

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic (PV) array – On-site measurement of current-voltage characteristics

Champ de modules photovoltaïques (PV) – Mesurage sur site des caractéristiques courant-tension

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-2966-8

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Apparatus.....	7
4.1 Irradiance measurements in natural sunlight.....	7
4.2 Module temperature measurements	8
4.3 Electrical measurements	8
5 Measurement procedure	9
5.1 Choose and record appropriate conditions for measurement.....	9
5.2 Clean the modules	9
5.3 Check for shading.....	9
5.4 Confirm uniformity of irradiance over the test array	10
5.5 Mount the reference device.....	10
5.6 Prepare to measure the array temperature.....	10
5.7 Disconnect the array.....	11
5.8 Connect the measurement system to the array to be measured	11
5.9 Record electrical data and measurement conditions.....	11
5.10 Record spectral data.....	12
5.11 Typical and extreme module selection	12
6 Analysis.....	13
6.1 Adjust the measured irradiance for any deviation from reference conditions.....	13
6.2 Compute the average temperature of the array under test.....	13
6.3 Compute the junction temperature	14
6.4 Translate the measurement to the desired test condition.....	14
6.5 Correct for soiling losses	14
7 Test report.....	14
Annex A (informative) Reference values and reference device.....	16
A.1 Reference test conditions (RTC)	16
A.2 Standard test conditions (STC)	16
A.3 Reference device	16
Bibliography.....	17
Figure 1 – Examples of extreme and central modules	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAY –
ON-SITE MEASUREMENT OF CURRENT-VOLTAGE 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 61829 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) it addresses many outdated procedures;
- b) it accommodates commonly used commercial I - V curve tracers;
- c) it provides a more practical approach for addressing field uncertainties;
- d) it removes and replaces procedures with references to other updated and pertinent standards, including the IEC 60904 series, and IEC 60891.

The result is a much more practical and useful standard.

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

FDIS	Report on voting
82/1008/FDIS	82/1041/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 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 website 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

The performance of photovoltaic (PV) systems over their decades-long life time is determined by comparing measured power production with the expected production as estimated from recorded weather conditions. Continuous measurements of system- or subsystem-level operating output can detect underperforming arrays but are not well suited for tracking degradation with any accuracy, or for identifying the weaknesses or failure modes that may exist within the array. Field I - V curve measurements offer a practical method of *in situ* benchmarking or troubleshooting for modules, strings and arrays. This International Standard specifies methods and approaches for field I - V curve measurements and calculations, and includes guidance for addressing the uncertainties associated with measurement devices and array configurations. Consistent and proper application of I - V curve measurement procedures helps to ensure that a PV system's performance is adequately characterized over time.

PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAY – ON-SITE MEASUREMENT OF CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS

1 Scope

This International Standard specifies procedures for on-site measurement of flat-plate photovoltaic (PV) array characteristics, the accompanying meteorological conditions, and use of these for translating to standard test conditions (STC) or other selected conditions.

Measurements of PV array current-voltage (I - V) characteristics under actual on-site conditions and their translation to reference test conditions (RTC) can provide:

- data for power rating or capacity testing;
- verification of installed array power performance relative to design specifications;
- detection of possible differences between on-site module characteristics and laboratory or factory measurements;
- detection of possible performance degradation of modules and arrays with respect to on-site initial data;
- detection of possible module or array failures or poor performance.

For a particular module, on-site measurements translated to STC can be directly compared with results previously obtained in a laboratory or factory for that module. Corrections for differences in the spectral or spatial response of the reference devices may need to be assessed as specified in IEC 60904.

On-site array measurements are affected by diode, cable, and mismatch losses, soiling and shading, degradation due to aging, and other uncontrolled effects. Therefore, they are not expected to be equal to the product of the number of modules and the respective module data.

If a PV array is formed with sub-arrays of different tilt, orientation, technology, or electrical configuration, the procedure specified in this International Standard is applied to each unique PV sub-array of interest.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 photovoltaic reference devices*

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: Reference solar devices – Procedures for establishing calibration traceability*

