

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures

Onduleurs photovoltaïques interconnectés au réseau public – Procédure d'essai des mesures de prévention contre l'îlotage



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

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 more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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 plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 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 62116

Edition 2.0 2014-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures

Onduleurs photovoltaïques interconnectés au réseau public – Procédure d'essai des mesures de prévention contre l'îlotage

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-1442-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Testing circuit.....	9
5 Testing equipment.....	11
5.1 Measuring instruments.....	11
5.2 DC power source	11
5.2.1 General	11
5.2.2 PV array simulator	12
5.2.3 Current and voltage limited DC power supply with series resistance.....	12
5.2.4 PV array	12
5.3 AC power source	13
5.4 AC loads.....	13
6 Test for single or multi-phase inverter.....	13
6.1 Test procedure.....	13
6.2 Pass/fail criteria	17
7 Documentation	17
Annex A (informative) Islanding as it applies to PV systems	20
A.1 General.....	20
A.2 Impact of distortion on islanding.....	21
Annex B (informative) Test for independent islanding detection device (relay)	22
B.1 General.....	22
B.2 Testing circuit	22
B.3 Testing equipment	22
B.3.1 General	22
B.3.2 AC input source	22
B.4 Testing procedure.....	23
B.5 Documentation.....	23
Annex C (informative) Gate blocking signal.....	24
C.1 General.....	24
C.2 Gate blocking signal used in photovoltaic systems.....	24
C.3 Monitoring the gate blocking signal	24
Bibliography.....	25
Figure 1 – Test circuit for islanding detection function in a power conditioner (inverter)	11
Figure B.1 – Test circuit for independent islanding detection device (relay)	22
Table 1 – Parameters to be measured in real time	10
Table 2 – Specification of array simulator (test conditions).....	12
Table 3 – PV array test conditions	13
Table 4 – AC power source requirements	13
Table 5 – Test conditions.....	14

Table 6 – Load imbalance (real, reactive load) for test condition A (EUT output = 100 %)	16
Table 7 – Load imbalance (reactive load) for test condition B (EUT output = 50 % to 66 %) and test condition C (EUT output = 25 % to 33 %)	16
Table 8 – Specification of the EUT provided by the manufacturer (example)	17
Table 9 – List of tested condition and run on time (example).....	18
Table 10 – Specification of testing equipment (example).....	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

UTILITY-INTERCONNECTED PHOTOVOLTAIC INVERTERS – TEST PROCEDURE OF ISLANDING PREVENTION MEASURES

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 62116 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 2008 and constitutes a technical revision.

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

Previous edition		Present edition
Clause	Real power	Active power
3.7		
5.1		
5.4		
6.1 b)		
6.1 d)		
6.1 e)		
6.1 g)		
Table 1		
Table 6		
Table 7		
Table 9		
5.2	A PV array or PV array simulator (preferred) may be used. If the EUT can operate in utility-interconnected mode from a storage battery, a DC power source may be used in lieu of a battery as long as the DC power source is not the limiting device as far as the maximum EUT input current is concerned.	A DC power source, such as a PV array simulator, a PV array, or a current and voltage limited DC power supply with series resistance may be used. If the EUT can operate in utility-interconnected mode from a storage battery, a DC power source may be used in lieu of a battery as long as the DC power source shall not be the limiting device as far as the maximum EUT input current is concerned.
Table 5	EUT input voltage 90 %	EUT input voltage 75 %
	EUT input voltage 10 %	EUT input voltage 20 %
	EUT Trip Settings Manufacturer specified voltage and frequency trip settings	Voltage and frequency trip settings according to National standards and/or local code
Tables 6 & 7 (Heading)	Percent change in real load, reactive load from nominal	Percent change in active load, reactive load from nominal output power

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

FDIS	Report on voting
82/813/FDIS	82/827/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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.

INTRODUCTION

Islanding is a condition in which a portion of an electric power grid, containing both load and generation, is isolated from the remainder of the electric power grid. This situation is one which electric power providers (utilities) regularly contend with. When an island is created purposely by the controlling utility – to isolate large sections of the utility grid, for example – it is called an intentional island. Conversely, an unintentional island can be created when a segment of the utility grid containing only customer-owned generation and load is isolated from the utility control.

Normally, the customer-owned generation is required to sense the absence of utility-controlled generation and cease energizing the grid. However, when the generation and load within the segment are well balanced prior to the isolation event, the utility is providing little power to the grid segment, thus making it difficult to detect when the isolation occurs. Damage can occur to customer equipment if the generation in the island, no longer under utility control, operates outside of normal voltage and frequency conditions. Customer and utility equipment can be damaged if the main grid recloses into the island out of synchronization. Energized lines within the island present a shock hazard to unsuspecting utility lineworkers who think the lines are dead.

The PV industry has pioneered the development of islanding detection and prevention measures. To satisfy the concerns of electric power providers, commercially-available utility-interconnected PV inverters have implemented a variety of islanding detection and prevention (also called anti-islanding) techniques. The industry has also developed a test procedure to demonstrate the efficacy of these anti-islanding techniques; that procedure is the subject of this document.

This standard provides a consensus test procedure to evaluate the efficacy of islanding prevention measures used by the power conditioner of utility-interconnected PV systems. Note that while this document specifically addresses inverters for photovoltaic systems, with some modifications the setup and procedure may also be used to evaluate inverters used with other generation sources or to evaluate separate anti-islanding devices intended for use in conjunction with PV inverters or other generation sources acting as or supplementing the anti-islanding feature of those sources.

Inverters and other devices meeting the requirements of this document can be considered non-islanding, meaning that under reasonable conditions, the device will detect island conditions and cease to energize the public electric power grid.

UTILITY-INTERCONNECTED PHOTOVOLTAIC INVERTERS – TEST PROCEDURE OF ISLANDING PREVENTION MEASURES

1 Scope

The purpose of this International Standard is to provide a test procedure to evaluate the performance of islanding prevention measures used with utility-interconnected PV systems.

This standard describes a guideline for testing the performance of automatic islanding prevention measures installed in or with single or multi-phase utility interactive PV inverters connected to the utility grid. The test procedure and criteria described are minimum requirements that will allow repeatability. Additional requirements or more stringent criteria may be specified if demonstrable risk can be shown. Inverters and other devices meeting the requirements of this standard are considered non-islanding as defined in IEC 61727.

This standard may be applied to other types of utility-interconnected systems (e.g. inverter-based microturbine and fuel cells, induction and synchronous machines). However, technical review may be necessary for other than inverter-based PV systems.

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

3 Terms and definitions

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

3.1

PV array simulator

DC power source used to simulate PV array output

3.2

EUT

equipment under test

inverter or anti-islanding device on which these tests are performed

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3

MPPT

maximum power point tracking

PV array control strategy used to maximize the output of the system under the prevailing conditions

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.4

non-islanding inverter

inverter that will cease to energize a utility distribution system that is out of the nominal operation specifications for voltage and/or frequency

[SOURCE: IEC 61727:2004, 3.8.1]

3.5

island

state in which a portion of the electric utility grid, containing load and generation, continues to operate isolated from the rest of the grid

Note 1 to entry: The generation and loads may be any combination of customer-owned and utility-owned.

3.6

intentional island

island that is intentionally created, usually to restore or maintain power to a section of the utility grid affected by a fault

Note 1 to entry: The generation and loads may be any combination of customer-owned and utility-owned, but there is an implicit or explicit agreement between the controlling utility and the operators of customer-owned generation for this situation.

3.7

quality factor

Q_f

a measure of the strength of resonance of the islanding test load

Note 1 to entry: In a parallel resonant circuit, such as a load on a power system

$$Q_f = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

where

Q_f is quality factor

R is effective load resistance

C is reactive load capacitance (including shunt capacitors)

L is reactive load inductance

With C and L tuned to the power system fundamental frequency, Q_f for the resonant circuit drawing active power, P , reactive powers Q_L , for inductive load and Q_C for capacitive load, Q_f can be determined by

$$Q_f = (1/P) \sqrt{|Q_L| \cdot |Q_C|}$$

where

P is active power, in W

Q_L is inductive load, in VAR_L

Q_C is capacitive load, in VAR_C

3.8

run-on time

t_R

amount of time that an unintentional island condition exists, calculated as the interval between the opening of the switch S1 (Figure 1) and the cessation of EUT output current

3.9**stopping signal**

signal provided by the inverter indicating it has ceased energizing its utility grid-connected output terminals

SEE: Annex C.

3.10**unintentional island**

islanding condition in which the generation within the island that is supposed to cease energizing the utility grid instead continues to energize the utility grid

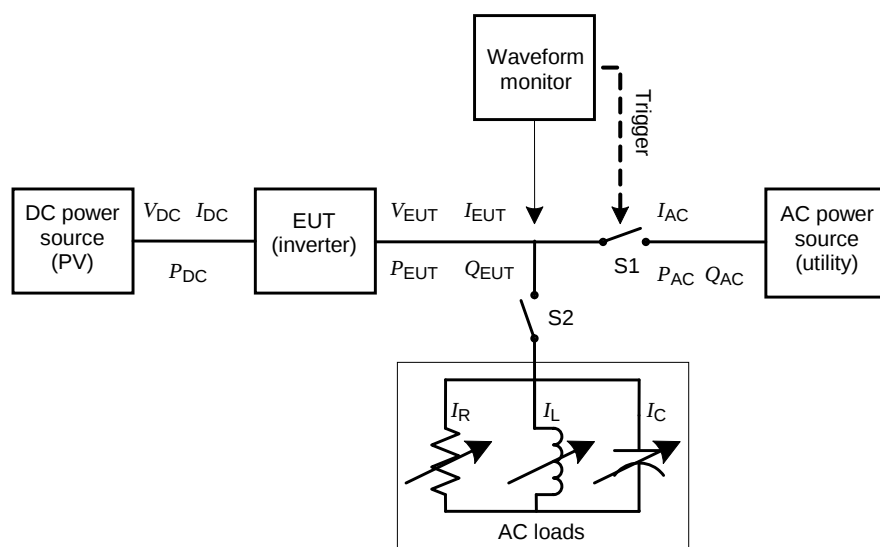
4 Testing circuit

The testing circuit shown in Figure 1 shall be employed. Similar circuits shall be used for three-phase output.

Parameters to be measured are shown in Table 1 and Figure 1. Parameters to be recorded in the test report are discussed in Clause 7.

Table 1 – Parameters to be measured in real time

Parameter	Symbol	Units
EUT DC input ^{a, b}		
DC voltage	V_{DC}	V
DC current	I_{DC}	A
DC power	P_{DC}	W
Irradiance ^c	G	W/m ²
EUT AC output		
AC voltage ^{b, d, e}	V_{EUT}	V
AC current ^{b, d, e}	I_{EUT}	A
Active power ^b	P_{EUT}	W
Reactive power ^b	Q_{EUT}	VA _r
Voltage waveform ^{d, e, f, g}		
Current waveform ^{d, e, f, g}		
EUT (relay) output control signal ^d		
Run-on time	t_R	s
Stopping signal ^h	SS	--
Test load ^b		
Resistive load current	I_R	A
Inductive load current	I_L	A
Capacitive load current	I_C	A
AC (utility) power source		
Utility active power ⁱ	P_{AC}	W
Utility reactive power ⁱ	Q_{AC}	VA _r
Utility current ⁱ	I_{AC}	A
^a If applicable. ^b Record values measured before switch S1 is opened. ^c Recorded when the test is carried out using a PV array. Pyranometer should be fast response silicon-type not thermopile-type. ^d The response time of voltage and current transducer shall be suitable for the sampling rate used. ^e The waveform, AC voltage and current shall be measured on all phases. ^f The waveform data shall be recorded from the beginning of the islanding test until the EUT ceases output. The measurement of time shall have an accuracy and resolution of better than 1 ms. ^g When the waveform is recorded, the synchronizing signal of the S1 opening and stopping signal may be simultaneously recorded. ^h If available from the EUT. ⁱ Signal shall be filtered as necessary to provide fundamental (50 Hz or 60 Hz) frequency value. Fundamental values will ignore incidental harmonics, caused by utility voltage distortion, absorbed by the load and EUT filtering capacitors.		



