IEC 60891

Edition 3.0 2021-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-1036-0

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 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms and definitions, symbols and abbreviated terms 7
4 Correction procedures 8
4.1 General 8
4.2 Correction procedure 1 11
4.3 Correction procedure 2 12
4.4 Correction procedure 3 14
4.4.1 General 14
4.4.2 Correction for the irradiance and temperature from two measured I-V curves 14
4.4.3 Correction to various irradiances and temperatures from three I-V curves 17
4.4.4 Correction to various irradiances and temperatures from four measured I-V curves 17
4.5 Correction procedure 4 18
5 Determination of temperature coefficients 20
5.1 General 20
5.2 Apparatus 20
5.3 Procedure in natural or steady-state simulated sunlight 22
5.4 Procedure with a pulsed solar simulator 23
5.5 Calculation of temperature coefficients 23
6 Determination of internal series resistance R_S and R'_S 24
6.1 General 24
6.2 Determination of R_S in correction procedures 1 and 4 25
6.3 Determination of B_1 *and* B_2 in correction procedure 2 27
6.4 Determination of R'_S in correction procedure 2 28
6.5 Determination of R_S in correction procedure 4 30
7 Determination of the curve correction factor κ and κ' 31
7.1 General 31
7.2 Procedure 31
8 Reporting 32
Annex A (informative) Alternative procedures for series resistance determination 34
A.1 General 34
A.2 Differential resistance at V_{OC} against inverse irradiance method 34
Bibliography 35

Figure 1 – Example of the correction of the I-V characteristics by formulae (10) and (11) 16
Figure 2 – Schematic diagram of the relation of G_3 and T_3 which can be chosen in the simultaneous correction for irradiance and temperature, for a fixed set of T_1, G_1, T_2, and G_2 by formulae (12) and (13) 16

Figure 3 – Schematic diagram of the processes for correcting the I-V characteristics to various ranges of irradiance and temperature based on three measured characteristics 17

Figure 4 – Schematic diagram of the processes for correcting the I-V characteristics to various ranges of irradiance and temperature based on four measured characteristics 18

Figure 5 – Example positions for measuring the temperature of the test module behind the cells 21

Figure 6 – Determination of internal series resistance 26

Figure 7 – Determination of internal series resistance when the corrected I-V characteristics intersect 27

Figure 8 – Determination of irradiance correction factors B_1 and B_2 and internal series resistance, R'_S 29

Figure 9 – Determination of internal series resistance of a PV module from a single I-V curve 31

Figure 10 – Determination of curve correction factor 32

Figure A.1 – Determination of internal series resistance 34

Table 1 – Overview of correction procedures for irradiance corrections (i.e. $T_1 = T_2$) 9

Table 2 – Overview of correction procedures for temperature corrections (i.e. $G_1 = G_2$) 10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

PHOTOVOLTAIC DEVICES – PROCEDURES FOR TEMPERATURE AND IRRADIANCE CORRECTIONS TO MEASURED I-V CHARACTERISTICS

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 60891 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

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

– adds guidance on which correction procedure shall be used depending on application;
– introduces translation procedure 4 applicable to c-Si technologies with unknown temperature coefficients;
– introduces various clarifications in existing procedures to improve measurement accuracy and reduce measurement uncertainty;
– adds an informative annex for supplementary methods that can be used for series resistance determination.

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

FDIS	Report on voting
82/1936/FDIS	82/1957/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/standardsdev/publications.

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.

PHOTOVOLTAIC DEVICES – PROCEDURES FOR TEMPERATURE AND IRRADIANCE CORRECTIONS TO MEASURED I-V CHARACTERISTICS

1 Scope

This document defines procedures to be followed for temperature and irradiance corrections to the measured I-V (current-voltage) characteristics (also known as I-V curves) of photovoltaic (PV) devices. It also defines the procedures used to determine factors relevant to these corrections. Requirements for I-V measurement of PV devices are laid down in IEC 60904-1 and its relevant subparts.

The PV devices include a single solar cell with or without a protective cover, a sub-assembly of solar cells, or a module. A different set of relevant parameters for I-V curve correction applies for each type of device. The determination of temperature coefficients for a module (or sub-assembly of cells) may be calculated from single cell measurements, but this is not the case for the internal series resistance and curve correction factor, which should be separately measured for a module or subassembly of cells. Refer to Annex A for alternative procedures for series resistance determination.

The use of I-V correction parameters is valid for the PV device for which they have been measured. Variations may occur within a production lot or the type of class.

