IEC 61215-2

Edition 1.0 2016-03

INTERNATIONAL STANDARD

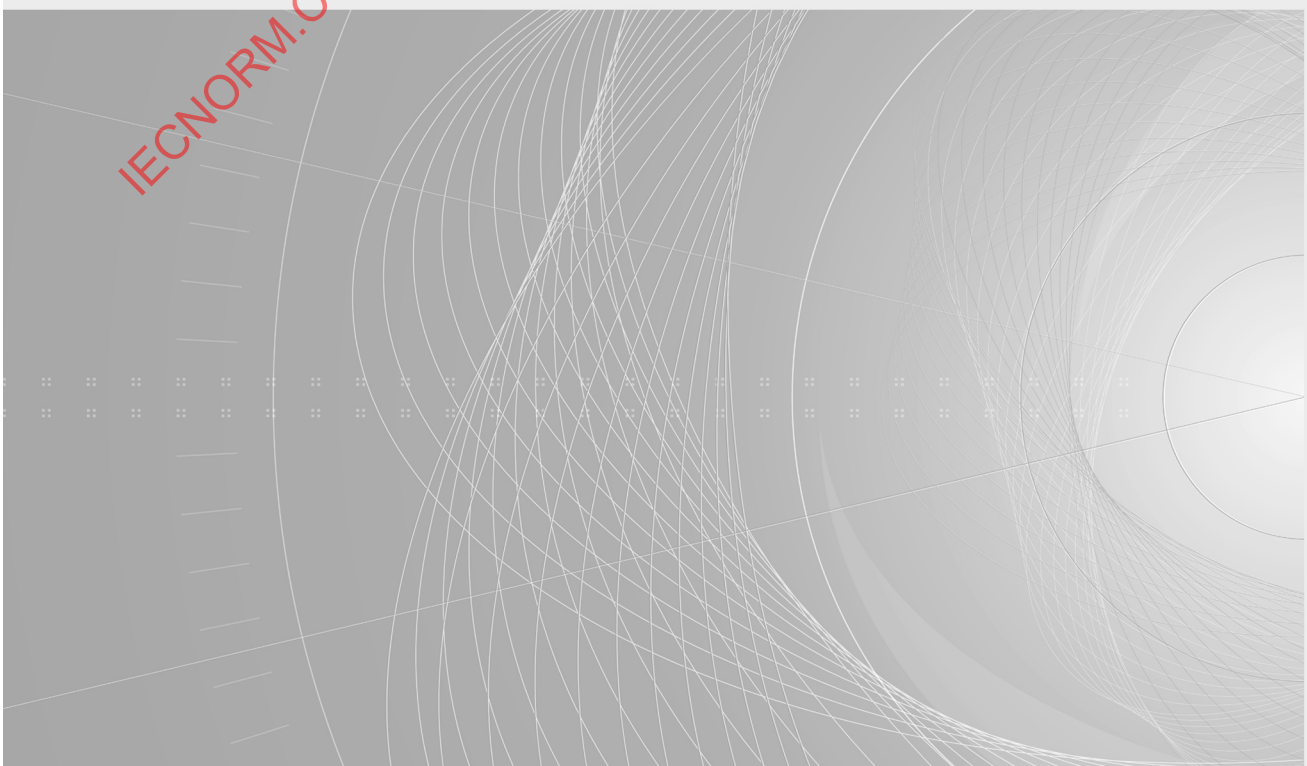
NORME INTERNATIONALE

colour inside

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures

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



IEC 61215-2:2016-03(en-fr)

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

About the IEC
The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications
The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue
The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub
The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary
65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue
Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary
65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

IEC 61215-2

Edition 1.0 2016-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-3205-7

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 5
INTRODUCTION 7
1 Scope and object 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
4 Test procedures 10
4.1 Visual inspection (MQT 01) 10
4.1.1 Purpose 10
4.1.2 Procedure 10
4.1.3 Requirements 11
4.2 Maximum power determination (MQT 02) 11
4.2.1 Purpose 11
4.2.2 Apparatus 11
4.2.3 Procedure 11
4.3 Insulation test (MQT 03) 11
4.3.1 Purpose 11
4.3.2 Apparatus 12
4.3.3 Test conditions 12
4.3.4 Procedure 12
4.3.5 Test requirements 12
4.4 Measurement of temperature coefficients (MQT 04) 12
4.5 Measurement of nominal module operating temperature (NMOT) (MQT 05) 13
4.5.1 General 13
4.5.2 Principle 13
4.5.3 Test procedure 13
4.6 Performance at STC and NMOT (MQT 06) 14
4.6.1 Purpose 14
4.6.2 Apparatus 14
4.6.3 Procedure 14
4.7 Performance at low irradiance (MQT 07) 15
4.7.1 Purpose 15
4.7.2 Apparatus 15
4.7.3 Procedure 15
4.8 Outdoor exposure test (MQT 08) 15
4.8.1 Purpose 15
4.8.2 Apparatus 15
4.8.3 Procedure 16
4.8.4 Final measurements 16
4.8.5 Requirements 16
4.9 Hot-spot endurance test (MQT 09) 16
4.9.1 Purpose 16
4.9.2 Hot-spot effect 16
4.9.3 Classification of cell interconnection 17
4.9.4 Apparatus 19
4.9.5 Procedure 19
4.9.6 Final measurements 27

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.9.7 Requirements 27
4.10 UV preconditioning test (MQT 10) 27
4.10.1 Purpose 27
4.10.2 Apparatus 27
4.10.3 Procedure 28
4.10.4 Final measurements 28
4.10.5 Requirements 28
4.11 Thermal cycling test (MQT 11) 28
4.11.1 Purpose 28
4.11.2 Apparatus 28
4.11.3 Procedure 29
4.11.4 Final measurements 29
4.11.5 Requirements 30
4.12 Humidity-freeze test (MQT 12) 30
4.12.1 Purpose 30
4.12.2 Apparatus 30
4.12.3 Procedure 30
4.12.4 Final measurements 30
4.12.5 Requirements 30
4.13 Damp heat test (MQT 13) 31
4.13.1 Purpose 31
4.13.2 Procedure 31
4.13.3 Final measurements 31
4.13.4 Requirements 31
4.14 Robustness of terminations (MQT 14) 32
4.14.1 Purpose 32
4.14.2 Retention of junction box on mounting surface (MQT 14.1) 32
4.14.3 Test of cord anchorage (MQT 14.2) 32
4.15 Wet leakage current test (MQT 15) 35
4.15.1 Purpose 35
4.15.2 Apparatus 35
4.15.3 Procedure 36
4.15.4 Requirements 36
4.16 Static mechanical load test (MQT 16) 36
4.16.1 Purpose 36
4.16.2 Apparatus 37
4.16.3 Procedure 37
4.16.4 Final measurements 37
4.16.5 Requirements 37
4.17 Hail test (MQT 17) 38
4.17.1 Purpose 38
4.17.2 Apparatus 38
4.17.3 Procedure 39
4.17.4 Final measurements 39
4.17.5 Requirements 40
4.18 Bypass diode testing (MQT 18) 40
4.18.1 Bypass diode thermal test (MQT 18.1) 40
4.18.2 Bypass diode functionality test (MQT 18.2) 42
4.19 Stabilization (MQT 19) 43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.19.1 General 43
4.19.2 Criterion definition for stabilization 43
4.19.3 Light induced stabilization procedures 44
4.19.4 Other stabilization procedures 45
4.19.5 Initial stabilization (MQT 19.1) 45
4.19.6 Final stabilization (MQT 19.2) 45

Figure 1 – Case S, series connection with optional bypass diode 17
Figure 2 – Case PS, parallel-series connection with optional bypass diode 18
Figure 3 – Case SP, series-parallel connection with optional bypass diode 18
Figure 4 – Module I-V characteristics with different cells totally shadowed 20
Figure 5 – Module I-V characteristics with the test cell shadowed at different levels 21
Figure 6 – Hot-spot effect in a MLI thin-film module with serially connected cells 22
Figure 7 – Module I-V characteristics with different cells totally shadowed where the module design includes bypass diodes 24
Figure 8 – Module I-V characteristics with the test cell shadowed at different levels where the module design includes bypass diodes 25
Figure 9 – Thermal cycling test – Temperature and applied current profile 29
Figure 10 – Humidity-freeze cycle – Temperature and humidity profile 31
Figure 11 – Typical arrangement for the cord anchorage pull test for component testing 34
Figure 12 – Typical arrangement for torsion test 34
Figure 13 – Hail-test equipment 38
Figure 14 – Hail test impact locations: top for wafer/cell based technologies, bottom for monolithic processed thin film technologies 40
Figure 15 – Bypass diode thermal test 41

Table 1 – Pull forces for cord anchorage test 33
Table 2 – Values for torsion test 33
Table 3 – Ice-ball masses and test velocities 39
Table 4 – Impact locations 39

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

TERRESTRIAL PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL –

Part 2: Test procedures

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 61215-2 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This first edition of IEC 61215-2 cancels and replaces the second edition of IEC 61215 (2005) and parts of the second edition of 61646 (2008) and constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to these previous editions are as follows:

This standard includes the testing procedures – formally Clause 10 – of the previous edition. Revisions were made to subclauses NMOT (replaces NOCT – MQT 05), performance measurements (MQT 06), robustness of terminations (MQT 14) and stabilization (MQT 19).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

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

FDIS	Report on voting
82/1048/FDIS	82/1076/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.

A list of all parts in the IEC 61215 series, published under the general title *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*, can be found on the IEC website.

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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

INTRODUCTION

Whereas Part 1 of this standard series describes requirements (both in general and specific with respect to device technology), the sub-parts of Part 1 define technology variations and Part 2 defines a set of test procedures necessary for design qualification and type approval. The test procedures described in Part 2 are valid for all device technologies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

TERRESTRIAL PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL –

Part 2: Test procedures

1 Scope and object

This International Standard series lays down IEC requirements for the design qualification and type approval of terrestrial photovoltaic modules suitable for long-term operation in general open-air climates, as defined in IEC 60721-2-1. This part of IEC 61215 is intended to apply to all terrestrial flat plate module materials such as crystalline silicon module types as well as thin-film modules.

This standard does not apply to modules used with concentrated sunlight although it may be utilized for low concentrator modules (1 to 3 suns). For low concentration modules, all tests are performed using the current, voltage and power levels expected at the design concentration.

The objective of this test sequence is to determine the electrical and thermal characteristics of the module and to show, as far as possible within reasonable constraints of cost and time, that the module is capable of withstanding prolonged exposure in general open-air climates. The actual lifetime expectancy of modules so qualified will depend on their design, their environment and the conditions under which they are operated.

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 60050, *International Electrotechnical Vocabulary* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60721-2-1, *Classification of environmental conditions – Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 60891, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics*

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

IEC 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

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: Solar simulator performance requirements*

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

IEC 61215-1, *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1: Test requirements*

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

IEC 61853-2, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 2: Spectral response, incidence angle, and module operating temperature measurements*[1]

IEC 62790, *Junction boxes for photovoltaic modules – Safety requirements and tests*

ISO 868, *Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050 and IEC TS 61836 apply, as well as the following.

3.1
accuracy <of a measuring instrument>
quality which characterizes the ability of a measuring instrument to provide an indicated value close to a true value of the measurand [≈ VIM 5.18]

Note 1 to entry: This term is used in the "true value" approach.

Note 2 to entry: Accuracy is all the better when the indicated value is closer to the corresponding true value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.2
control device
irradiance sensor (such as a reference cell or module) that is used to detect drifts and other problems of the solar sun simulator

3.3
electrically stable power output level
state of the PV module where it will operate under long-term natural sunlight exposure in general open-air climates, as defined in IEC 60721-2-1

1 To be published.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

3.4
repeatability <of results of measurements>
closeness of agreement between the results of successive measurements of the same measurand, carried out under the same conditions of measurement, i.e.:

– by the same measurement procedure,
– by the same observer,
– with the same measuring instruments,
– used under the same conditions,
– in the same laboratory,

at relatively short intervals of time [≈ VIM 3.6].

Note 1 to entry: The concept of "measurement procedure" is defined in VIM 2.5.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-06]

3.5
reproducibility <of measurements>
closeness of agreement between the results of measurements of the same value of a quantity, when the individual measurements are made under different conditions of measurement:

– principle of measurement,
– method of measurement,
– observer,
– measuring instruments,
– reference standards,
– laboratory,
– under conditions of use of the instruments, different from those customarily used,

after intervals of time relatively long compared with the duration of a single measurement [≈ VIM 3.7].

Note 1 to entry: The concepts of "principle of measurement" and "method of measurement" are respectively defined in VIM 2.3 and 2.4.

Note 2 to entry: The term "reproducibility" also applies to the instance where only certain of the above conditions are taken into account, provided that these are stated.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-07]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

4 Test procedures

4.1 Visual inspection (MQT 01)

4.1.1 Purpose

To detect any visual defects in the module.

4.1.2 Procedure

Carefully inspect each module under an illumination of not less than 1 000 lux for conditions and observations as defined in IEC 61215-1.

Make note of and/or photograph the nature and position of any cracks, bubbles or delaminations, etc., which may worsen and adversely affect the module performance in subsequent tests.

4.1.3 Requirements

No evidence of major visual defects permitted, as defined in IEC 61215-1.

4.2 Maximum power determination (MQT 02)

4.2.1 Purpose

To determine the maximum power of the module after stabilization as well as before and after the various environmental stress tests. For determining the power loss from the stress tests, reproducibility of the test is a very important factor.

4.2.2 Apparatus

a) A radiant source (natural sunlight or a solar simulator class BBA or better in accordance with IEC 60904-9).

b) A PV reference device in accordance with IEC 60904-2. If a class BBA simulator or better is used, the reference device shall be a reference module of the same size with the same cell technology to match spectral responsivity. If such a matched reference device is not available one of the following two options need to be followed:

   1) a Class AAA simulator shall be utilized, or

   2) the spectral responsivity of the module according to IEC 60904-8 and the spectral distribution of the solar simulator need to be measured and the module data corrected according to IEC 60904-7.

c) A suitable mount for supporting the test specimen and the reference device in a plane normal to the radiant beam.

d) Apparatus for measuring an I-V curve in accordance with IEC 60904-1.

4.2.3 Procedure

Determine the current-voltage characteristic of the module in accordance with IEC 60904-1 at a specific set of irradiance and temperature conditions (a recommended range is a cell temperature between 25 °C and 50 °C and an irradiance between 700 W/m^2 and 1 100 W/m^2) using natural sunlight or a class BBA or better simulator conforming to the requirements of IEC 60904-9. In special circumstances when modules are designed for operation under a different range of conditions, the current-voltage characteristics can be measured using temperature and irradiance levels similar to the expected operating conditions. For linear modules (as defined in IEC 60904-10) temperature and irradiance corrections can be made in accordance with IEC 60891 in order to compare sets of measurements made on the same module before and after environmental tests. For nonlinear modules (as defined in IEC 60904-10) the measurement shall be performed within ± 5 % of the specified irradiance and within ± 2 °C of the specified temperature. However, every effort should be made to ensure that peak power measurements are made under similar operating conditions, that is minimize the magnitude of the correction by making all peak power measurements on a particular module at approximately the same temperature and irradiance.

4.3 Insulation test (MQT 03)

4.3.1 Purpose

To determine whether or not the module is sufficiently well insulated between live parts and accessible parts.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.3.2 Apparatus

a) d.c. voltage source, with current limitation, capable of applying 500 V or 1 000 V plus twice the maximum system voltage of the module (IEC 61215-1).

b) An instrument to measure the insulation resistance.

4.3.3 Test conditions

The test shall be made on modules at ambient temperature of the surrounding atmosphere (see IEC 60068-1) and in a relative humidity not exceeding 75 %.

4.3.4 Procedure

a) Connect the shorted output terminals of the module to the positive terminal of a d.c. insulation tester with a current limitation.

b) Connect the exposed metal parts of the modules to the negative terminal of the tester. If the modules has no frame or if the frame is a poor electrical conductor, wrap a conductive foil around the edges. Cover all polymeric surfaces (front- / backsheet, junction box) of the module with conductive foil. Connect all foil covered parts also to the negative terminal of the tester.

   Some module technologies may be sensitive to static polarization if the module is maintained at positive voltage to the frame. In this case, the connection of the tester shall be done in the opposite way. If applicable, information with respect to sensitivity to static polarization shall be provided by manufacturer.

c) Increase the voltage applied by the tester at a rate not exceeding 500 V/s to a maximum equal to 1 000 V plus twice the maximum system voltage (IEC 61215-1). If the maximum system voltage does not exceed 50 V, the applied voltage shall be 500 V. Maintain the voltage at this level for 1 min.

d) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the test equipment to discharge the voltage build-up in the module.

e) Remove the short circuit.

f) Increase the voltage applied by the test equipment at a rate not exceeding 500 V/s to 500 V or the maximum system voltage for the module, whichever is greater. Maintain the voltage at this level for 2 min. Then determine the insulation resistance.

g) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the test equipment to discharge the voltage build-up in the module.

h) Remove the short circuit and disconnect the test equipment from the module.

4.3.5 Test requirements

a) No dielectric breakdown or surface tracking during 4.3.4 c).

b) For modules with an area of less than 0,1 m^2 the insulation resistance shall not be less than 400 MΩ.

c) For modules with an area larger than 0,1 m^2 the measured insulation resistance times the area of the module shall not be less than 40 MΩ·m^2.

4.4 Measurement of temperature coefficients (MQT 04)

Determine the temperature coefficients of current (α), voltage (β) and peak power (δ) from module measurements as specified in IEC 60891. The coefficients so determined are valid at the irradiance at which the measurements were made. See IEC 60904-10 for evaluation of module temperature coefficients at different irradiance levels.

NOTE For linear modules in accordance to IEC 60904-10, temperature coefficients are valid over an irradiance range of ± 30 % of this level.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.5 Measurement of nominal module operating temperature (NMOT) (MQT 05)

4.5.1 General

The power of PV-modules depends on the cell temperature. The cell temperature is primarily affected by the ambient temperature, the solar irradiance, and the wind speed.

NMOT is defined as the equilibrium mean solar cell junction temperature within an open-rack mounted module operating near peak power in the following standard reference environment (SRE):

– Tilt angle: (37 ± 5)°
– Total irradiance: 800 W/m^2
– Ambient temperature: 20 °C
– Wind speed: 1 m/s
– Electrical load: A resistive load sized such that the module will operate near its maximum power point at STC or an electronic maximum power point tracker (MPPT).

NOTE NMOT is similar to the former NOCT except that it is measured with the module under maximum power rather than in open circuit. Under maximum power conditions (electric) energy is withdrawn from the module, therefore less thermal energy is dissipated throughout the module than under open-circuit conditions. Therefore NMOT is typically a few degrees lower than the former NOCT.

NMOT can be used by the system designer as a guide to the temperature at which a module will operate in the field, and it is therefore a useful parameter when comparing the performance of different module designs. However, the actual operating temperature at any particular time is affected by the mounting structure, distance from ground, irradiance, wind speed, ambient temperature, sky temperature and reflections and emissions from the ground and nearby objects. For accurate performance predictions, these factors shall be taken into account.

In the case of modules not designed for open-rack mounting, the method may be used to determine the equilibrium mean solar cell junction temperature in the SRE, with the module mounted as recommended by the manufacturer.

4.5.2 Principle

This method is based on gathering actual measured module temperature data under a range of environmental conditions including the SRE. The data are presented in a way that allows accurate and repeatable interpolation of the NMOT.

The temperature of the solar cell junction (T_J) is primarily a function of the ambient temperature (T_{amb}), the average wind speed (v) and the total solar irradiance (G) incident on the active surface of the module. The temperature difference (T_J – T_{amb}) is largely independent of the ambient temperature and is essentially linearly proportional to the irradiance at levels above 400 W/m^2.

The module temperature is modelled by: $T_J - T_{amb} = G / (u_0 - u_1 v)$

The coefficient u_0 describes the influence of the irradiance and u_1 the wind impact.

The NMOT value for T_J is then determined from the model formula above by using T_{amb} = 20 °C, irradiance G of 800 W/m^2 and a wind speed v of 1 m/s.

4.5.3 Test procedure

The data for calculating NMOT shall be acquired using the test method (Methodology for determining module operating temperature) in IEC 61853-2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

NOTE This test can be performed simultaneously with the outdoor exposure test in 4.8.

4.6 Performance at STC and NMOT (MQT 06)

4.6.1 Purpose

To determine how the electrical performance of the module varies with load at STC (1 000 W/m^2, 25 °C cell temperature, with the IEC 60904-3 reference solar spectral irradiance distribution) and at NMOT (an irradiance of 800 W/m^2 and an ambient temperature of 20 °C with the IEC 60904-3 reference solar spectral irradiance distribution). The measurement at STC is used to verify the name plate information of the module.

4.6.2 Apparatus

a) A radiant source (natural sunlight or a solar simulator class BBA or better in accordance with IEC 60904-9).

b) A PV reference device in accordance with IEC 60904-2. If a class BBA simulator or better is used, the reference device shall be a reference module of the same size with the same cell technology to match spectral responsivity. If such a matched reference device is not available one of the following two options need to be followed:

   1) a Class AAA simulator shall be utilized, or

   2) the spectral responsivity of the module according to IEC 60904-8 and the spectral distribution of the solar simulator need to be measured and the module data corrected according to IEC 60904-7.

c) A suitable mount for supporting the test specimen and the reference device in a plane normal to the radiant beam.

d) A means for monitoring the temperature of the test specimen and the reference device to an accuracy of ± 1 °C and repeatability of ± 0,5 °C.

e) Apparatus for measuring an I-V curve in accordance with IEC 60904-1.

f) If necessary, equipment to change the temperature of the test specimen to the NMOT temperature defined in 4.5.

4.6.3 Procedure

4.6.3.1 Measuring at STC (MQT 06.1)

Maintain the module at (25 ± 2) °C and trace its current-voltage characteristic at an irradiance of (1 000 ± 100) W/m^2 (as measured by a suitable reference device), in accordance with IEC 60904-1, using natural sunlight, or at least a class BBA simulator conforming to the requirements of IEC 60904-9.

Module temperature outside (25 ± 2) °C can be corrected to 25 °C using temperature coefficients and IEC 60904 series and IEC 60891.

4.6.3.2 Measuring at NMOT (MQT 06.2)

Heat the module uniformly to (NMOT ± 2) °C and trace its current-voltage characteristic at an irradiance of (800 ± 80) W/m^2 (as measured by a suitable reference device), in accordance with IEC 60904-1, using natural sunlight or a class BBA or better simulator conforming to the requirements of the IEC 60904-9.

Module temperature outside (NMOT ± 2) °C can be corrected to NMOT using temperature coefficients and IEC 60904 series and IEC 60891.

In both 4.6.3.1 and 4.6.3.2, if the reference device is not spectrally matched to the test module, use IEC 60904-7 to calculate the spectral mismatch correction.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:ed 1.0:2016

4.7 Performance at low irradiance (MQT 07)

4.7.1 Purpose

To determine how the electrical performance of the module varies with load at 25 °C and an irradiance of 200 W/m^2 (as measured by a suitable reference device), in accordance with IEC 60904-1 using natural sunlight or a simulator class BBA or better conforming to the requirements of IEC 60904-9.

4.7.2 Apparatus

a) A radiant source (natural sunlight or a solar simulator class BBA or better in accordance with IEC 60904-9).

b) Equipment necessary to change the irradiance to 200 W/m^2 without affecting the relative spectral irradiance distribution and the spatial uniformity in accordance with IEC 60904-10.

c) A PV reference device in accordance with IEC 60904-2. If a class BBA simulator or better is used, the reference device shall be a reference module of the same size with the same cell technology to match spectral responsivity. If such a matched reference device is not available one of the following two options need to be followed:

   1) a Class AAA simulator shall be utilized, or

   2) the spectral responsivity of the module according to IEC 60904-8 and the spectral distribution of the solar simulator need to be measured and the module data corrected according to IEC 60904-7.

d) A suitable mount for supporting the test specimen and the reference device in a plane normal to the radiant beam.

e) A means for monitoring the temperature of the test specimen and the reference device to an accuracy of ± 1 °C and repeatability of ± 0,5 °C.

f) Apparatus for measuring an I-V curve in accordance with IEC 60904-1.

4.7.3 Procedure

Determine the current-voltage characteristic of the module at (25 ± 2) °C and an irradiance of (200 ± 20) W/m^2 controlled by an appropriate reference device, in accordance with IEC 60904-1 using natural sunlight or at least a class BBA simulator conforming to the requirements of IEC 60904-9. The irradiance shall be reduced to the specified level by using neutral filters or some other technique which does not affect the spectral irradiance distribution. (See IEC 60904-10 for guidance on reducing the irradiance without changing the spectral irradiance distribution.)

Module temperature outside (25 ± 2) °C can be corrected to 25 °C using temperature coefficients and IEC 60904 series and IEC 60891.

