



IEC 61701

Edition 2.0 2011-12

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules**

**Essai de corrosion au brouillard salin des modules photovoltaïques (PV)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**N**

---

ICS 27.160

ISBN 978-2-88912-840-2

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| FOREWORD.....  | 3  |
| 1 Scope and object.....  | 5  |
| 2 Normative references .....   | 5  |
| 3 Samples .....  | 6  |
| 4 Test procedures .....  | 6  |
| 4.1 General .....  | 6  |
| 4.2 Bypass diode functionality test .....  | 6  |
| 4.2.1 Purpose.....   | 6  |
| 4.2.2 Apparatus.....   | 6  |
| 4.2.3 Procedure.....   | 7  |
| 4.2.4 Requirements .....   | 7  |
| 5 Preconditioning .....  | 7  |
| 6 Initial measurements .....   | 7  |
| 7 Salt mist test procedure.....  | 8  |
| 8 Cleaning and recovery.....   | 8  |
| 9 Final measurements .....   | 9  |
| 10 Requirements .....  | 10 |
| 10.1 General .....   | 10 |
| 10.2 Crystalline silicon .....   | 10 |
| 10.3 Thin-film technologies .....  | 10 |
| 10.4 Concentrator photovoltaic (CPV) modules .....   | 10 |
| 11 Test report.....  | 11 |
| <br>   |    |
| Figure 1 – Salt mist corrosion testing sequence for crystalline silicon PV modules.....          | 12 |
| Figure 2 – Salt mist corrosion testing sequence for thin-film PV modules.....                    | 13 |
| Figure 3 – Salt mist corrosion testing sequence for concentrator photovoltaic (CPV) modules..... | 14 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SALT MIST CORROSION TESTING OF PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES**

## 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 61701 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

The main technical changes with respect to the previous edition are as follows:

The scope has been updated to better reflect the applicability of the Standard.

Salt mist test is based on IEC 60068-2-52 rather than IEC 60068-2-11 as in edition 1 since the former Standard is much more widely used in the electronic component field. According to this change the new edition 2 includes a cycling testing sequence that combines in each cycle a salt fog exposure followed by humidity storage under controlled temperature and relative humidity conditions. This testing sequence is more suitable to reflect the corrosion processes that happen in PV modules subjected to permanent or temporary corrosive atmospheres (NaCl). In edition 1 only a salt fog exposure was considered.

Additional tests have also been included to verify the effect of the salt mist test not only in the PV module output but also in some of its components.

Different testing sequences are considered depending on the PV module technology involved: crystalline silicon, thin-film and concentrator photovoltaic (CPV) modules.

A test report clause has also been included.

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 82/667/FDIS | 82/681/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 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.

## SALT MIST CORROSION TESTING OF PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES

### 1 Scope and object

Photovoltaic (PV) modules are electrical devices intended for continuous outdoor exposure during their lifetime. Highly corrosive wet atmospheres, such as marine environments, could eventually degrade some of the PV module components (corrosion of metallic parts, deterioration of the properties of some non-metallic materials - such as protective coatings and plastics - by assimilation of salts, etc.) causing permanent damages that could impair their functioning. Temporary corrosive atmospheres are also present in places where salt is used in winter periods to melt ice formations on streets and roads.

This Standard describes test sequences useful to determine the resistance of different PV modules to corrosion from salt mist containing  $\text{Cl}^-$  ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ , etc.). All tests included in the sequences, except the bypass diode functionality test, are fully described in IEC 61215, IEC 61646, IEC 62108, IEC 61730-2 and IEC 60068-2-52. They are combined in this Standard to provide means to evaluate possible faults caused in PV modules when operating under wet atmospheres having high concentration of dissolved salt ( $\text{NaCl}$ ). Depending on the specific nature of the surrounding atmosphere to which the module is exposed in real operation several testing severities can be applied, as defined in IEC 60068-2-52. For example severity (1) is intended to be used for PV modules used in a marine environment, or in close proximity to the sea. Severities (3) to (6) are intended for PV modules operating in locations where there could be a change between salt-laden and dry atmospheres, for examples in places where salt is used to melt ice formations. Severity (2) is not suitable for PV modules as testing conditions are too weak (this severity is originally intended for products exposed to corrosive environments from time to time that are normally protected by an enclosure) and should be avoided when applying this Standard.

This Standard can be applied to both flat plate PV modules and concentrator PV modules and assemblies.

