutes a technical revision. The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- the title has been modified in order to better reflect the purpose of the standard (changed from "mismatch error" to "mismatch correction");

This is a preview of "IEC 60904-7 Ed. 3.0 ...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

- formulae are now accompanied by explanatory text;
- Clause 3 "Description of method" now describes when it is necessary to use the method and when it may not be needed. It describes what data must be collected before the mismatch correction can be calculated;
- Clauses 4, 5 and 6 have added;
- the formula for the mismatch correction has been corrected.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of 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 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 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices

1 Scope and object

This part of IEC 60904 describes the procedure for correcting the bias error introduced in the testing of a photovoltaic device, caused by the mismatch between the test spectrum and the reference spectrum and by the mismatch between the spectral responses (SR) of the reference cell and of the test specimen. The procedure applies only to photovoltaic devices linear in SR as defined in IEC 60904-10. This procedure is valid for single junction devices but the principle may be extended to cover multijunction devices.

The purpose of this standard is to give guidelines for the correction of measurement bias, should there be a mismatch between both the test spectrum and the reference spectrum and between the reference device SR and the test specimen SR.

Since a PV device has a wavelength-dependent response, its performance is significantly affected by the spectral distribution of the incident radiation, which in natural sunlight varies with several factors such as location, weather, time of year, time of day, orientation of the receiving surface, etc., and with a simulator varies with its type and conditions. If the irradiance is measured with a thermopile-type radiometer (that is not spectrally selective) or with a reference solar cell, the spectral irradiance distribution of the incoming light must be known to make the necessary corrections to obtain the performance of the PV device under the reference solar spectral distribution defined in IEC 60904-3.

If a reference PV device or a thermopile type detector is used to measure the irradiance then, following the procedure given in this standard, it is possible to calculate the spectral mismatch correction necessary to obtain the short-circuit current of the test PV device under the reference solar spectral irradiance distribution included in Table 1 of IEC 60904-3 or any other reference spectrum. If the reference PV device has the same relative spectral response as the test PV device then the reference device automatically takes into account deviations of the real light spectral distribution from the standard spectral distribution, and no further correction of spectral bias errors is necessary. In this case, location and weather conditions are not critical when the reference device method is used for outdoor performance measurements provided both reference cell and test PV device have the same relative spectral response. Also, for identical relative SR's, the spectral classification of the simulator is not critical for indoor measurements.

If the performance of a PV device is measured using a known spectral irradiance distribution, its short-circuit current at any other spectral irradiance distribution can be computed using the spectral response of the PV test device.

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

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 60904-3, *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 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10 Methods of linearity measurement*

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*

3 Description of method

For many PV devices, the shape of the I-V characteristic depends on the short-circuit current and the device temperature, but not on the spectrum used to generate the short-circuit current. For these devices, the correction of spectrum mismatch or spectral response mismatch is possible using the following procedure. For other devices, a measurement of the I-V characteristic shall be done using a light source with the appropriate spectrum.

A correction is not necessary if either the test spectrum is identical to the reference spectrum (see IEC 60904-3) or if the test specimen's relative spectral response is identical to the reference cell relative spectral response. In this case, the reading as obtained from the reference cell specifies which intensity at the reference spectrum will generate the same short-circuit current in the test device as the test spectrum.

If there is a mismatch between both spectra and spectral responses then a mismatch correction should be calculated.

Due to the mismatch in spectra and spectral responses, the reading of the reference cell (see IEC 60904-2) does not give the intensity of the reference spectrum that generates the short-circuit current as measured for the test device. One must determine the effective irradiance of the reference spectrum that generates the same short-circuit current in the test device as generated by the test spectrum at the measured irradiance G_{meas} .

$$G_{\text{eff at ref spectrum}} = MM \times G_{\text{meas}} \quad (1)$$

where G_{meas} is the irradiance as measured by the reference device with its specific spectral response $S_{\text{ref}}(\lambda)$ and MM is the spectral mismatch factor as determined in Clause 7.

For a measurement to be referred to the reference spectral irradiance, two correction methods are possible:

- a) If possible, adjust the simulator intensity so that the effective irradiance as determined by equation (1) equals the reference irradiance G_{ref} (e.g. 1 000 W/m² for STC, as defined in IEC 61215 and IEC 61646). That is to say that the simulator intensity as measured by the reference cell using its calibration value given for the reference spectrum has to be set to

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	13
1 Domaine d'application et objet.....	15
2 Références normatives.....	15
3 Description de la méthode.....	16
4 Appareillage.....	17
5 Détermination de la réponse spectrale.....	17
6 Détermination du spectre pour l'essai.....	18
7 Détermination du facteur de désadaptation des réponses spectrales.....	18
8 Rapport.....	19
Bibliographie.....	20

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 présente Norme internationale CEI 60904-7 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:

FDIS	Rapport de vote
82/540/FDIS	82/547/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.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1998. Cette édition constitue une révision technique. Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

This is a preview of "IEC 60904-7 Ed. 3.0 ...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