IEC 1567/08

Figure 1 – Test circuit for islanding detection function in a power conditioner (inverter)

5 Testing equipment

5.1 Measuring instruments

Waveform observation shall be measured by a device with memory function, for example, a storage or digital oscilloscope or a high speed data acquisition system. The waveform measurement/capture device shall be able to record the waveform from the beginning of the islanding test until the EUT ceases to energize the island. For multi-phase EUT, all phases shall be monitored. A waveform monitor designed to detect and calculate the run-on time may be used.

For multi-phase EUT, the test and measurement equipment shall record each phase current and each phase-to-neutral or phase-to-phase voltage, as appropriate, to determine fundamental frequency active and reactive power flow over the duration of the test. A sampling rate of 10 kHz or higher is recommended. The minimum measurement accuracy shall be 1 % or less of rated EUT nominal output voltage and 1 % or less of rated EUT output current. Current, active power, and reactive power measurements through switch S1 used to determine the circuit balance conditions shall report the fundamental (50 Hz or 60 Hz) component.

5.2 DC power source

5.2.1 General

A DC power source, such as a PV array simulator, a PV array, or a current and voltage limited DC power supply with series resistance may be used.

If the EUT can operate in utility-interconnected mode from a storage battery, a DC power source may be used in lieu of a battery as long as the DC power source shall not be the limiting device as far as the maximum EUT input current is concerned.

The DC power source shall provide voltage and current necessary to meet the testing requirements described in Clause 6.

5.2.2 PV array simulator

A unit intended to be energized directly from a photovoltaic source shall be energized from a supply that simulates the current-voltage characteristics and time response of a photovoltaic array. The tests shall be conducted at the input voltage defined in Table 2 below, and the current shall be limited to 1,5 times the rated photovoltaic input current, except when specified otherwise by the test requirements.

A PV array simulator is recommended, however, any type of power source may be used if it does not influence the test results.

Table 2 – Specification of array simulator (test conditions)

Items ^a	Conditions
Output power	Sufficient to provide maximum EUT output power and other levels specified by test conditions of Table 5.
Response speed ^b	The response time of a simulator to a step in output voltage, due to a 5 % load change, should result in a settling of the output current to within 10 % of its final value in less than 1 ms.
Stability	Excluding the variations caused by the EUT MPPT, simulator output power should remain stable within 2 % of specified power level over the duration of the test: from the point where load balance is achieved until the island condition is cleared or the allowable run-on time is exceeded.
Fill factor ^c	0,25 to 0,8.
^a For the purposes of this standard, it is assumed that there is no influence of cell technology on islanding detection. ^b Response speed is indicated to avoid the influence caused by the MPPT control system, the ripple frequency on the DC side of a EUT, or the active methods of anti-islanding. ^c Fill factor = $(V_{mp} \times I_{mp}) / (V_{oc} \times I_{sc})$, where V_{mp} and I_{mp} are the maximum power point voltage and current, respectively, V_{oc} is the open circuit voltage, and I_{sc} is the short circuit current. It should be maintained at one value for all test conditions.	

5.2.3 Current and voltage limited DC power supply with series resistance

A DC power source used as the EUT input source shall be capable of EUT maximum input power (so as to achieve EUT maximum output power) at minimum and maximum EUT input operating voltage.

The power source should provide adjustable current and voltage limit, set to provide the desired short circuit current and open circuit voltage when combined with the series and shunt resistance described below.

A series resistance (and, optionally, a shunt resistance) should be selected to provide a fill factor within the range shown in Table 2.

5.2.4 PV array

A PV array used as the EUT input source shall be capable of EUT maximum input power at minimum and maximum EUT input operating voltage (see Table 3). Testing is limited to times when the irradiance varies by no more than 2 % over the duration of the test as measured by a silicon-type pyranometer or reference device. It may be necessary to adjust the array configuration to achieve the input voltage and power levels prescribed in 6.1.

Table 3 – PV array test conditions

Items	Conditions
Output power	Sufficient to provide maximum EUT output power and other levels specified by test conditions of Table 5.
Climate condition	Irradiance, ambient temperature, etc.
To achieve a balanced load condition, the output of the PV array shall be stable. Thus, it is important to perform the test only during times of stable irradiance (e.g., clear sky, near solar noon).	

5.3 AC power source

The utility grid or other AC power source may be used as long as it meets the conditions specified in Table 4.

Table 4 – AC power source requirements

Items	Conditions
Voltage	Nominal $\pm 2,0$ %
Voltage THD	$< 2,5$ %
Frequency	Nominal $\pm 0,1$ Hz
Phase angle distance ^a	$120^\circ \pm 1,5^\circ$
^a Three-phase case only.	

5.4 AC loads

On the AC side of the EUT, variable resistance, capacitance, and inductance shall be connected in parallel as loads between the EUT and the AC power source. Other sources of load, such as electronic loads, may be used if it can be shown that the source does not cause results that are different than would be obtained with passive resistors, inductors, and capacitors.

All AC loads shall be rated for and adjustable to all test conditions. The equations for Q_f are based upon an ideal parallel RLC circuit. For this reason, non-inductive resistors, low loss (high Q_f) inductors, and capacitors with low effective series resistance and effective series inductance shall be utilized in the test circuit. Iron core inductors, if used, shall not exceed a current THD of 2 % when operated at nominal voltage. Load components should be conservatively rated for the voltage and power levels expected. Resistor power ratings should be chosen so as to minimize thermally-induced drift in resistance values during the course of the test.

Active and reactive power should be calculated (using the measurements provided in Table 1) in each of the R, L and C legs of the load so that these parasitic parameters (and parasitics introduced by variacs or autotransformers) are properly accounted for when calculating Q_f .

6 Test for single or multi-phase inverter

6.1 Test procedure

The following test is designed for an EUT consisting of a single or multi-phase inverter¹. The test uses an RLC load, resonant at the EUT nominal frequency (50 Hz or 60 Hz) and matched to the EUT output power. For a multi-phase EUT, the load shall be balanced across all phases

¹ Annex B describes the test for an independent islanding detection device (relay).

and the switch S1 as in Figure 1 shall open all phases². This test shall be performed with the EUT conditions as in Table 5, where power and voltage values are given as a percent of EUT full output rating.

EUT settings for voltage and frequency trip parameters (magnitude and timing) can affect the measured run-on time. Passing this test verifies that the unit will provide adequate islanding protection for the settings tested as well as for tighter settings (e.g., an EUT that passes the test with frequency trip settings of $\pm 1,5$ Hz of nominal should also trip within the maximum measured run-on time for settings of, say, $\pm 0,5$ Hz.) Conversely, when adjusted to settings outside of those tested, the EUT may experience extended run-on times. Frequency settings of $\pm 1,5$ Hz around nominal frequency and voltage settings of ± 15 % around nominal voltage, for the purposes of this test procedure, should be wide enough to address the majority of utility requirements. Note that as trip settings are widened, more aggressive active anti-islanding schemes may be required that could negatively impact power quality.

Table 5 – Test conditions

Condition	EUT output power, P_{EUT}	EUT input voltage ^c	EUT trip settings ^d
A	Maximum ^a	> 75 % of rated input voltage range	Voltage and frequency trip settings according to National standards and/or local code
B	50 % to 66 % of maximum	50 % of rated input voltage range, ± 10 %	Voltage and frequency trip settings according to National standards and/or local code
C	25 % to 33 % ^b of maximum	< 20 % of rated input voltage range	Voltage and frequency trip settings according to National standards and/or local code

^a Maximum EUT output power condition should be achieved using the maximum allowable input power. Actual output power may exceed nominal rated output.

^b Or minimum allowable EUT output level if greater than 33 %.

^c Based on EUT rated input operating range. For example, if range is between X volts and Y volts, 75 % of range = $X + 0,75 \times (Y - X)$. Y shall not exceed $0,8 \times$ EUT maximum system voltage (i.e., maximum allowable array open circuit voltage). In any case, the EUT should not be operated outside of its allowable input voltage range.

^d The manufacturer shall specify the applicable standard, code or utility based trip settings with which the unit shall be tested. The manufacturer may also choose more stringent trip settings to demonstrate compatibility with a greater number of utility requirements. The recommended settings shown below should address the majority of utility requirements.

Parameter	Magnitude	Timing s
Over voltage	115 % of nominal voltage	2
Under voltage	85 % of nominal voltage	2
Over frequency	1,5 Hz above nominal frequency	1
Under frequency	1,5 Hz below nominal frequency	1

If fast over and under voltage and frequency settings are provided, similarly extended values should also be specified by the manufacturer.

- Determine the EUT test output power, P_{EUT} , to be used from Table 5. Test conditions A, B, and C may be performed in any order convenient to testing.
- By adjusting the DC input source, operate the EUT at the selected P_{EUT} and measure EUT reactive power output, Q_{EUT} , as follows. The utility disconnect switch S1 should be closed. With no local load connected (that is, S2 is open so that the RLC load is not connected at this time), and the EUT connected to the utility (S1 is closed), turn the EUT on and

² A loss of one or two phases in a three-phase system is not considered an islanding phenomenon.

operate it at the output determined in step a). Measure the fundamental frequency (50 Hz or 60 Hz) active and reactive power flow, P_{AC} and Q_{AC} . The active power should equal P_{AC} . The reactive power, Q_{AC} , measured in this step is designated Q_{EUT} in the following steps.

NOTE 1 EUT output for condition A is achieved by providing sufficient (excess) input power to allow the unit to produce its maximum output without causing it to shutdown. Condition B is achieved by adjusting the DC input power source, if the EUT provides this mode of operation. Condition C is achieved using inverter control to limit the output power, if the EUT provides this mode of operation.

c) Turn off the EUT and open S1.

When the load component levels are adjusted using real-time measurement of resistive, inductive, and capacitive power levels, it may be necessary to leave S1 closed.

d) Adjust the RLC circuit to have $Q_f = 1,0 \pm 0,05^3$ using the following steps:

- 1) Determine the amount of inductive reactance required in the resonant RLC circuit using the relation $Q_L = Q_f \times P_{EUT} = 1,0 \times P_{EUT}$.
- 2) Connect an inductor as the first element of the RLC circuit. Adjust the inductance to Q_L .
- 3) Connect a capacitor in parallel with the inductor. Adjust the capacitive reactance so that $Q_C + Q_L = -Q_{EUT}$.
- 4) Connect a resistor that results in the power consumed by the RLC circuit equaling P_{EUT} .

NOTE 2 Active and reactive power are calculated (using the measurements provided in Table 1) for each of the R, L and C legs of the load so that these parasitic parameters (and parasitics introduced by variacs or autotransformers) are properly accounted for when calculating Q_f .

e) Connect the RLC load configured in step d) to the EUT by closing S2. Close S1 and turn the EUT on, making certain that the power output is as determined in step a). Adjust R, L, and C as necessary to ensure that the fundamental (50 Hz or 60 Hz) component of current I_{AC} through S1 is 0,0 A with a tolerance of $\pm 1\%$ of the rated current of the EUT on a steady state basis in each phase.⁴

The purpose of the procedure up to this point is to zero out the fundamental frequency components (50 Hz or 60 Hz) of active and reactive power, or to zero out the fundamental frequency component of current flow, at the utility disconnect switch. System resonance will typically generate harmonic currents in the test circuit. These harmonic currents will typically make it impossible to zero out an r.m.s. measurement of power or current flow at the disconnect switch. Because of test equipment measurement error and some impact from harmonic currents, it may be necessary to make small adjustments in the test circuit to achieve worst case islanding behavior. Step h) is performed to make these small adjustments.

- f) Open the utility-disconnect switch S1 to initiate the test. Run-on time, t_R , shall be recorded as the time between the opening of switch S1 and the point at which the EUT output current drops and remains below 1 % of its rated output levels. Annex C gives some information related to the use of a gate blocking signal.
- g) For test condition A in Table 5 (100 %), adjust the active load and only one of the reactive load components (either capacitance, C, or inductance, L, may be chosen) to each of the load imbalance conditions shown in the shaded portion of Table 6. The values in Table 6 represent changes from the nominal values determined in steps d) and e) as a percentage of those nominal values. The values in Table 6 show the active and reactive power flow at S1 in Figure 1, with positive value denoting power flow from the EUT to the AC power source. After each adjustment, an island test is run and run-on time is recorded. If any of

³ The appropriate value for Q_f was investigated using 723 measurement points in Japan. A value of Q_f was calculated as the ratio of the contract demand (kW) at the measurement point to the installed shunt capacitor (kVAr) needed to make the power factor 1,0 at that point. Based on the variety of load conditions encountered, $Q_f = 1,0$ appears to be suitable test condition.