4.8 Outdoor exposure test (MQT 08)

4.8.1 Purpose

To make a preliminary assessment of the ability of the module to withstand exposure to outdoor conditions and to reveal any synergistic degradation effects which may not be detected by laboratory tests.

4.8.2 Apparatus

a) An open rack to support the test module(s) and solar irradiation monitor in the specified manner. The rack shall be designed to minimize heat conduction from the modules and to interfere as little as possible with the free radiation of heat from their front and back surfaces.

   In the case of modules not designed for open-rack mounting, the test module(s) shall be mounted as recommended by the manufacturer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

b) A solar irradiation monitor accurate to ± 5 %, mounted in the plane of the module(s) within 0,3 m of the test array.

c) Means to mount the module, as recommended by the manufacturer, co-planar with the irradiation monitor.

d) A resistive load sized such that the module will operate near its maximum power point or an electronic maximum power point tracker (MPPT).

4.8.3 Procedure

a) The test module(s) shall be positioned so that it (they) are normal to the local latitude ± 5°. Note the angle of tilt the test module in the test report.

b) Attach the resistive load or electronic maximum power point tracker to the module and mount it outdoors, as recommended by the manufacturer, co-planar with the irradiation monitor. Any hot-spot protective devices recommended by the manufacturer shall be installed before the module is tested.

c) Subject the module to an irradiation totalling at least 60 kWh/m^2, as measured by the monitor, under conditions conforming to general open-air climates, as defined in IEC 60721-2-1.

Outdoor exposure and NMOT determination may be performed simultaneously on the same module. In this case follow the mounting procedure in IEC 61853-2.

4.8.4 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.8.5 Requirements

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

b) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

4.9 Hot-spot endurance test (MQT 09)

4.9.1 Purpose

To determine the ability of the module to withstand hot-spot heating effects, e.g. solder melting or deterioration of the encapsulation. This defect could be provoked by faulty cells, mismatched cells, shadowing or soiling. While absolute temperature and relative power loss are not criteria of this test, the most severe hot-spot conditions are utilized to ensure safety of the design.

4.9.2 Hot-spot effect

Hot-spot heating occurs in a module when its operating current exceeds the reduced short-circuit current (I_{sc}) of a shadowed or faulty cell or group of cells. When such a condition occurs, the affected cell or group of cells is forced into reverse bias and shall dissipate power, which can cause overheating.

If the power dissipation is high enough or localized enough, the reverse biased cell(s) can overheat resulting in – depending on the technology – melting of solder, deterioration of the encapsulant, front and/or backsheet, cracking of the superstrate, substrate and/or cover glass. The correct use of bypass diodes can prevent hot spot damage from occurring.

The reverse characteristics of solar cells can vary considerably. Cells can have either high shunt resistance where the reverse performance is voltage-limited or have low shunt resistance where the reverse performance is current-limited. Each of these types of cells can suffer hot spot problems, but in different ways.

Low shunt resistance cells:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

- The worst case shadowing conditions occur when the whole cell (or a large fraction) is shadowed.
- Often low shunt resistant cells are this way because of localized shunts. In this case hot spot heating occurs because a large amount of current flows in a small area. Because this is a localized phenomenon, there is a great deal of scatter in performance of this type of cell. Cells with the lowest shunt resistance have a high likelihood of operating at excessively high temperatures when reverse biased.
- Because the heating is localized, hot spot failures of low shunt resistance cells occur quickly.

The major technical issue is how to identify the lowest shunt resistance cells and subsequently how to determine the worst case shadowing for those cells. This process is technology dependent and will be addressed in the technology specific parts of this standard.

High shunt resistance cells:

- The worst case shadowing conditions occur when the cell is partially shaded.
- Junction breakdown and high temperatures occur more slowly. The shading needs to stay in place for some time to create worst case hot-spot heating.

4.9.3 Classification of cell interconnection

Case S: Series connection of all cells in a single string. Refer to Figure 1.

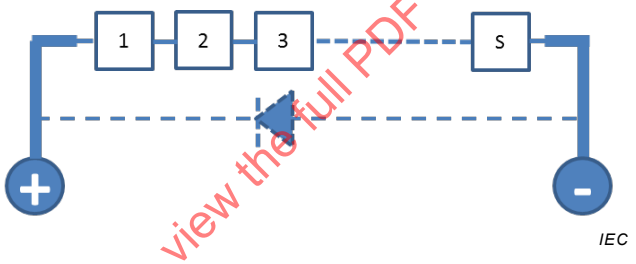


Figure 1 – Case S, series connection with optional bypass diode

Case PS: Parallel-series connection, i.e. a series connection of (S) blocks, where each block consists of a parallel connection of a certain number (P) of cells. Refer to Figure 2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

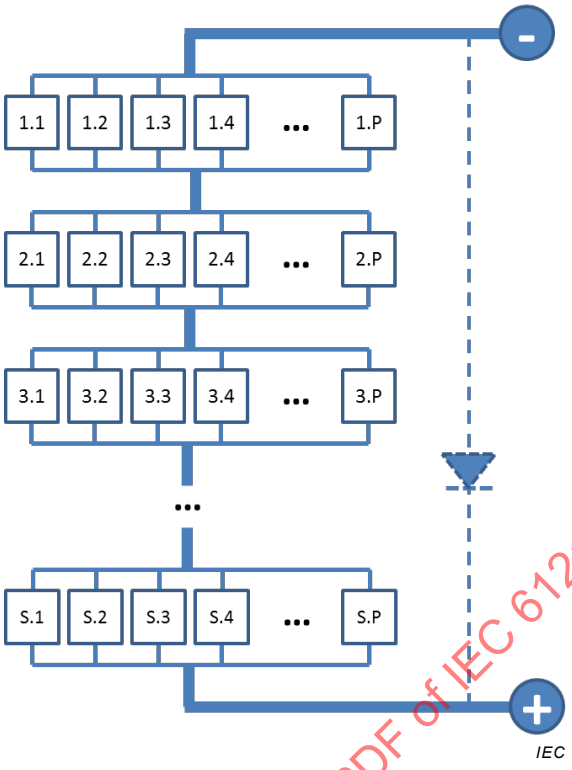


Figure 2 – Case PS, parallel-series connection with optional bypass diode

Case SP: Series-parallel connection, i.e. a parallel connection of (P) blocks, where each block consists of a series connection of a certain number of (S) cells. Refer to Figure 3.

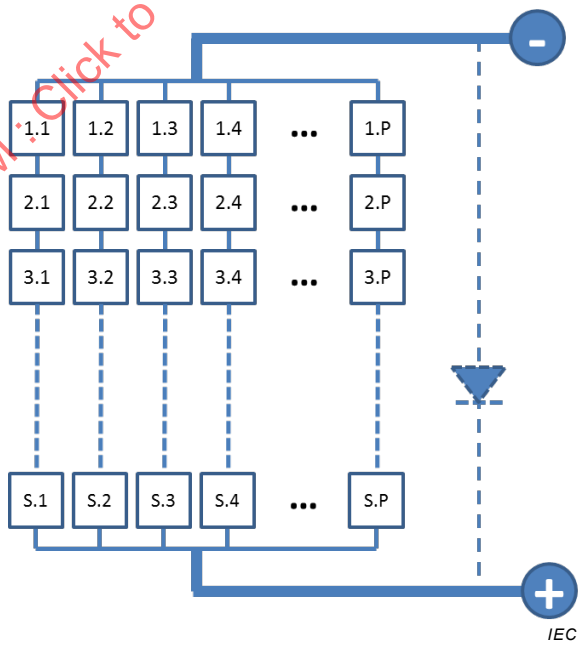


Figure 3 – Case SP, series-parallel connection with optional bypass diode

Each configuration requires a particular hot-spot testing procedure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

4.9.4 Apparatus

a) Radiant source: Natural sunlight, or a class BBB (or better) steady-state solar simulator conforming to IEC 60904-9 with an irradiance of (1 000 ± 100) W/m^2.

b) Module I-V curve tracer.

c) Equipment for current measurement.

d) Opaque covers for test cells shadowing according to the technology specific parts of IEC 61215.

e) An appropriate temperature detector (preferably an IR camera) to measure and record module temperatures.

f) Equipment to record irradiance levels, integrated irradiance and ambient temperature.

Optional for selecting cells most sensitive to hot spot heating a pulsed simulator of class BBB or better conforming to IEC 60904-9 with an irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 for measuring I-V performance can be used.

4.9.5 Procedure

4.9.5.1 General

Depending on the solar cell technology and the manufacturing process two different procedures exist. MQT 09.1 is typically applicable to wafer based technologies like standard crystalline silicon. For most common, monolithically integrated, thin film technologies (CdTe, CIGS, a-Si) the procedure MQT 09.2 is applicable.

4.9.5.2 Procedure for wafer-based technologies (WBT) MQT 09.1

If the bypass diodes are removable, cells with localized shunts can be identified by reverse biasing the cell string and using an IR camera to observe hot spots. If the module circuit is accessible the current flow through the shadowed cell can be monitored directly. If the PV modules to be tested do not have removable diodes or accessible electric circuits, the following non-intrusive method can be utilized.

The selected approach is based on taking a set of I-V curves for a module with each cell shadowed in turn. Figure 4 shows the resultant set of I-V curves for a sample module. The curve with the highest leakage current at the point where the diode turns on was taken when the cell with the lowest shunt resistance was shadowed. The curve with the lowest leakage current at the point where the diode turns on was taken when the cell with the highest shunt resistance was shadowed.

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

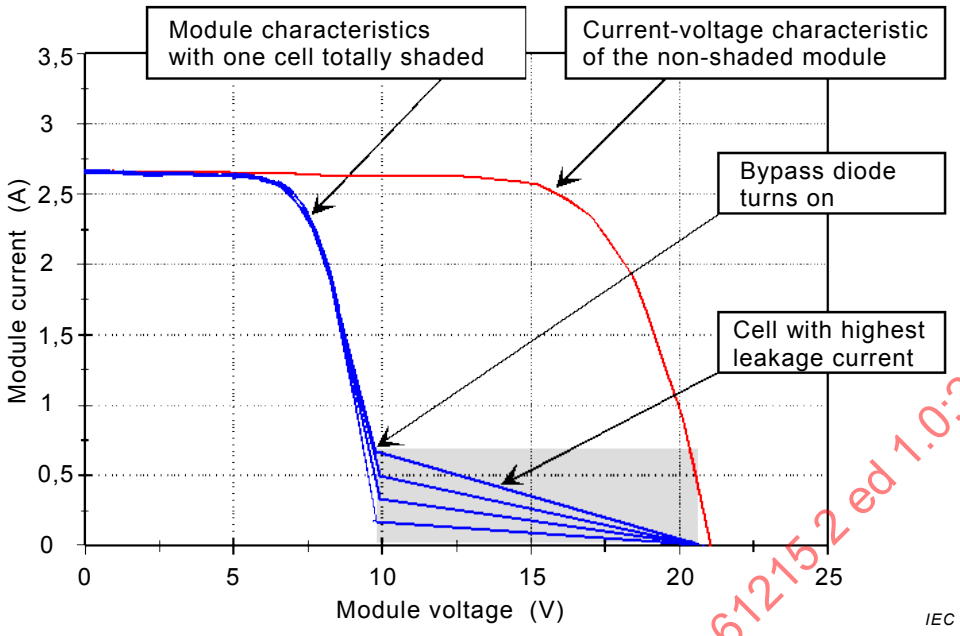


Figure 4 – Module I-V characteristics with different cells totally shadowed

Use the following procedure to identify hot spot sensitive cells:

a) Expose the unshaded module to the radiant source at 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2. This can be done using:

- A pulsed simulator where the module temperature will be close to room temperature (25 ± 5) °C.
- A steady-state simulator where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.
- Sunlight where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

After thermal stabilisation is attained, measure the module I-V characteristic and determine the maximum power current I_{MP1} (initial performance P_{MP1}).

b) Shadow each cell completely in turn, measure the resultant I-V curve and prepare a set of curves like Figure 4.

NOTE For the SP case the deformation of the module I-V curve is added to the sectional I-V curve of the fully illuminated parallel sub-section and so does not start at V_{oc}.

c) Select the cell adjacent to the edge that has the lowest shunt resistance, the one with the highest leakage current.

d) Select the two lowest shunt resistant cells (in addition to the cell in c), those with the highest leakage current.

e) Select the cell with the highest shunt resistance.

f) Cell testing procedure:

For each of the selected cells determine the worst case shadowing condition by one of the following methods.

1) If the cell circuit is accessible, short circuit the module and attach the current measuring equipment such that it is reading only the current through the cell string under test. Expose the module to steady state irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2. Shadow each of the test cells and determine what shadow level results in the current through the shadowed cell being equal to the unshaded I_{MP1} determined in a). This is the worst case shadowing for that cell.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

2) If the cell circuit is not accessible, take a set of I-V curves with each of the test cells shadowed at different levels as shown in Figure 5. Determine the worst case shadowing condition, which occurs when the current through the shadowed cell (the point where the by-pass diode turns on) coincides with the original unshaded I_{MP1} determined in a), like curve c) in Figure 5.

3) Shade each of the selected test cells in turn at 100 % and measure the cell temperature. Decrease the shading by 10 %. If the temperature decreases 100 % shading produces the worst case. If the temperature increases or stays the same continue to decrease the shading by 10 % until the temperature does decrease. Go back and use the previous shading level as worst case shading.

4) For the SP case if the bypass diode does not turn on when the selected cell is fully shadowed, worst case hot-spot condition is completely shading the cell. If the bypass diode does turn on when the selected cell is fully shadowed, use the procedure given in either f) 2) or f) 3) to determine the worst case shadowing condition.

5) Select the cell selected in c). Use the IR camera to determine the hottest spot on the cell when it is shaded 100 %. Shadow that cell to the worst case condition as determined in f) 1) to f) 4). Short-circuit the module. If possible make sure that this hottest spot is within the illuminated area.

g) Shadow each selected cell to the worst case condition as determined in f).

h) Short circuit the module. Expose the module to (1 000 ± 100) W/m^2. This test shall be performed at a module temperature in the range of (50 ± 10) °C.

i) Maintain the worst case shading condition determined in f) for 1 h for each of the selected cells. If the temperature of the shadowed cell is still increasing at the end of 1 h continue for a total exposure time of 5 h.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

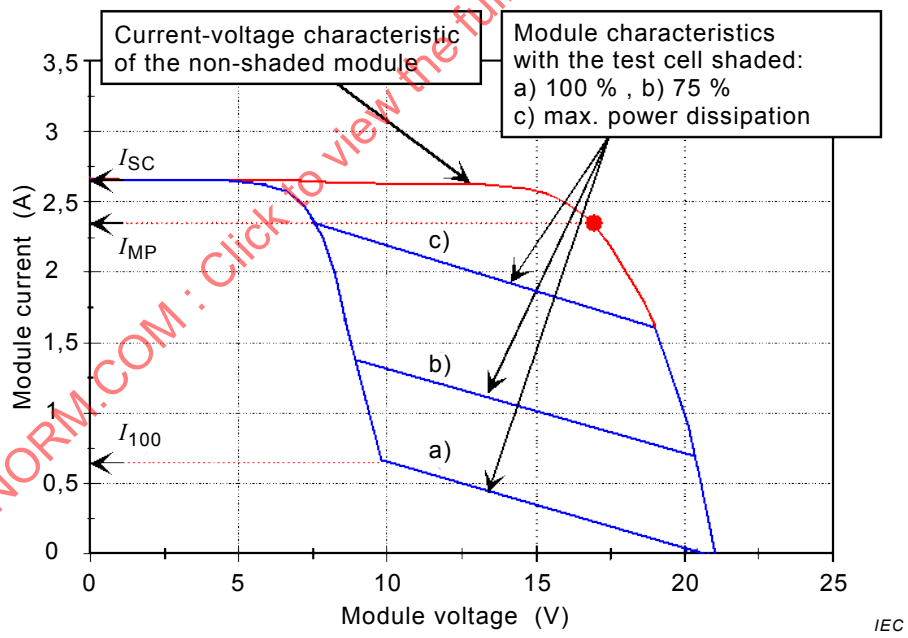


Figure 5 – Module I-V characteristics with the test cell shadowed at different levels

4.9.5.3 Procedure for monolithically integrated (MLI) thin film technologies MQT 09.2

4.9.5.3.1 General

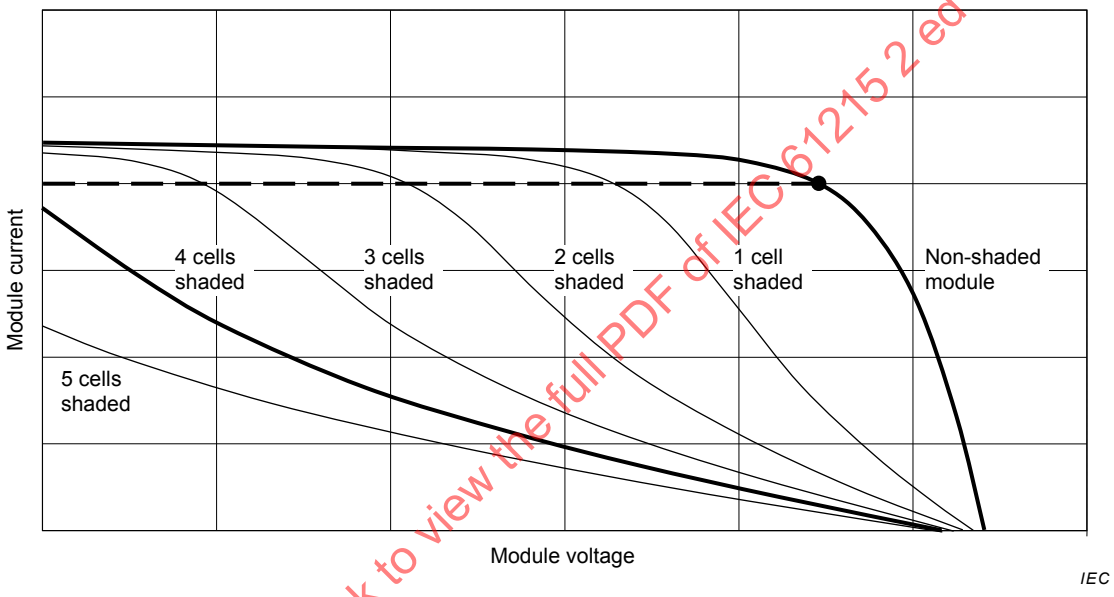
The hot-spot test is performed with the module exposed to 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2.

NOTE Typically no bypass diodes are included in the interconnection circuit of the serially connected MLI thin-film cells. Therefore, reverse voltage of shaded cells is not limited and module voltage can force a group of cells into reverse bias.

The electrical performance of a MLI thin-film module can already be negatively affected by short-term shading. Care shall be taken that effects caused by setting worst-case conditions and hot-spot endurance testing are clearly separated. The values of P_{max1}, P_{max2} and P_{max3} are collected for this purpose.

4.9.5.3.2 Case S

Figure 6 illustrates the hot-spot effect in a MLI thin-film module consisting of a serial connection of cells, when a different number of cells are totally shadowed. The amount of power dissipated in the shaded cells is equal to the product of the module current and the reverse voltage developed across the group of shaded cells. For any irradiance level, maximum power is dissipated, when the reverse voltage across the shaded cells is equal to the voltage generated by the remaining illuminated cells in the module (worst case shading condition). This is the case when the short-circuit current of the shaded module equals the maximum power current of the non-shaded module.



NOTE In this example, the worst case shading condition is shading of 4 cells at the same time.

Figure 6 – Hot-spot effect in a MLI thin-film module with serially connected cells

Steps a) through g) are best conducted using either a pulsed simulator or non-continuous illumination as opposed to a steady-state simulator or natural sunlight. When determining the size and location of the shaded area, the use of a non-continuous light source minimizes the potential for damage to the module prior to extended exposure in steps i), j), k).

a) Employing a pulsed or non-continuous simulator where the module temperature will be close to room temperature (25 ± 5) °C expose the un-shaded module to a total irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 at the module surface. Optional a steady-state simulator or sunlight can be used where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements. When thermal stabilization is attained, measure the module I-V characteristic and determine the maximum power current range ($I_{min} < I < I_{max}$) where $P > 0{,}99\ P_{max1}$. (The module power measured after preconditioning).

b) Short-circuit the module and monitor the short-circuit current.

c) Starting from one edge of the module, use an opaque cover to shade one cell completely. Move the cover parallel to the cells and increase the shaded module area (number of shaded cells) until the short-circuit current falls within the maximum power current range of the non-shaded module. In these conditions, the maximum power is dissipated within the selected group of cells (see Figure 6).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

d) Move an opaque cover (of the dimensions found in c) above) slowly across the module and monitor the module short-circuit current. If at a certain position the short-circuit current falls outside of the maximum power current of the non-shaded module range, reduce the size of the cover in small increments until the maximum power current condition is attained again. During this process, the irradiance shall not change by more than ± 2 %.

e) The final width of the cover determines the minimum area of shading that results in the worst case shading condition. This is the shaded area to be used for hot-spot testing.

f) Remove the cover and visually inspect the module.

NOTE Reverse bias operation of the cells in steps c) and d) can cause junction breakdown and lead to visible spots irregularly spread across the module area. These defects can cause a degradation of maximum output power.

g) Re-measure the module I-V characteristic and determine maximum power P_{max2}.

h) Place the cover on the candidate module area and short-circuit the module.

i) Expose the module to the steady-state radiant source providing a total irradiance of (1 000 ± 100) W/m^2 at the module surface. This can be done using:

- A steady-state simulator where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.
- Sunlight where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

This test shall be performed at a module temperature in the range (50 ± 10) °C. Note the value of I_{sc} and keep the module in the condition of maximum power dissipation. If necessary, re-adjust the shadow to maintain the I_{sc} within the specified level determined in step a).

j) Maintain these conditions for a total exposure time of 1 h.

k) At the end of the endurance test, determine the hottest area on the shaded cells using an IR camera or appropriate temperature detector.

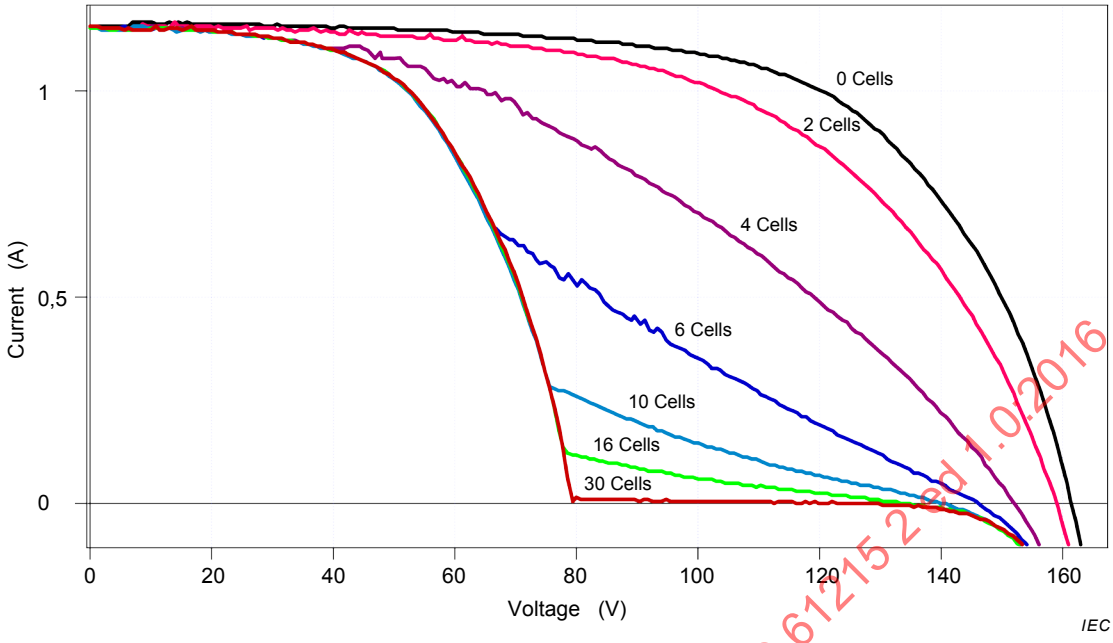
4.9.5.3.3 Case SP

Figure 3 illustrates a series-parallel connection, i.e. a parallel connection of P strings each with S cells in series.

If the bypass diodes are removable, cells with localized shunts can be identified by reverse biasing the cell string and using an IR camera to observe hot spots. If the module circuit is accessible the current flow through the shadowed cell can be monitored directly. However, today many PV modules do not have removable diodes or accessible electric circuits. Therefore a non-intrusive method is needed that can be utilized on those modules.

The selected approach is based on taking a set of I-V curves for a module with each cell shadowed in turn. Figure 7 shows the resultant set of I-V curves for a sample module. The curve with the highest leakage current at the point where the diode turns on was taken when the cell with the lowest shunt resistance was shadowed. The curve with the lowest leakage current at the point where the diode turns on was taken when the cell with the highest shunt resistance was shadowed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016



NOTE 1 Number of shadowed cells will depend on cell technology, efficiency and number of cells in series (here the module contains ~200 cells with 2 bypass diodes).