- le titre a été modifié pour mieux indiquer l'objectif de la norme (« calcul de l'erreur » changé en « calcul de la correction »);
- les formules sont maintenant accompagnées par des explications;
- l'Article 3 « Description de la méthode » décrit maintenant quand il faut utiliser la méthode et quand elle n'est pas nécessaire. Il décrit quelles des données il faut avoir avant que le calcul de la correction puisse se faire;
- les Articles 4, 5 et 6 ont été ajoutés;
- la formule pour le calcul de la correction a été corrigée.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 60904 décrit la procédure pour corriger l'erreur de justesse de mesure introduite dans l'essai d'un dispositif photovoltaïque, due d'une part à la désadaptation du spectre pour l'essai et du spectre de référence, et d'autre part à la désadaptation entre les réponses spectrales de la cellule de référence et du spécimen en essai. La procédure s'applique seulement aux dispositifs photovoltaïques linéaires en réponses spectrales tels que définis dans la CEI 60904-10. Cette procédure est valable pour les dispositifs à jonction unique mais le principe peut être étendu aux dispositifs à multi-jonctions.

Le but de la présente norme est de donner des lignes directrices pour la correction des déviations de mesures se traduisant par une désadaptation à la fois du spectre pour l'essai et du spectre de référence, ainsi que des réponses spectrales du dispositif de référence et du spécimen en essai.

Comme la réponse d'un dispositif PV est liée à la longueur d'onde, ses performances sont influencées de manière significative par la répartition spectrale du rayonnement incident, qui, dans le cas d'un éclairage solaire naturel, varie selon plusieurs facteurs tels que l'emplacement, le temps, le moment de l'année ou du jour, l'orientation de la surface de réception, etc., et qui, avec un simulateur, varie selon son type et les conditions. Si l'éclairage est mesuré avec un radiomètre à thermopile (qui n'est pas spectralement sélectif) ou avec une cellule solaire de référence, la répartition spectrale de l'éclairage de la lumière entrante doit être connue de façon à appliquer les corrections nécessaires pour obtenir les performances du dispositif PV avec la répartition spectrale de l'éclairage solaire de référence définie dans la CEI 60904-3.

Si un dispositif PV de référence ou un détecteur de type thermopile est utilisé pour mesurer l'éclairage, alors, en suivant la procédure donnée dans la présente norme, il est possible de calculer la correction de désadaptation des réponses spectrales nécessaire à la détermination du courant de court-circuit du dispositif PV à l'essai avec une répartition d'éclairage spectral solaire de référence telle que donnée dans le Tableau 1 de la CEI 60904-3 ou avec tout autre spectre de référence. Si le dispositif PV de référence a la même réponse spectrale relative que le dispositif PV à l'essai alors le dispositif de référence prend automatiquement en compte les déviations de la répartition spectrale de la lumière réelle par rapport à la répartition spectrale type, et aucune correction supplémentaire de l'erreur de justesse spectrale n'est nécessaire. Dans ce cas, l'emplacement et les conditions atmosphériques ne sont pas critiques lorsque la méthode utilisant un dispositif de référence est utilisée pour des mesures de performances à l'extérieur, la cellule de référence et le dispositif PV à l'essai ayant la même réponse spectrale relative. Aussi, pour des réponses spectrales relatives identiques, la classification spectrale du simulateur n'est pas critique pour des mesures en intérieur.

Si la performance d'un dispositif PV est mesurée en utilisant une répartition spectrale de l'éclairage connue, son courant de court-circuit avec toute autre répartition spectrale de l'éclairage peut être calculé en utilisant la réponse spectrale du dispositif PV à l'essai.

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, *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 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 60904-3, *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 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 61646, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

3 Description de la méthode

Pour beaucoup de dispositif PV, la forme de la caractéristique I-V dépend du courant de court-circuit et de la température du dispositif, mais ne dépend pas du spectre utilisé pour générer le courant de court-circuit. Pour ces dispositifs, la correction de la désadaptation du spectre ou de la réponse spectrale est possible en utilisant la procédure suivante. Pour les autres dispositifs, une mesure de la caractéristique I-V doit être réalisée en utilisant une source de lumière avec un spectre approprié.

Une correction n'est pas nécessaire si le spectre pour l'essai est identique au spectre de référence (voir la CEI 60904-3) ou si la réponse spectrale relative du spécimen en essai est identique à la réponse spectrale relative de la cellule de référence. Dans ce cas, le relevé obtenu à partir de la cellule de référence spécifie l'intensité avec le spectre de référence qui génère le même courant de court-circuit dans le dispositif en essai qu'avec le spectre pour l'essai.

S'il y a une désadaptation à la fois des spectres et des réponses spectrales alors il convient d'établir une correction de désadaptation.

En raison de l'erreur de désadaptation des spectres et des réponses spectrales, le relevé de la cellule de référence (voir la CEI 60904-2) ne donne pas l'intensité du spectre de référence qui génère le courant de court-circuit mesuré pour le dispositif en essai. Un relevé doit déterminer l'éclairement effectif du spectre de référence qui génère le même courant de court-circuit dans le dispositif en essai que celui généré par le spectre pour l'essai à l'éclairement mesuré G_{meas} .

$$G_{\text{eff au spectre de référence}} = MM \times G_{\text{meas}} \quad (1)$$