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 60904-1, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC TS 60904-1-2, *Photovoltaic devices – Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices*

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 60904-8, *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 60904-10:2020, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linear dependence and linearity measurements*

IEC 61215-2, *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 38
1 Domaine d'application 40
2 Références normatives 40
3 Termes et définitions, symboles et termes abrégés 41
4 Procédures de correction 42
4.1 Généralités 42
4.2 Procédure de correction 1 45
4.3 Procédure de correction 2 47
4.4 Procédure de correction 3 49
4.4.1 Généralités 49
4.4.2 Correction en fonction de l'éclairement et de la température à partir de deux courbes I-V mesurées 50
4.4.3 Correction en fonction d'éclairements et de températures variables à partir de trois courbes I-V 52
4.4.4 Correction en fonction d'éclairements et de températures variables à partir de quatre courbes I-V mesurées 52
4.5 Procédure de correction 4 53
5 Détermination des coefficients de température 55
5.1 Généralités 55
5.2 Appareillage 56
5.3 Procédure sous éclairement solaire naturel ou simulé continu 57
5.4 Procédure qui utilise un simulateur solaire à impulsions 58
5.5 Calcul des coefficients de température 59
6 Détermination des résistances-série internes R_S et R'_S 59
6.1 Généralités 59
6.2 Détermination de R_S dans les procédures de correction 1 et 4 60
6.3 Détermination de B_1 *et* B_2 dans la procédure de correction 2 62
6.4 Détermination de R'_S dans la procédure de correction 2 63
6.5 Détermination de R_S dans la procédure de correction 4 65
7 Détermination des facteurs de correction de la courbe κ et κ' 66
7.1 Généralités 66
7.2 Procédure 67
8 Rapports 68
Annexe A (informative) Procédures alternatives de détermination de la résistance-série 70
A.1 Généralités 70
A.2 Méthode de la résistance différentielle à V_{OC} par rapport à l'éclairement inverse 70
Bibliographie 71

Figure 1 – Exemple de correction des caractéristiques I-V par les formules (10) et (11) 51
Figure 2 – Diagramme schématique de la relation entre G_3 et T_3 qui peuvent être choisis dans la correction simultanée de l'éclairement et de la température, pour un ensemble donné T_1, G_1, T_2, et G_2 obtenu en appliquant les formules (12) et (13) 51

Figure 3 – Diagramme schématique des procédés de correction des caractéristiques I-V en fonction de plages variables d'éclairements et de températures fondés sur trois caractéristiques mesurées 52

Figure 4 – Diagramme schématique des procédés de correction des caractéristiques I-V en fonction de plages variables d'éclairements et de températures fondés sur quatre caractéristiques mesurées 53

Figure 5 – Exemples de positions pour mesurer la température du module en essai derrière les cellules 56

Figure 6 – Détermination de la résistance-série interne 61

Figure 7 – Détermination de la résistance-série interne lorsque les caractéristiques I-V corrigées se croisent 62

Figure 8 – Détermination des facteurs de correction de l'éclairement B_1 et B_2 et de la résistance-série interne, R'_S 64

Figure 9 – Détermination de la résistance-série interne d'un module PV à partir d'une courbe I-V unique 66

Figure 10 – Détermination du facteur de correction de la courbe 68

Figure A.1 – Détermination de la résistance-série interne 70

Tableau 1 – Vue d'ensemble des procédures de correction en fonction de l'éclairement (T_1 = T_2) 44

Tableau 2 – Vue d'ensemble des procédures de correction en fonction de la température (G_1 = G_2) 45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES – PROCÉDURES POUR LES CORRECTIONS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'ÉCLAIREMENT À APPLIQUER AUX CARACTÉRISTIQUES I-V MESURÉES

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60891 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

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

– ajout de recommandations concernant la procédure de correction à utiliser selon l'application;
– introduction de la procédure de transposition 4 applicable aux technologies c-Si avec des coefficients de température inconnus;

– introduction de différentes classifications dans les procédures existantes afin d'améliorer la précision de mesure et de réduire l'incertitude de mesure;
– ajout d'une annexe informative qui présente des méthodes supplémentaires qui peuvent être utilisées pour déterminer la résistance-série.

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

FDIS	Rapport de vote
82/1936/FDIS	82/1957/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/standardsdev/publications.

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. A cette date, le document sera

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

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES – PROCÉDURES POUR LES CORRECTIONS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'ÉCLAIREMENT À APPLIQUER AUX CARACTÉRISTIQUES I-V MESURÉES

1 Domaine d'application

Le présent document définit des procédures à suivre pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement appliquées aux caractéristiques I-V (courant-tension) mesurées (également appelées courbes I-V) des dispositifs photovoltaïques (PV). Il définit également les procédures utilisées pour déterminer les facteurs appropriés pour ces corrections. Les exigences pour le mesurage I-V des dispositifs PV sont données dans l'IEC 60904-1 et ses sous-parties applicables.

Les dispositifs PV comportent une seule cellule solaire avec ou sans couverture de protection, un sous-ensemble de cellules solaires ou un module. Un ensemble différent de paramètres appropriés pour la correction de la courbe I-V s'applique à chaque type de dispositif. La détermination des coefficients de température pour un module (ou un sous-ensemble de cellules) peut être effectuée à partir de mesures sur une seule cellule, contrairement à la résistance-série interne et au facteur de correction de la courbe, qu'il convient de mesurer séparément pour un module ou un sous-ensemble de cellules. Voir Annexe A pour connaître les procédures alternatives de détermination de la résistance-série.

L'utilisation des paramètres de correction I-V est valable pour le dispositif PV pour lequel ils ont été mesurés. Des variations peuvent apparaître au sein d'un lot de fabrication ou de la classe type.

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

IEC TS 60904-1-2, *Photovoltaic devices – Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices* (disponible en anglais seulement)

IEC 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence*

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 60904-10:2020, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 10: Méthodes de mesure de la dépendance linéaire et de la linéarité*

IEC 61215-2, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 2: Procédures d'essai*

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