

des erreurs de mesure, des problèmes de configuration d'instrument ou des données incorrectement entrées concernant les modules/les chaînes.

## D.2 Variation 1 – Marches ou encoches dans la courbe

Les marches ou les encoches de la courbe I-V sont des signes de disparité entre les différentes zones du panneau ou du module soumis à essai. L'écart dans la courbe indique que les diodes de dérivation sont en train de s'activer et qu'un certain courant est en train de contourner la chaîne de cellules internes protégée par la diode (chaîne incapable de faire passer le même courant que celui d'autres chaînes). Cela peut être dû à un certain nombre de facteurs tels que les suivants:

- Le panneau ou le module est partiellement ombragé.
- Le panneau ou le module est partiellement sale ou masqué d'une quelconque façon (neige, etc.).
- Cellule/module PV endommagé(e).
- Diode de dérivation en court-circuit.

NOTE L'ombrage partiel d'une cellule d'un module seulement peut activer la diode de dérivation associée et provoquer une encoche dans la courbe.

## D.3 Variation 2 – Faible courant

Un certain nombre de facteurs peuvent être responsables d'un écart entre le courant attendu et le courant mesuré. Ils sont résumés ci-dessous:

### Causes relatives au panneau:

- Saleté uniforme.
- Bandeaux d'ombre (modules en orientation portrait).
- Amas de saleté (modules en orientation portrait).
- Les modules PV sont dégradés.

NOTE Les effets des bandeaux d'ombre et des amas de saleté sont similaires à ceux de la saleté uniforme, car ils réduisent le courant de tous les groupes de cellules dans à peu près la même proportion.

### Causes relatives à la modélisation:

- Données des modules PV entrées incorrectement.
- Nombre de chaînes parallèles incorrectement entré.

### Causes relatives aux mesures:

- Problème d'étalonnage ou de mesure du capteur d'éclairement.
- Capteur d'éclairement non monté dans le plan du panneau.
- L'éclairement a changé entre les mesures d'éclairement et les mesures de courbe I-V.
- Les effets d'albédo sont tels que le capteur d'éclairement mesure un éclairement excessivement élevé.
- L'éclairement est trop faible ou le soleil est trop proche de l'horizon.

NOTE L'écart représenté sur le schéma ci-dessus est un courant inférieur à celui attendu, mais la valeur mesurée peut aussi être supérieure à celle prédite par la courbe I-V modèle.

#### D.4 Variation 3 – Basse tension

Les causes potentielles d'un écart de tension comprennent les suivantes.

##### Causes relatives au panneau:

- Diodes de dérivation conductrices ou en court-circuit.
- Nombre de modules dans la chaîne PV incorrect.
- Dégradation potentielle induite (PID).
- Ombrage important et uniforme de la cellule entière, du module entier ou de la chaîne entière.

##### Causes relatives à la modélisation:

- Données des modules PV entrées incorrectement.
- Le nombre de modules de la chaîne a été entré incorrectement.

##### Causes relatives aux mesures:

- Température de cellule PV différente de la valeur mesurée.

Du fait que la température de cellule influe sur la tension produite par le module PV, une disparité entre la température de cellule réelle et celle mesurée (ou supposée) par le traceur de courbe I-V provoque ce défaut de forme. Dans ces cas-là, il convient de mettre en place une méthode de mesure de température de cellule avant de continuer (vérifier par exemple qu'un capteur de température est toujours fixé au module).

Un groupe de chaînes mesurées de manière rapprochée présente souvent de légers écarts par rapport aux prédictions du modèle PV. Ceci est à prévoir du fait que la température est généralement mesurée au niveau d'un seul module et que le profil de température du panneau n'est pas uniforme et varie dans le temps. Cependant, si une chaîne particulière présente un écart sensiblement plus important que les autres, cela pose un problème, en particulier si l'écart correspond à  $V_{oc}$  du module/ $N$ , où  $N$  est le nombre de diodes de dérivation des modules.

NOTE L'écart représenté sur le schéma ci-dessus est une tension inférieure à celle attendue, mais la valeur mesurée peut aussi être supérieure à celle prédite par la courbe I-V modèle.