⁴ Certain anti-islanding algorithms will sufficiently perturb the fundamental frequency current through S1 such that the 1 % limit cannot be achieved on a continuous basis. Averaging of the r.m.s. current over a number of cycles in a manner that captures the quiescent magnitude of this current shall be utilized for the determination of matched load during this quiescent period.

the recorded run-on times are longer than the one recorded for the rated balance condition, i.e. test f), then the non-shaded parameter combinations also require testing. If no run-on time exceeds the one of balance condition, then this part of the test sequence is deemed to be completed.

- h) For test conditions B and C, adjust only one of reactive load components (either capacitance, C , or inductance, L , may be chosen) by approximately 1,0 % per test, within a total range of 95 % to 105 % of the operating point as shown in Table 7. The values in Table 7 show the reactive power flow at S1 in Figure 1, with positive value denoting power flow from EUT to AC power source. After each adjustment, an island test is run and run-on time is recorded. If run-on times are still increasing at the 95 % or 105 % points, additional 1 % increments shall be taken until run-on times begin decreasing. Test C load conditions may be achieved using inverter control to limit the output power rather than using the power supply to limit the power.

**Table 6 – Load imbalance (real, reactive load)
for test condition A (EUT output = 100 %)**

% change in active load, reactive load from nominal output power				
–10, +10	–5, +10	0, +10	+5, +10	+10, +10
–10, +5	–5, +5	0, +5	+5, +5	+10, +5
–10, 0	–5, 0		+5, 0	+10, 0
–10, –5	–5, –5	0, –5	+5, –5	+10, –5
–10, –10	–5, –10	0, –10	+5, –10	+10, –10
The numbers in each cell, e.g. + M , + N , are used to represent the % change for active and reactive power. The first number M represents the active power % and the second number N represents the reactive power %. Actual load values shall be within ± 1 % of those specified.				

**Table 7 – Load imbalance (reactive load) for test condition B
(EUT output = 50 % to 66 %) and test condition C (EUT output = 25 % to 33 %)**

% change in active load, reactive load from nominal output power
0, –5
0, –4
0, –3
0, –2
0, –1
0, 1
0, 2
0, 3
0, 4
0, 5
In Table 7 the numbers in each box, e.g. + M , + N , are used to represent the % change for active and reactive power. The first number M represents the active power % and the second number N represents the reactive power %. Actual load values shall be within ± 1 % of those specified.

6.2 Pass/fail criteria

An EUT is considered to comply with the requirements for islanding protection when each case of recorded run-on time is less than 2 s or meets the requirements of local codes.

7 Documentation

At a minimum, the following information shall be recorded and maintained in the test report.

- a) Specifications of EUT. Table 8 provides an example of the type of information that should be provided.
- b) Measurement results. Table 9 provides an example of the type of information that should be provided. Actual measured values should be recorded.
- c) Block diagram of test circuit.
- d) Specifications of the test and measurement equipment. Table 10 provides an example of the type of information that should be provided.
- e) Any test configuration or procedure details such as methods of achieving specified load and EUT output conditions.
- f) Any additional information required by the testing laboratory's accreditation.
- g) Specify the evaluation criterion from 6.2 that was utilized to determine if the product passed or failed the test.

Table 8 – Specification of the EUT provided by the manufacturer (example)

Parameter	Value	Remarks
1) Rating		
a) Maximum output power		
b) DC voltage range		
c) DC current limits		
d) AC voltage range		
e) Frequency range		
f) AC current limits		
g) Efficiency		
h) Voltage and frequency trip settings (magnitude and timing)		
i) Other software settings		
j) Firmware version		
2) Others		
a) Displays		
b) Temperature range		
c) Humidity		
d) Size		
e) Weight		

Table 9 – List of tested condition and run on time (example)

No.	P_{EUT}^a (% of EUT rating)	Reactive load (% of Q_L in 6.1d)1))	P_{AC}^b (% of nominal)	Q_{AC}^c (% of nominal)	Run on time (ms)	P_{EUT} (W)	Actual Q_f	V_{DC}	Remarks ^d
1	100	100	0	0					Test A at BL
2	66	66	0	0					Test B at BL
3	33	33	0	0					Test C at BL
4	100	100	–5	–5					Test A at IB
5	100	100	–5	0					Test A at IB
6	100	100	–5	+5					Test A at IB
7	100	100	0	–5					Test A at IB
8	100	100	0	+5					Test A at IB
9	100	100	+5	–5					Test A at IB
10	100	100	+5	0					Test A at IB
11	100	100	+5	+5					Test A at IB
12	66	66	0	–5					Test B at IB
13	66	66	0	–4					Test B at IB
14	66	66	0	–3					Test B at IB
15	66	66	0	–2					Test B at IB
16	66	66	0	–1					Test B at IB
17	66	66	0	1					Test B at IB
18	66	66	0	2					Test B at IB
19	66	66	0	3					Test B at IB
20	66	66	0	4					Test B at IB
21	66	66	0	5					Test B at IB
22	33	33	0	–5					Test C at IB
23	33	33	0	–4					Test C at IB
24	33	33	0	–3					Test C at IB
25	33	33	0	–2					Test C at IB
26	33	33	0	–1					Test C at IB
27	33	33	0	1					Test C at IB
28	33	33	0	2					Test C at IB
29	33	33	0	3					Test C at IB
30	33	33	0	4					Test C at IB
31	33	33	0	5					Test C at IB

^a P_{EUT} : EUT output power.

^b P_{AC} : Active power flow at S1 in Figure 1. Positive means power from EUT to utility. Nominal is the 0 % test condition value.

^c Q_{AC} : Reactive power flow at S1 in Figure 1. Positive means power from EUT to utility. Nominal is the 0 % test condition value.

^d BL: balance condition, IB: imbalance condition.

Table 10 – Specification of testing equipment (example)

Items	Specifications	Remarks
1) DC power source (or PV array simulator)		
a) Voltage range	0 to 400,0 V (0,1 V step)	
b) Current range	0 to 30,0 A (0,1 A step)	
2) AC power source		
a) Output wiring	Single phase, 3 wires	
b) Output capacity	16 kVA	
c) Output voltage (accuracy)	0 V _{rms} to 576 V _{rms} (0,2 V _{rms})	
d) Output frequency (accuracy)	5 Hz to 1 100 Hz (0,01 Hz)	
e) Voltage stability	±100 ppm/°C (typical)	
f) Output voltage distortion	±100 ppm/8 h (typical)	
	0,05 % max.	
3) Digital meter		
a) Voltage range	15/30/60/150/300/600 V	
b) Current range	0,5/1/2/5/10/20 A	
c) Frequency range (accuracy)	DC, 10 Hz to 50 kHz (0,5 %)	
	Voltage (V)	
	Current (A)	
	Active power (W)	
	Reactive power (VAr)	
d) Measurement items	Volt-ampere (VA)	
	Power factor (PF)	
	Frequency (Hz)	
	Electric energy (Wh)	
4) Waveform recorder		
a) Sampling speed	100 ksample/s	
b) Recording device	Thermal printer	
c) Time accuracy	±500 ppm (typical)	
5) AC load		
a) Resistive load		
Maximum voltage	250 V (DC or AC)	
Current range	2,5 to 50 A (0,3 Ω step)	
Capacity	10 kVA	
b) Inductive load		
Maximum voltage	250 V (DC or AC)	
Current range	2,5 to 50 A (0,3 Ω step)	
Capacity	10 kVA	
c) Capacitive load		
Maximum voltage	200 V	
Current range	0,2 to 50 A	

Annex A (informative)

Islanding as it applies to PV systems

A.1 General

Islanding is a condition in which a portion of an electric power grid containing both load and generation is isolated from the remainder of the electric power grid. An unintentional island occurs when the generation powering the load is not under the control of the authorities responsible for regulating the power (voltage, frequency, etc.), and when such generation is not intended (approved) to power the load. For example, while a customer-owned PV system may be designed to operate the customer's local loads when the power from the public power system (i.e. utility) is unavailable, it is typically not allowed to attempt to power other customers.

Loss of public power can occur for a number of reasons:

- as a result of a fault that is detected by the public power company, causing a disconnecting device to operate,
- accidental opening of the normal public power source by equipment failure,
- utility switching of the distribution system and loads,
- human error or malicious mischief,
- act of nature.

Unintentional islanding by a customer generator should be avoided for reasons including the following:

- Because the public power company cannot control voltage and frequency in the island, there is the possibility of damage to customer equipment in a situation over which the public power company has no control. The public power company, along with the customer generator, can be found liable for electrical damage to customer equipment connected to their lines that is the result of voltage or frequency excursions outside of the acceptable ranges.
- Islanding may interfere with the restoration of normal service by the public power company.
- Islanding may create a hazard for utility line-workers by causing a line to remain energized when it is assumed to be disconnected from all energy sources.
- Reclosing into an island may result in re-tripping the line or damaging the distributed resource equipment, or other connected equipment, because of out-of-phase closure.

Most islands can be easily avoided by monitoring public power system voltage and frequency and only allowing inverter operation when these parameters are within acceptable limits. It is possible, however, that the power supplied by a customer generator (or a collection of such generators) matches the load so closely that voltage and frequency limits would not be exceeded if the system were islanded, as discussed in Begovic *et al*⁵. Unless other means are incorporated into the controls, a system could operate as long as the generation and load remain relatively matched. Although this situation is extremely unlikely, it remains a concern. There is, therefore, a need for additional controls to detect unintentional islanding conditions and remove the PV system from the circuit until the public power system is restored to normal service.

⁵ Begovic, M., Ropp, M., Rohatgi, A., Pregelj, A., "Determining the Sufficiency of Standard Protective Relaying for Islanding Prevention in Grid-Connected PV Systems," *Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Vienna, Austria, July, 1998.

Tightening voltage and frequency windows has been suggested as a means to eliminate this problem, but this only reduces the probability of an island occurring, rather than eliminating the possibility. Tightening operating windows also increases the occurrence of nuisance tripping.

A more satisfactory solution to the problem of detecting a balanced unintentional island is the use of an inverter that incorporates a task-specific anti-islanding scheme that includes the measurement of other parameters or methods of destabilizing the grid in the absence of public power control.

A.2 Impact of distortion on islanding

The islanded load total demand distortion (TDD⁶) has an impact on the probability of establishing a distributed resource island. Increased distortion can have several results that impact the ability of an inverter to operate. These include additional voltage zero crossings and reduced total power factor. An inverter that has been designed to operate at unity power factor and low distortion will not continue operating with high load distortion.

⁶ TDD, total demand distortion, is defined in IEEE 519-1992 as the total root-sum-square harmonic distortion, in percent of the maximum demand total load current (15 min or 30 min demand).