NOTE 2 The oscillations in "4 Cells" and "6 Cells" are a response of the module where tiny with spots where created. This phenomenon will also depend on cell technology.

Figure 7 – Module I-V characteristics with different cells totally shadowed where the module design includes bypass diodes

4.9.5.3.4 Case SP with inaccessible cell circuit and internal reverse bias protection

If a module of the series-parallel type (case SP) has an inaccessible internal cell circuit and internal bypass diodes or an equivalent means of reverse bias protection that cannot be defeated, the following method shall be used to select the cell(s) to be shaded and to determine the worst case shadowing condition.

a) Expose the un-shaded module to a radiant source providing a total irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 at the module surface. This can be done using:

- A pulsed simulator where the module temperature will be close to room temperature (25 ± 5) °C.
- A steady-state simulator where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.
- Sunlight where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

After thermal stabilisation is attained, measure the module I-V characteristic and determine the maximum power current I_{MP1} and maximum power P_{max1}.

b) Shadow each cell completely in turn, measure the resultant I-V curve and prepare a set of curves like Figure 7.

For the SP case the deformation of the module I-V curve is added to the sectional I-V curve of the fully illuminated parallel sub-section and so does not start at V_{oc}.

c) Select the cell adjacent to the edge that has the lowest shunt resistance, the one with the highest leakage current.

d) Select the two lowest shunt resistant cells (in addition to the cell selected in step c) above), those with the highest leakage current.

e) Select the cell with the highest shunt resistance.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2:2016 Ed 1.0

f) For each of the selected cells determine the worst case shadowing condition by one of the following methods.

- Take a set of I-V curves with each of the test cells shadowed at different levels as shown in Figure 8. Determine the worst case shadowing condition, which occurs when the current through the shadowed cell (the point where the by-pass diode turns on) coincides with the original unshaded I_{MP1} determined in a), like curve c) in Figure 5.
- Expose the module to a steady-state radiant source providing a total irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 at the module surface. Shade each of the selected test cells in turn at 100 % and measure the cell temperature using the IR camera. Decrease the shading by 10 %. If the temperature decreases by 100 %, shading produces the worst case. If the temperature increases or stays the same continue to decrease the shading by 10 % until the temperature does decrease. Go back and use the previous shading level as worst-case shading.

g) Select the cell selected in c). Use the IR camera to determine the hottest spot on the cell when it is shaded 100 %. Shadow that cell to the worst-case condition as determined in f). Short-circuit the module. If possible make sure that this hottest spot is within the illuminated area.

h) Expose the module again to (1 000 ± 100) W/m^2. This test shall be performed at a module temperature in the range (50 ± 10) °C.

i) Maintain this condition for a total exposure time of 1 h.

j) At the end of the time period, determine the hottest area on the shaded cell using an IR camera or appropriate temperature detector.

k) Repeat steps f) through j) for the other 2 cells selected in step d).

l) Select the cell selected in step e). Shadow the cell to the worst case condition as determined in f). Short circuit the module.

m) Expose the module again to (1 000 ± 100) W/m^2. This test shall be performed at a module temperature in the range of (50 ± 10) °C.

n) Maintain the condition for 1 h and monitor the temperature of the shadowed cell. If the temperature of the shadowed cell is still increasing at the end of 1 h continue for a total exposure time of 5 h.

o) At the end of the time period, determine the hottest area on the shaded cell using an IR camera or appropriate temperature detector.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

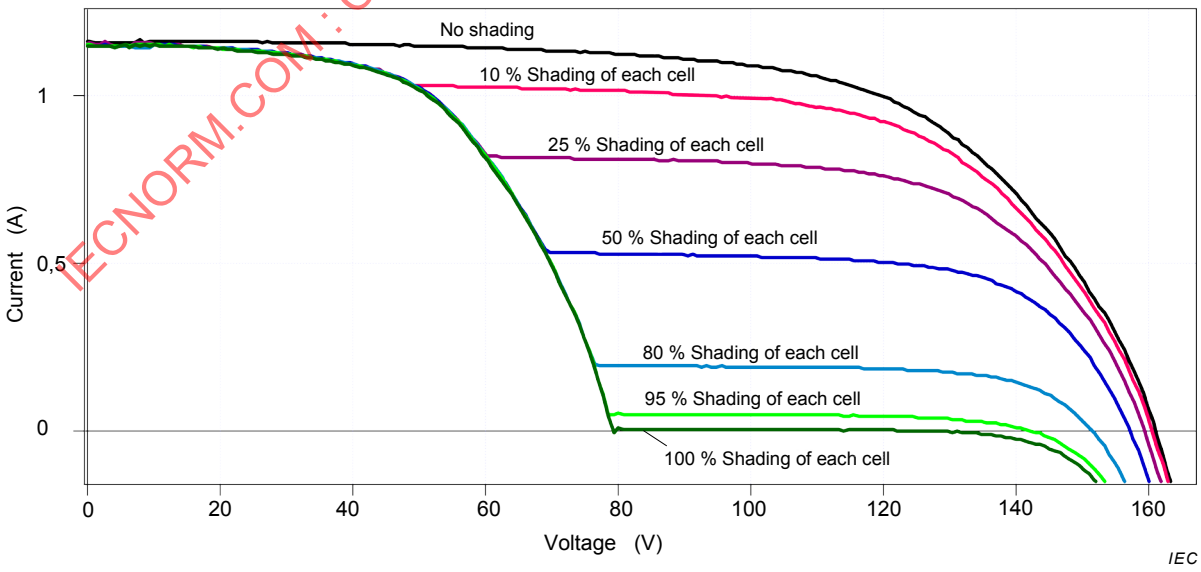


Figure 8 – Module I-V characteristics with the test cell shadowed at different levels where the module design includes bypass diodes

4.9.5.3.5 Case SP with inaccessible cell circuit and no reverse bias protection

If a module of the series-parallel type (case SP) has an inaccessible internal cell circuit but contains no internal bypass diodes nor equivalent means of reverse bias protection, the following method shall be used to select the cell(s) to be shaded and to determine the worst case shadowing condition.

Steps a) through i) are best conducted using either a pulsed simulator or non-continuous illumination as opposed to a steady-state simulator or natural sunlight. When determining the size and location of the shaded area, the use of a non-continuous light source minimizes the potential for damage to the module prior to extended exposure in steps j), k), l).

a) Employing a pulsed or non-continuous simulator where the module temperature will be close to room temperature (25 ± 5) °C expose the un-shaded module to a total irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 at the module surface. Optionally, a steady-state simulator or sunlight can be used where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

b) When thermal stabilization is attained, measure the module I-V characteristic and determine the maximum power current range ($I_{min} < I < I_{max}$) where $P > 0{,}99 \cdot P_{max1}$.

c) Then calculate the maximum power current range to be applied I (*) according to the following formula.

$$I_{min} / P + I_{sc} \cdot (P - 1) / P < I\,(*) < I_{max} / P + I_{sc} \cdot (P - 1) / P$$

where

P is the number of parallel strings of the module.

d) Short-circuit the module and monitor the short-circuit current.

e) Starting from one edge of one string of the module, use an opaque cover to shade one cell completely. Move the cover parallel to the cells and increase the shaded module area (number of shaded cells) until the short-circuit current falls in the maximum power current range I (*) of the non-shaded module. In these conditions, the maximum power is dissipated within the selected group of cells.

f) Cut the opaque cover to the experimentally found size.

g) Move the cover slowly across the module and monitor the module short-circuit current. If at a certain position, the short-circuit current falls outside of the maximum power current range I (*) of the non-shaded module, cut the cover in increments of one cell until the maximum power current condition is attained again. During this process, the irradiance shall not change by more than ± 2 %.

h) Re-measure the module I-V characteristic and determine maximum power P_{max2}.

i) Place the cover on the candidate module area and short-circuit the module.

j) Expose the module to the steady-state radiant source providing a total irradiance of (1 000 ± 100) W/m^2 at the module surface. This can be done using:

- A steady-state simulator where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.
- Sunlight where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

This test shall be performed at a module temperature in the range (50 ± 10) °C.

k) Monitor the value of I_{sc} and keep the module in the condition of maximum power dissipation by ensuring that I_{sc} is in the range I (*) found in step c). If necessary, re-adjust the shadow to maintain I_{sc} within this I (*) range.

l) Maintain these conditions for a total exposure time of 1 h.

m) At the end of the endurance test, determine the hottest area on the shaded cells using an IR camera or appropriate temperature detector.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.9.5.3.6 Case PS

a) Expose the un-shaded module to a total irradiance of 800 W/m^2 to 1 000 W/m^2 at the module surface. This can be done using:

- A pulsed simulator where the module temperature will be close to room temperature (25 ± 5) °C.
- A steady-state simulator where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.
- Sunlight where the module temperature shall be stabilised within ± 5 °C before beginning the measurements.

When thermal stabilization is attained, measure the module I-V characteristic and determine the maximum power P_{max1}.

b) Expose the module to the steady-state radiant source providing a total irradiance (1 000 ± 100) W/m^2 at the module surface.

c) Short-circuit the module and shade at random at least 10 % of the parallel blocks in the module, shadow an increasing area of the block until the maximum temperature is determined using thermal imaging equipment or other appropriate means.

d) Re-measure the un-shaded module I-V characteristic and determine maximum power P_{max2}.

e) Apply the shadow found in step c) and maintain these conditions for a total exposure time of 1 h.

At the end of the endurance test, determine the hottest area on the shaded cells using an IR camera or appropriate temperature detector.

4.9.6 Final measurements

Repeat tests MQT 01, MQT 02, MQT 03, and MQT 15.

4.9.7 Requirements

a) No evidence of major visual defects permitted, as defined in IEC 61215-1, particularly looking for signs of melted solder, openings in the enclosure, delaminations and burn spots. If there is evidence of serious damage that does not qualify as a major visual defect, repeat the test on two additional cells within the same module. If there is no visual damage around either of these two cells the module type passes the hot-spot test.

b) Verify that the module shows the electrical characteristics of a functional photovoltaic device. MQT 02 is not a pass/fail requirement (Gate) for power loss.

c) Insulation resistance shall meet the same requirements as for the initial measurements.

d) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

e) Any damage resulting from determining the worst case shading shall be noted in the test report.

4.10 UV preconditioning test (MQT 10)

4.10.1 Purpose

To precondition the module with ultra-violet (UV) radiation before the thermal cycle/humidity freeze tests to identify those materials and adhesive bonds that are susceptible to UV degradation.

4.10.2 Apparatus

a) A temperature-controlled test chamber with a window or fixtures for a UV light source and the module(s) under test. The chamber shall be capable of maintaining the module temperature at (60 ± 5) °C.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

b) A means for monitoring the temperature of the module to an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C. The temperature sensors shall be attached to the front or back surface of the module near the middle without obstructing any of the UV light incident on the active cells within the module. If more than one module is tested simultaneously, it will suffice to monitor the temperature of one representative sample.

c) Instrumentation capable of measuring the irradiance of the UV light produced by the UV light source at the test plane of the module(s), within the wavelength ranges of 280 nm to 320 nm and 320 nm to 400 nm with an uncertainly of ± 15 % or better.

d) A UV light source capable of producing UV radiation with an irradiance uniformity of ± 15 % over the test plane of the module(s) with no appreciable irradiance at wavelengths below 280 nm and capable of providing the necessary total irradiance in the different spectral regions of interest as defined in 4.10.3.

e) For light sources with a negligible spectral content in the visible range the module shall be short circuited. Alternatively the module can be connected to a load sized such that the module will operate near the maximum power point. The latter is recommended for light sources emitting a significant portion of light in the visible spectrum where the module exhibits a power equal to or larger than 20 % of its STC measured power.

4.10.3 Procedure

a) Using the calibrated radiometer measure the irradiance at the proposed module test plane and ensure that at wavelengths between 280 nm and 400 nm it does not exceed 250 W/m^2 (i.e. about five times the natural sunlight level) and that it has a uniformity of ± 15 % over the test plane.

b) According to the apparatus used as defined in 4.10.2 e) short-circuit or attach the resistive load to the module and mount it in the test plane at the location selected in a), normal to the UV irradiance beam. Make sure that the module temperature sensors read (60 ± 5) °C.

c) Subject the module(s) front side to a total UV irradiation of at least 15 kWh/m^2 in the wavelength range between 280 nm and 400 nm with at least 3 %, but not more than 10 % in the wavelength band between 280 nm and 320 nm, while maintaining the module temperature within the prescribed range.

4.10.4 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.10.5 Requirements

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

b) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

4.11 Thermal cycling test (MQT 11)

4.11.1 Purpose

To determine the ability of the module to withstand thermal mismatch, fatigue and other stresses caused by repeated changes of temperature.

4.11.2 Apparatus

a) A climatic chamber with automatic temperature control with means for circulating the air inside and means to minimize condensation on the module during the test, capable of subjecting one or more modules to the thermal cycle in Figure 9.

b) Means for mounting or supporting the module(s) in the chamber, so as to allow free circulation of the surrounding air. The thermal conduction of the mount or support shall be low, so that, for practical purposes, the module(s) are thermally isolated.

c) Measurement instrumentation having an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C for measuring and recording the temperature of the module(s).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

d) Means for applying a continuous current. The value of the current is defined in the technology specific parts in this standard.

e) Means for monitoring the flow of current through each module during the test.

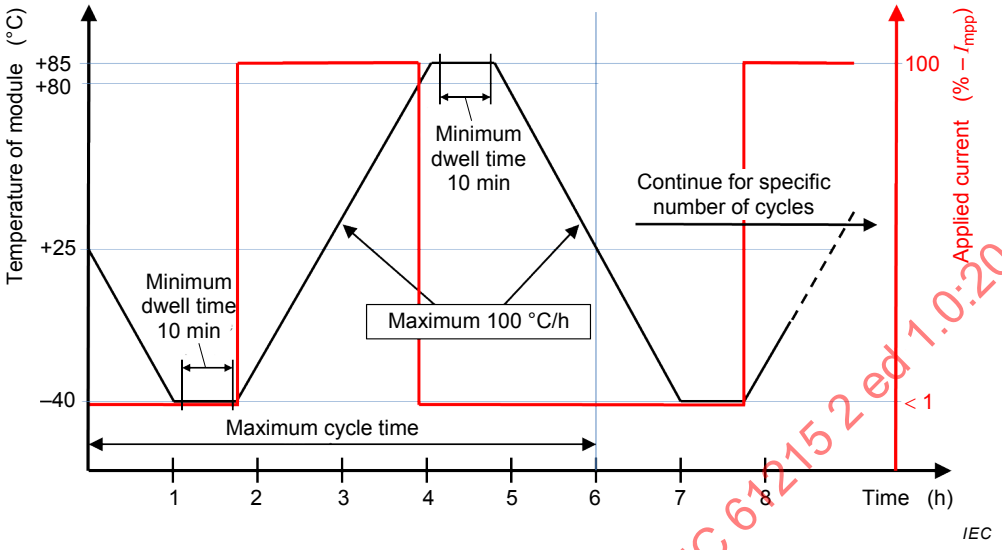


Figure 9 – Thermal cycling test – Temperature and applied current profile

4.11.3 Procedure

a) Attach a suitable temperature sensor to the front or back surface of the module(s) near the middle. If more than one module of the same type are tested simultaneously, it will suffice to monitor the temperature of one representative sample.

b) Install the module(s) at room temperature in the chamber.

c) Connect the temperature-monitoring equipment to the temperature sensor(s). Connect each module to the appropriate current supply by connecting the positive terminal of the module to the positive terminal of the power supply and the second terminal accordingly. During the thermal cycling test set the continuous current flow during the heat up cycle to the technology specified current in 4.11.2 at temperature from –40 °C to 80 °C. During cool down, the –40 °C dwell phase and temperatures above 80 °C the continuous current shall be reduced to no more than 1,0 % of the measured STC peak power current to measure continuity. If the temperature rises too fast (greater than 100 °C/h) at the lowest temperature, the start of the current flow can be delayed until the temperature has reached –20 °C.

d) Close the chamber and subject the module(s) to cycling between measured module temperatures of (–40 ± 2) °C and (+85 ± 2) °C, in accordance with the profile in Figure 9. The rate of change of temperature between the low and high extremes shall not exceed 100 °C/h and the module temperature shall remain stable at each extreme for a period of at least 10 min. The cycle time shall not exceed 6 h unless the module has such a high heat capacity that a longer cycle is required. The number of cycles shall be as shown in the relevant sequences in Figure 1 of IEC 61215-1:2016. Air circulation around the module(s) has to ensure compliance with each module under test meeting the temperature cycling profile.

e) Throughout the test, record the module temperature and monitor the current flow through the module(s).

NOTE In a module with parallel circuits, an open circuit in one branch will cause a discontinuity in the voltage but not cause the current to go to zero.

4.11.4 Final measurements

After a minimum recovery time of 1 h at (23 ± 5) °C and a relative humidity less than 75 % under open-circuit conditions, repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

4.11.5 Requirements

a) No interruption of current flow during the test; in the case of a module with parallel circuits, a discontinuity in current flow indicates an interruption of flow in one of the parallel circuit.

b) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

c) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

4.12 Humidity-freeze test (MQT 12)

4.12.1 Purpose

To determine the ability of the module to withstand the effects of high temperature and humidity followed by sub-zero temperatures. This is not a thermal shock test.

4.12.2 Apparatus

a) A climatic chamber with automatic temperature and humidity control, capable of subjecting one or more modules to the humidity-freeze cycle specified in Figure 10.

b) Means for mounting or supporting the module(s) in the chamber, so as to allow free circulation of the surrounding air. The thermal conduction of the mount or support shall be low, so that, for practical purposes, the module(s) is (are) thermally isolated.

c) Measurement instrumentation having an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C for measuring and recording the temperature of the module(s).

d) Means for monitoring, throughout the test, the continuity of the internal circuit of each module.

4.12.3 Procedure

a) Attach a suitable temperature sensor to the front or back surface of the module(s) near the middle. If more than one module of the same type is tested simultaneously, it will suffice to monitor the temperature of one representative sample.

b) Install the module(s) at room temperature in the climatic chamber.

c) Connect the temperature-monitoring equipment to the temperature sensor(s). Connect each module to the appropriate current supply by connecting the positive terminal of the module to the positive terminal of the power supply and the second terminal accordingly. During the humidity freeze test set the continuous current flow to no more than 0,5 % of the measured STC peak power current.

d) After closing the chamber, subject the module(s) to the number of cycles defined in sequence C in Figure 1 of IEC 61215-1:2016 in accordance with the profile in Figure 10. The maximum and minimum temperatures shall be within ± 2 °C of the specified levels and the relative humidity shall be maintained within ± 5 % of the specified value when the temperature is at the maximum value of 85 °C. Air circulation around the module(s) has to ensure compliance with each module under test meeting the temperature cycling profile.

e) Throughout the test, record the module temperature and monitor the current and voltage through the module.

4.12.4 Final measurements

After a recovery time between 2 h and 4 h at (23 ± 5) °C and a relative humidity less than 75 % under open-circuit conditions, repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.12.5 Requirements

a) No interruption of current flow or discontinuity in voltage during the test; in the case of a module with parallel circuits, a discontinuity in current flow indicates an interruption of flow in one of the parallel circuits.

b) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

c) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

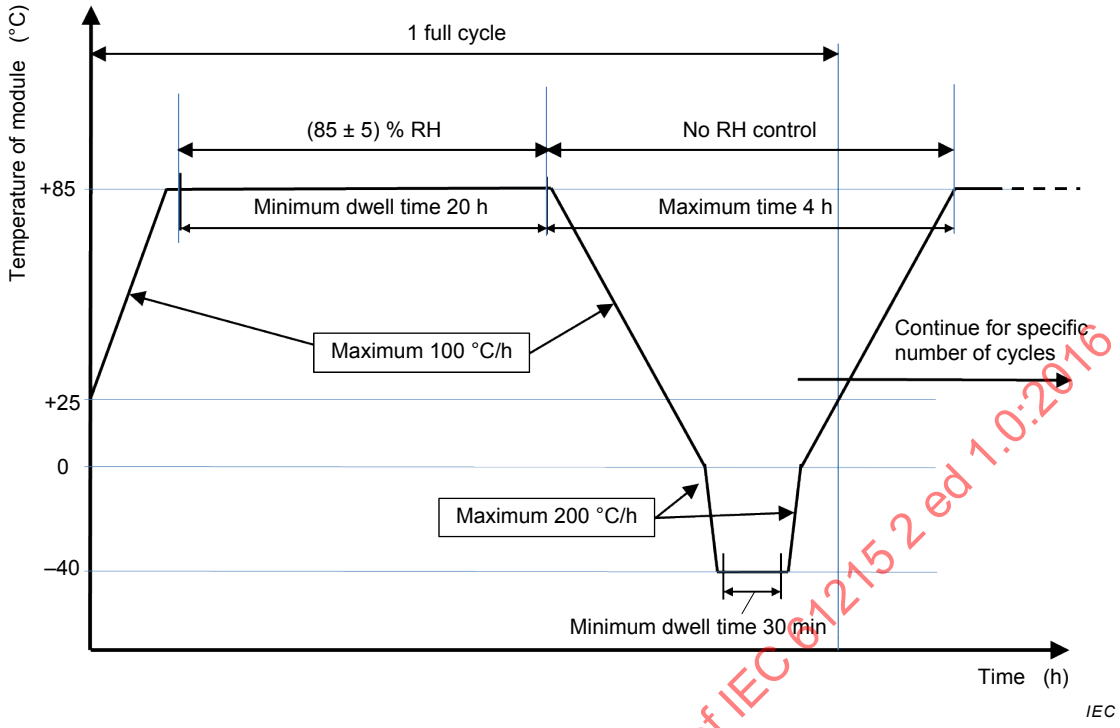


Figure 10 – Humidity-freeze cycle – Temperature and humidity profile

4.13 Damp heat test (MQT 13)

4.13.1 Purpose

To determine the ability of the module to withstand the effects of long-term penetration of humidity.

4.13.2 Procedure

The test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78 with the following provisions.

Severities:

The following severities are applied.

Test temperature: (85 ± 2) °C

Relative humidity: (85 ± 5) %

Test duration: $\left(1000\ ^{+48}_{0}\right)$ h

4.13.3 Final measurements

After a recovery time of between 2 h and 4 h at (23 ± 5) °C and a relative humidity less than 75 % under open-circuit conditions, repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.13.4 Requirements

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

b) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.14 Robustness of terminations (MQT 14)

4.14.1 Purpose

To determine that the terminations, the attachment of the terminations, and the attachment of the cables to the body of the module will withstand stresses that are likely to be applied during normal assembly or handling operations. Test in 4.14.2 (MQT 14.1) and test in 4.14.3 (MQT 14.2) are to be performed in Sequence C after MQT 12 as given by the test flow in IEC 61215-1.

4.14.2 Retention of junction box on mounting surface (MQT 14.1)

4.14.2.1 Apparatus

Means for applying a force of 40 N to the centre of the test object. Prevent torque from being applied to the junction box.

Attaching the means for applying the force to the junction box shall not impair its functions.

4.14.2.2 Procedure

The test shall be performed 2 h to 4 h after completion of MQT 12.

A force of 40 N shall be gradually applied for (10 ± 1) s (in accordance to IEC 60068-2-21) in each direction parallel to the mounting surface parallel to the module edges, in steps of 90°.

A force of 40 N shall be gradually applied for (10 ± 1) s without jerks, in a direction perpendicular to the mounting surface.

The pull force should be applied at the centre point of the box.

4.14.2.3 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.14.2.4 Requirements

During test, there shall be no displacement of the junction box at the mounting surface impairing isolating characteristics.

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.
b) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

4.14.3 Test of cord anchorage (MQT 14.2)

4.14.3.1 General

This test can be omitted if junction box is qualified in accordance to IEC 62790.

4.14.3.2 Procedure and apparatus

4.14.3.2.1 Junction boxes intended to be used with cables specified by the manufacturer

For junction boxes intended to be used with cables specified by the manufacturer, the tests shall be performed with cables provided by the manufacturer.

a) Pull test

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

The unloaded cable shall be marked so that any displacement relative to the gland can be easily detected.

The cable is pulled for duration of 1 s, 50 times, without jerks in the direction of the axis with the relevant force as specified in Table 1. See Figure 11.

At the end of the pull test, remove the force from the test mandrel. Then measure the displacement of the cable at the outlet of the junction box.

b) Torque test

After the pull test the specimen shall be mounted in the test apparatus for torque test. See Figure 12.

The unloaded cable shall be marked so that any torsion relative to the gland can be easily detected, and then a torque as specified in Table 2 shall be applied for 1 min.

During the test, the twist or torsion inside the cable gland or other cord anchorage shall not exceed 45°. The cable shall be held in position by the cord anchorage.