### 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 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 61215:2005, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646:2008, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61730-2:2004, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing*

IEC 62108:2007, *Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| AVANT-PROPOS.....   | 17 |
| 1 Domaine d'application et objet.....   | 19 |
| 2 Références normatives.....  | 19 |
| 3 Echantillons.....   | 20 |
| 4 Procédures d'essai.....   | 20 |
| 4.1 Généralités.....  | 20 |
| 4.2 Essai de fonctionnalité des diodes de dérivation.....   | 21 |
| 4.2.1 But.....  | 21 |
| 4.2.2 Appareillage.....   | 21 |
| 4.2.3 Procédure.....  | 21 |
| 4.2.4 Exigences.....  | 21 |
| 5 Préconditionnement.....   | 21 |
| 6 Mesures initiales.....  | 22 |
| 7 Procédure d'essai au brouillard salin.....  | 22 |
| 8 Nettoyage et rétablissement.....  | 23 |
| 9 Mesures finales.....  | 23 |
| 10 Exigences.....   | 24 |
| 10.1 Généralités.....   | 24 |
| 10.2 Silicium cristallin.....   | 24 |
| 10.3 Technologies de type couches minces.....   | 24 |
| 10.4 Modules photovoltaïques à concentration.....   | 25 |
| 11 Rapport d'essai.....   | 25 |
| <br>  |    |
| Figure 1 – Séquence d'essais de corrosion au brouillard salin pour des modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin..... | 27 |
| Figure 2 – Séquence d'essais de corrosion au brouillard salin pour des modules photovoltaïques (PV) en couches minces.....      | 28 |
| Figure 3 – Séquence d'essais de corrosion au brouillard salin pour des modules photovoltaïques à concentration (CPV).....       | 29 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### **ESSAI DE CORROSION AU BROUILLARD SALIN DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV)**

#### 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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI 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 CEI 61701 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

Le domaine d'application a été mis à jour pour mieux refléter les conditions d'application de la Norme.

L'essai au brouillard salin est basé sur la CEI 60068-2-52 plutôt que sur la CEI 60068-2-11 comme dans l'édition 1 puisque l'ancienne norme est plus largement utilisée dans le domaine des composants électroniques. Conformément à ce changement, la nouvelle édition 2 inclut une séquence d'essai cyclique qui combine dans chaque cycle une exposition au brouillard

salin suivie d'un stockage en milieu humide dans des conditions de température et d'humidité relative contrôlées. Cette séquence d'essai reflète mieux les processus de corrosion rencontrés par les modules photovoltaïques soumis à des atmosphères corrosives permanentes ou temporaires (NaCl). Dans l'édition 1, on ne considérait que l'exposition au brouillard salin.

Des essais supplémentaires ont également été inclus pour vérifier l'effet de l'essai au brouillard salin, non seulement à la sortie du module photovoltaïque, mais aussi dans certains de ses composants.

Différentes séquences d'essai sont considérées en fonction de la technologie de module photovoltaïque impliquée: modules photovoltaïques au silicium cristallin, en couches minces ou à concentration (CPV).

Un article Rapport d'essai a également été inclus.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 82/667/FDIS | 82/681/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/CEI, 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 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.

## ESSAI DE CORROSION AU BROUILLARD SALIN DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV)

### 1 Domaine d'application et objet

Les modules photovoltaïques (PV) sont des dispositifs électriques destinés à être placés en permanence à l'extérieur pendant toute leur durée de vie. Les atmosphères humides fortement corrosives telles que les environnements marins peuvent finir par dégrader certains composants des modules photovoltaïques (corrosion des pièces métalliques, détérioration des propriétés de certains matériaux non métalliques, par exemple les revêtements de protection et les matières plastiques, par assimilation de sel, etc.) provoquant des dégâts permanents qui peuvent altérer leur fonctionnement. On trouve également des atmosphères corrosives temporaires lorsqu'on utilise du sel en périodes hivernales pour faire fondre la glace dans les rues et sur les routes.

La présente Norme décrit des séquences d'essai pour déterminer la résistance de différents modules photovoltaïques à la corrosion due au brouillard salin contenant du  $\text{Cl}^-$  ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ , etc.). Tous les essais inclus dans les séquences, à l'exception de l'essai de fonctionnalité des diodes de dérivation, sont décrits de façon détaillée dans les normes CEI 61215, CEI 61646, CEI 62108, CEI 61730-2 et CEI 60068-2-52. Ils sont combinés dans la présente Norme pour fournir des moyens d'évaluer les pannes possibles causées dans les modules photovoltaïques qui fonctionnent en atmosphères humides avec une forte concentration de sels dissous ( $\text{NaCl}$ ). En fonction de la nature spécifique de l'atmosphère environnante à laquelle le module est exposé en fonctionnement réel, plusieurs sévérités d'essai peuvent être appliquées comme cela est défini dans la CEI 60068-2-52. Par exemple la sévérité (1) est destinée à être utilisée pour les modules photovoltaïques utilisés dans un environnement marin ou près de la mer. Les sévérités (3) à (6) sont destinées aux modules photovoltaïques fonctionnant dans des endroits dont l'atmosphère peut passer de très salée à sèche, par exemple quand le sel est utilisé pour faire fondre la glace. La sévérité (2) n'est pas adaptée aux modules photovoltaïques parce que les conditions d'essai sont trop faibles (cette sévérité est initialement destinée aux produits exposés de temps en temps à des environnements corrosifs et normalement protégés par une enveloppe) et il convient d'éviter d'utiliser cette sévérité lorsque la présente Norme est appliquée.

La présente Norme peut être appliquée à des modules photovoltaïques plans et à des modules et ensembles photovoltaïques à concentration.

### 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).

CEI 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essais Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 61215:2005, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61646:2008, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61730-2:2004, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

CEI 62108:2007, *Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation*

ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*