Annex B (informative)

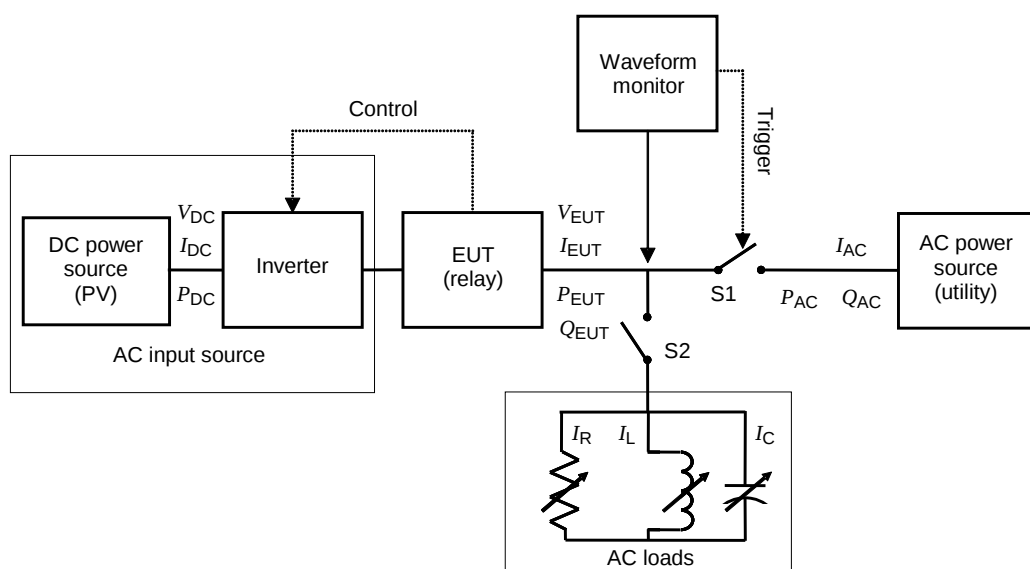
Test for independent islanding detection device (relay)

B.1 General

There are cases where the islanding protection system (EUT) is separate from the inverter. When the system employs an active method of islanding detection that interacts with a specific inverter, the test method described in the main body of this standard shall be employed. If an island detection method is used that does not rely on interaction with the inverter, the procedure described below may be used.

B.2 Testing circuit

The testing circuit shown in Figure B.1 shall be employed. Similar circuits shall be used for three-phase output.



IEC 1568/08

Figure B.1 – Test circuit for independent islanding detection device (relay)

B.3 Testing equipment

B.3.1 General

Same as Clause 5 with the exception of the AC input source described below and acting in place of the DC input source with an inverter in terms of power generation.

B.3.2 AC input source

A separate AC input may be required if not provided by the EUT manufacturer as part of the test as shown Figure B.1.

The AC input source shall provide voltage and current necessary to meet the testing requirements described in Clause 6.

B.4 Testing procedure

This test procedure provides a method for evaluating an independent islanding detection device, such as a relay. As in 6.1, this test procedure develops a resonant circuit that is balanced with the PV system output. Since, in this case, the EUT has no generation capability of its own, a separate AC source shall be used to provide power on the EUT side of switch S1, as shown in Figure B.1. This AC source shall be capable of providing the rated power defined by the EUT rating. If the EUT affects the islanding detection feature by controlling the AC power source, then the test setup shall include the appropriate functionality in the AC source and the connection between the source and the EUT.

B.5 Documentation

Same as Clause 7.

Annex C (informative)

Gate blocking signal

C.1 General

A stopping signal is one that provides an indication that the EUT has ceased energizing the utility grid. One form of stopping signal, provided in some utility-interconnected inverters, is the gate blocking signal as described in Annex C. Some jurisdictions may require that all inverters provide a gate blocking signal that can be measured directly.

C.2 Gate blocking signal used in photovoltaic systems

Utility-interconnected inverters for PV systems convert DC power into AC power, performing PWM control⁷ using semiconductor-based power switching devices such as IGBTs⁸, thyristors, and GTOs⁹. In many cases, an on-off “gate blocking” signal is provided by the control circuitry between the microprocessor and the power switching device. This signal provides a means for separate control functions (e.g., internal fault monitoring, utility voltage and frequency trip functions) to halt the operation of the switching devices and therefore the power generation of the inverter. When this signal is in the active blocking state, the inverter will cease generating power. Thus, this signal provides an indication of a tripping action such as the end of the islanding event. Run-on time can then be defined as the time between the opening of the islanding test switch and the point when the gate blocking signal indicates a stop condition.

C.3 Monitoring the gate blocking signal

In some inverter designs the control circuit comprises discrete components so a gate blocking signal is accessible and easily measured.

In other inverter designs, a micro-processor drives the switching device directly, so all control and monitoring functions are handled by the microprocessor, which simply stops firing the switching device when necessary. In this case there may be no external gate blocking signal. Also, so called smart-switching devices incorporate control (microprocessor) and power switching functions in a single sealed package with no access to the internal control signals. Finally, inverters incorporating battery backup may not cease the operation of the bridge, but, to maintain operation of critical loads isolated from the utility connection, will instead open a switch to isolate the inverter from the utility grid. Other signals available in these designs may include some uncertainty (e.g., a delay) as to when the switching device actually ceases operation.

It should be noted that while the gate blocking signal will indicate when the power switching device has ceased operation, the inverter will not instantly cease energizing its output terminals. The unit will provide a decaying AC output, the characteristics of which will depend on the design of the reactive components on the inverter output. Therefore, the most accurate indication that the inverter has ceased energizing its output is to monitor the output current and verify that they have dropped below expected levels, as described in 6.1, step f).

⁷ PWM control: pulse width modulation control.

⁸ IGBTs: insulated gate bipolar transistors.

⁹ GTOs: gate turn-off thyristors.

Bibliography

IEC 61727:2004, *Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface*

IEEE 519-1992, *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	31
4 Circuit d'essai.....	33
5 Equipements d'essais	35
5.1 Appareils de mesure	35
5.2 Source d'énergie en courant continu	35
5.2.1 Généralités	35
5.2.2 Simulateur de générateur PV	36
5.2.3 Alimentation électrique en courant et tension continus limités avec résistance en série	36
5.2.4 Générateur PV.....	36
5.3 Source d'énergie en courant alternatif.....	37
5.4 Charges en courant alternatif.....	37
6 Essai pour les onduleurs monophasés ou multiphasés	38
6.1 Procédure d'essai	38
6.2 Critères d'acceptation/de rejet	42
7 Documentation	42
Annexe A (informative) Ilotage tel qu'il s'applique aux systèmes PV	45
A.1 Généralités	45
A.2 Incidence des distorsions sur l'îlotage.....	46
Annexe B (informative) Essai pour un dispositif de détection d'îlotage indépendant (relais).....	47
B.1 Généralités	47
B.2 Circuit d'essai	47
B.3 Matériel d'essai.....	47
B.3.1 Généralités	47
B.3.2 Source d'entrée en courant alternatif	47
B.4 Procédure d'essai	48
B.5 Documentation.....	48
Annexe C (informative) Signal de blocage d'alimentation	49
C.1 Généralités	49
C.2 Signal de blocage d'alimentation utilisé dans des systèmes photovoltaïques	49
C.3 Surveillance du signal de blocage de l'alimentation.....	49
Bibliographie.....	51
Figure 1 – Circuit d'essai pour la fonction de détection d'îlotage dans un conditionneur de puissance (onduleur)	35
Figure B.1 – Circuit d'essai pour un dispositif de détection d'îlotage indépendant (relais)	47
Tableau 1 – Paramètres à mesurer en temps réel	34
Tableau 2 – Spécification du simulateur de générateur (conditions d'essai)	36

Tableau 3 – Conditions d'essai du générateur PV	37
Tableau 4 – Exigences de la source d'énergie en courant alternatif	37
Tableau 5 – Conditions d'essai	39
Tableau 6 – Déséquilibre de la charge (charge active, réactive) pour la condition d'essai A (sortie de l'EUT = 100 %).....	41
Tableau 7 – Déséquilibre de la charge (charge réactive) pour la condition d'essai B (sortie de l'EUT = 50 % à 66 %) et la condition d'essai C (sortie de l'EUT = 25 % à 33 %).....	41
Tableau 8 – Spécification de l'EUT fournie par le fabricant (exemple).....	42
Tableau 9 – Liste des conditions essayées et du temps de maintien de l'alimentation (exemple)	43
Tableau 10 – Spécification de l'équipement d'essai (exemple).....	44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ONDULEURS PHOTOVOLTAÏQUES INTERCONNECTÉS
AU RÉSEAU PUBLIC – PROCÉDURE D'ESSAI DES MESURES
DE PRÉVENTION CONTRE L'ÎLOTAGE**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62116 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2008, dont elle constitue une révision technique.

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

Edition précédente		Présente édition
Article	Puissance réelle	Puissance active
3.7		
5.1		
5.4		
6.1 b)		
6.1 d)		
6.1 e)		
6.1 g)		
Table 1		
Table 6		
Table 7		
Table 9		
5.2	Un générateur photovoltaïque ou un simulateur de générateur PV (privilégié) peut être utilisé. Si l'EUT peut fonctionner en mode interconnecté au réseau public à partir d'une batterie d'accumulateur, une source d'énergie en courant continu peut être utilisée à la place d'un accumulateur à condition que la source d'énergie en courant continu ne soit pas le dispositif de limitation pour ce qui concerne le courant d'entrée maximal de l'EUT.	Une source d'énergie en courant continu, telle qu'un simulateur de générateur PV, un générateur PV ou une alimentation continue limitée en courant et en tension avec une résistance en série, peut être utilisée. Si l'EUT peut fonctionner en mode interconnecté au réseau public à partir d'une batterie d'accumulateur, une source d'énergie en courant continu peut être utilisée à la place d'un accumulateur à la condition que la source d'énergie en courant continu ne doive pas être le dispositif de limitation pour ce qui concerne le courant d'entrée maximal de l'EUT.
Tableau 5	Tension d'entrée de l'EUT 90%	Tension d'entrée de l'EUT 75%
	Tension d'entrée de l'EUT 10%	Tension d'entrée de l'EUT 20%
	Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence spécifiées par le fabricant	Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence selon les normes nationales et/ou le code local
Tableaux 6 & 7 (En-tête)	Variation en % de la charge active, de la charge réactive par rapport aux valeurs nominales	Variation en % de la charge active, de la charge réactive par rapport à la puissance de sortie nominale

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/813/FDIS	82/827/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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.

INTRODUCTION

L'îlotage est un état dans lequel une partie d'un réseau électrique, contenant tant la charge que la production, est isolée du reste du réseau électrique. Cette situation est l'une de celles auxquelles les fournisseurs d'électricité (le réseau public) régulièrement font face. Lorsqu'un îlot est créé délibérément par l'entreprise publique de contrôle—pour isoler de grandes sections du réseau public, par exemple—il est appelé îlot intentionnel. Inversement, un îlot involontaire peut être provoqué lorsqu'un segment du réseau public d'électricité contenant uniquement une charge et une production privées de clients est isolé par rapport à la commande du réseau public.

Normalement, il est exigé que la production privée du client détecte l'absence de production contrôlée par le réseau public et cesse d'alimenter le réseau. Cependant, lorsque la production et la charge à l'intérieur du segment sont bien équilibrées avant l'évènement de l'isolation, le réseau public fournit peu de puissance au segment du réseau, rendant ainsi difficile la détection au moment où l'isolation se produit. Des dommages peuvent se produire au niveau de l'équipement du client si la production dans l'îlot, n'étant plus sous le contrôle du réseau public, fonctionne en dehors des conditions normales de tension et de fréquence. L'équipement du client et celui du réseau public peuvent être endommagés si le réseau principal se réenclenche dans l'îlot hors synchronisation. Les lignes sous tension à l'intérieur de l'îlot présentent un danger de choc électrique pour les travailleurs sans méfiance des lignes du réseau public qui pensent que les lignes ne sont pas alimentées.

L'industrie photovoltaïque a ouvert la voie du développement de la détection d'îlotage et des mesures de prévention. Pour répondre aux préoccupations des fournisseurs d'électricité, des onduleurs PV disponibles sur le marché interconnectés au réseau public ont mis en œuvre une variété de techniques de détection d'îlotage et de prévention contre ce dernier (également désignées sous le nom d'anti-îlotage). L'industrie a également développé une méthode d'essai pour démontrer l'efficacité de ces techniques d'anti-îlotage; cette méthode est l'objet du présent document.

Cette norme fournit une méthode d'essai de consensus pour évaluer l'efficacité des mesures de prévention contre l'îlotage utilisées par le conditionneur de puissance des systèmes photovoltaïques (PV) interconnectés au réseau public. A noter que, tandis que ce document aborde spécifiquement les onduleurs pour les systèmes photovoltaïques, le montage et la procédure peuvent, avec certaines modifications, être utilisés pour évaluer les onduleurs utilisés avec d'autres sources de production ou pour évaluer des dispositifs d'anti-îlotage séparés destinés à être utilisés conjointement avec des onduleurs PV ou d'autres sources de production, en servant de système anti-îlotage de ces sources ou bien en le complétant.