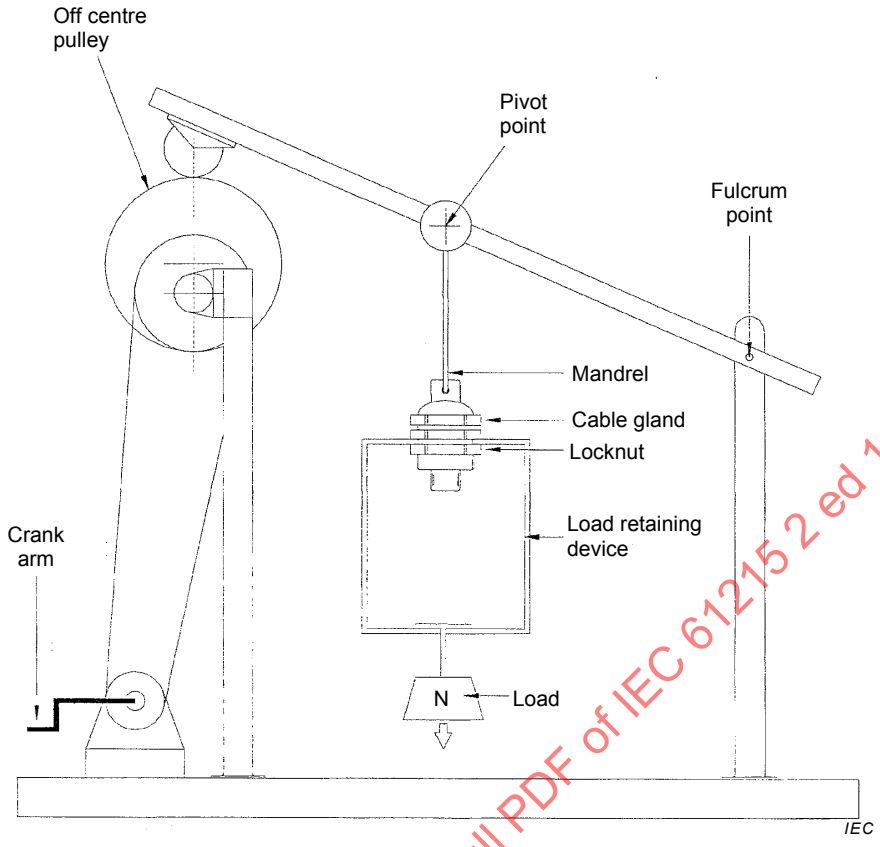
Table 1 – Pull forces for cord anchorage test

Cable diameter With insulation if applicable mm	**Pull force** N	**Minimum sheath thickness of test mandrel** mm
< 4	30	1[a]
> 4 to 8	30	1
> 8 to 11	42	2
> 11 to 16	55	2
> 16 to 23	70	2
> 23 to 31	80	2
> 31 to 43	90	2
> 43 to 55	100	2
> 55	115	2
[a] For cable diameters up to 4 mm, a suitable non-metallic mandrel may be used.		

Table 2 – Values for torsion test

Cable diameter With insulation if applicable mm	**Torque** Nm	**Minimum sheath thickness of test mandrel** mm
< 4	0,10	1
> 4 to 8	0,10	1
> 8 to 11	0,15	2
> 11 to 16	0,35	2
> 16 to 23	0,60	2
> 23 to 31	0,80	2
> 31 to 43	0,90	2
> 43 to 55	1,00	2
> 55	1,20	2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016



NOTE For module testing setup depends on the module construction.

Figure 11 – Typical arrangement for the cord anchorage pull test for component testing

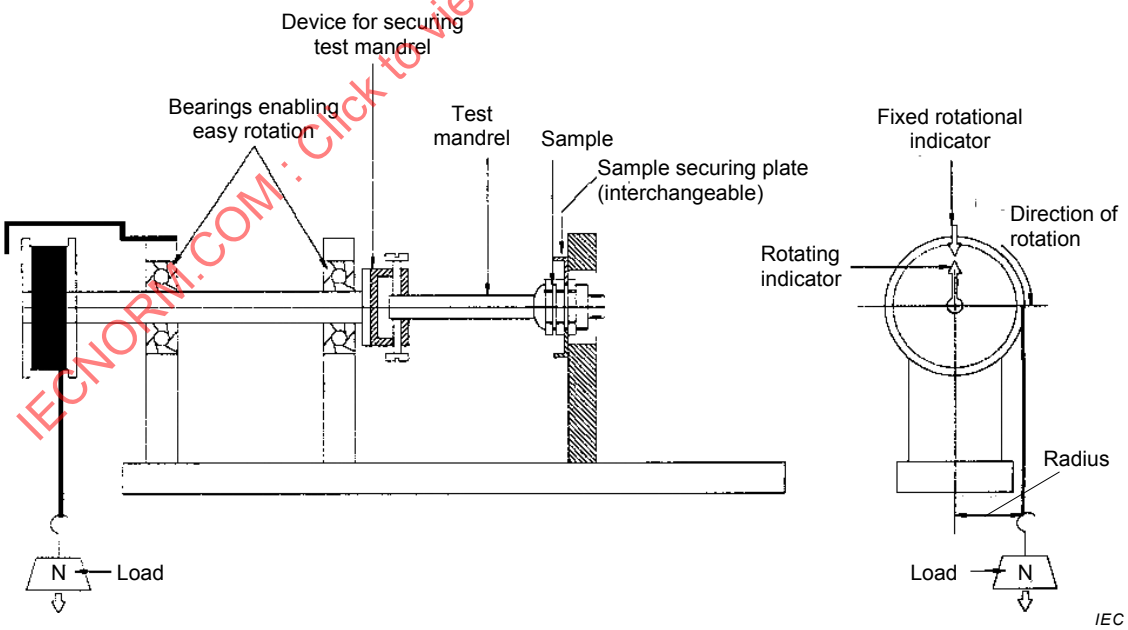


Figure 12 – Typical arrangement for torsion test

4.14.3.2.2 Junction boxes intended to be used with generic cables

A test mandrel equivalent to the minimum value of the anchorage range of the cable gland as specified by the manufacturer or supplier, with a sheath thickness as specified in Table 1 shall be fixed to the sample.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

The unloaded test mandrel shall be marked so that any displacement relative to the gland can be easily detected.

The test mandrel shall be pulled for duration of 1 s, 50 times, without jerks in the direction of the axis with the relevant force as specified in Table 1. See Figure 11.

At the end of the pull test, remove the force from the test mandrel. Then measure the displacement of the cable at the outlet of the junction box.

Unless otherwise specified, test mandrels shall consist of a metallic rod with an elastomeric sheath having a hardness of 70 Shore D ± 10 points in accordance with ISO 868 and a sheath thickness as specified in Table 1 or Table 2. The complete test mandrel shall have a tolerance of ± 0,2 mm for mandrels up to and including 16 mm diameter and ± 0,3 mm for mandrels larger than 16 mm diameter. The shape shall be circular or a profile simulating the outer dimension of the cable as specified by the manufacturer or supplier.

After the pull test the specimen shall be mounted in the test apparatus for torque test. See Figure 12.

The unloaded cable shall be marked so that any torsion relative to the gland can be easily detected, and then a torque as specified in Table 2 shall be applied for 1 min.

During the test, the twist or torsion inside the cable gland or other cord anchorage shall not exceed 45°. The cable shall be held in position by the cord anchorage.

The torsion test shall be performed by using a test mandrel equivalent to the maximum value of the anchorage range of the cable gland as specified by the manufacturer or supplier, with a torque for the appropriate maximum cable diameter as specified in Table 2.

4.14.3.3 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01, MQT 03 and MQT 15.

4.14.3.4 Requirements

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.
b) Insulation test shall meet the same requirements as for the initial measurements.
c) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.
d) The displacement of the cable at the outlet of the junction box shall not exceed 2 mm.

4.15 Wet leakage current test (MQT 15)

4.15.1 Purpose

To evaluate the insulation of the module under wet operating conditions and verify that moisture from rain, fog, dew or molten snow does not enter the active parts of the module circuitry, where it might cause corrosion, a ground fault or a safety hazard.

4.15.2 Apparatus

a) A shallow trough or tank of sufficient size to enable the module with frame to be placed in the solution in a flat, horizontal position. It shall contain a water/wetting agent solution sufficient to wet the surfaces of the module under test and meeting the following requirements:

Resistivity:	3 500 Ω/cm or less
Solution temperature:	(22 ± 2) °C

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

The depth of the solution shall be sufficient to cover all surfaces except junction box entries not designed for immersion.

b) Spray equipment containing the same solution, if the entire junction box is not going to be submerged.

c) DC voltage source, with current limitation, capable of applying 500 V or the maximum rated system voltage of the module, whichever is more.

d) Instrument to measure insulation resistance.

4.15.3 Procedure

All connections shall be representative of the recommended field wiring installation, and precautions shall be taken to ensure that leakage currents do not originate from the instrumentation wiring attached to the module.

a) Immerse the module in the tank of the required solution to a depth sufficient to cover all surfaces except junction box entries not designed for immersion. If not immersed the cable entries shall be thoroughly sprayed with solution. If the module is provided with a mating connector, the connector should be sprayed during the test.

b) Connect the shorted output terminals of the module to the positive terminal of the test equipment. Connect the liquid test solution to the negative terminal of the test equipment using a suitable metallic conductor.

Some module technologies may be sensitive to static polarization if the module is maintained at positive voltage to the frame. In this case, the connection of the tester shall be done in the opposite way. If applicable, information with respect to sensitivity to static polarization shall be provided by manufacturer.

c) Increase the voltage applied by the test equipment at a rate not exceeding 500 V/s to 500 V or the maximum system voltage for the module, whichever is greater. Maintain the voltage at this level for 2 min. Then determine the insulation resistance.

d) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the test equipment to discharge the voltage build-up on the module.

e) Ensure that the used solution is well rinsed off the module before continuing the testing.

4.15.4 Requirements

– For modules with an area of less than 0,1 m^2 the insulation resistance shall not be less than 400 MΩ.

– For modules with an area larger than 0,1 m^2 the measured insulation resistance times the area of the module shall not be less than 40 MΩ·m^2.

4.16 Static mechanical load test (MQT 16)

4.16.1 Purpose

The purpose of this test is to determine the ability of the module to withstand a minimum static load.

Additional requirements may apply for certain installations and climates.

MQT 16 verifies minimum test loads. To determine the minimum possible design load e.g. by test-to-fail of a construction is not part of this standard. The minimum required design load will depend on construction, applicable standards and location/climate and might require higher sampling rates and other safety factors γ_m.

MQT 16 verifies the manufacturer's defined design load. The test load is defined as:

$$\text{Test load} = \gamma_m \times \text{design load},$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

where γ_m is at least ≥ 1,5. The minimum required design load per this standard is 1 600 Pa that results in a minimum test load of 2 400 Pa.

The manufacturer may specify higher design load(s) for positive (downward) and negative (upward) and also a higher γ_m for certain applications. The design load(s) and γ_m are to be specified in the documentation of the manufacturer per each mounting method.

EXAMPLE: Manufacturer specifies the following design loads: positive 3 600 Pa and negative 2 400 Pa with γ_m=1,5. The test sequence will contain 3 cycles each performed at 5 400 Pa positive and 3 600 Pa negative loading.

Each module undergoing MQT 16 test shall be pre-tested according to Sequence E in IEC 61215-1.

NOTE Inhomogeneous snow loads are not covered by this test. A standard for such kind of load is under development (IEC 62938).

4.16.2 Apparatus

a) A rigid test base which enables the modules to be mounted front side up or front side down. The test base shall enable the module to deflect freely during the load application within the constraints of the manufacturers prescribed method of mounting.

b) Instrumentation to monitor the electrical continuity of the module during the test.

c) Suitable weights or pressure means that enable the load to be applied in a gradual, uniform manner.

d) The environmental conditions for performing the tests are (25 ± 5) °C.

NOTE As most adhesives will perform worse under elevated temperatures, room temperature is considered to be a best case condition for testing.

4.16.3 Procedure

a) Equip the module so that the electrical continuity of the internal circuit can be monitored continuously during the test.

b) Mount the module on a rigid structure using the method prescribed by the manufacturer including the mounting means (clips/clamps and any kind of fastener) and underlying support rails. If there are different possibilities each mounting method needs to be evaluated separately. For all mounting methods, mount the module in a manner where the distance between the fixing points is worst case, which is typically at the maximum distance. Allow the modules to equilibrate for a minimum of 2 h after MQT 13 before applying the load.

c) On the front surface, gradually and uniformly apply the test load. Load uniformity needs to be better than ± 5 % across the module with respect to the test load. Maintain this load for 1 h.

NOTE The test load may be applied pneumatically or by means of weights covering the entire surface.

d) Apply the same procedure as in step c) to the back surface of the module or as uplift load to the front surface.

e) Repeat steps c) and d) for a total of three cycles.

4.16.4 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01 and MQT 15.

4.16.5 Requirements

a) No intermittent open-circuit fault detected during the test.

b) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

c) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.17 Hail test (MQT 17)

4.17.1 Purpose

To verify that the module is capable of withstanding the impact of hail.

4.17.2 Apparatus

a) Moulds of suitable material for casting spherical ice balls of the required diameter. Minimum requirement is a diameter of 25 mm. For hail prone locations larger ice balls may be required for testing as listed in Table 3. The test report should indicate what ice ball diameter and test velocity was used for the hail test.

b) A freezer controlled at (–10 ± 5) °C.

c) A storage container for storing the ice balls at a temperature of (–4 ± 2) °C.

d) A launcher capable of propelling an ice ball at the specified velocity, within ± 5 %, so as to hit the module within the specified impact location. The path of the ice ball from the launcher to the module may be horizontal, vertical or at any intermediate angle, so long as the test requirements are met.

e) A rigid mount for supporting the test module by the method prescribed by the manufacturer, with the impact surface normal to the path of the projected ice ball.

f) A balance for determining the mass of an ice ball to an accuracy of ± 2 %.

g) An instrument for measuring the velocity of the ice ball to an accuracy of ± 2 %. The velocity sensor shall be no more than 1 m from the surface of the test module.

As an example, Figure 13 shows in schematic form a suitable apparatus comprising a horizontal pneumatic launcher, a vertical module mount and a velocity meter which measures electronically the time it takes the ice ball to traverse the distance between two light beams. This is only one example as other types of apparatus including slingshots and spring-driven testers have been successfully utilized.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

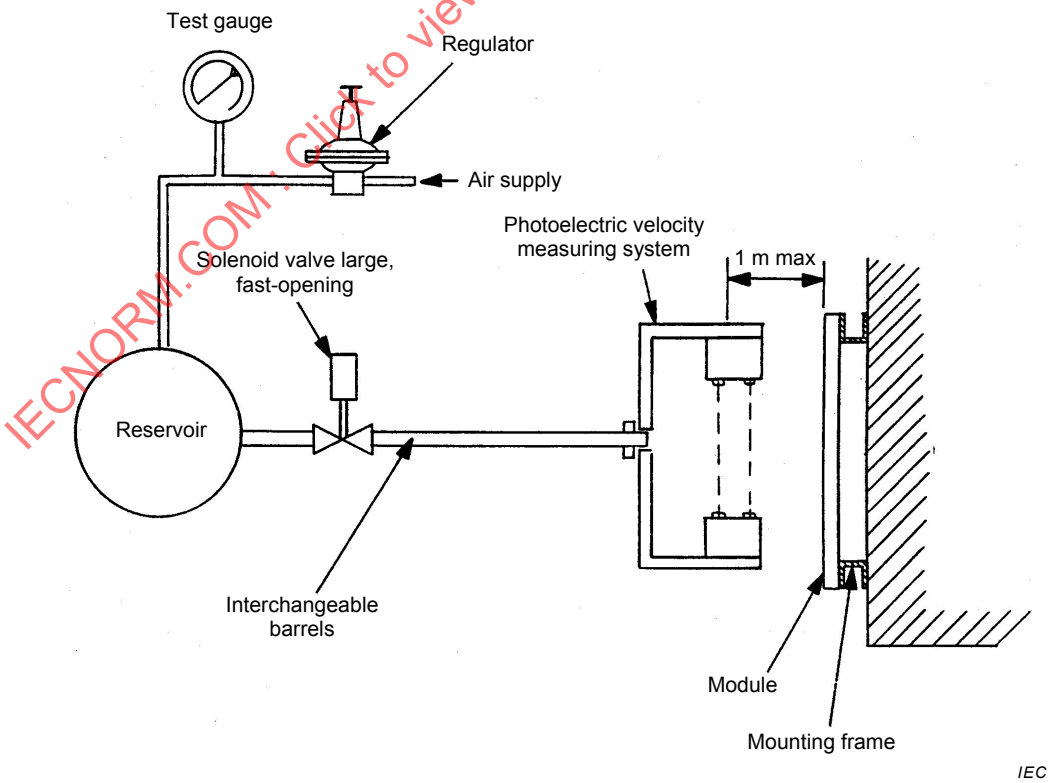


Figure 13 – Hail-test equipment

Table 3 – Ice-ball masses and test velocities

Diameter	Mass	Test velocity	Diameter	Mass	Test velocity
mm	g	m/s	mm	g	m/s
25	7,53	23,0	55	80,2	33,9
35	20,7	27,2	65	132,0	36,7
45	43,9	30,7	75	203,0	39,5

4.17.3 Procedure

a) Using the moulds and the freezer, make a sufficient number of ice balls of the required size for the test, including some for the preliminary adjustment of the launcher.

b) Examine each one for cracks, size and mass. An acceptable ball shall meet the following criteria:

- no cracks visible to the unaided eye;
- diameter within ± 5 % of that required;
- mass within ± 5 % of the appropriate nominal value in Table 3.

c) Place the balls in the storage container and leave them there for at least 1 h before use.

d) Ensure that all surfaces of the launcher likely to be in contact with the ice balls are near room temperature.

e) Fire a number of trial shots at a simulated target in accordance with step g) below and adjust the launcher until the velocity of the ice ball, as measured with the velocity sensor in the prescribed position, is within ± 5 % of the appropriate hailstone test velocity in Table 4.

f) Install the module at room temperature in the prescribed mount, with the impact surface normal to the path of the ice ball.

g) Take an ice ball from the storage container and place it in the launcher. Take aim at the first impact location specified in Table 4 and fire. The time between the removal of the ice ball from the container and impact on the module shall not exceed 60 s.

h) Inspect the module in the impact area for signs of damage and make a note of any visual effects of the shot. Errors of up to 10 mm from the specified location are acceptable.

i) If the module is undamaged, repeat steps g) and h) for all the other impact locations in Table 4, as illustrated in Figure 14.

Table 4 – Impact locations

Shot No.	Location
1	Any corner of the module window, not more than one radius from the module edge.
2	Any edge of the module, not more than one radius of ice-ball from the module edge.
3, 4	Over edges of the circuit (e.g. individual cells).
5, 6	Over the circuit near interconnects (i.e. cell interconnects and bus ribbons).
7, 8	On the module window, not more than half diameter of ice ball from one of the points at which the module is mounted to the supporting structure.
9, 10	On the module window, at points farthest from the points selected above.
11	Any points which may prove especially vulnerable to hail impact like over the junction box.

4.17.4 Final measurements

Repeat tests MQT 01 and MQT 15.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

4.17.5 Requirements

a) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

b) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

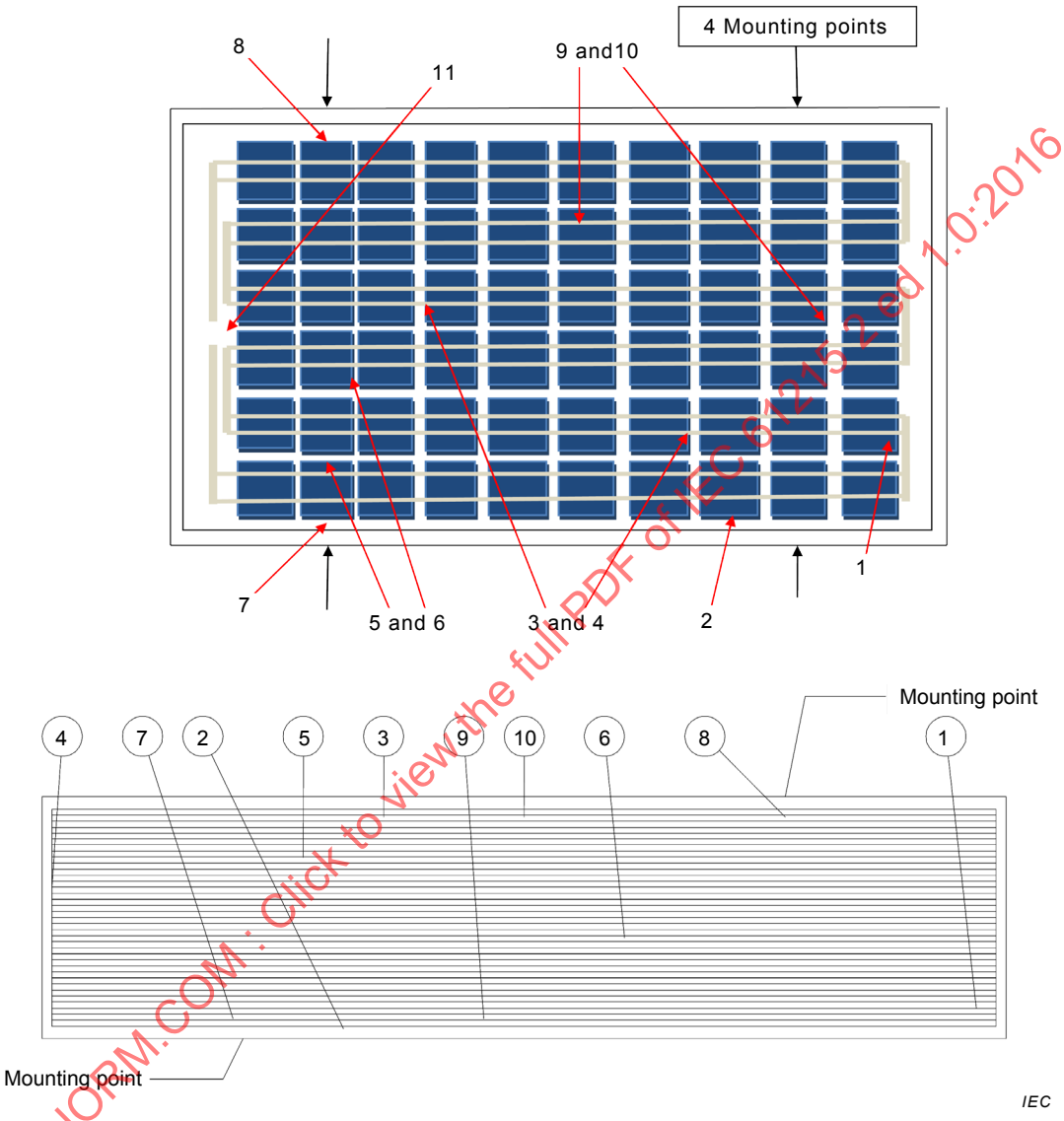


Figure 14 – Hail test impact locations: top for wafer/cell based technologies, bottom for monolithic processed thin film technologies

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.18 Bypass diode testing (MQT 18)

4.18.1 Bypass diode thermal test (MQT 18.1)

4.18.1.1 Purpose

To assess the adequacy of the thermal design and relative long-term reliability of the bypass diodes used to limit the detrimental effects of module hot-spot susceptibility.

The test is designed to determine the diode's temperature characteristic and its maximum diode junction temperature T_J under continuous operation.

If the bypass diodes are not accessible in the module type under test, a special sample can be prepared for this test. This sample shall be fabricated to provide the same thermal environment for the diode as a standard production module and does not have to be an active PV module. The test shall then proceed as normal. This special test sample shall be used only for measuring the bypass diode temperature in 4.18.1.3 c) to m). Exposure to 1,25 times the STC short-circuit current shall be performed on a fully functional module which is then used for making the final measurements of 4.18.1.4.

4.18.1.2 Apparatus

a) Means for heating the module to a temperature of (90 ± 5) °C.

b) Means for monitoring the temperature of the module to an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C.

c) Means for measuring the junction voltage V_D of the bypass diodes to an accuracy of 2 %.

d) Means for applying a current equal to 1,25 times the STC short-circuit current of the module under test with a pulse width not exceeding 1 ms and means for monitoring the flow of current through the module, throughout the test.

4.18.1.3 Procedure

a) Electrically short any blocking diodes incorporated in the module.

b) Determine the rated STC short-circuit current of the module from its label or instruction sheet.

c) Connect the lead wire for V_D and I_D on both diode terminals as shown in Figure 15.

If the diodes are potted the connections shall be made by the module manufacturer before delivery of the module.

Care shall be taken, that the lead wires do not cause heat dissipation from the terminal box leading to misinterpretation of the test results.