#### D.5 Variation 4 – Genou plus arrondi

L'arrondi du genou de la courbe I-V peut être une manifestation du processus de vieillissement. Avant de conclure que c'est le cas, vérifier les pentes des jambes horizontales et verticales de la courbe I-V. Si elles ont changé, cela peut produire un effet visuellement similaire dans la forme du genou.

#### D.6 Variation 5 – Pente plus douce dans la jambe verticale

La pente de la dernière partie de la courbe I-V entre le point de puissance maximale ( $V_{mpp}$ ) et  $V_{oc}$  est influencée par la résistance en série avec le circuit soumis à essai. Une augmentation de la résistance réduit la raideur de la pente dans cette partie de la courbe.

Les causes possibles d'une augmentation de la résistance série sont:

- Défauts ou dommages dans le câblage PV (ou câbles insuffisamment dimensionnés).
- Défauts aux interconnexions des modules ou des panneaux (connexions de mauvaise qualité).

- Augmentation de la résistance série du module.

Lorsque des panneaux dotés de câbles déployés sur de grandes longueurs sont soumis à essai, la résistance de ces câbles a une influence sur la forme de la courbe et peut avoir un impact sur la courbe, comme décrit dans ce qui suit. S'il est soupçonné que c'est le cas, soit le modèle peut être ajusté pour tenir compte de ces câbles, soit l'essai est reconduit plus près du panneau (de façon à supprimer l'influence de la longueur des câbles).

Si cette erreur est observée sur une courbe, il convient de prêter une attention particulière à la qualité du câblage et des interconnexions à l'intérieur du circuit solaire. L'erreur peut indiquer un défaut important dans le câblage ou des dommages ultérieurs ou de la corrosion affectant le circuit du panneau.

Une augmentation de la résistance série du module peut être due à des défauts créant des résistances élevées dans les interconnexions de cellules ou à l'intérieur de la boîte de jonction du module – dus à la dégradation, la corrosion ou un défaut de fabrication.

Un balayage IR, comme décrit dans la séquence d'essais de la catégorie 2, peut être un outil utile pour identifier les défauts créant des résistances élevées.

## **D.7 Variation 6 – Pente plus raide dans la jambe horizontale**

Une variation de pente dans la partie supérieure de la courbe I-V est due vraisemblablement à:

- Des trajets de dérivation dans les cellules PV
- Une désadaptation du courant  $I_{sc}$  des modules
- Ombre effilée ou salissures (par exemple, amas de saleté)

Un courant de dérivation désigne n'importe quel courant qui contourne la cellule solaire – il est habituellement dû à des défauts localisés qui se trouvent soit dans une cellule, soit dans des interconnexions de cellule. Les courants de dérivation peuvent conduire à des points chauds localisés, pouvant également être identifiés par des essais IR.

Les différences de courant  $I_{sc}$  entre les modules d'une chaîne peuvent être dues à des disparités de fabrication. Si la désadaptation est faible et distribuée de façon aléatoire sur l'ensemble de la chaîne, les marches ou encoches peuvent ne pas être présentes.

Un ombrage plus important introduit des marches ou des encoches dans la courbe I-V, mais une ombre mineure sur certains modules d'une chaîne ou des motifs d'ombre effilés peut provoquer cet effet.



# FINAL VERSION

# VERSION FINALE



**Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance –  
Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection**

**Systèmes photovoltaïques (PV) – Exigences pour les essais, la documentation et la maintenance –  
Partie 1: Systèmes connectés au réseau électrique – Documentation, essais de mise en service et examen**

This is a preview. [Click here to purchase the full publication.](#)