Les onduleurs et autres dispositifs satisfaisant aux exigences de ce document peuvent être considérés comme étant sans îlotage, ce qui signifie que dans des conditions raisonnables, le dispositif détectera des conditions d'îlot et cessera d'alimenter le réseau électrique public.

ONDULEURS PHOTOVOLTAÏQUES INTERCONNECTÉS AU RÉSEAU PUBLIC – PROCÉDURE D'ESSAI DES MESURES DE PRÉVENTION CONTRE L'ÎLOTAGE

1 Domaine d'application

L'objet de cette Norme internationale est de fournir une méthode d'essai pour évaluer la performance des mesures de prévention contre l'îlotage utilisées avec des systèmes PV interconnectés au réseau public.

Cette norme décrit des lignes directrices pour les essais de performance des mesures de prévention contre l'îlotage automatique installées dans ou avec des onduleurs PV interactifs avec le réseau public monophasés ou multiphasés, connectés au réseau public d'électricité. La procédure et les critères d'essai décrits sont les exigences minimales qui permettent la répétabilité. Des exigences supplémentaires ou des critères plus sévères peuvent être spécifiés si l'on peut démontrer l'existence de risque. Les onduleurs et autres dispositifs satisfaisant aux exigences de cette norme sont considérés comme étant sans îlotage, comme cela est défini dans la CEI 61727.

Cette norme peut être appliquée à d'autres types de systèmes interconnectés au réseau public (comme les microturbines à onduleur et les piles à combustibles, les machines à induction et synchrones). Toutefois, une révision technique peut être nécessaire pour des systèmes autres que ceux PV à onduleur.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI/TS 61836, *Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire – Termes, définitions et symboles*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 61836, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

simulateur de générateur PV

source d'énergie en courant continu utilisée en vue de simuler la sortie du générateur PV

3.2

EUT

équipement en essai

onduleur ou au dispositif anti-îlotage sur lequel sont réalisés ces essais

Note 1 à l'article: L'abréviation EUT est dérivée du terme anglais développé correspondant "equipment under test".

3.3

MPPT

conversion optimale d'énergie

stratégie de contrôle du générateur PV utilisée pour obtenir la sortie maximale du système dans des conditions existantes

Note 1 à l'article: L'abréviation MPPT est dérivée du terme anglais développé correspondant "maximum power point tracking".

3.4

onduleur non îlotant

onduleur qui cesse d'alimenter un système de distribution du réseau public qui sort des spécifications de fonctionnement nominales de tension et/ou de fréquence

[SOURCE: CEI 61727:2004, 3.8.1]

3.5

îlot

état dans lequel une partie du réseau public d'électricité, contenant la charge et la production, continue à fonctionner en étant isolée du reste du réseau

Note 1 à l'article: La production et les charges peuvent être toute combinaison de production et de charges privées, propriété du client, et publiques, propriété du réseau public.

3.6

îlot intentionnel

îlot intentionnellement créé, généralement pour restaurer ou maintenir la puissance à une section du réseau public d'électricité qui est affectée par une panne

Note 1 à l'article: La production et les charges peuvent être toute combinaison de production et de charges privées, propriété du client et publiques, propriété du réseau public, mais il existe un accord implicite ou explicite entre l'entreprise publique de contrôle et les opérateurs pour la production privée, propriété du client pour cette situation.

3.7

facteur de qualité

Q_f

mesure de la force de résonance de la charge d'essai d'îlotage

Note 1 à l'article: Dans un circuit de résonance parallèle, tel qu'une charge sur un réseau d'énergie

$$Q_f = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

où

Q_f est le facteur de qualité

R est la résistance de charge effective

C est la capacité de charge réactive (y compris les condensateurs-shunt)

L est l'inductance de charge réactive

Avec C et L accordées à la fréquence fondamentale du système d'alimentation, Q_f pour le circuit de résonance générant la puissance active, P , puissances réactives, Q_L , pour la charge inductive, et Q_C pour charge capacitive, Q_f peut être déterminé par:

$$Q_f = (1/P) \sqrt{|Q_L| \cdot |Q_C|}$$

où

P est la puissance active, en W

Q_L est la charge inductive, en VAr_L

Q_C est la charge capacitive, en VAr_C

3.8 **temps de maintien de l'alimentation**

t_R
période de temps au cours duquel un état d'îlot non intentionnel existe, calculée comme l'intervalle entre l'ouverture de l'interrupteur S1 (Figure 1) et la cessation du courant de sortie de l'EUT

3.9 **signal d'arrêt**

signal fourni par l'onduleur indiquant qu'il a cessé d'alimenter ses bornes de sortie connectées au réseau public d'électricité

VOIR: Annexe C.

3.10 **îlot non intentionnel**

condition d'îlotage dans laquelle la production à l'intérieur de l'îlot qui est supposé cesser d'alimenter le réseau public d'électricité, continue au contraire à l'alimenter

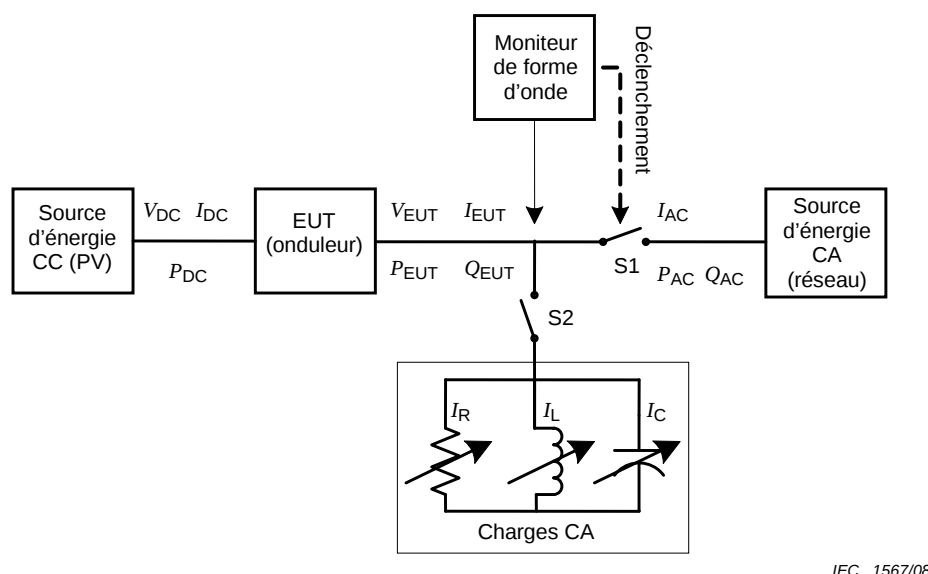
4 Circuit d'essai

Le circuit d'essai représenté à la Figure 1 doit être utilisé. Des circuits analogues doivent être utilisés pour une sortie triphasée.

Les paramètres à mesurer sont illustrés dans le Tableau 1 et la Figure 1. Les paramètres à consigner dans le rapport d'essai sont examinés à l'Article 7.

Tableau 1 – Paramètres à mesurer en temps réel

Paramètre	Symbole	Unités
Entrée en courant continu de l'EUT ^{a, b}		
Tension continue	V_{DC}	V
Courant continu	I_{DC}	A
Puissance en courant continu	P_{DC}	W
Eclairement énergétique ^c	G	W/m ²
Sortie en courant alternatif de l'EUT		
Tension alternative ^{b, d, e}		
Courant alternatif ^{b, d, e}	V_{EUT}	V
Puissance active ^b	I_{EUT}	A
Puissance réactive ^b	P_{EUT}	W
Forme d'onde de tension ^{d, e, f, g}	Q_{EUT}	VA _r
Forme d'onde de courant ^{d, e, f, g}		
Signal de commande de sortie de l'EUT (relais) ^d		
Temps de maintien de l'alimentation	t_R	s
Signal d'arrêt ^h	SS	--
Charge d'essai ^b		
Courant de charge résistive	I_R	A
Courant de charge inductive	I_L	A
Courant de charge capacitive	I_C	A
Source d'énergie (réseau public) en courant alternatif ^b		
Puissance active du réseau public ⁱ	P_{AC}	W
Puissance réactive du réseau public ⁱ	Q_{AC}	VA _r
Courant du réseau public ⁱ	I_{AC}	A
^a Si applicable. ^b Enregistrer les valeurs mesurées avant d'ouvrir l'interrupteur S1. ^c Enregistré lorsque l'essai est effectué en utilisant un générateur PV. Il convient que le pyranomètre soit de type silicium à réponse rapide et non de type thermopile. ^d Le temps de réponse du transducteur de tension et de courant doit être adapté au taux d'échantillonnage utilisé. ^e La forme d'onde, la tension et le courant alternatifs, doivent être mesurés sur toutes les phases. ^f Les données de forme d'onde doivent être enregistrées du début de l'essai d'ilotage jusqu'à ce que l'EUT mette fin à la sortie. La mesure du temps doit avoir une précision et une résolution supérieures à 1 ms. ^g Lorsque la forme d'onde est enregistrée, le signal de synchronisation du signal d'ouverture de S1 et celui de l'arrêt peuvent être enregistrés simultanément. ^h Si disponible à l'EUT. ⁱ Le signal doit être filtré en fonction des besoins pour fournir une valeur de fréquence fondamentale (50 Hz ou 60 Hz). Les valeurs fondamentales ignorent les harmoniques parasites, causées par les distorsions de tension du réseau public, absorbées par les condensateurs de charge et de filtration de l'EUT.		



IEC 1567/08

Figure 1 – Circuit d'essai pour la fonction de détection d'îlotage dans un conditionneur de puissance (onduleur)

5 Equipements d'essais

5.1 Appareils de mesure

L'observation de la forme d'onde doit être mesurée par un dispositif avec fonction mémoire, par exemple un oscilloscope à mémoire ou numérique ou un système d'acquisition de données à grande vitesse. Le dispositif de mesure/saisie de la forme d'onde doit être en mesure d'enregistrer la forme d'onde depuis le début de l'essai d'îlotage jusqu'à ce que l'EUT cesse d'alimenter l'îlot. Pour les EUT multiphasés, toutes les phases doivent être contrôlées. Un moniteur de forme d'onde conçu pour détecter et calculer le temps de maintien de l'alimentation peut être utilisé.

Pour les EUT multiphasés, l'équipement d'essai et de mesure doit enregistrer chaque courant de phase et chaque tension phase-neutre ou entre phases, suivant ce qui est approprié, pour déterminer à la fréquence fondamentale, le flux de puissance active et réactive pendant l'essai. Un taux d'échantillonnage de 10 kHz ou plus est recommandé. La précision de mesure minimale doit être d'au plus 1 % de la tension de sortie nominale assignée de l'EUT et d'au plus 1 % du courant de sortie assigné de l'EUT. Les mesures du courant, de la puissance active et de la puissance réactive, lorsque l'interrupteur S1 est utilisé pour déterminer les conditions d'équilibre du circuit, doivent signaler la composante fondamentale (50 Hz ou 60 Hz).

5.2 Source d'énergie en courant continu

5.2.1 Généralités

Une source d'énergie en courant continu, telle qu'un simulateur de générateur PV, un générateur PV ou une alimentation continue limitée en courant et en tension avec une résistance en série, peut être utilisée.

Si l'EUT peut fonctionner en mode interconnecté au réseau public à partir d'une batterie d'accumulateur, une source d'énergie en courant continu peut être utilisée à la place d'un accumulateur à la condition que la source d'énergie en courant continu ne doive pas être le dispositif de limitation pour ce qui concerne le courant d'entrée maximal de l'EUT.

La source d'énergie en courant continu doit fournir la tension et le courant nécessaires pour répondre aux exigences d'essai décrites dans l'Article 6.

5.2.2 Simulateur de générateur PV

Une unité destinée à être alimentée directement par une source photovoltaïque doit être alimentée par une alimentation électrique qui simule les caractéristiques de courant-tension et le temps de réponse d'un générateur photovoltaïque. Les essais doivent être effectués à la tension d'entrée définie dans le Tableau 2 ci-dessous, et le courant doit être limité à 1,5 fois le courant d'entrée assigné au photovoltaïque, sauf spécification contraire dans les exigences d'essai.