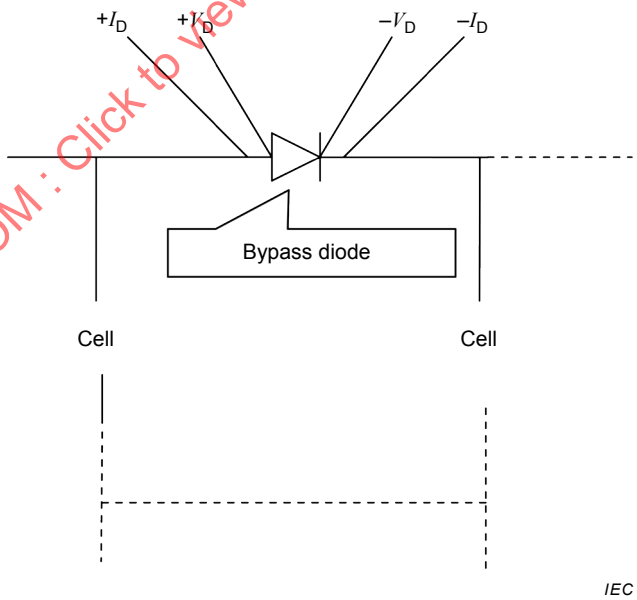


Figure 15 – Bypass diode thermal test

d) Heat the module and junction box up to a temperature of (30 ± 2) °C.

e) Apply the pulsed current (pulse width 1 ms) equal to the STC short-circuit current of the module, measure the forward voltage V_{D1} of diode.

f) Using the same procedure, measure V_{D2} at (50 ± 2) °C.

g) Using the same procedure, measure V_{D3} at (70 ± 2) °C.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

h) Using the same procedure, measure V_{D4} at (90 ± 2) °C.

i) Then, obtain the V_D versus T_J characteristic by a least-squares-fit curve from V_{D1}, V_{D2}, V_{D3} and V_{D4}.

T_J is assumed to be the ambient temperature of the junction box for steps d) to i).

j) Heat the module to (75 ± 5) °C. Apply a current to the module equal to the short circuit current I_{sc} ± 2 % of the module as measured at STC. After 1 h measure the forward voltage of each of the diodes.

If the module contains a heat sink specifically designed to reduce the operating temperature of the diode, this test may be performed at the temperature the heat sink reaches under conditions of 1 000 W/m^2, (43 ± 3) °C ambient with no wind rather than at 75 °C.

k) Using the V_D versus T_J characteristic obtained in item i), obtain T_J from V_D at T_{amb} = 75 °C, I_D = I_{sc} of the diode during the test in j).

l) Increase the applied current to 1,25 times the short-circuit current of the module as measured at STC while maintaining the module temperature at (75 ± 5) °C.

m) Maintain the current flow for 1 h.

4.18.1.4 Final measurements

Repeat the tests of MQT 01, MQT 15 and MQT 18.2.

4.18.1.5 Requirements

a) The diode junction temperature T_J as determined in 4.18.1.3 k) shall not exceed the diode manufacturer's maximum junction temperature rating for continuous operation.

b) No evidence of major visual defects, as defined in IEC 61215-1.

c) Wet leakage current shall meet the same requirements as for the initial measurements.

d) The diode shall still function as a diode after the conclusion of the test as per MQT 18.2.

4.18.2 Bypass diode functionality test (MQT 18.2)

4.18.2.1 Purpose

The purpose of this test is to verify that the bypass diode(s) of the test samples remain(s) functional following MQT 09 and MQT 18.1. In case of PV modules without bypass diodes this test can be omitted.

4.18.2.2 Apparatus

Means for measuring current-voltage curve within 1 s; e.g. I-V curve tracer, with an accuracy of the voltage and current measurement shall be at least 1 % of reading.

4.18.2.3 Procedure

4.18.2.3.1 General

The test can be conducted according to either of the following two methods.

4.18.2.3.2 Method A

This procedure shall be conducted in any ambient within (25 ± 10) °C. During the test the sample shall not be subjected to illumination.

a) Electrically short any blocking diodes incorporated to the test sample.

Some modules have overlapping bypass diode circuits. In this case it may be necessary to install a jumper cable to ensure that all of the current is flowing through one bypass diode.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016 Ed 1.0

b) Determine the rated STC short-circuit current of the test sample from its name plate.

c) Connect the DC power source's I-V curve tracer's positive output to the test sample's negative terminal and the DC power source's I-V curve tracer's negative output to the test sample's positive terminal, respectively. With this configuration the current shall pass through the solar cells in the reverse direction and through the bypass diode(s) in the forward direction.

d) Run current sweep from 0 A to 1,25 × I_{sc} and record voltage.

4.18.2.3.3 Method B

Successive I-V measurements of the PV module can be performed in conjunction with maximum power determination (MQT 02) with portions of a string in the interconnection circuit completely shaded in order to "turn on" the diode.

4.18.2.4 Requirements

4.18.2.4.1 Method A

The measured diode(s) forward voltage (VFM):

$$VFM = (N \times V_{FMrated}) \pm 10\ \%$$

where:

N is the number of bypass diodes;

$V_{FMrated}$ is the diode forward voltage as defined in diode data sheet for 25 °C.

4.18.2.4.2 Method B

The bypass diode belonging to the shaded string is working properly, if the characteristic bend in the I-V curve is observed.

Example: a crystalline silicon PV module with 60 cells and three strings protected each by one diode will have a power drop to roughly 2/3, if cells in one string are shaded.

4.19 Stabilization (MQT 19)

4.19.1 General

All PV modules need to be electrically stabilized. For this purpose, all modules shall be exposed to a defined procedure, and the output power shall be measured directly afterwards. This procedure and output power measurement shall be repeated until the module is assessed to have reached an electrically stable power output level. Where light is used for stabilization, simulated solar irradiance is preferred over natural light.

4.19.2 Criterion definition for stabilization

The following formula shall be taken as the criterion to assess whether a module has reached its stabilized electrical power output:

$$(P_{max} - P_{min}) / P_{average} < x$$

where x is defined in the technology specific parts of this standard.

Here, P_{max}, P_{min} and $P_{average}$ are defined as extreme values of three consecutive output power measurements P1, P2 and P3 taken from a sequence of alternating stabilization and measurement steps using MQT 02. STC output power is determined using procedure MQT 06.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

4.19.3 Light induced stabilization procedures

4.19.3.1 Apparatus for indoor stabilization

a) A class CCC solar simulator or better, in accordance with the IEC 60904-9.

b) A suitable reference device, with integrator, for monitoring the irradiation.

c) Means to mount the modules, as recommended by the manufacturer, co-planar with the reference device.

d) Use the reference device to set the irradiance between 800 W/m^2 and 1 000 W/m^2.

e) During the simulator exposure, module temperatures shall stay in the range of (50 ± 10) °C. All subsequent stabilizations should be done at the same temperature as the initial within ± 2 °C.

f) Means for monitoring the temperature of the module to an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C. The temperature sensor shall be mounted on a representative position for the average module temperature.

g) A resistive load sized such that the module will operate near its maximum power point or an electronic maximum power point tracker (MPPT).

4.19.3.2 Requirements for outdoor exposure for stabilization

a) A suitable reference device, with integrator, for monitoring the irradiation.

b) Means to mount the modules, as recommended by the manufacturer, co-planar with the reference device.

c) Only irradiance levels above 500 W/m^2 will count for total irradiance dose required to check stabilization. Temperature limits are specified in the technology specific parts.

d) Means for monitoring the temperature of the module to an accuracy of ± 2,0 °C and repeatability of ± 0,5 °C. The temperature sensor shall be mounted on a representative position for the average module temperature.

e) A resistive load sized such that the module will operate near its maximum power point or an electronic maximum power point tracker (MPPT).

A maximum power point tracking device is advisable, e.g. a micro-inverter.

4.19.3.3 Procedure

a) Measure the output power of each module using the maximum power determination (MQT 02) procedure at any convenient module temperature within the allowable range that can be reproduced within ± 2 °C for future intermediate measurements.

b) Attach the load to the modules and mount them, as recommended by the manufacturer, with the reference device in the test plane of the simulator.

c) Record the irradiance levels, integrated irradiation, temperature and used resistive load of the module.

d) Subject each module to at least two intervals of the irradiation as defined in the technology specific parts of MQT 19 of this standard until its maximum power value stabilizes. Stabilization is defined in 4.19.2.

e) The output power shall be measured using MQT 02. The time period between light exposure including MQT 02 measurements and the final determination of maximum power in accordance to MQT 06.1 is specified in the technology specific part.

f) Intermediate measurements of MQT 02 shall be performed in approximately equal integrated irradiation dose intervals. Minimum doses are defined in the technology specific parts of this standard. All intermediate maximum power measurements shall be performed at any convenient module temperature reproduced within ± 2 °C.

g) Report the integrated irradiation and all parameter at which this stability is reached. For outdoor procedure, where applicable, state the type of load used and show temperature and irradiance profiles.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.19.4 Other stabilization procedures

Other stabilization techniques can be used after validation. It is known that the application of current or voltage bias can lead to similar effects in solar cells as is the case for light exposure. Such alternate stabilization procedures will be provided by the manufacturer.

This subclause defines the validation process for alternate stabilization procedure.

Alternate procedures can be used instead of light exposure if validated according to this procedure. Validation shall be done with three modules. The validation shall be performed in sequence A as initial stabilization. Perform the following to validate alternate procedures:

a) Perform alternate procedure.

b) Measure MQT 06.1 after the minimum and no more than the maximum time specified in the technology specific parts.

c) Perform indoor light induced stabilization procedure (4.19.3.1) in accordance to technology specific requirements.

d) Measure MQT 06.1 after the minimum and no more than the maximum time specified in the technology specific parts.

An alternate method is considered valid if the two MQT 06.1 measurements from b) and d) above are within 2 % for all three evaluated modules. If one module does not meet the pass criteria the method is not validated.

4.19.5 Initial stabilization (MQT 19.1)

Initial stabilization is performed following procedure and requirements defined in MQT 19. Stabilization is reached if 4.19.2 is fulfilled.

The initial stabilization is performed to verify manufacture label values as defined in the pass criterion in IEC 61215-1:2016, Clause 7 (Gate No. 1).

The number of modules subjected to MQT 19.1 is defined in the technology specific parts of this standard.

4.19.6 Final stabilization (MQT 19.2)

Final stabilization is performed following procedure and requirements defined in MQT 19. Stabilization is reached if 4.19.2 is fulfilled.

The final stabilization is performed to determine module degradation during the test as defined in the pass criterion in IEC 61215-1:2016, Clause 7 (Gate No. 2).

If not otherwise stated all modules from sequences A, and C to E have to undergo MQT 19.2 testing.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 49
INTRODUCTION 51
1 Domaine d'application et objet 52
2 Références normatives 52
3 Termes et définitions 53
4 Procédures d'essai 55
4.1 Examen visuel (MQT 01) 55
4.1.1 Objet 55
4.1.2 Procédure 55
4.1.3 Exigences 55
4.2 Détermination de la puissance maximale (MQT 02) 55
4.2.1 Objet 55
4.2.2 Appareillage 55
4.2.3 Procédure 55
4.3 Essai diélectrique (MQT 03) 56
4.3.1 Objet 56
4.3.2 Appareillage 56
4.3.3 Conditions d'essai 56
4.3.4 Procédure 56
4.3.5 Exigences d'essai 57
4.4 Mesure des coefficients de température (MQT 04) 57
4.5 Mesure de la température nominale de fonctionnement du module (NMOT) (MQT 05) 57
4.5.1 Généralités 57
4.5.2 Principe 58
4.5.3 Procédure d'essai 58
4.6 Performances dans les STC et à la NMOT (MQT 06) 58
4.6.1 Objet 58
4.6.2 Appareillage 58
4.6.3 Procédure 59
4.7 Performances sous faible éclairement (MQT 07) 59
4.7.1 Objet 59
4.7.2 Appareillage 59
4.7.3 Procédure 60
4.8 Essai d'exposition en site naturel (MQT 08) 60
4.8.1 Objet 60
4.8.2 Appareillage 60
4.8.3 Procédure 60
4.8.4 Mesures finales 60
4.8.5 Exigences 61
4.9 Essai de tenue à l'échauffement localisé (MQT 09) 61
4.9.1 Objet 61
4.9.2 Effet de l'échauffement localisé 61
4.9.3 Classification des interconnexions de cellules 62
4.9.4 Appareillage 63
4.9.5 Procédure 63

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.9.6 Mesures finales 73
4.9.7 Exigences 73
4.10 Essai de préconditionnement aux UV (MQT 10) 73
4.10.1 Objet 73
4.10.2 Appareillage 73
4.10.3 Procédure 74
4.10.4 Mesures finales 74
4.10.5 Exigences 74
4.11 Essai de cycle thermique (MQT 11) 74
4.11.1 Objet 74
4.11.2 Appareillage 74
4.11.3 Procédure 75
4.11.4 Mesures finales 76
4.11.5 Exigences 76
4.12 Essai humidité-gel (MQT 12) 76
4.12.1 Objet 76
4.12.2 Appareillage 76
4.12.3 Procédure 76
4.12.4 Mesures finales 77
4.12.5 Exigences 77
4.13 Essai de chaleur humide (MQT 13) 77
4.13.1 Objet 77
4.13.2 Procédure 78
4.13.3 Mesures finales 78
4.13.4 Exigences 78
4.14 Essai de robustesse des sorties (MQT 14) 78
4.14.1 Objet 78
4.14.2 Maintien de la boîte de jonction sur la surface de montage (MQT 14.1) 78
4.14.3 Essai du serre-câble (MQT 14.2) 79
4.15 Essai de courant de fuite en milieu humide (MQT 15) 83
4.15.1 Objet 83
4.15.2 Appareillage 83
4.15.3 Procédure 84
4.15.4 Exigences 84
4.16 Essai de charge mécanique statique (MQT 16) 84
4.16.1 Objet 84
4.16.2 Appareillage 85
4.16.3 Procédure 85
4.16.4 Mesures finales 85
4.16.5 Exigences 85
4.17 Essai à la grêle (MQT 17) 86
4.17.1 Objet 86
4.17.2 Appareillage 86
4.17.3 Procédure 87
4.17.4 Mesures finales 88
4.17.5 Exigences 88
4.18 Essai de la diode de dérivation (MQT 18) 89
4.18.1 Essai thermique de la diode de dérivation (MQT 18.1) 89
4.18.2 Essai fonctionnel de la diode de dérivation (MQT 18.2) 91

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.19 Stabilisation (MQT 19) 92
4.19.1 Généralités 92
4.19.2 Définition de critères pour la stabilisation 93
4.19.3 Procédures de stabilisation induite par la lumière 93
4.19.4 Autres procédures de stabilisation 94
4.19.5 Stabilisation initiale (MQT 19.1) 94
4.19.6 Stabilisation finale (MQT 19.2) 95

Figure 1 – Cas S, connexion série avec diode de dérivation facultative 62
Figure 2 – Cas PS, connexion parallèle-série avec diode de dérivation facultative 62
Figure 3 – Cas SP, connexion série-parallèle avec diode de dérivation facultative 63
Figure 4 – Caractéristiques I-V d'un module doté de cellules totalement obturées 64
Figure 5 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux 66
Figure 6 – Effet de l'échauffement localisé dans un module à couches minces à intégration monolithique composé de cellules montées en série 67
Figure 7 – Caractéristiques I-V d'un module avec différentes cellules totalement obturées dans une conception de module comportant des diodes de dérivation 69
Figure 8 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux dans une conception de module comportant des diodes de dérivation 71
Figure 9 – Essai de cycle thermique – Profil de température et de courant appliqué 75
Figure 10 – Cycle humidité-gel – Profil température/humidité 77
Figure 11 – Disposition type pour l'essai de traction du serre-câble (essais de composants) 81
Figure 12 – Disposition type pour l'essai de torsion 82
Figure 13 – Equipement pour l'essai à la grêle 87
Figure 14 – Points d'impact de l'essai à la grêle: en haut pour les technologies basées sur des wafers/cellules, en bas pour les technologies à couches minces à intégration monolithique 89
Figure 15 – Essai thermique de la diode de dérivation 90

Tableau 1 – Forces de traction pour l'essai du serre-câble 80
Tableau 2 – Valeurs pour l'essai de torsion 80
Tableau 3 – Masses des billes de glace et vitesses d'essai 87
Tableau 4 – Points d'impact 88

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:ed1.0:2016

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) POUR APPLICATIONS TERRESTRES – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION –

Partie 2: Procédures d'essai

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

La Norme internationale IEC 61215-2 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette première édition de l'IEC 61215-2 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 61215 (2005) ainsi que la deuxième édition de l'IEC 61646 (2008) en partie, dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à ces éditions précédentes sont les suivantes:

La présente norme reprend les procédures d'essai – précédemment l'Article 10 – de l'édition précédente. Des révisions ont été apportées aux paragraphes NMOT (remplace NOCT – MQT 05), mesures des performances (MQT 06), robustesse des sorties (MQT 14) et stabilisation (MQT 19).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1048/FDIS	82/1076/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61215, publiées sous le titre général *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation,* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

INTRODUCTION

Alors que la Partie 1 de la présente série de normes décrit les exigences (en termes généraux et spécifiques eu égard à la technologie du dispositif), les sous-parties de la Partie 1 définissent les variations technologiques tandis que la Partie 2 définit un ensemble de procédures d'essai nécessaires pour la qualification de la conception et l'homologation. Les procédures d'essai décrites dans la Partie 2 sont valides pour toutes les technologies de dispositifs.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) POUR APPLICATIONS TERRESTRES – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION –

Partie 2: Procédures d'essai

1 Domaine d'application et objet

Cette série de Normes internationales établit les exigences de l'IEC pour la qualification de la conception et l'homologation des modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres et pour une utilisation de longue durée dans les climats généraux à l'air libre, définis dans l'IEC 60721-2-1. La présente partie de l'IEC 61215 est destinée à s'appliquer à tous les matériaux de modules à plaque plane au silicium cristallin pour applications terrestres (p. ex.: types de modules au silicium cristallin et modules à couches minces).

La présente norme ne s'applique pas aux modules utilisés avec un ensoleillement intense, même si elle peut être utilisée pour les modules à faible concentration (ensoleillement 1 à 3). Pour les modules à faible concentration, tous les essais sont réalisés en utilisant les niveaux de courant, de tension et de puissance prévus à la concentration théorique.

L'objet de cette séquence d'essais est de déterminer les caractéristiques électriques et thermiques du module et de montrer, dans la mesure du possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que le module est apte à supporter une exposition prolongée aux climats généraux à l'air libre. La durée de vie réelle des modules ainsi qualifiés dépendra de leur conception, ainsi que de l'environnement et des conditions d'exploitation.

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 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à <http://www.electropedia.org>)

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60721-2-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

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*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

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 60904-7, *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: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

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

IEC 61215-1, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 1: Exigences d'essai*

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

IEC 61853-2, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 2: Spectral response, incidence angle, and module operating temperature measurements*[1] (disponible en anglais seulement)

IEC 62790, *Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

ISO 868, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050, de l'IEC TS 61836, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1
exactitude <d'un appareil de mesure>

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure à donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie du mesurande [≈ VIM 5.18]

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche "valeur vraie".

Note 2 à l'article: L'exactitude est d'autant meilleure que la valeur indiquée est plus proche de la valeur vraie correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

[1] À publier.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:ed 1.0:2016

3.2
dispositif de commande
capteur d'éclairement (p. ex.: cellule ou module de référence) utilisé pour détecter les dérives et autres problèmes du simulateur de rayonnement solaire

3.3
niveau de sortie de puissance électriquement stable
état du module photovoltaïque (PV) dans lequel il fonctionnera sous une exposition prolongée à un éclairement solaire naturel dans les climats généraux à l'air libre, conformément à l'IEC 60721-2-1

3.4
répétabilité <des mesures>
étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures successives du même mesurande, effectuées dans les mêmes conditions de mesure, c'est-à-dire:

– suivant le même mode opératoire,
– par le même observateur,
– au moyen des mêmes appareils de mesure,
– utilisés dans les mêmes conditions,
– dans le même laboratoire,

à des intervalles de temps assez courts [≈ VIM 3.6].

Note 1 à l'article: La notion de "mode opératoire" est définie en 2.5 dans le VIM.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-06]

3.5
reproductibilité <des mesures>
étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures de la même valeur d'une grandeur, dans le cas où les mesures individuelles sont effectuées en faisant varier les conditions de mesure:

– principe de mesure,
– méthode de mesure,
– observateur,
– appareils de mesure,
– étalon de référence,
– laboratoire,
– dans des conditions d'utilisation des appareils de mesure différentes de celles usuellement employées,

après des intervalles de temps assez longs par rapport à la durée d'une seule mesure [≈ VIM 3.7].

Note 1 à l'article: Les notions de "principe de mesure" et de "méthode de mesure" sont définies respectivement dans le VIM, en 2.3 et 2.4.

Note 2 à l'article: Le terme "reproductibilité" s'applique également au cas où seules certaines des conditions ci-dessus sont prises en considération, dans la mesure où ces conditions sont indiquées.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-07]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

4 Procédures d'essai

4.1 Examen visuel (MQT 01)

4.1.1 Objet

Détecter tout défaut visuel dans le module.

4.1.2 Procédure

Examiner soigneusement chaque module sous un éclairement supérieur ou égal à 1 000 lux selon les conditions et observations définies dans l'IEC 61215-1.

Relever et/ou photographier la nature et l'emplacement des fêlures, bulles ou décollements interlaminaires, etc., qui peuvent se détériorer et affecter défavorablement les performances du module lors des essais qui suivent.

4.1.3 Exigences

Il n'est permis aucun défaut visuel majeur, tels que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

4.2 Détermination de la puissance maximale (MQT 02)

4.2.1 Objet

Déterminer la puissance maximale du module après stabilisation, et avant et après les divers essais de contrainte d'environnement. Pour déterminer la perte de puissance à partir des essais de contrainte, la reproductibilité de l'essai est un facteur très important.

4.2.2 Appareillage

a) Une source de rayonnement (éclairement solaire naturel ou simulateur solaire de classe BBA minimum conforme à l'IEC 60904-9).

b) Un dispositif PV de référence conforme à l'IEC 60904-2. Si un simulateur de classe BBA minimum est utilisé, le dispositif de référence doit être un module de référence de la même taille et de la même technologie de cellule pour correspondre à la sensibilité spectrale. Si ce type de dispositif de référence adapté n'est pas disponible, l'une des deux options suivantes doit être utilisée:

   1) un simulateur de classe AAA doit être utilisé, ou

   2) la sensibilité spectrale du module selon l'IEC 60904-8 et la répartition spectrale du simulateur solaire doivent être mesurées et les données du module corrigées conformément à l'IEC 60904-7.

c) Un support approprié pour maintenir le spécimen d'essai et le dispositif de référence dans un plan perpendiculaire au rayon radiant.

d) Un appareillage de mesure de courbe I-V conformément à l'IEC 60904-1.

4.2.3 Procédure

Déterminer les caractéristiques courant-tension du module conformément à l'IEC 60904-1 à un ensemble particulier de conditions de température et d'éclairement (une plage recommandée est une température de cellule comprise entre 25 °C et 50 °C et un éclairement compris entre 700 W/m^2 et 1 100 W/m^2), en utilisant un éclairement solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9. Dans des circonstances particulières, où les modules sont conçus pour fonctionner dans une plage différente de conditions, les caractéristiques courant-tension peuvent être mesurées en utilisant des niveaux de température et d'éclairement similaires aux conditions de fonctionnement attendues. Pour les modules linéaires (tels que ceux définis dans l'IEC 60904-10), la température et l'éclairement peuvent être corrigés conformément à l'IEC 60891 afin de comparer des ensembles de mesures réalisées sur le même module avant

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

et après les essais d'environnement. Pour les modules non linéaires (tels que ceux définis dans l'IEC 60904-10), la mesure doit être réalisée à ±5 % de l'éclairement spécifié et à ±2 °C de la température spécifiée. Cependant, il convient de veiller à réaliser les mesures de la puissance de crête dans des conditions de fonctionnement similaires, ce qui signifie minimiser l'amplitude de la correction en effectuant toutes les mesures de la puissance de crête sur un module particulier approximativement à la même température et au même éclairement.

4.3 Essai diélectrique (MQT 03)

4.3.1 Objet

Déterminer si oui ou non le module est suffisamment bien isolé entre les parties actives et les parties accessibles.

4.3.2 Appareillage

a) Une source de tension à courant continu disposant d'un limiteur de courant capable d'appliquer 500 V ou 1 000 V, à laquelle s'ajoute deux fois la tension maximale du réseau pour le module (voir l'IEC 61215-1).

b) Un appareil de mesure de la résistance d'isolement.

4.3.3 Conditions d'essai

L'essai doit être réalisé sur les modules à la température ambiante de l'atmosphère environnante (voir l'IEC 60068-1) et à une humidité relative ne dépassant pas 75 %.