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions .....	9
4 System documentation requirements.....	11
4.1 General.....	11
4.2 System data.....	11
4.2.1 Basic system information.....	11
4.2.2 System designer information .....	11
4.2.3 System installer information .....	11
4.3 Wiring diagram.....	11
4.3.1 General .....	11
4.3.2 Array – General specifications.....	12
4.3.3 PV string information.....	12
4.3.4 Array electrical details.....	12
4.3.5 AC system .....	12
4.3.6 Earthing and overvoltage protection .....	12
4.4 String layout.....	13
4.5 Datasheets .....	13
4.6 Mechanical design information .....	13
4.7 Emergency systems .....	13
4.8 Operation and maintenance information.....	13
4.9 Test results and commissioning data .....	13
5 Verification .....	13
5.1 General.....	13
5.2 Inspection .....	14
5.2.1 General .....	14
5.2.2 DC system – General .....	14
5.2.3 DC system – Protection against electric shock.....	14
5.2.4 DC system – Protection against the effects of insulation faults .....	15
5.2.5 DC system – Protection against overcurrent .....	15
5.2.6 DC system – Earthing and bonding arrangements.....	15
5.2.7 DC system – Protection against the effects of lightning and overvoltage.....	16
5.2.8 DC system – Selection and erection of electrical equipment.....	16
5.2.9 AC system .....	16
5.2.10 Labelling and identification .....	16
5.3 Testing .....	17
5.3.1 General .....	17
5.3.2 Test regimes and additional tests .....	17
5.3.3 Test regimes for systems with module level electronics.....	17
5.3.4 Category 1 test regime – All systems.....	18
5.3.5 Category 2 test regime .....	19
5.3.6 Additional tests .....	19
6 Test procedures – Category 1 .....	20
6.1 Continuity of protective earthing and equipotential bonding conductors .....	20

6.2	Polarity test.....	20
6.3	PV string combiner box test.....	20
6.4	PV string – Open circuit voltage measurement.....	20
6.5	PV string – Current measurement.....	21
6.5.1	General .....	21
6.5.2	PV string – Short circuit test.....	21
6.5.3	PV string – Operational test.....	23
6.6	Functional tests.....	23
6.7	PV array insulation resistance test.....	23
6.7.1	General .....	23
6.7.2	PV array insulation resistance test – Test method.....	24
6.7.3	PV array insulation resistance – Test procedure .....	24
7	Test procedures – Category 2.....	25
7.1	General.....	25
7.2	String I-V curve measurement .....	26
7.2.1	General .....	26
7.2.2	I-V curve measurement of $V_{OC}$ and $I_{SC}$ .....	26
7.2.3	I-V curve measurement – Array performance .....	26
7.2.4	I-V curve measurement – Identification of module / array defects or shading issues .....	27
7.3	PV array infrared camera inspection procedure.....	27
7.3.1	General .....	27
7.3.2	IR test procedure .....	28
7.3.3	Interpreting IR test results .....	28
8	Test procedures – Additional tests .....	29
8.1	Voltage to ground – Resistive ground systems .....	29
8.2	Blocking diode test.....	29
8.3	PV array – Wet insulation resistance test.....	30
8.3.1	General .....	30
8.3.2	Wet insulation test procedure .....	30
8.4	Shade evaluation .....	30
9	Verification reports .....	31
9.1	General.....	31
9.2	Initial verification.....	31
9.3	Periodic verification.....	32
Annex A	(informative) Model verification certificate.....	33
Annex B	(informative) Model inspection report.....	34
Annex C	(informative) Model PV array test report .....	37
Annex D	(informative) Interpreting I-V curve shapes .....	38
D.1	General.....	38
D.2	Variation 1 – Steps or notches in curve.....	39
D.3	Variation 2 – Low current.....	39
D.4	Variation 3 – Low voltage .....	39
D.5	Variation 4 – Rounder knee .....	40
D.6	Variation 5 – Shallower slope in vertical leg .....	40
D.7	Variation 6 – Steeper slope in horizontal leg .....	41
Figure 1	– Example sun-path diagram .....	31

Figure D.1 – I-V curve shapes .....38

Table 1 – Modifications to the test regime for systems with module level electronics ..... 18

Table 2 – Minimum values of insulation resistance – PV arrays up to 10 kWp.....25

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS – REQUIREMENTS FOR TESTING, DOCUMENTATION AND MAINTENANCE –

#### Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection

#### 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.

#### **DISCLAIMER**

**This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.**

**This Consolidated version of IEC 62446-1 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2016-01) [documents 82/1036/FDIS and 82/1056A/RVD] and its amendment 1 (2018-08) [documents 82/1415/FDIS and 82/1426/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.**

**This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.**

International Standard IEC 62446-1 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This first edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical change with respect to IEC 62446:2009:

- the scope has been expanded to include a wider range of system test and inspection regimes to encompass larger and more complex PV systems.

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

A list of all parts in the IEC 62446 series, published under the general title *Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**