Un simulateur de générateur PV est recommandé, cependant, tout type de source d'énergie peut être utilisé s'il n'influence pas les résultats d'essai.

Tableau 2 – Spécification du simulateur de générateur (conditions d'essai)

Points ^a	Conditions
Puissance de sortie	Suffisante pour fournir une puissance de sortie maximale de l'EUT et d'autres niveaux spécifiés par les conditions d'essais du Tableau 5.
Vitesse de réponse ^b	Il convient que le temps de réponse d'un simulateur à un échelon dans la tension de sortie, en raison d'une variation de charge de 5 %, donne lieu à un établissement du courant de sortie à 10 % de sa valeur finale en moins de 1 ms.
Stabilité	A l'exclusion des variations provoquées par la MPPT de l'EUT, il convient que la puissance de sortie du simulateur reste stable à 2 % du niveau de puissance spécifié pendant toute la durée de l'essai: à partir du point où l'équilibre de charge est atteint jusqu'à ce que l'état d'ilot soit éliminé ou que le temps de maintien de l'alimentation autorisé soit dépassé.
Facteur de remplissage ^c	0,25 à 0,8
^a Dans le cadre de la présente norme, on prend pour hypothèse que la technologie des cellules n'exerce aucune influence sur la détection d'ilotage. ^b La vitesse de réponse est indiquée pour éviter l'influence provoquée par le système de commande de la MPPT, la fréquence d'ondulation du côté courant continu d'un EUT, ou des méthodes actives anti-ilotage. ^c Facteur de remplissage = $(V_{mp} \times I_{mp}) / (V_{oc} \times I_{sc})$, où V_{mp} et I_{mp} sont respectivement la tension et le courant du point de puissance maximum, V_{oc} est la tension en circuit ouvert, et I_{sc} est le courant de court circuit. Il convient de le maintenir à une valeur fixe pour toutes les conditions d'essais.	

5.2.3 Alimentation électrique en courant et tension continus limités avec résistance en série

Une source d'énergie en courant continu utilisée comme source d'entrée de l'EUT doit être capable d'une puissance d'entrée maximale de l'EUT (de façon à obtenir une puissance de sortie maximale de l'EUT) aux tensions de fonctionnement d'entrée de l'EUT minimales et maximales.

Il convient que la source d'énergie fournisse des limites de courant et de tension ajustées pour fournir le courant de court-circuit et la tension de circuit ouvert souhaités lorsqu'elle sont associées avec des résistances en série et shunt décrites ci-dessous.

Il convient qu'une résistance en série (et, facultativement, une résistance shunt) soient choisies pour fournir un facteur de remplissage dans la gamme présentée dans le Tableau 2.

5.2.4 Générateur PV

Un générateur PV utilisé comme source d'entrée de l'EUT doit être capable d'une puissance d'entrée maximale de l'EUT aux tensions de fonctionnement d'entrée de l'EUT minimales et maximales (voir Tableau 3). L'essai est limité aux moments où l'éclairement énergétique ne varie pas de plus de 2 % pendant la durée de l'essai, tel que mesuré par un pyranomètre de

type silicium ou un dispositif de référence. Il peut être nécessaire de régler la configuration du générateur pour obtenir les niveaux de puissance et de tension d'entrée prescrits en 6.1.

Tableau 3 – Conditions d'essai du générateur PV

Éléments	Conditions
Puissance de sortie	Suffisante pour fournir une puissance de sortie maximale de l'EUT et d'autres niveaux spécifiés par les conditions d'essais du Tableau 5.
Conditions climatiques	Eclairement énergétique, température ambiante, etc.
Pour obtenir une condition de charge équilibrée, la sortie du générateur PV doit être stable. De ce fait, il est important de réaliser l'essai uniquement à des moments d'éclairement énergétique stable (par exemple ciel dégagé, à midi solaire moyen).	

5.3 Source d'énergie en courant alternatif

Le réseau public d'électricité ou une autre source d'énergie en courant alternatif peut être utilisé à condition qu'il(elle) réponde aux conditions spécifiées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Exigences de la source d'énergie en courant alternatif

Éléments	Conditions
Tension	Nominale $\pm 2,0 \%$
Distorsion harmonique totale (THD) de la tension	$< 2,5 \%$
Fréquence	Nominale $\pm 0,1 \text{ Hz}$
Distance de l'angle de phase ^a	$120^\circ \pm 1,5^\circ$
^a Cas triphasé uniquement.	

5.4 Charges en courant alternatif

Du côté courant alternatif de l'EUT, la résistance, la capacité et l'inductance variables doivent être connectées en parallèle comme des charges entre l'EUT et la source d'énergie en courant alternatif. D'autres sources de charge, telles que les charges électroniques peuvent être utilisées si on peut prouver que la source n'entraîne pas de résultats qui sont différents de ceux que l'on obtiendrait avec des résistances, des inductances et des condensateurs passifs.

Toutes les charges en courant alternatif doivent être spécifiées et réglables pour toutes les conditions d'essai. Les équations pour Q_f sont fondées sur un circuit RLC parallèle idéal. C'est pourquoi, les résistances non inductives, les inductances (Q_f élevée) à faible perte, et les condensateurs avec résistance en série effective faible et inductance série effective faible doivent être utilisés dans le circuit d'essai. Les inducteurs à noyau de fer, s'ils sont utilisés, ne doivent pas dépasser une distorsion harmonique totale (THD) de courant de 2 % lorsqu'ils fonctionnent à la tension nominale. Il convient que les composantes de la charge soient d'une manière conservatrice spécifiées pour les niveaux prévus de tension et de puissance. Il convient que la puissance assignée de la résistance soit choisie pour minimiser la dérive thermiquement induite dans les valeurs de résistance au cours de l'essai.

Il convient de calculer la puissance active et réactive (en utilisant les mesures fournies dans le Tableau 1) dans chacune des branches R, L et C de la charge de sorte que ces paramètres parasites (et les parasites introduits par des variacs ou des autotransformateurs) soient correctement pris en compte lors du calcul de Q_f .

6 Essai pour les onduleurs monophasés ou multiphasés

6.1 Procédure d'essai

L'essai suivant est conçu pour un EUT constitué d'un onduleur monophasé ou multiphasé¹. L'essai utilise une charge RLC, résonnante à la fréquence nominale de l'EUT (50 Hz ou 60 Hz) et adaptée à la puissance de sortie de l'EUT. Pour l'EUT multiphasé, la charge doit être équilibrée à travers toutes les phases et l'interrupteur S1, comme dans la Figure 1, doit ouvrir toutes les phases². Cet essai doit être réalisé avec les conditions de l'EUT du Tableau 5, où les valeurs de puissance et de tension sont données en pourcentage des caractéristiques de sortie maximales de l'EUT.

Les réglages de l'EUT des paramètres de tension et de fréquence pour le déclenchement (amplitude et durée) peuvent affecter le temps de maintien de l'alimentation mesuré. La réussite à cet essai vérifie que l'unité fournit la protection d'îlotage appropriée pour les réglages essayés aussi bien que pour des réglages plus fins (par exemple, il convient qu'un EUT qui satisfait à l'essai avec des réglages de déclenchement en fréquence de $\pm 1,5$ Hz de la valeur nominale déclenche pendant le temps de maintien de l'alimentation maximum mesuré pour des réglages de, disons, $\pm 0,5$ Hz). Inversement, lorsqu'il est ajusté avec des réglages autres que ceux testés, l'EUT peut expérimenter des temps de maintien de l'alimentation étendus. Il convient que des réglages en fréquence de $\pm 1,5$ Hz par rapport à la fréquence nominale et des réglages en tension de ± 15 % par rapport à la tension nominale, pour les besoins de cette procédure d'essai, soient suffisamment larges pour couvrir la majorité des prescriptions du réseau public. A noter que, puisque les réglages de déclenchement sont élargis, des schémas anti-îlotage actifs plus agressifs peuvent être exigés ce qui pourrait impacter négativement la qualité de la puissance.

1 L'Annexe B décrit l'essai pour un dispositif de détection d'îlotage indépendant (relais).

2 Une perte d'une ou deux phases dans un système triphasé n'est pas considérée comme un phénomène d'îlotage.

Tableau 5 – Conditions d'essai

Conditions	Puissance de sortie de l'EUT, P_{EUT}	Tension d'entrée de l'EUT ^c	Réglages du déclenchement de l'EUT ^d
A	Maximum ^a	> 75 % de la plage de tensions d'entrée assignée	Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence selon les normes nationales et/ou le code local
B	50 % à 66 % du maximum	50 % de la plage de tensions d'entrée assignée, ± 10 %	Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence selon les normes nationales et/ou le code local
C	25 % à 33 % ^b du maximum	< 20 % de la plage de tensions d'entrée assignée	Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence selon les normes nationales et/ou le code local

^a Il convient d'obtenir la condition de puissance maximale de sortie de l'EUT en utilisant la puissance d'entrée maximale admissible. La puissance de sortie réelle peut dépasser la sortie nominale assignée.

^b Ou le niveau de sortie minimal admissible de l'EUT s'il est supérieur à 33 %.

^c Basée sur le domaine de fonctionnement de la puissance absorbée de l'EUT. Par exemple, si la gamme se situe entre X volts et Y volts, 75 % de la gamme = $X + 0,75 \times (Y - X)$. Y ne doit pas dépasser $0,8 \times$ la tension maximale du système de l'EUT (c'est-à-dire la tension en circuit ouvert maximale admissible par le générateur). Dans tous les cas, il convient de ne pas mettre en fonctionnement l'EUT hors de la gamme de tension d'entrée admissible.

^d Le fabricant doit spécifier la norme applicable, le code ou les réglages de déclenchement basés sur le réseau public avec lesquels l'unité doit être essayée. Le fabricant peut aussi choisir des réglages de déclenchements plus stricts pour démontrer la compatibilité avec un grand nombre d'exigences du réseau public. Il convient que les réglages recommandés présentés ci-dessous couvrent la majorité des prescriptions du service public.

Paramètre	Amplitude	Durée s
Surtension	115 % de la tension nominale	2
Sous-tension	85 % de la tension nominale	2
Sur-fréquence	1,5 Hz au dessus de la fréquence nominale	1
Sous-fréquence	1,5 Hz en dessous de la fréquence nominale	1

Si des réglages rapides de sur- et sous-tension et sur- et sous-fréquence sont prévus, il convient donc que le fabricant spécifie des valeurs étendues de façon similaire.

- Déterminer la puissance de sortie d'essai de l'EUT, P_{EUT} , à utiliser en se référant au Tableau 5. Les conditions d'essai A, B, et C peuvent être réalisées dans n'importe quel ordre qui convient pour les essais.
- En réglant la source d'entrée en courant continu, faire fonctionner la P_{EUT} sélectionnée et mesurer la sortie de puissance réactive de l'EUT, Q_{EUT} , de la façon suivante. Il convient que l'interrupteur S1 du réseau public soit fermé. Sans aucune charge locale connectée (à savoir, S2 est ouvert de sorte que la charge RLC ne soit pas connectée à ce moment), et l'EUT étant connecté au réseau public (S1 est fermé), mettre l'EUT en marche et le faire fonctionner à la sortie déterminée à l'étape a). Mesurer à la fréquence fondamentale (50 Hz ou 60 Hz) le flux de puissance active et réactive, P_{AC} et Q_{AC} . Il convient que la puissance active soit égale à P_{AC} . La puissance réactive, Q_{AC} mesurée à cette étape est désignée par Q_{EUT} aux étapes suivantes.

NOTE 1 La sortie de l'EUT pour la condition A est obtenue en fournissant une puissance d'entrée (en excès) suffisante pour permettre à l'unité de produire sa sortie maximale sans provoquer de fermeture. La condition B est obtenue en réglant la source d'énergie d'entrée en courant continu, si l'EUT fournit ce mode de fonctionnement. La condition C est obtenue en utilisant la commande de l'onduleur pour limiter la puissance de sortie, si l'EUT fournit ce mode de fonctionnement.

- Eteindre l'EUT et ouvrir S1.