4.3.4 Procédure

a) Connecter les bornes de sortie court-circuitées du module à la borne positive d'un dispositif d'essai diélectrique à courant continu disposant d'un limiteur de courant.

b) Connecter les parties métalliques exposées des modules à la borne négative du dispositif d'essai. Si les modules n'ont pas de châssis ou que le châssis est un faible conducteur, envelopper les bords d'une feuille conductrice. Recouvrir d'une feuille conductrice toutes les surfaces polymériques du module (enveloppe avant et arrière, boîte de jonction). Connecter les parties recouvertes de feuille à la borne négative du dispositif d'essai.

   Certaines technologies de modules peuvent être sensibles à la polarisation statique si le module est fixé au châssis à une tension positive. Dans ce cas, la connexion du dispositif d'essai doit être effectuée dans l'autre sens. S'il y a lieu, le constructeur doit fournir les informations relatives à la sensibilité à la polarisation statique.

c) Augmenter la tension appliquée par le dispositif d'essai à raison de 500 V/s jusqu'à une tension maximale de 1 000 V plus deux fois la tension maximale du réseau (voir l'IEC 61215-1). Dans le cas où la tension maximale du réseau n'excède pas 50 V, la tension appliquée doit être de 500 V. La tension est maintenue à cette valeur pendant 1 min.

d) Ramener la tension appliquée à zéro, puis court-circuiter les bornes de l'équipement d'essai afin de décharger la tension produite dans le module.

e) Enlever le court-circuit.

f) Augmenter la tension appliquée par l'équipement d'essai à raison de 500 V/s jusqu'à une tension de 500 V ou jusqu'à la tension maximale du réseau pour le module, selon la valeur la plus grande. Maintenir la tension à ce niveau pendant 2 min, puis mesurer la résistance d'isolement.

g) Ramener la tension appliquée à zéro, puis court-circuiter les bornes de l'équipement d'essai afin de décharger la tension produite dans le module.

h) Enlever le court-circuit et déconnecter l'équipement d'essai du module.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.3.5 Exigences d'essai

a) Il n'existe aucun signe de rupture diélectrique ou de cheminement superficiel lors de l'étape 4.3.4 c).

b) Pour les modules dont la surface est inférieure à 0,1 m^2, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 400 MΩ.

c) Pour les modules dont la surface est supérieure à 0,1 m^2, la résistance d'isolement mesurée par la surface du module ne doit pas être inférieure à 40 MΩ·m^2.

4.4 Mesure des coefficients de température (MQT 04)

Déterminer les coefficients de température du courant (α), de la tension (β) et de la puissance de crête (δ) à partir des mesures de modules spécifiées dans l'IEC 60891. Les coefficients ainsi déterminés sont valables pour l'éclairement sous lequel les mesures ont été effectuées. Voir l'IEC 60904-10 pour l'évaluation des coefficients de température du module à différents niveaux d'éclairement.

NOTE Pour les modules linéaires conformes à l'IEC 60904-10, les coefficients de température sont valables dans une plage d'éclairement à ±30 % de ce niveau.

4.5 Mesure de la température nominale de fonctionnement du module (NMOT) (MQT 05)

4.5.1 Généralités

La puissance des modules PV dépend de la température de la cellule. La température de la cellule est essentiellement affectée par la température ambiante, l'éclairement solaire et la vitesse du vent.

La température nominale de fonctionnement du module (NMOT) est définie comme étant la température de jonction moyenne des cellules solaires à l'équilibre dans un module monté sur une structure dégagée fonctionnant près de la puissance de crête, dans l'environnement de référence normalisé (SRE, *Standard Reference Environment*) suivant:

– Angle d'inclinaison: (37 ± 5)°
– Eclairement total: 800 W/m^2
– Température ambiante: 20 °C
– Vitesse du vent: 1 m/s
– Charge électrique: Une charge résistive aux dimensions telles que le module fonctionnera près de son point de puissance maximale dans les STC ou un dispositif électronique de suivi du point de puissance maximale (MPPT, *Maximum Power Point Tracker*).

NOTE La NMOT s'apparente à l'ancienne NOCT, sauf qu'elle est mesurée avec le module sous puissance maximale plutôt qu'en circuit ouvert. Dans les conditions de puissance maximale, l'énergie (électrique) est tirée du module, ce qui fait que la quantité d'énergie thermique dissipée à travers le module est inférieure par rapport aux conditions de circuit ouvert. Par conséquent, la NMOT est habituellement inférieure de quelques degrés à l'ancienne NOCT.

La NMOT peut être utilisée par le concepteur du système comme une indication de la température à laquelle un module fonctionnera sur site. Il s'agit donc d'un paramètre utile pour comparer les performances des modules de conceptions différentes. Toutefois, à chaque instant, la température réelle de fonctionnement est affectée par la structure du montage, la distance par rapport au sol, l'éclairement, la vitesse du vent, la température ambiante, la température du ciel, les émissions et réflexions du sol et des objets proches. Pour des prévisions de performances exactes, ces facteurs doivent être pris en compte.

Dans le cas des modules non conçus pour être montés sur une structure dégagée, la méthode peut être utilisée pour déterminer la température de jonction moyenne des cellules solaires à l'équilibre dans le SRE, le module étant monté conformément aux recommandations du constructeur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.5.2 Principe

Cette méthode repose sur l'acquisition de données de mesure réelles de la température de module dans une plage de conditions d'environnement incluant le SRE. Les données sont présentées de manière à permettre une interpolation exacte et répétable de la NMOT.

La température de jonction d'une cellule solaire (T_J) est principalement fonction de la température ambiante (T_{amb}), de la vitesse moyenne du vent (v) et de l'éclairement solaire total (G) incident sur la surface active du module. La différence de température (T_J – T_{amb}) est largement indépendante de la température ambiante et est globalement linéairement proportionnelle à l'éclairement pour des niveaux supérieurs à 400 W/m^2.

La température du module est modélisée par: $T_J - T_{amb} = G / (u_0 - u_1 v)$

Les coefficients u_0 et u_1 décrivent respectivement l'influence de l'éclairement et l'impact du vent.

La valeur de NMOT pour T_J est déterminée par la formule modèle ci-dessus, avec T_{amb} = 20 °C, un éclairement G de 800 W/m^2 et une vitesse du vent v de 1 m/s.

4.5.3 Procédure d'essai

Les données de calcul de la NMOT doivent être acquises par la méthode d'essai (Methodology for determining module operating temperature) de l'IEC 61853-2.

NOTE Cet essai peut être réalisé en parallèle avec l'essai d'exposition en site naturel décrit en 4.8.

4.6 Performances dans les STC et à la NMOT (MQT 06)

4.6.1 Objet

Déterminer la variation des performances électriques du module sous charge dans les STC (1 000 W/m^2, température de cellule de 25 °C, avec une répartition de l'éclairement spectral solaire de référence selon l'IEC 60904-3) et à la NMOT (éclairement de 800 W/m^2, température ambiante de 20 °C avec une répartition de l'éclairement spectral solaire de référence selon l'IEC 60904-3). La mesure dans les STC permet de vérifier les informations de la plaque signalétique du module.

4.6.2 Appareillage

a) Une source de rayonnement (éclairement solaire naturel ou simulateur solaire de classe BBA minimum conforme à l'IEC 60904-9).

b) Un dispositif PV de référence conforme à l'IEC 60904-2. Si un simulateur de classe BBA minimum est utilisé, le dispositif de référence doit être un module de référence de la même taille et de la même technologie de cellule pour correspondre à la sensibilité spectrale. Si ce type de dispositif de référence adapté n'est pas disponible, l'une des deux options suivantes doit être utilisée:

   1) un simulateur de classe AAA doit être utilisé, ou

   2) la sensibilité spectrale du module selon l'IEC 60904-8 et la répartition spectrale du simulateur solaire doivent être mesurées et les données du module corrigées conformément à l'IEC 60904-7.

c) Un support approprié pour maintenir le spécimen d'essai et le dispositif de référence dans un plan perpendiculaire au rayon radiant.

d) Un dispositif permettant de contrôler la température du spécimen d'essai et du dispositif de référence avec une exactitude de ±1 °C et une répétabilité de ±0,5 °C.

e) Un appareillage de mesure de courbe I-V conformément à l'IEC 60904-1.

f) Si nécessaire, un équipement permettant de modifier la température du spécimen d'essai à la NMOT définie en 4.5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.6.3 Procédure

4.6.3.1 Mesure dans les STC (MQT 06.1)

Maintenir le module à (25 ± 2) °C et tracer ses caractéristiques courant-tension sous un éclairement de (1 000 ± 100) W/m^2 (mesuré par un dispositif de référence adapté) selon l'IEC 60904-1, en utilisant un éclairement solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9.

Une température de module hors de la plage (25 ± 2) °C peut être corrigée à 25 °C en utilisant les coefficients de température, la série IEC 60904 et l'IEC 60891.

4.6.3.2 Mesure à la NMOT (MQT 06.2)

Chauffer le module uniformément jusqu'à atteindre (NMOT ± 2) °C, puis tracer ses caractéristiques courant-tension sous un éclairement de (800 ± 80) W/m^2 (mesuré par un dispositif de référence adapté) selon l'IEC 60904-1, en utilisant un éclairement solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9.

Une température de module hors de la plage (NMOT ± 2) °C peut être corrigée à la NMOT en utilisant les coefficients de température, la série IEC 60904 et l'IEC 60891.

En 4.6.3.1 et en 4.6.3.2, si le spectre du dispositif de référence n'est pas adapté au module d'essai, calculer la correction de désadaptation des réponses spectrales selon l'IEC 60904-7.

4.7 Performances sous faible éclairement (MQT 07)

4.7.1 Objet

Déterminer la variation des performances électriques du module sous charge à 25 °C et sous un éclairement de 200 W/m^2 (mesuré par un dispositif de référence adapté) selon l'IEC 60904-1, en utilisant un éclairement solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9.

4.7.2 Appareillage

a) Une source de rayonnement (éclairement solaire naturel ou simulateur solaire de classe BBA minimum conforme à l'IEC 60904-9).

b) Equipement nécessaire pour modifier l'éclairement à 200 W/m^2 sans affecter la répartition relative de l'éclairement spectral et l'uniformité spatiale conformément à l'IEC 60904-10.

c) Un dispositif PV de référence conforme à l'IEC 60904-2. Si un simulateur de classe BBA minimum est utilisé, le dispositif de référence doit être un module de référence de la même taille et de la même technologie de cellule pour correspondre à la sensibilité spectrale. Si ce type de dispositif de référence adapté n'est pas disponible, l'une des deux options suivantes doit être utilisée:

   1) un simulateur de classe AAA doit être utilisé, ou

   2) la sensibilité spectrale du module selon l'IEC 60904-8 et la répartition spectrale du simulateur solaire doivent être mesurées et les données du module corrigées conformément à l'IEC 60904-7.

d) Un support approprié pour maintenir le spécimen d'essai et le dispositif de référence dans un plan perpendiculaire au rayon radiant.

e) Un dispositif permettant de contrôler la température du spécimen d'essai et du dispositif de référence avec une exactitude de ±1 °C et une répétabilité de ±0,5 °C.

f) Un appareillage de mesure de courbe I-V conformément à l'IEC 60904-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

4.7.3 Procédure

Déterminer les caractéristiques courant-tension du module à (25 ± 2) °C et sous un éclairement de (200 ± 20) W/m^2 (commandé par un dispositif de référence adapté) selon l'IEC 60904-1, en utilisant un éclairement solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9. L'éclairement doit être réduit au niveau spécifié en utilisant des filtres neutres ou une autre technique qui n'affecte pas la répartition de l'éclairement spectral (voir l'IEC 60904-10 pour obtenir des lignes directrices sur la réduction de l'éclairement sans modifier la répartition de l'éclairement spectral).

Une température de module hors de la plage (25 ± 2) °C peut être corrigée à 25 °C en utilisant les coefficients de température, la série IEC 60904 et l'IEC 60891.

4.8 Essai d'exposition en site naturel (MQT 08)

4.8.1 Objet

Procéder à une évaluation préliminaire de l'aptitude du module à supporter une exposition dans des conditions de site naturel, et révéler les effets d'une dégradation synergétique qui peuvent ne pas être détectés par des essais en laboratoire.

4.8.2 Appareillage

a) Une structure dégagée pour maintenir le ou les modules d'essai et le moniteur d'éclairement solaire de la manière spécifiée. La structure doit être conçue pour minimiser la conduction thermique dégagée par les modules et pour interférer aussi peu que possible avec le libre rayonnement de chaleur provenant de leurs faces avant et arrière.

   Si les modules ne sont pas conçus pour être montés sur une structure dégagée, le ou les modules d'essai doivent être montés conformément aux recommandations du constructeur.

b) Un moniteur d'éclairement solaire exact à ±5 %, monté dans le plan du ou des modules à 0,3 m du dispositif d'essai.

c) Des dispositifs pour monter le module, conformément aux recommandations du constructeur, dans le même plan que le moniteur d'éclairement.

d) Une charge résistive aux dimensions telles que le module fonctionnera près de son point de puissance maximale ou un dispositif électronique de suivi du point de puissance maximale (MPPT).

4.8.3 Procédure

a) Le ou les modules d'essai doivent être placés perpendiculairement à la latitude locale ±5°. Noter l'angle d'inclinaison du module d'essai dans le rapport d'essai.

b) Fixer la charge résistive ou le dispositif électronique de suivi du point de puissance maximale au module, puis installer le module dans des conditions de site naturel conformément aux recommandations du constructeur, dans le même plan que le moniteur d'éclairement. Des dispositifs de protection contre les échauffements localisés recommandés par le constructeur doivent être installés avant de soumettre le module à l'essai.

c) Exposer le module à un éclairement d'au moins 60 kWh/m^2, mesuré par le moniteur, dans des conditions conformes aux climats généraux à l'air libre définis dans l'IEC 60721-2-1.

L'exposition en site naturel et la détermination de la NMOT peuvent être réalisées simultanément sur le même module. Dans ce cas, suivre la procédure de montage de l'IEC 61853-2.

4.8.4 Mesures finales

Répéter les essais MQT 01 et MQT 15.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:ed 1.0:2016

4.8.5 Exigences

a) Il n'existe aucun signe de défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

b) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

4.9 Essai de tenue à l'échauffement localisé (MQT 09)

4.9.1 Objet

Déterminer l'aptitude du module à supporter les effets d'un échauffement localisé dus, par exemple, à la fusion d'une soudure ou à la détérioration de l'encapsulant. Ce défaut pourrait être provoqué par des cellules défectueuses, incompatibles ou obturées. Bien que la température absolue et la perte de puissance relative ne constituent pas des critères pour cet essai, les conditions d'échauffement localisé les plus défavorables sont utilisées pour garantir la sécurité de la conception.

4.9.2 Effet de l'échauffement localisé

L'échauffement localisé d'un module se produit lorsque son courant de fonctionnement excède le courant de court-circuit (I_{sc}) réduit d'une cellule ou d'un groupe de cellules obturé ou défectueux. Lorsqu'une telle condition survient, la cellule ou le groupe de cellules affectées se retrouvent polarisées en inverse et doivent dissiper de la puissance, ce qui peut entraîner un échauffement.

Si la puissance dissipée est suffisamment élevée ou localisée, la ou les cellules polarisées en inverse peuvent s'échauffer, donnant ainsi lieu – selon la technologie utilisée – à une fusion de la soudure, une détérioration de l'encapsulant, une détérioration de l'enveloppe avant et/ou arrière ou une fissuration du superstrat, du substrat et/ou du verre protecteur. La bonne utilisation des diodes de dérivation peut empêcher les dommages résultant d'un échauffement localisé.

Les caractéristiques inverses des cellules solaires peuvent varier considérablement. Les cellules peuvent faire l'objet soit d'un shunt d'essai élevé lorsque les performances inverses sont limitées par la tension, soit d'un shunt d'essai faible lorsque les performances inverses sont limitées par le courant. Chacun de ces types de cellules peut, de manière différente, être confronté à des problèmes d'échauffement localisé.

Cellules à faible shunt d'essai:

- Les conditions d'obturation les moins favorables lorsque l'intégralité (ou une grande partie) de la cellule est obturée.
- Souvent, les cellules à faible shunt d'essai se présentent ainsi à cause de shunts localisés. Dans ce cas, un échauffement localisé se produit, car une grande quantité de courant traverse une zone réduite. Compte tenu de ce phénomène localisé, ce type de cellule présente un risque élevé de dispersion des performances. Les cellules dont le shunt d'essai est le plus faible présentent une forte probabilité de fonctionner à des températures excessivement élevées en cas de polarisation inverse.
- L'échauffement étant localisé, les défaillances résultant d'un échauffement localisé des cellules à faible shunt d'essai se produisent rapidement.

Le principal problème technique consiste à identifier les cellules dont le shunt d'essai est le plus faible, puis à déterminer les conditions d'obturation les moins favorables pour ces cellules. Ce processus dépend de la technologie et sera abordé dans les parties de la présente norme spécifiques à la technologie.

Cellules à shunt d'essai élevé:

- Les conditions d'obturation les moins favorables se produisent lorsque la cellule est partiellement obturée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

- Le claquage de la jonction et les températures élevées se produisent plus rarement. Il faut que l'obturation demeure en place pendant un certain temps avant de produire un échauffement localisé le moins favorable.

4.9.3 Classification des interconnexions de cellules

Cas S: Connexion en série de toutes les cellules dans une seule chaîne (ou branche). Voir Figure 1.

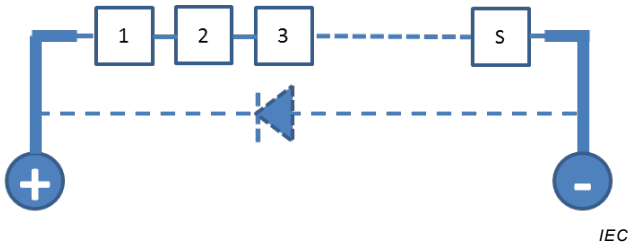


Figure 1 – Cas S, connexion série avec diode de dérivation facultative

Cas PS: Connexion parallèle-série, c'est-à-dire une connexion en série de blocs (S), où chaque bloc est composé d'une connexion en parallèle d'un certain nombre de cellules (P). Voir Figure 2.

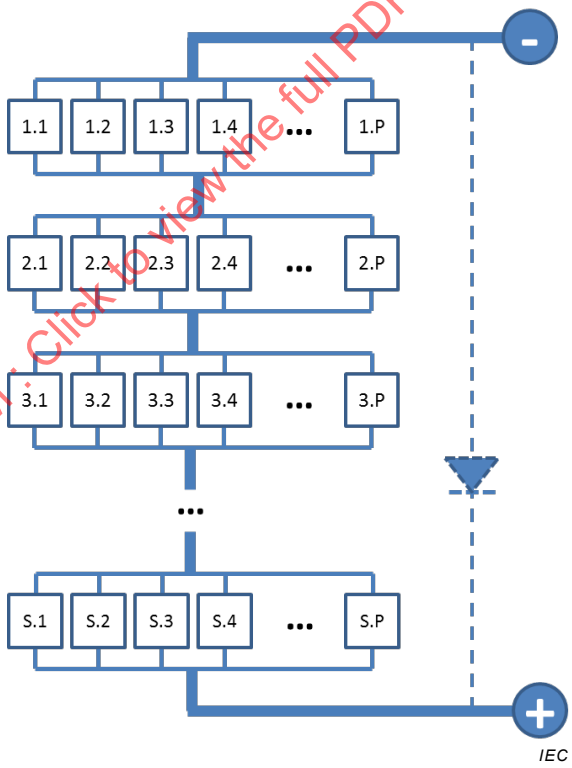


Figure 2 – Cas PS, connexion parallèle-série avec diode de dérivation facultative

Cas SP: Connexion série-parallèle, c'est-à-dire une connexion en parallèle de blocs (P), où chaque bloc est composé d'une connexion en série d'un certain nombre de cellules (S). Voir Figure 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

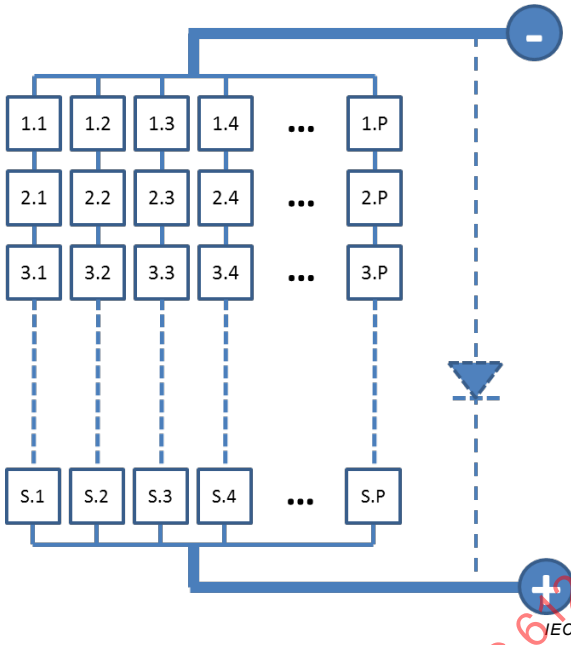


Figure 3 – Cas SP, connexion série-parallèle avec diode de dérivation facultative

Chaque configuration exige une procédure particulière d'essai de tenue à l'échauffement localisé.

4.9.4 Appareillage

a) Une source de rayonnement: Eclairement solaire naturel, ou simulateur solaire à éclairement continu de classe BBB minimum conforme à l'IEC 60904-9 produisant un éclairement de (1 000 ± 100) W/m^2.

b) Un traceur de courbe I-V de module.

c) Un équipement pour la mesure de courant.

d) Des caches opaques pour obturer les cellules d'essai conformément aux parties de l'IEC 61215 spécifiques à la technologie.

e) Un détecteur de température approprié (préférentiellement une caméra infrarouge) pour mesurer et enregistrer les températures de module.

f) Un équipement pour enregistrer les niveaux d'éclairement, la valeur intégrée de l'éclairement et la température ambiante.

Eventuellement pour les cellules plus sensibles à l'échauffement localisé, un simulateur pulsé de classe BBB minimum conforme à l'IEC 60904-9 avec un éclairement compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 pour mesurer les performances I-V peut être utilisé.

4.9.5 Procédure

4.9.5.1 Généralités

Selon la technologie de cellule solaire et le procédé de fabrication utilisés, il existe deux procédures. L'essai MQT 09.1 s'applique habituellement aux technologies basées sur des wafers (WBT, *Wafer-Based Technologies*) comme le silicium cristallin normalisé. La procédure MQT 09.2 s'applique aux technologies à couches minces à intégration monolithique (MLI, *MonoLithically Integrated*) les plus répandues (CdTe, CIGS, a-Si).

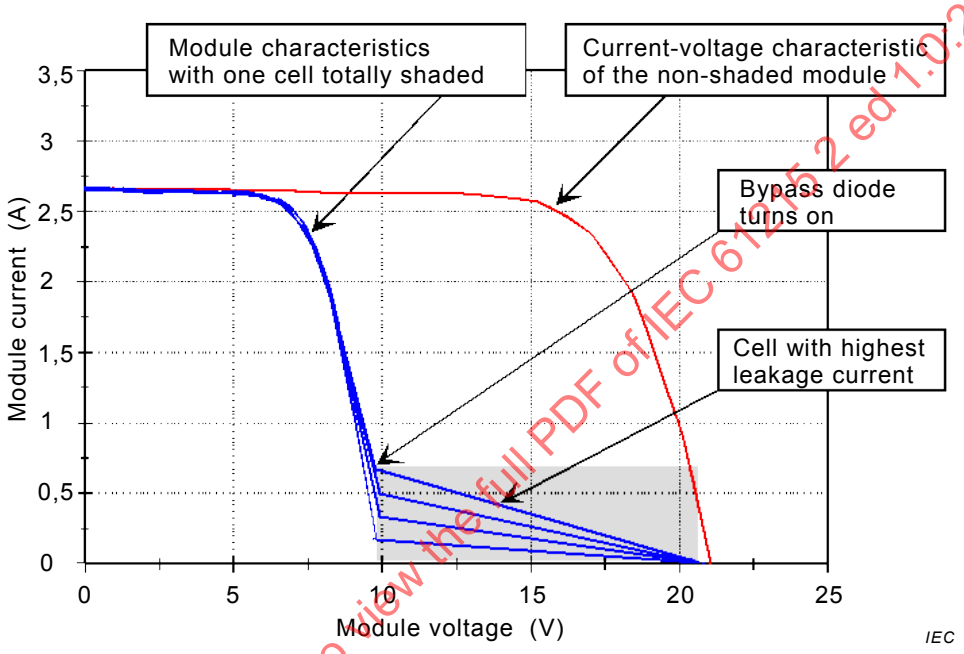
4.9.5.2 Procédure pour les technologies basées sur des wafers MQT 09.1

Si les diodes de dérivation sont amovibles, les cellules à shunts localisés peuvent être identifiées en appliquant une polarisation inverse à la chaîne de cellules et en utilisant une

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed 1.0:2016

caméra infrarouge pour observer les échauffements localisés. Si le circuit du module est accessible, la circulation du courant à travers la cellule obturée peut être contrôlée directement. Si les modules PV à soumettre à l'essai ne comportent pas de diodes amovibles ou de circuits électriques accessibles, la méthode non intrusive suivante peut être utilisée.