IEC60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices*

IEC 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods for linearity measurements*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
INTRODUCTION	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Termes et définitions	23
4 Appareillage	23
4.1 Mesurages de l'éclairement sous lumière solaire naturelle	23
4.2 Mesurages de la température du module	24
4.3 Mesurages électriques	25
5 Procédure de mesure	25
5.1 Choix et enregistrement des conditions appropriées de mesure	25
5.2 Lavage des modules	25
5.3 Vérification de l'ombre	26
5.4 Confirmation de l'uniformité de l'éclairement sur le champ de modules d'essai	26
5.5 Montage du dispositif de référence	27
5.6 Préparation du mesurage de la température du champ de modules	27
5.7 Déconnexion du champ de modules	27
5.8 Connexion du système de mesure au champ de modules à mesurer	27
5.9 Enregistrement des données électriques et des conditions de mesure	28
5.10 Enregistrement de données spectrales	29
5.11 Sélection de modules typiques et extrêmes	29
6 Analyse	30
6.1 Correction de l'éclairement mesuré pour tout écart par rapport aux conditions de référence	30
6.2 Calcul de la température moyenne du champ de modules en essai	31
6.3 Calcul de la température de jonction	31
6.4 Transposition du mesurage en fonction des conditions d'essai souhaitées	31
6.5 Correction des pertes dues à la salissure	31
7 Rapport d'essai	31
Annexe A (informative) Valeurs et dispositif de référence	33
A.1 Conditions d'essai de référence (RTC – reference test conditions)	33
A.2 Conditions normales d'essai (STC – standard test conditions)	33
A.3 Dispositif de référence	33
Bibliographie	34
Figure 1 – Exemples de modules extrêmes et centraux	30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –
MESURAGE SUR SITE DES CARACTÉRISTIQUES COURANT-TENSION**

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 61829 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) elle traite de plusieurs procédures obsolètes;
- b) elle tient compte des traceurs de courbe $I-V$ commerciaux couramment utilisés;
- c) elle fournit une approche plus pratique pour gérer les incertitudes associées aux champs;
- d) elle supprime et remplace certaines procédures par d'autres normes pertinentes et mises à jour, parmi lesquelles la série IEC 60904 et l'IEC 60891.

Il en résulte une norme plus pratique et utile.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1008/FDIS	82/1041/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 publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, 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 l'IEC 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

Les performances des systèmes photovoltaïques (PV) en fonctionnement depuis maintenant des décennies sont déterminées en comparant la production de puissance mesurée à la production prévue telle qu'estimée sur la base des conditions climatiques enregistrées. Les mesurages en continu du niveau de sortie en fonctionnement normal du système ou du sous-système peuvent permettre de détecter les champs de modules moins performants, mais ne sont pas bien adaptés pour suivre avec exactitude les dégradations ou pour identifier les faiblesses ou les modes de défaillance qui peuvent exister dans le champ de modules. Les mesurages sur site de la courbe $I-V$ constituent une méthode pratique d'analyse comparative ou de recherche de panne sur site pour les modules, les chaînes et les champs de modules. La présente Norme internationale spécifie des méthodes et approches de mesure sur site et de calcul de la courbe $I-V$ d'un champ de modules photovoltaïques, et inclut des lignes directrices relatives aux incertitudes associées aux appareils de mesure et aux configurations des champs de modules. Une application cohérente et correcte des procédures de mesure de la courbe $I-V$ permet d'assurer une caractérisation adéquate des performances d'un système PV au fil du temps.

CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) – MESURAGE SUR SITE DES CARACTÉRISTIQUES COURANT-TENSION

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les procédures relatives au mesurage sur site des caractéristiques d'un champ de modules photovoltaïques (PV) à plaque plane avec les conditions climatiques associées et l'utilisation de celles-ci pour leur transposition dans des conditions normales d'essai (STC – standard test conditions) ou dans d'autres conditions sélectionnées.

Les mesurages des caractéristiques courant-tension ($I-V$) d'un champ de modules photovoltaïques dans les conditions réelles sur site et leur transposition dans des conditions d'essai de référence (RTC – reference test conditions) peuvent conduire à:

- des données relatives aux caractéristiques assignées de puissance ou aux essais de capacité;
- la vérification des performances de la puissance installée du champ de modules par rapport aux spécifications de conception;
- la détection des différences possibles entre les mesurages des caractéristiques sur site des modules et ceux réalisés par le laboratoire ou le fabricant;
- la détection des dégradations possibles des performances des modules et des champs de modules par rapport aux données initiales sur site;
- la détection de défaillances possibles ou de mauvaises performances des modules ou des champs de modules.

Pour un module particulier, les mesurages sur site transposés dans les conditions normales d'essai (STC) peuvent être directement comparés avec les résultats obtenus antérieurement par le laboratoire ou le fabricant pour le module considéré. Il peut être nécessaire d'évaluer, comme spécifié dans l'IEC 60904, la correction des écarts de réponse spectrale ou spatiale des dispositifs de référence.

Les mesurages sur site d'un champ de modules sont affectés par les pertes dues aux diodes, aux câbles et à la désadaptation, la salissure et l'ombre, la dégradation due au vieillissement, et d'autres effets non contrôlés. Par conséquent, les résultats ne sont pas supposés être identiques au produit du nombre de modules et des données des modules respectifs.

Si un champ de modules photovoltaïques (PV) est constitué de sous-champs de modules de différentes inclinaisons, orientations, technologies ou configurations électriques, les procédures spécifiées dans la présente Norme internationale sont appliquées à chaque sous-champ de modules PV concerné.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

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

IEC 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*

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

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

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