Lorsque les niveaux de composantes de la charge sont réglés en utilisant une mesure en temps réel des niveaux de puissance résistive, inductive et capacitive, il peut être nécessaire de laisser S1 fermé.

- d) Régler le circuit RLC pour obtenir $Q_f = 1,0 \pm 0,05^3$ en utilisant les étapes suivantes:
 - 1) Déterminer la quantité de réactance inductive requise dans le circuit RLC résonant en utilisant la relation $Q_L = Q_f \times P_{EUT} = 1,0 \times P_{EUT}$.
 - 2) Connecter un inducteur en tant que premier élément du circuit RLC. Régler l'inductance à Q_L .
 - 3) Connecter un condensateur en parallèle avec l'inducteur. Régler la réactance capacitive de sorte que $Q_C + Q_L = -Q_{EUT}$.
 - 4) Connecter une résistance qui donne lieu à une puissance consommée par le circuit RLC égale à P_{EUT} .

NOTE 2 Les puissances active et réactive sont calculées (en utilisant les mesures fournies dans le Tableau 1) dans chacune des branches R, L et C de la charge de sorte que ces paramètres parasites (et les parasites introduits par des variacs ou des transformateurs) soient correctement pris en compte lors du calcul de Q_f .

- e) Connecter la charge RLC configurée à l'étape d) à l'EUT en fermant S2. Fermer S1 et mettre l'EUT en marche, en s'assurant que la puissance délivrée est celle déterminée à l'étape a). Régler R, L, et C en fonction des besoins pour s'assurer que la composante fondamentale (50 Hz ou 60 Hz) de courant I_{AC} à travers S1 est de 0,0 A avec une tolérance de $\pm 1\%$ du courant assigné de l'EUT sur une base continue dans chaque phase.⁴

L'objet de la procédure jusqu'à ce point est de mettre à zéro les composantes de la fréquence fondamentale (50 Hz ou 60 Hz) de la puissance active et réactive, ou de mettre à zéro la composante de la fréquence fondamentale de la circulation du courant, au niveau du sectionneur du réseau public. La résonance du système génère généralement des courants harmoniques dans le circuit d'essai. Ces courants harmoniques rendent généralement impossible la mise à zéro d'une mesure efficace de la circulation de puissance ou de courant au niveau du sectionneur. Du fait de l'erreur de mesure de l'équipement d'essai et d'une incidence provenant des courants harmoniques, il peut être nécessaire d'effectuer de petits réglages dans le circuit d'essai pour obtenir le comportement d'îlotage le plus défavorable. L'étape h) est prévue pour réaliser ces petits réglages.

- f) Ouvrir le sectionneur du réseau public S1 pour lancer l'essai. Le temps de maintien de l'alimentation, t_R , doit être enregistré comme l'intervalle de temps entre l'ouverture de l'interrupteur S1 et le point auquel le courant de sortie de l'EUT chute et demeure inférieur à 1 % de ses niveaux de sortie assignée. L'Annexe C donne quelques informations liées à l'utilisation d'un signal de blocage d'alimentation.
- g) Pour la condition d'essai A du Tableau 5 (100 %), régler la charge active et uniquement une des composantes de la charge réactive (la capacité, C, ou l'inductance, L, peuvent être choisies) à chacune des conditions de déséquilibre de charge présentées dans la partie grisée du Tableau 6. Les valeurs du Tableau 6 représentent des variations par rapport aux valeurs nominales déterminées aux étapes d) et e) en pourcentage de ces valeurs nominales. Les valeurs du Tableau 6 présentent la circulation de puissance active et réactive au niveau de S1 à la Figure 1, avec une valeur positive indiquant la circulation de puissance de l'EUT à la source d'énergie en courant alternatif. Après chaque réglage, un essai d'îlot est effectué et le temps de maintien de l'alimentation est enregistré. Si un quelconque temps de maintien de l'alimentation enregistré est plus long que celui enregistré pour la condition d'équilibre assignée, c'est-à-dire à l'essai f), alors les combinaisons de paramètres non-grisées requièrent des essais. Si aucun temps de

3 La valeur appropriée pour Q_f a été étudiée en utilisant 723 points de mesure au Japon. Une valeur de Q_f a été calculée comme le rapport de la demande contractuelle (kW) au niveau du point de mesure au condensateur-shunt (kVAr) installé, nécessaire pour obtenir le facteur de puissance 1,0 en ce point. En se fondant sur la variété des conditions de charge rencontrées, $Q_f = 1,0$ apparaît être la condition d'essai qui convient.

4 Certains algorithmes anti-îlotage perturberont suffisamment le courant de fréquence fondamentale à travers S1 de sorte que la limite de 1 % ne puisse pas être obtenue sur une base continue. La moyenne du courant efficace sur un certain nombre de cycles d'une façon qui saisit l'amplitude de repos de ce courant doit être utilisée pour la détermination de la charge adaptée pendant cette période de repos.

maintien de l'alimentation ne dépasse celui de la condition d'équilibre, alors cette partie de la séquence d'essai est considérée comme étant terminée.

- h) Pour les conditions d'essai B et C, régler seulement l'une des composantes de charge réactive (la capacité C , ou l'inductance L , peut être choisie) par incrément d'environ 1,0 % par essai, dans une gamme totale de 95 % à 105 % du point de fonctionnement comme le montre le Tableau 7. Les valeurs du Tableau 7 montrent le flux de puissance réactive au niveau de S1 à la Figure 1, où une valeur positive indique la circulation de puissance de l'EUT à la source d'énergie en courant alternatif. Après chaque réglage, un essai d'îlot est effectué et le temps de maintien de l'alimentation est enregistré. Si les temps de maintien de l'alimentation augmentent toujours aux points de 95 % ou 105 %, des incréments de 1 % supplémentaires doivent être pris avant que les temps de maintien de l'alimentation commencent à diminuer. Les conditions de charge de l'essai C peuvent être obtenues en utilisant la commande de l'onduleur pour limiter la puissance de sortie plutôt qu'en utilisant l'alimentation électrique.

**Tableau 6 – Déséquilibre de la charge (charge active, réactive)
pour la condition d'essai A (sortie de l'EUT = 100 %)**

Variation en % de la charge active, de la charge réactive par rapport à la puissance de sortie nominale				
–10, +10	–5, +10	0, +10	+5, +10	+10, +10
–10, +5	–5, +5	0, +5	+5, +5	+10, +5
–10, 0	–5, 0		+5, 0	+10, 0
–10, –5	–5, –5	0, –5	+5, –5	+10, –5
–10, –10	–5, –10	0, –10	+5, –10	+10, –10

Les numéros de chaque cellule par exemple + M , + N sont utilisés pour représenter la variation en % de la puissance active et réactive. Le premier nombre M représente le % de la puissance active et le second nombre N représente le % de la puissance réactive. Les valeurs de charge réelles doivent être à ± 1 % de celles spécifiées.

**Tableau 7 – Déséquilibre de la charge (charge réactive) pour la condition d'essai B
(sortie de l'EUT = 50 % à 66 %) et la condition d'essai C (sortie de l'EUT = 25 % à 33 %)**

Variation en % de la charge active, de la charge réactive par rapport à la puissance de sortie nominale
0, –5
0, –4
0, –3
0, –2
0, –1
0, 1
0, 2
0, 3
0, 4
0, 5

Dans le Tableau 7, les nombres de chaque case par exemple + M , + N sont utilisés pour représenter la variation en % de la puissance active et réactive. Le premier nombre M représente le % de la puissance active et le second nombre N représente le % de la puissance réactive. Les valeurs de charge réelles doivent être à ± 1 % de celles spécifiées.

6.2 Critères d'acceptation/de rejet

Un EUT est considéré comme conforme aux exigences pour la protection contre l'îlotage lorsque chaque cas de temps de maintien de l'alimentation enregistré est inférieur à 2 s ou répond aux exigences des codes locaux.

7 Documentation

Au minimum, les informations suivantes doivent être enregistrées et conservées dans le rapport d'essai.

- a) Spécifications de l'EUT. Le Tableau 8 fournit un exemple du type d'information qu'il convient de fournir.
- b) Résultats des mesures. Le Tableau 9 fournit un exemple du type d'information qu'il convient de fournir. Il convient d'enregistrer les valeurs réelles mesurées.
- c) Schéma fonctionnel du circuit d'essai.
- d) Spécifications de l'équipement de mesure et d'essai. Le Tableau 10 fournit un exemple du type d'information qu'il convient de fournir.
- e) Tout détail de configuration ou de procédure d'essai tels que les méthodes pour atteindre les conditions de charge et de sortie de l'EUT spécifiées.
- f) Toute information supplémentaire requise par l'accréditation du laboratoire d'essai.
- g) Spécifier le critère d'évaluation de 6.2 qui est utilisé pour déterminer si le produit a réussi l'essai ou échoué.

Tableau 8 – Spécification de l'EUT fournie par le fabricant (exemple)

Paramètre	Valeur	Remarques
1) Caractéristiques assignées a) Puissance de sortie maximale b) Gamme de tensions c.c. c) Limites de courant continu d) Gamme de tensions c.a e) Gamme de fréquences f) Limites de courant alternatif g) Rendement h) Réglages de déclenchement de la tension et de la fréquence (amplitude et durée) i) Autres réglages de logiciel j) Version du micrologiciel 2) Autres a) Affichages b) Plage de températures c) Humidité d) Taille e) Poids		

Tableau 9 – Liste des conditions essayées et du temps de maintien de l'alimentation (exemple)

No.	P_{EUT}^a (% des caractéristiques assignées de l'EUT)	Charge réactive (% de Q_L en 6.1d1))	P_{AC}^b (% de la valeur nominale)	Q_{AC}^c (% de la valeur nominale)	Temps de maintien de l'alimentation (ms)	P_{EUT} (W)	Q_f réelle	V_{DC}	Remarques ^d
1	100	100	0	0					Essai A à BL
2	66	66	0	0					Essai B à BL
3	33	33	0	0					Essai C à BL
4	100	100	–5	–5					Essai A à IB
5	100	100	–5	0					Essai A à IB
6	100	100	–5	+5					Essai A à IB
7	100	100	0	–5					Essai A à IB
8	100	100	0	+5					Essai A à IB
9	100	100	+5	–5					Essai A à IB
10	100	100	+5	0					Essai A à IB
11	100	100	+5	+5					Essai A à IB
12	66	66	0	–5					Essai B à IB
13	66	66	0	–4					Essai B à IB
14	66	66	0	–3					Essai B à IB
15	66	66	0	–2					Essai B à IB
16	66	66	0	–1					Essai B à IB
17	66	66	0	1					Essai B à IB
18	66	66	0	2					Essai B à IB
19	66	66	0	3					Essai B à IB
20	66	66	0	4					Essai B à IB
21	66	66	0	5					Essai B à IB
22	33	33	0	–5					Essai C à IB
23	33	33	0	–4					Essai C à IB
24	33	33	0	–3					Essai C à IB
25	33	33	0	–2					Essai C à IB
26	33	33	0	–1					Essai C à IB
27	33	33	0	1					Essai C à IB
28	33	33	0	2					Essai C à IB
29	33	33	0	3					Essai C à IB
30	33	33	0	4					Essai C à IB
31	33	33	0	5					Essai C à IB

^a P_{EUT} : Puissance de sortie de l'EUT.

^b P_{AC} : Circulation de puissance active au niveau de S1 à la Figure 1. Puissance de l'EUT au réseau public par des moyens efficaces. La valeur nominale est la valeur de la condition d'essai de 0 %.

^c Q_{AC} : Circulation de puissance réactive au niveau de S1 à la Figure 1. Puissance de l'EUT au réseau public par des moyens efficaces. La valeur nominale est la valeur de la condition d'essai de 0 %.

^d BL: condition d'équilibre, IB: condition de déséquilibre.