L'approche sélectionnée repose sur la prise en compte d'un ensemble de courbes I-V pour un module dont chaque cellule est tout à tour obturée. La Figure 4 représente l'ensemble de courbes I-V obtenu pour un échantillon de module. La courbe présentant le courant de fuite le plus élevé au point d'activation de la diode a été prise en compte lors de l'obturation de la cellule présentant le shunt d'essai le plus faible. La courbe présentant le courant de fuite le plus faible au point d'activation de la diode a été prise en compte lors de l'obturation de la cellule présentant le shunt d'essai le plus élevé.



Anglais	Français
Module current (A)	Courant du module (A)
Module voltage (V)	Tension du module (V)
Module characteristics with one cell totally shaded	Caractéristiques d'un module doté d'une cellule totalement obturée
Current-voltage characteristic of the non-shaded module	Caractéristiques courant-tension du module non obturé
Bypass diode turns on	Activation de la diode de dérivation
Cell with highest leakage current	Cellule présentant le courant de fuite le plus élevé

Figure 4 – Caractéristiques I-V d'un module doté de cellules totalement obturées

Utiliser la procédure suivante pour identifier les cellules sensibles aux échauffements localisés:

a) Exposer le module non obturé à la source de rayonnement entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2. Pour ce faire, utiliser:

- Un simulateur pulsé dont la température de module sera proche de la température ambiante (25 ± 5) °C.
- Un simulateur à éclairement continu dont la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.
- Un éclairement solaire pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

Après stabilisation thermique, mesurer les caractéristiques I-V du module et déterminer le courant à la puissance maximale I_{MP1} (performances initiales P_{MP1}).

b) Obturer totalement chaque cellule l'une après l'autre, mesurer la courbe I-V obtenue et préparer un ensemble de courbes s'apparentant à celles de la Figure 4.

NOTE Dans le cas SP, la déformation de la courbe I-V du module est ajoutée à la courbe I-V sectionnelle de la sous-section parallèle entièrement illuminée, et ne commence donc pas à V_{oc}.

c) Sélectionner la cellule adjacente au bord présentant le shunt d'essai le plus faible, celle présentant le courant de fuite le plus élevé.

d) Sélectionner les deux cellules aux shunts d'essai les plus faibles, en plus de la cellule sélectionnée à l'étape c), celles présentant le courant de fuite le plus élevé.

e) Sélectionner la cellule présentant le shunt d'essai le plus élevé.

f) Procédure d'essai des cellules:

Pour chacune des cellules sélectionnées, déterminer les conditions d'obturation les moins favorables selon l'une des méthodes ci-dessous.

1) Si le circuit de la cellule est accessible, court-circuiter le module et fixer l'équipement de mesure du courant de sorte qu'il ne mesure que le courant circulant dans la chaîne de cellules à l'essai. Exposer le module à un éclairement continu compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2. Obturer chacune des cellules d'essai et déterminer le niveau d'obturation, où le courant à travers la cellule obturée coïncide avec la valeur I_{MP1} non obturée déterminée en a). Il s'agit de la condition d'obturation la moins favorable pour cette cellule.

2) Si le circuit de cellules n'est pas accessible, prendre un ensemble de courbes I-V avec les cellules d'essai obturées à différents niveaux tels que représentées à la Figure 5. Déterminer la condition d'obturation la moins favorable, qui survient lorsque le courant à travers la cellule obturée (c'est-à-dire le point où la diode de dérivation s'active) coïncide avec la valeur I_{MP1} non obturée initiale déterminée en a), comme la courbe c) à la Figure 5.

3) Obturer tour à tour chacune des cellules d'essai sélectionnées à 100 %, puis mesurer la température de cellule. Diminuer l'obturation de 10 %. Si la température diminue de 100 %, l'obturation génère la condition la moins favorable. Si la température augmente ou reste stable, continuer à diminuer l'obturation de 10 % jusqu'à ce que la température diminue. Revenir en arrière et utiliser le niveau d'obturation précédent comme étant le moins favorable.

4) Pour le cas SP, si la diode de dérivation ne s'active pas lorsque la cellule sélectionnée est entièrement obturée, la condition d'échauffement localisé la moins favorable obture totalement la cellule. Si la diode de dérivation s'active lorsque la cellule sélectionnée est entièrement obturée, utiliser la procédure donnée en f) 2) ou en f) 3) afin de déterminer la condition d'obturation la moins favorable,

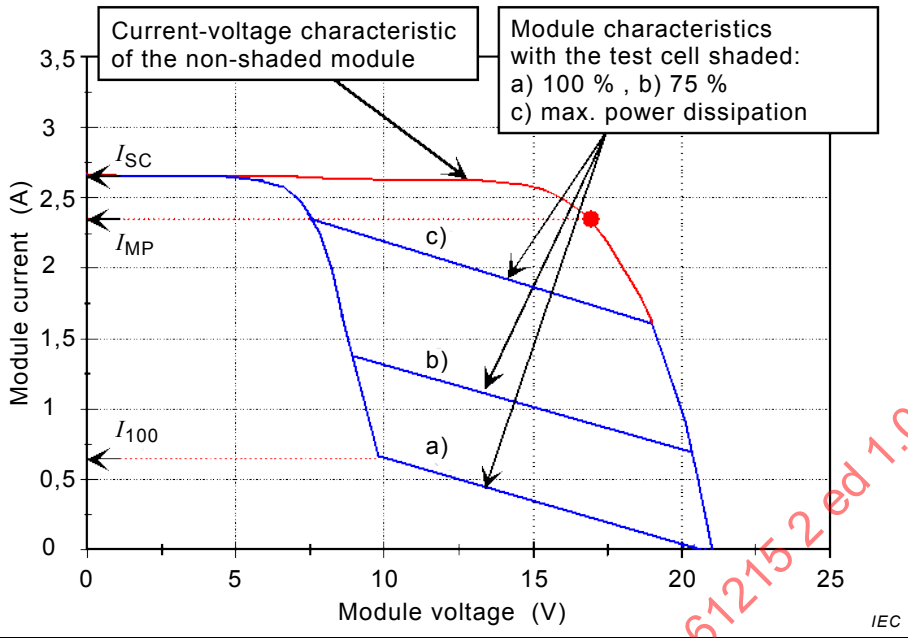
5) Sélectionner la cellule choisie en c). Utiliser la caméra infrarouge pour déterminer le point le plus chaud de la cellule lorsqu'elle est obturée à 100 %. Obturer cette cellule selon la condition la moins favorable déterminée en f) 1) à f) 4). Court-circuiter le module. Dans la mesure du possible, vérifier que ce point le plus chaud se trouve dans la zone éclairée.

g) Obturer chaque cellule sélectionnée selon la condition la moins favorable déterminée en f).

h) Court-circuiter le module. Exposer le module à (1 000 ± 100) W/m^2. Cet essai doit être réalisé à une température de module comprise dans la plage (50 ± 10) °C.

i) Maintenir la condition d'obturation la moins favorable déterminée en f) pendant 1 h pour chacune des cellules sélectionnées. Si la température de la cellule obturée augmente toujours au bout de 1 h, poursuivre pendant un temps d'exposition total de 5 h.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016



Anglais	Français
Module current (A)	Courant du module (A)
Module voltage (V)	Tension du module (V)
Current-voltage characteristic of the non-shaded module	Caractéristiques courant-tension du module non obturé
Module characteristics with the test cell shaded: a) 100 % b) 75 % c) max. power dissipation	Caractéristiques d'un module avec la cellule d'essai obturée: a) 100 % b) 75 % c) dissipation de puissance maximale

Figure 5 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux

4.9.5.3 Procédure pour les technologies à couches minces à intégration monolithique MQT 09.2

4.9.5.3.1 Généralités

L'essai de tenue à l'échauffement localisé est réalisé avec le module exposé à un éclairement compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2.

NOTE Habituellement, le circuit d'interconnexion des cellules à couches minces à intégration monolithique montées en série ne comporte aucune diode de dérivation. Par conséquent, la tension inverse des cellules obturées n'est pas limitée et la tension du module peut polariser en inverse un groupe de cellules.

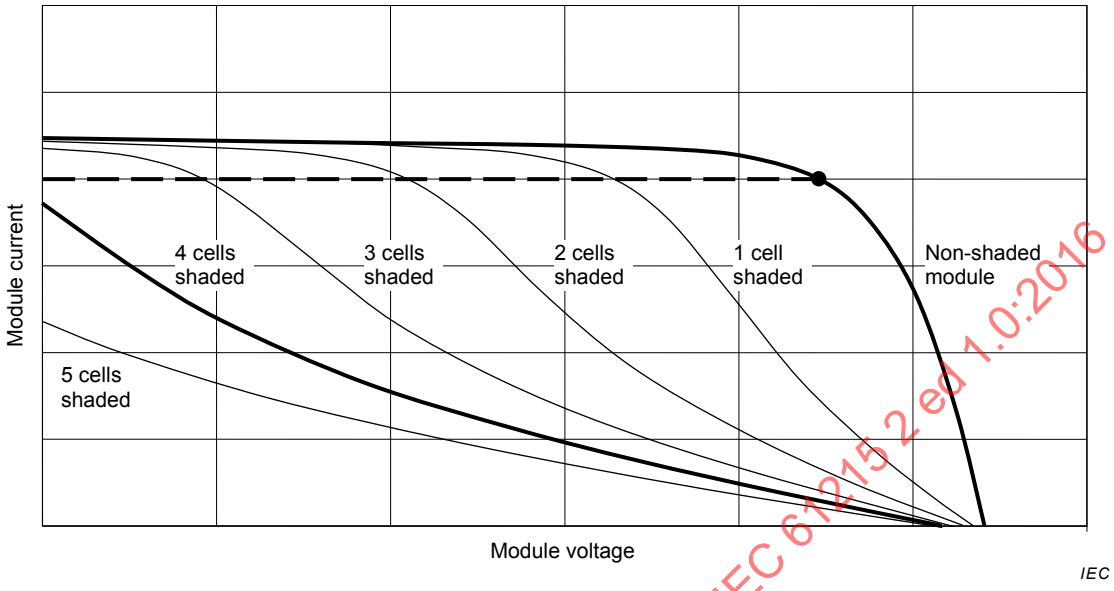
Une obturation prolongée peut déjà avoir un impact négatif sur les performances électriques d'un module à couches minces à intégration monolithique. Il faut veiller à faire une distinction claire entre les effets causés par les conditions les moins favorables et l'essai de tenue à l'échauffement localisé. Les valeurs de P_{max1}, P_{max2} et P_{max3} sont collectées à cette fin.

4.9.5.3.2 Cas S

La Figure 6 représente l'effet de l'échauffement localisé dans un module à couches minces à intégration monolithique composé de cellules montées en série, lorsqu'un nombre différent de cellules est complètement obturé. La quantité de puissance dissipée dans les cellules obturées est égale au produit du courant dans le module et de la tension inverse qui apparaît dans le groupe de cellules obturées. Pour n'importe quel niveau d'éclairement, la puissance maximale est dissipée lorsque la tension inverse traversant les cellules obturées est égale à

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

la tension produite par les cellules éclairées restantes dans le module (condition d'obturation la moins favorable). C'est notamment le cas lorsque le courant de court-circuit du module obturé est égal au courant à la puissance maximale du module non obturé.



NOTE Dans cet exemple, la condition d'obturation la moins favorable obture les 4 cellules simultanément.

Anglais	Français
Module current	Courant du module
Module voltage	Tension du module
cell(s) shaded	cellule(s) obturée(s)
Non-shaded module	Module non obturé

Figure 6 – Effet de l'échauffement localisé dans un module à couches minces à intégration monolithique composé de cellules montées en série

Les étapes a) à g) montrent de meilleurs résultats si un simulateur pulsé ou un éclairage non continu est utilisé à la place d'un simulateur solaire à éclairement continu ou d'un éclairement solaire naturel. Pour la détermination de la taille et de l'emplacement de la surface obturée, l'utilisation de sources de lumière non continue diminue le risque d'endommagement du module avant l'exposition prolongée aux étapes i), j) et k).

a) A l'aide d'un simulateur pulsé ou à éclairement continu dont la température de module sera proche de la température ambiante (25 ± 5) °C, exposer le module non obturé à un éclairement total compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 à la surface du module. Un simulateur à éclairement continu ou un éclairement solaire peut également être utilisé pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures. Après stabilisation thermique, mesurer les caractéristiques I-V du module et déterminer la plage de courant à la puissance maximale ($I_{min} < I < I_{max}$), où $P > 0{,}99\ P_{max1}$ (puissance du module mesurée après préconditionnement).

b) Court-circuiter le module et observer le courant de court-circuit.

c) En commençant par un bord du module, utiliser un cache opaque pour obturer une cellule complètement. Déplacer le cache parallèlement aux cellules et agrandir la surface obturée du module (nombre de cellules obturées) jusqu'à ce que le courant de court-circuit se situe dans la plage de courant à la puissance maximale du module non obturé. Dans ces conditions, la puissance maximale est dissipée dans le groupe sélectionné de cellules (voir Figure 6).

d) Déplacer un cache opaque (aux dimensions données en c) ci-dessus) lentement au-dessus du module et observer le courant de court-circuit du module. Si, à une certaine

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

position, le courant de court-circuit se retrouve à l'extérieur de la plage de courant à la puissance maximale du module non obturé, diminuer la taille du cache par petits incréments jusqu'à ce que la condition de courant à la puissance maximale soit atteinte. Pendant ce processus, l'éclairement ne doit pas varier de plus de ±2 %.

e) La largeur finale du cache détermine la surface d'obturation minimale qui donne lieu à la condition d'obturation la moins favorable. Il s'agit de la surface obturée à utiliser pour l'essai de tenue à l'échauffement localisé.

f) Retirer le cache et examiner le module à l'œil nu.

NOTE La polarisation inverse des cellules aux étapes c) et d) peut donner lieu à un claquage de la jonction et produire des taches visibles irrégulières à la surface du module. Ces défauts peuvent entraîner une dégradation de la puissance de sortie maximale.

g) Mesurer à nouveau les caractéristiques I-V du module et déterminer le courant à la puissance maximale P_{max2}.

h) Placer le cache à la surface du module candidat et court-circuiter le module.

i) Exposer le module à une source de rayonnement continu produisant un éclairement total de (1 000 ± 100) W/m^2 à la surface du module. Pour ce faire, utiliser:

- Un simulateur à éclairement continu dont la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.
- Un éclairement solaire pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

Cet essai doit être réalisé à une température de module comprise dans la plage (50 ± 10) °C. Noter la valeur de I_{sc} et maintenir le module dans la condition de puissance dissipée maximale. Si nécessaire, réajuster l'obturation pour maintenir la valeur I_{sc} dans les limites du niveau spécifié déterminé à l'étape a).

j) Maintenir ces conditions pendant un temps d'exposition total de 1 h.

k) A l'issue de l'essai de tenue, déterminer la zone la plus chaude des cellules obturées en utilisant une caméra infrarouge ou un détecteur de température approprié.

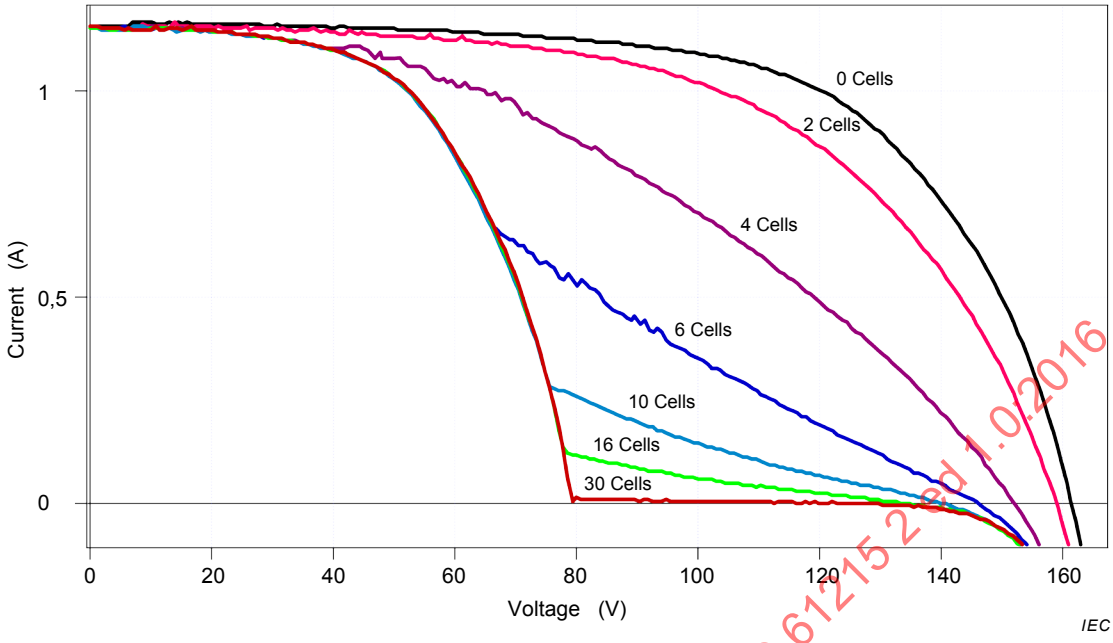
4.9.5.3.3 Cas SP

La Figure 3 représente une connexion série-parallèle, autrement dit une connexion parallèle de chaînes P avec des cellules S montées en série.

Si les diodes de dérivation sont amovibles, les cellules à shunts localisés peuvent être identifiées en appliquant une polarisation inverse à la chaîne de cellules et en utilisant une caméra infrarouge pour observer les échauffements localisés. Si le circuit du module est accessible, la circulation du courant à travers la cellule obturée peut être contrôlée directement. Toutefois, la plupart des modules PV actuels ne sont pas dotés de diodes amovibles ou de circuits électriques accessibles. Par conséquent, cela nécessite une méthode non intrusive pouvant être utilisée sur ces modules.

L'approche sélectionnée repose sur la prise en compte d'un ensemble de courbes I-V pour un module dont chaque cellule est tout à tour obturée. La Figure 7 représente l'ensemble de courbes I-V obtenu pour un échantillon de module. La courbe présentant le courant de fuite le plus élevé au point d'activation de la diode a été prise en compte lors de l'obturation de la cellule présentant le shunt d'essai le plus faible. La courbe présentant le courant de fuite le plus faible au point d'activation de la diode a été prise en compte lors de l'obturation de la cellule présentant le shunt d'essai le plus élevé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016



NOTE 1 Le nombre de cellules obturées dépendra de la technologie de cellule, de l'efficacité et du nombre de cellules en série (dans cet exemple, le module contient ~200 cellules ainsi que 2 diodes de dérivation).

NOTE 2 Les oscillations observées sur les courbes "4 cellules" et "6 cellules" constituent une réponse du module dans les cas où des points minuscules ont été créés. Ce phénomène dépendra également de la technologie de cellule.

Anglais	Français
Module current (A)	Courant du module (A)
Module voltage (V)	Tension du module (V)
cells	cellules

Figure 7 – Caractéristiques I-V d'un module avec différentes cellules totalement obturées dans une conception de module comportant des diodes de dérivation

4.9.5.3.4 Cas SP avec circuit de cellules inaccessible et protection interne à polarisation inverse

Si un module du type série-parallèle (cas SP) possède un circuit de cellules internes inaccessible et des diodes de dérivation internes ou un dispositif équivalent de protection à polarisation inverse qui ne peut pas être contourné, la méthode suivante doit être utilisée pour sélectionner la ou les cellules à obturer et déterminer la condition d'obturation la moins favorable.

a) Exposer le module non obturé à une source de rayonnement produisant un éclairement total compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 à la surface du module. Pour ce faire, utiliser:

- Un simulateur pulsé dont la température de module sera proche de la température ambiante (25 ± 5) °C.
- Un simulateur à éclairement continu dont la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.
- Un éclairement solaire pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

Après stabilisation thermique, mesurer les caractéristiques I-V du module et déterminer le courant à la puissance maximale I_{MP1} et la puissance maximale P_{max1}.

b) Obturer totalement chaque cellule l'une après l'autre, mesurer la courbe I-V obtenue et préparer un ensemble de courbes s'apparentant à celles de la Figure 7.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2:2016 Ed 1.0

Dans le cas SP, la déformation de la courbe I-V du module est ajoutée à la courbe I-V sectionnelle de la sous-section parallèle entièrement illuminée, et ne commence donc pas à V_{oc}.

c) Sélectionner la cellule adjacente au bord présentant le shunt d'essai le plus faible, celle présentant le courant de fuite le plus élevé.

d) Sélectionner les deux cellules aux shunts d'essai les plus faibles (en plus de la cellule sélectionnée à l'étape c) ci-dessus), celles présentant le courant de fuite le plus élevé.

e) Sélectionner la cellule présentant le shunt d'essai le plus élevé.

f) Pour chacune des cellules sélectionnées, déterminer les conditions d'obturation les moins favorables selon l'une des méthodes ci-dessous.

- Prendre un ensemble de courbes I-V avec les cellules d'essai obturées à différents niveaux tels que représentées à la Figure 8. Déterminer la condition d'obturation la moins favorable, qui survient lorsque le courant à travers la cellule obturée (c'est-à-dire le point où la diode de dérivation s'active) coïncide avec la valeur I_{MP1} non obturée initiale déterminée en a), comme la courbe c) à la Figure 5.
- Exposer le module à une source de rayonnement continu produisant un éclairement total compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 à la surface du module. Obturer tour à tour chacune des cellules d'essai sélectionnées à 100 %, puis mesurer la température de cellule à l'aide de la caméra infrarouge. Diminuer l'obturation de 10 %. Si la température diminue de 100 %, l'obturation génère la condition la moins favorable. Si la température augmente ou reste stable, continuer à diminuer l'obturation de 10 % jusqu'à ce que la température diminue. Revenir en arrière et utiliser le niveau d'obturation précédent comme étant le moins favorable.

g) Sélectionner la cellule choisie en c). Utiliser la caméra infrarouge pour déterminer le point le plus chaud de la cellule lorsqu'elle est obturée à 100 %. Obturer cette cellule selon la condition la moins favorable déterminée en f). Court-circuiter le module. Dans la mesure du possible, vérifier que ce point le plus chaud se trouve dans la zone éclairée.

h) Exposer à nouveau le module à (1 000 ± 100) W/m^2. Cet essai doit être réalisé à une température de module comprise dans la plage (50 ± 10) °C.

i) Maintenir cette condition pendant un temps d'exposition total de 1 h.

j) A l'issue de la période, déterminer la zone la plus chaude de la cellule obturée en utilisant une caméra infrarouge ou un détecteur de température approprié.

k) Répéter les étapes f) à j) pour les 2 autres cellules sélectionnées à l'étape d).

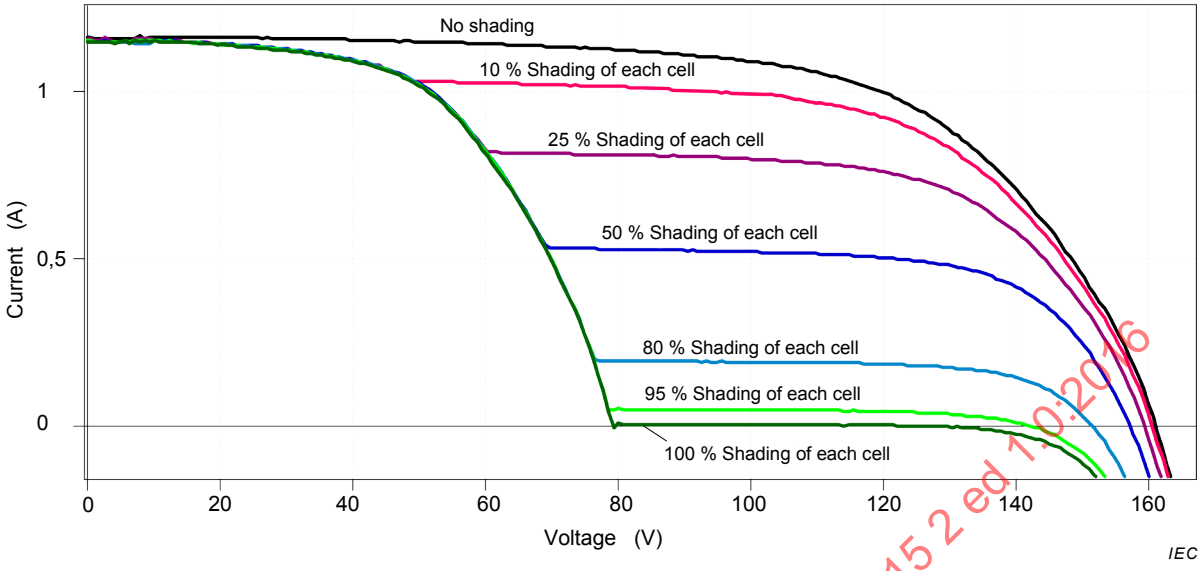
l) Sélectionner la cellule choisie à l'étape e). Obturer la cellule à la condition la moins favorable déterminée en f). Court-circuiter le module.

m) Exposer à nouveau le module à (1 000 ± 100) W/m^2. Cet essai doit être réalisé à une température de module comprise dans la plage (50 ± 10) °C.

n) Maintenir la condition pendant 1 h et observer la température de la cellule obturée. Si la température de la cellule obturée augmente toujours au bout de 1 h, poursuivre pendant un temps d'exposition total de 5 h.

o) A l'issue de la période, déterminer la zone la plus chaude de la cellule obturée en utilisant une caméra infrarouge ou un détecteur de température approprié.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016



Anglais	Français
Module current (A)	Courant du module (A)
Module voltage (V)	Tension du module (V)
No shading	Pas d'obturation
% shading of each cell	% d'obturation de chaque cellule

Figure 8 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux dans une conception de module comportant des diodes de dérivation

4.9.5.3.5 Cas SP avec circuit de cellules inaccessible, sans protection à polarisation inverse

Si un module du type série-parallèle (cas SP) possède un circuit de cellules internes inaccessible, mais ne comporte pas de diodes de dérivation internes ni de dispositif équivalent de protection à polarisation inverse, la méthode suivante doit être utilisée pour sélectionner la ou les cellules à obturer et déterminer la condition d'obturation la moins favorable.

Les étapes a) à i) montrent de meilleurs résultats si un simulateur pulsé ou un éclairage non continu est utilisé à la place d'un simulateur solaire à éclairement continu ou d'un éclairement solaire naturel. Pour la détermination de la taille et de l'emplacement de la surface obturée, l'utilisation de sources de lumière non continue diminue le risque d'endommagement du module avant l'exposition prolongée aux étapes j), k) et l).

a) A l'aide d'un simulateur pulsé ou à éclairement continu dont la température de module sera proche de la température ambiante (25 ± 5) °C, exposer le module non obturé à un éclairement total compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 à la surface du module. Un simulateur à éclairement continu ou un éclairement solaire peut également être utilisé pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

b) Après stabilisation thermique, mesurer les caractéristiques I-V du module et déterminer la plage de courant à la puissance maximale ($I_{min} < I < I_{max}$), où $P > 0{,}99\ P_{max1}$.

c) Calculer ensuite la plage de courant à la puissance maximale à appliquer $I(*)$ conformément à la formule suivante.

$$I_{min} / P + I_{sc} \cdot (P - 1) / P < I(*) < I_{max} / P + I_{sc} \cdot (P - 1) / P$$

où

P est le nombre de chaînes parallèles du module.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

d) Court-circuiter le module et observer le courant de court-circuit.

e) En commençant par un bord d'une chaîne du module, utiliser un cache opaque pour obturer une cellule complètement. Déplacer le cache parallèlement aux cellules et agrandir la surface obturée du module (nombre de cellules obturées) jusqu'à ce que le courant de court-circuit se situe dans la plage de courant à la puissance maximale I (*) du module non obturé. Dans ces conditions, la puissance maximale est dissipée dans le groupe sélectionné de cellules.

f) Découper le cache opaque aux dimensions obtenues expérimentalement.

g) Déplacer le cache lentement au-dessus du module et observer le courant de court-circuit du module. Si, à une certaine position, le courant de court-circuit se retrouve à l'extérieur de la plage de courant à la puissance maximale I (*) du module non obturé, découper le cache par petits incréments jusqu'à ce que la condition de courant à la puissance maximale soit atteinte. Pendant ce processus, l'éclairement ne doit pas varier de plus de ±2 %.

h) Mesurer à nouveau les caractéristiques I-V du module et déterminer le courant à la puissance maximale P_{max2}.

i) Placer le cache à la surface du module candidat et court-circuiter le module.

j) Exposer le module à une source de rayonnement continu produisant un éclairement total de (1 000 ± 100) W/m^2 à la surface du module. Pour ce faire, utiliser:

- Un simulateur à éclairement continu dont la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.
- Un éclairement solaire pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

Cet essai doit être réalisé à une température de module comprise dans la plage (50 ± 10) °C.

k) Observer la valeur de I_{sc} et maintenir le module dans la condition de puissance dissipée maximale en veillant à ce que I_{sc} demeure dans la plage I (*) obtenue à l'étape c). Si nécessaire, réajuster l'obturation pour maintenir I_{sc} dans cette plage I (*).

l) Maintenir ces conditions pendant un temps d'exposition total de 1 h.

m) A l'issue de l'essai de tenue, déterminer la zone la plus chaude des cellules obturées en utilisant une caméra infrarouge ou un détecteur de température approprié.

4.9.5.3.6 Cas PS

a) Exposer le module non obturé à un éclairement total compris entre 800 W/m^2 et 1 000 W/m^2 à la surface du module. Pour ce faire, utiliser:

- Un simulateur pulsé dont la température de module sera proche de la température ambiante (25 ± 5) °C.
- Un simulateur à éclairement continu dont la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.
- Un éclairement solaire pour les cas, où la température de module doit être stabilisée à ±5 °C avant de commencer les mesures.

Après stabilisation thermique, mesurer les caractéristiques I-V du module et déterminer la puissance maximale P_{max1}.

b) Exposer le module à une source de rayonnement continu produisant un éclairement total de (1 000 ± 100) W/m^2 à la surface du module.

c) Court-circuiter le module et obturer au hasard au moins 10 % des blocs parallèles dans le module, obturer progressivement la surface du bloc jusqu'à ce que la température maximale soit déterminée en utilisant un équipement d'imagerie thermique ou tout autre dispositif approprié.

d) Mesurer à nouveau les caractéristiques I-V du module non obturé et déterminer le courant à la puissance maximale P_{max2}.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

e) Appliquer l'obturation déterminée à l'étape c) et maintenir ces conditions pendant un temps d'exposition total de 1 h.

A l'issue de l'essai de tenue, déterminer la zone la plus chaude des cellules obturées en utilisant une caméra infrarouge ou un détecteur de température approprié.

4.9.6 Mesures finales

Répéter les essais MQT 01, MQT 02, MQT 03 et MQT 15.

4.9.7 Exigences

a) Il n'est permis aucun défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1. Rechercher en particulier des signes de fusion de soudure, d'ouvertures dans l'enveloppe, de décollements interlaminaires et de taches de brûlure. En présence de dommages sérieux non qualifiés de défauts visuels majeurs, répéter l'essai sur deux autres cellules du même module. Si aucun dommage visible n'est constaté autour des deux cellules, le type de module satisfait à l'essai de tenue à l'échauffement localisé.

b) Vérifier que le module présente les caractéristiques électriques d'un dispositif photovoltaïque fonctionnel. L'essai MQT 02 ne constitue pas une exigence d'acceptation/de rejet (Point) pour la perte de puissance.

c) La résistance d'isolement doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

d) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

e) Tout dommage résultant de la détermination de la condition d'obturation la moins favorable doit être indiqué dans le rapport d'essai.

4.10 Essai de préconditionnement aux UV (MQT 10)

4.10.1 Objet

Préconditionner le module aux rayonnements ultra-violets (UV) avant les essais de cycle thermique/humidité-gel afin d'identifier les matériaux et collages susceptibles d'être dégradés par les UV.

4.10.2 Appareillage

a) Une chambre d'essai à régulateur thermique avec une fenêtre ou des fixations pour une source lumineuse à rayonnements UV et le ou les modules à l'essai. La chambre doit être capable de maintenir la température du module à (60 ± 5) °C.

b) Un dispositif permettant de mesurer et d'enregistrer la température du module avec une exactitude de ±2,0 °C et une répétabilité de ±0,5 °C. Les capteurs de température doivent être fixés sur la face avant ou arrière du module, près de son centre, sans gêner la lumière UV incidente sur les cellules actives à l'intérieur du module. Si plusieurs modules sont soumis à essai simultanément, il suffira d'enregistrer la température d'un échantillon représentatif.

c) Une instrumentation capable de mesurer l'éclairement de la lumière UV produite par la source lumineuse à rayonnements UV dans le plan d'essai du ou des modules, dans les plages de longueurs d'onde de 280 nm à 320 nm et de 320 nm à 400 nm avec une incertitude de ±15 % minimum.

d) Une source lumineuse à rayonnements UV capable de produire un rayonnement UV avec une uniformité d'éclairement de ±15 % sur le plan d'essai du ou des modules avec aucun éclairement appréciable à des longueurs d'onde inférieures à 280 nm et capable de fournir l'éclairement total nécessaire dans les différentes régions spectrales considérées définies en 4.10.3.

e) Pour les sources lumineuses avec une répartition spectrale négligeable dans la plage visible, le module doit être court-circuité. D'autre part, le module peut être connecté à une charge aux dimensions telles que le module fonctionnera près de son point de puissance maximale. Ce dernier est recommandé pour les sources lumineuses émettant une partie

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

significative de lumière dans le spectre visible dans lequel le module présente une puissance supérieure ou égale à 20 % de sa puissance mesurée STC.

4.10.3 Procédure

a) A l'aide du radiomètre étalonné, mesurer l'éclairement au plan d'essai du module proposé et s'assurer qu'à des longueurs d'onde comprises entre 280 nm et 400 nm, il n'excède pas 250 W/m^2 (c'est-à-dire environ 5 fois le niveau d'éclairement solaire naturel) et qu'il présente une uniformité de ±15 % sur le plan d'essai.

b) Selon l'appareillage utilisé tel que défini en 4.10.2 e), court-circuiter ou fixer la charge résistive au module et monter le module dans le plan d'essai à l'emplacement choisi en a), perpendiculairement au faisceau d'éclairement UV. Vérifier que les capteurs de température du module indiquent (60 ± 5) °C.

c) Exposer le ou les modules à une irradiation UV totale d'au moins 15 kWh/m^2 dans la plage de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 400 nm, avec au moins 3 %, mais pas plus de 10 % dans la bande de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 320 nm, la température du module étant maintenue dans la plage prescrite.

4.10.4 Mesures finales

Répéter les essais MQT 01 et MQT 15.

4.10.5 Exigences

a) Il n'existe aucun signe de défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

b) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

4.11 Essai de cycle thermique (MQT 11)

4.11.1 Objet

Déterminer l'aptitude du module à supporter des contraintes de déséquilibre thermique, de fatigue ou autres, causées par des variations répétées de température.

4.11.2 Appareillage

a) Une chambre climatique équipée d'une commande de température automatique, de dispositifs permettant de faire circuler l'air à l'intérieur, et de dispositifs permettant de minimiser la condensation sur le module pendant l'essai, capable de soumettre un ou plusieurs modules au cycle thermique représenté à la Figure 9.

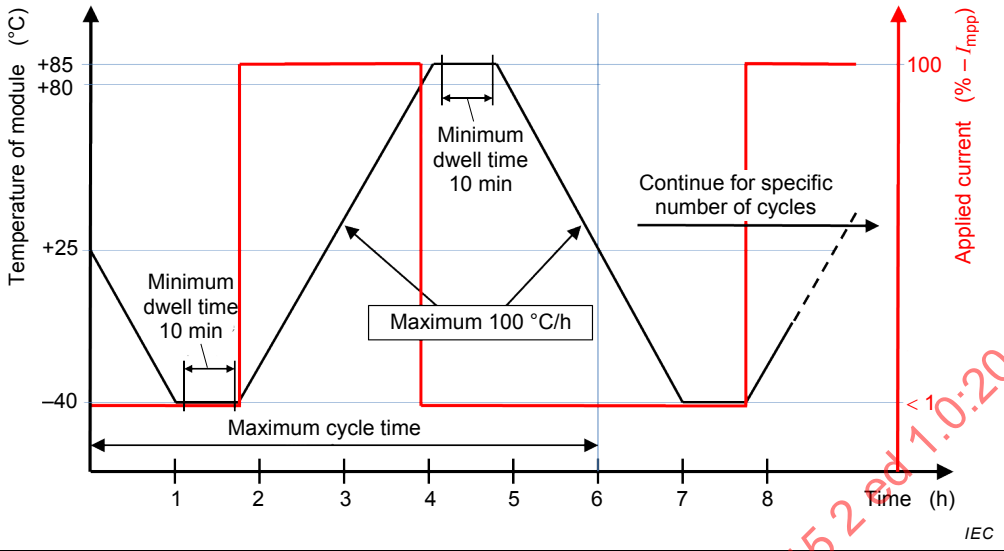
b) Un dispositif permettant de monter ou supporter le ou les modules dans la chambre, de façon à permettre une circulation libre de l'air environnant. Leur conduction thermique doit être faible de telle sorte que, pour des raisons pratiques, le ou les modules soient isolés d'un point de vue thermique.

c) Une instrumentation de mesure d'une exactitude de ±2,0 °C et d'une répétabilité de ±0,5 °C pour mesurer et enregistrer la température du ou des modules.

d) Un dispositif permettant d'appliquer un courant continu. La valeur du courant est définie dans les parties de la présente norme spécifiques à la technologie.

e) Un dispositif permettant de contrôler la circulation du courant à travers chaque module au cours de l'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016



Anglais	Français
Temperature of module (°C)	Température du module (°C)
Applied current	Courant appliqué
Time (h)	Temps (h)
Minimum dwell time	Temps de stabilisation minimal
Maximum cycle time	Temps de cycle maximal
Continue for specific number of cycles	Poursuivre pendant un nombre spécifique de cycles

Figure 9 – Essai de cycle thermique – Profil de température et de courant appliqué

4.11.3 Procédure

a) Placer un capteur de température adéquat sur la face avant ou arrière du ou des modules, près du centre. Si plusieurs modules de même type sont soumis à l'essai simultanément, il suffira d'enregistrer la température d'un échantillon représentatif.

b) Installer le ou les modules à la température ambiante dans la chambre.

c) Connecter l'équipement de contrôle de température au(x) capteur(s) de température. Connecter chaque module à l'alimentation électrique appropriée en connectant la borne positive du module à la borne positive de l'alimentation électrique et la deuxième borne de manière appropriée. Au cours de l'essai de cycle thermique, régler la circulation de courant continu pendant le cycle de réchauffement au courant spécifique à la technologie donné en 4.11.2, à une température comprise entre –40 °C et 80 °C. Pendant le refroidissement, la phase de stabilisation à –40 °C et aux températures supérieures à 80 °C, le courant continu doit être réduit à 1,0 % au plus de l'intensité à la puissance de crête STC mesurée pour mesurer la continuité. Si la température augmente trop rapidement (plus de 100 °C/h) à la température la plus basse, le début de la circulation du courant peut être différé tant que la température n'a pas atteint –20 °C.

d) Fermer la chambre et exposer le ou les modules à un cycle thermique entre les températures de module mesurées de (–40 ± 2) °C et (+85 ± 2) °C, conformément au profil selon la Figure 9. La vitesse de variation de la température entre les deux températures extrêmes ne doit pas dépasser 100 °C/h et la température du module doit rester stable à chaque température extrême pendant au moins 10 min. Le cycle ne doit pas durer plus de 6 h, sauf si la capacité thermique du module est si élevée que cela nécessite un cycle plus long. Le nombre de cycles doit être celui des séquences correspondantes de la Figure 1 de l'IEC 61215-1:2016. La circulation de l'air autour du ou des modules doit garantir la conformité avec chaque module à l'essai satisfaisant au profil de cycle de température.

e) Tout au long de l'essai, enregistrer la température du module et contrôler la circulation du courant à travers le ou les modules.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2:2016

NOTE Dans un module à circuits parallèles, un circuit ouvert dans une branche provoquera une discontinuité de tension, mais ne ramènera pas le courant à zéro.

4.11.4 Mesures finales

Après un temps de reprise minimal de 1 h à une température de (23 ± 5) °C et une humidité relative inférieure à 75 % en conditions de circuit ouvert, répéter les essais MQT 01 et MQT 15.

4.11.5 Exigences

a) Aucune interruption de la circulation du courant au cours de l'essai; dans le cas d'un module à circuits parallèles, une discontinuité de circulation du courant indique une interruption de la circulation dans l'un des circuits parallèles.

b) Il n'existe aucun signe de défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

c) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

4.12 Essai humidité-gel (MQT 12)

4.12.1 Objet

Déterminer l'aptitude d'un module à supporter les effets dus à la succession de conditions de température élevée et d'humidité suivies de séjour à température au-dessous de zéro. Il ne s'agit pas d'un essai de choc thermique.

4.12.2 Appareillage

a) Une chambre climatique équipée d'une commande de température et d'humidité automatique, capable de soumettre un ou plusieurs modules au cycle humidité-gel spécifié à la Figure 10.

b) Un dispositif permettant de monter ou supporter le ou les modules dans la chambre, de façon à permettre une circulation libre de l'air environnant. La conduction thermique du montage ou support doit être faible de telle sorte que, pour des raisons pratiques, le ou les modules soient isolés d'un point de vue thermique.

c) Une instrumentation de mesure d'une exactitude de ±2,0 °C et d'une répétabilité de ±0,5 °C pour mesurer et enregistrer la température du ou des modules.

d) Un dispositif permettant de contrôler, tout au long de l'essai, la continuité du circuit électrique interne de chaque module.

4.12.3 Procédure

a) Placer un capteur de température adéquat sur la face avant ou arrière du ou des modules, près du centre. Si plusieurs modules de même type sont soumis à l'essai simultanément, il suffira d'enregistrer la température d'un échantillon représentatif.

b) Installer le ou les modules à la température ambiante dans la chambre climatique.

c) Connecter l'équipement de contrôle de température au(x) capteur(s) de température. Connecter chaque module à l'alimentation électrique appropriée en connectant la borne positive du module à la borne positive de l'alimentation électrique et la deuxième borne de manière appropriée. Pendant l'essai humidité-gel, régler la circulation du courant continu à 0,5 % au maximum de l'intensité à la puissance de crête STC mesurée.

d) Après fermeture de la chambre, exposer le ou les modules au nombre de cycles définis dans la Séquence C de la Figure 1 de l'IEC 61215-1:2016 conformément au profil de la Figure 10. Les températures minimale et maximale doivent correspondre à ±2 °C des niveaux spécifiés, et l'humidité relative doit être maintenue à ±5 % de la valeur spécifiée lorsque la température est à la valeur maximale de 85 °C. La circulation de l'air autour du ou des modules doit garantir la conformité avec chaque module à l'essai satisfaisant au profil de cycle de température.

e) Tout au long de l'essai, enregistrer la température du module et contrôler le courant et la tension dans le module.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed1.0:2016

4.12.4 Mesures finales

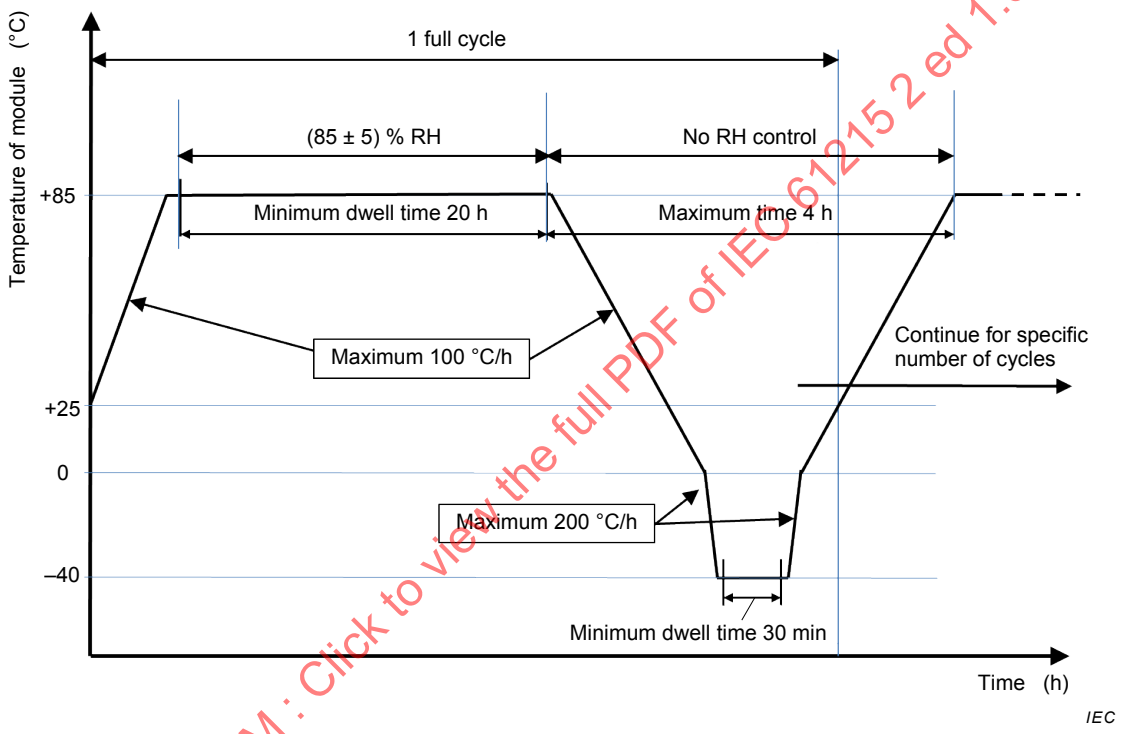
Après un temps de reprise compris entre 2 h et 4 h à une température de (23 ± 5) °C et une humidité relative inférieure à 75 % en conditions de circuit ouvert, répéter les essais MQT 01 et MQT 15.

4.12.5 Exigences

a) Aucune interruption de la circulation du courant ni discontinuité de tension au cours de l'essai; dans le cas d'un module à circuits parallèles, une discontinuité de circulation de courant indique une interruption de la circulation dans l'un des circuits parallèles.

b) Il n'existe aucun signe de défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

c) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.



Anglais	Français
Temperature of module (°C)	Température du module (°C)
Time (h)	Temps (h)
Minimum dwell time	Temps de stabilisation minimal
Maximum time	Temps maximal
Continue for specific number of cycles	Poursuivre pendant un nombre spécifique de cycles
No RH control	Pas de régulation de l'humidité relative
(85 ± 5) % RH	(85 ± 5) % HR

Figure 10 – Cycle humidité-gel – Profil température/humidité

4.13 Essai de chaleur humide (MQT 13)

4.13.1 Objet

Déterminer l'aptitude du module à supporter les effets de la pénétration d'humidité à long terme.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215-2 ed 1.0:2016

4.13.2 Procédure

L'essai doit être réalisé selon l'IEC 60068-2-78 avec les dispositions suivantes.

Sévérités:

Les sévérités suivantes sont appliquées.

Température d'essai: (85 ± 2) °C

Humidité relative: (85 ± 5) %

Durée de l'essai: $\left(1000\ ^{+48}_{0}\right)$ h

4.13.3 Mesures finales

Après un temps de reprise compris entre 2 h et 4 h à une température de (23 ± 5) °C et une humidité relative inférieure à 75 % en conditions de circuit ouvert, répéter les essais MQT 01 et MQT 15.

4.13.4 Exigences

a) Il n'existe aucun signe de défaut visuel majeur, tel que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

b) Le courant de fuite en milieu humide doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

4.14 Essai de robustesse des sorties (MQT 14)

4.14.1 Objet

Déterminer si les sorties, la fixation des sorties et la fixation des câbles au corps du module supporteront les contraintes susceptibles d'être appliquées au cours des opérations normales d'assemblage ou de manipulation. L'essai 4.14.2 (MQT 14.1) et l'essai 4.14.3 (MQT 14.2) doivent être réalisés dans la Séquence C après l'essai MQT 12, conformément à la série d'essais donnée dans l'IEC 61215-1.

4.14.2 Maintien de la boîte de jonction sur la surface de montage (MQT 14.1)

4.14.2.1 Appareillage

Un dispositif permettant d'appliquer une force de 40 N au centre de l'objet d'essai. Empêcher l'application du couple à la boîte de jonction.

Le fait de fixer à la boîte de jonction le dispositif d'application de la force ne doit pas altérer ses fonctions.

4.14.2.2 Procédure

L'essai doit être réalisé entre 2 h et 4 h après l'essai MQT 12.

Une force de 40 N doit être appliquée progressivement pendant (10 ± 1) s (conformément à l'IEC 60068-2-21) dans chaque direction parallèle à la surface de montage parallèle aux bords du module, par paliers de 90°.

Une force de 40 N doit être appliquée progressivement pendant (10 ± 1) s sans à-coup, dans une direction perpendiculaire à la surface de montage.

Il convient d'appliquer la force de traction au centre de la boîte.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61215 2 ed1.0:2016