Tableau 10 – Spécification de l'équipement d'essai (exemple)

Éléments	Spécifications	Remarques
1) Source d'énergie CC (ou simulateur de générateur PV)		
a) Gamme de tensions	0 à 400,0 V (échelon de 0,1 V)	
b) Gamme de courants	0 à 30,0 A (échelon de 0,1 A)	
2) Source d'énergie en courant alternatif		
a) Câblage de sortie	Monophasé, 3 conducteurs	
b) Capacité de sortie	16 kVA	
c) Tension de sortie (précision)	0 V _{efficace} à 576 V _{efficace} (0,2 V _{efficace})	
d) Fréquence de sortie (précision)	5 Hz à 1 100 Hz (0,01 Hz)	
e) Stabilité de tension	±100 ppm/°C (typique) ±100 ppm/8 h (typique)	
f) Distorsion de tension de sortie	0,05 % max.	
3) Appareil de mesure numérique		
a) Gamme de tensions	15/30/60/150/300/600 V	
b) Gamme de courants	0,5/1/2/5/10/20 A	
c) Gamme de fréquences (précision)	CC, 10 Hz à 50 kHz (0,5 %)	
d) Éléments de mesure	Tension (V) Courant (A) Puissance active (W) Puissance réactive (VAr) Volt-ampère (VA) Facteur de puissance (PF) Fréquence (Hz) Energie électrique (Wh)	
4) Enregistreur de formes d'onde		
a) Vitesse d'échantillonnage	100 kéchantillons/s	
b) Dispositif d'enregistrement	Imprimante thermique	
c) Précision temporelle	±500 ppm (typique)	
5) Charge en courant alternatif		
a) Charge résistive		
Tension maximale	250 V (CC ou CA)	
Gamme de courants	2,5 à 50 A (échelon de 0,3 Ω)	
Capacité	10 kVA	
b) Charge inductive		
Tension maximale	250 V (CC ou CA)	
Gamme de courants	2,5 à 50 A (échelon de 0,3 Ω)	
Capacité	10 kVA	
c) Charge capacitive		
Tension maximale	200 V	
Gamme de courants	0,2 à 50 A	

Annexe A (informative)

Îlotage tel qu'il s'applique aux systèmes PV

A.1 Généralités

L'îlotage est un état dans lequel une partie d'un réseau électrique, contenant tant la charge que la production, est isolée du reste du réseau électrique. Un îlot non intentionnel a lieu lorsque la production alimentant la charge n'est pas sous le contrôle des autorités responsables de la régulation de la puissance (tension, fréquence, etc.), et lorsque cette production n'est pas destinée (en l'absence d'approbation) à alimenter la charge. Par exemple, alors qu'un système PV, propriété du client, peut être conçu pour faire fonctionner les charges locales du client lorsque la puissance du réseau d'énergie public est indisponible, il n'est généralement pas autorisé à essayer d'alimenter d'autres clients.

Une perte d'alimentation électrique publique peut se produire pour un certain nombre de raisons:

- à la suite d'une panne qui est détectée par l'entreprise publique de distribution d'électricité, provoquant la mise en marche d'un appareil de sectionnement
- l'ouverture accidentelle de la source d'énergie publique normale à cause de la défaillance du matériel
- la commutation du réseau public du système de distribution et de charges
- l'erreur humaine ou l'acte de malveillance
- un phénomène naturel.

Il convient d'éviter l'îlotage non intentionnel d'un générateur privé pour certaines raisons, y compris les suivantes:

- Du fait que l'entreprise publique de distribution d'électricité ne peut pas contrôler la tension et la fréquence dans l'îlot, il y a possibilité de dommage à l'encontre du matériel du client dans une situation dans laquelle ladite entreprise n'a aucun contrôle. L'entreprise publique de distribution d'électricité, ainsi que le générateur du client, peuvent s'avérer responsables des dommages électriques à l'encontre du matériel du client connecté à leurs lignes, ce qui est la conséquence d'excursions en tension ou en fréquence en dehors des gammes acceptables.
- L'îlotage peut gêner la restauration du service normal par l'entreprise publique de distribution d'électricité.
- L'îlotage peut provoquer un danger pour les travailleurs sur les lignes du service public dont la conséquence serait qu'une ligne demeure sous tension alors qu'elle est supposée être déconnectée de toutes les sources d'énergie.
- Le ré-enclenchement dans un îlot peut donner lieu au redéclenchement de la ligne ou à la détérioration du matériel de ressource distribuée ou d'autres matériels connectés, du fait de la fermeture déphasée.

La plupart des îlots peuvent être aisément évités en contrôlant la tension et la fréquence du réseau d'énergie public et en autorisant seulement le fonctionnement de l'onduleur lorsque ces paramètres se situent dans des limites acceptables. Cependant, il est possible que la puissance fournie par un générateur privé (ou une collection de tels générateurs) s'adapte si étroitement à la charge que les limites de tension et de fréquence ne seraient pas dépassées si le réseau était îloté, comme le montrent Begovic *et al*⁵. Sauf si d'autres dispositifs sont

5 Begovic, M., Ropp, M., Rohatgi, A., Pregelj, A., "Determining the Sufficiency of Standard Protective Relaying for Islanding Prevention in Grid-Connected PV Systems," *Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Vienna, Austria, July, 1998.

intégrés dans les commandes, un réseau pourrait fonctionner à condition que la production et la charge demeurent relativement adaptées. Bien que cette situation soit extrêmement improbable, elle demeure un sujet de préoccupation. De ce fait, il y a nécessité de mettre en place des commandes supplémentaires pour détecter des conditions d'îlotage non intentionnel et de retirer le système PV du circuit jusqu'à ce que le réseau d'énergie public soit remis en service normal.

Le resserrement des fenêtres de tension et de fréquence a été suggéré comme moyen d'éliminer ce problème, mais cela réduit seulement la probabilité d'apparition d'un îlot, au lieu d'en éliminer la possibilité. Le resserrement des fenêtres de fonctionnement augmente également l'occurrence de déclenchement intempestif.

Une solution plus satisfaisante au problème de détection d'un îlot non intentionnel équilibré est l'utilisation d'un onduleur qui incorpore un programme anti-îlotage spécifique à la tâche comprenant la mesure d'autres paramètres ou méthodes de déstabilisation du réseau en l'absence de commande de l'alimentation électrique publique.

A.2 Incidence des distorsions sur l'îlotage

La distorsion totale de la demande (TDD⁶) de charge îlotée a une incidence sur la probabilité d'établir un îlot de ressource distribuée. Une augmentation de la distorsion peut avoir plusieurs conséquences qui influencent la capacité d'un onduleur à fonctionner. Ceux-ci comprennent les passages à zéro de tension additionnels et un facteur de puissance totale réduit. Un onduleur conçu pour fonctionner à un facteur de puissance unitaire et une faible distorsion ne continuera pas à fonctionner avec une distorsion de charge élevée.

⁶ TDD = *total demand distortion*. La distorsion totale de la demande est définie dans l'IEEE 519-1992 comme la distorsion harmonique quadratique totale, en pourcentage du courant de charge total de la demande maximum (demande de 15 min ou 30 min).

Annexe B (informative)

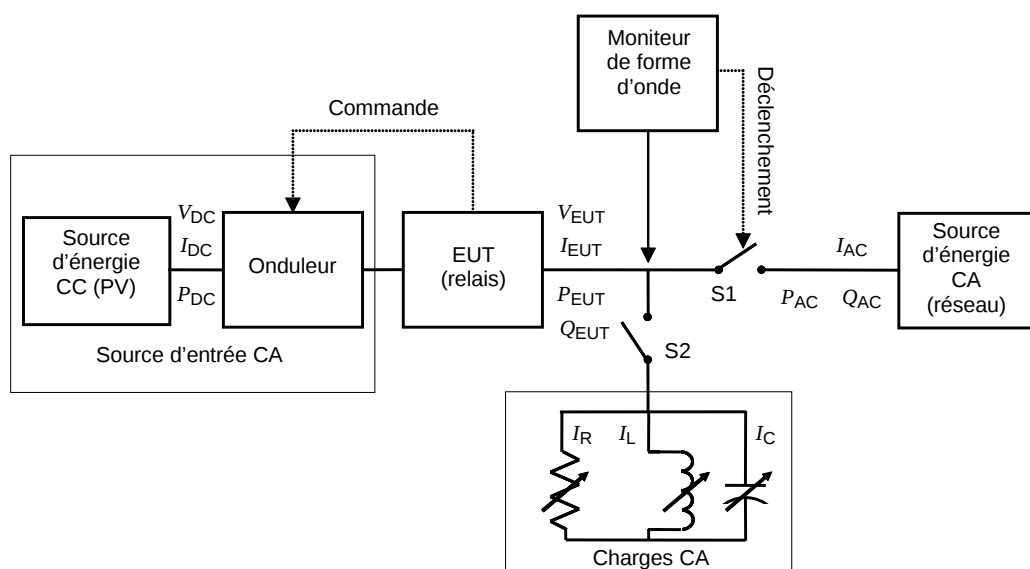
Essai pour un dispositif de détection d'îlotage indépendant (relais)

B.1 Généralités

Il existe des cas où le système de protection contre l'îlotage (EUT) est séparé de l'onduleur. Lorsque le système utilise une méthode active de détection d'îlotage qui interagit avec un onduleur spécifique, la méthode d'essai décrite dans le corps principal de cette norme doit être utilisée. Si une méthode de détection contre l'îlotage qui ne repose pas sur une interaction avec l'onduleur est utilisée, la procédure décrite ci-dessous peut être utilisée.

B.2 Circuit d'essai

Le circuit d'essai représenté à la Figure B.1 doit être utilisé. Des circuits analogues doivent être utilisés pour une sortie triphasée.



IEC 1568/08

Figure B.1 – Circuit d'essai pour un dispositif de détection d'îlotage indépendant (relais)

B.3 Matériel d'essai

B.3.1 Généralités

Identique à celui de l'Article 5 à l'exception de la source d'entrée en courant alternatif décrite ci-dessous et agissant à la place d'une source d'entrée en courant continu avec un onduleur pour la génération de puissance.

B.3.2 Source d'entrée en courant alternatif

Une entrée en courant alternatif séparée peut être exigée si elle n'est pas fournie par le fabricant d'EUT comme partie de l'essai représenté à la Figure B.1.

La source d'entrée en courant alternatif doit fournir la tension et le courant nécessaires pour répondre aux exigences d'essai décrites dans l'Article 6.

B.4 Procédure d'essai

Cette procédure d'essai fournit une méthode pour l'évaluation d'un dispositif de détection d'îlotage indépendant, tel qu'un relais. Comme en 6.1, cette procédure d'essai développe un circuit de résonance qui est équilibré avec la sortie du système PV. Sachant que dans ce cas, l'EUT ne comporte pas de capacité de production propre, une source en courant alternatif séparée doit être utilisée pour fournir la puissance du côté EUT de l'interrupteur S1, comme l'illustre la Figure B.1. Cette source en courant alternatif doit être capable de fournir la puissance assignée définie par les caractéristiques assignées de l'EUT. Si l'EUT affecte la caractéristique de détection d'îlotage en contrôlant la source d'énergie en courant alternatif, alors le montage d'essai doit comprendre la fonctionnalité appropriée dans la source en courant alternatif et la connexion entre la source et l'EUT.

B.5 Documentation

Identique à celle de l'Article 7.

Annexe C (informative)

Signal de blocage d'alimentation

C.1 Généralités

Un signal d'arrêt est un signal qui fournit une indication d'après laquelle l'EUT a cessé d'alimenter le réseau public d'électricité. Une forme de signal d'arrêt, fournie dans quelques onduleurs interconnectés au réseau public, est le signal de blocage d'alimentation décrit dans l'Annexe C. Certaines juridictions peuvent exiger que tous les onduleurs fournissent un signal de blocage d'alimentation que l'on peut mesurer directement.

C.2 Signal de blocage d'alimentation utilisé dans des systèmes photovoltaïques

Les onduleurs interconnectés au réseau public pour systèmes PV convertissent la puissance en courant continu en puissance en courant alternatif, en effectuant la commande MLI⁷ utilisant des dispositifs de commutation de puissance à base de semi-conducteurs tels que les IGBT⁸, les thyristors, et les thyristors interrupteurs (GTO)⁹. Dans de nombreux cas, un signal de "blocage d'alimentation" tout ou rien est fourni par les circuits de commande entre le microprocesseur et le dispositif de commutation de puissance. Ce signal fournit un dispositif pour des fonctions de commande séparées (par exemple, la surveillance de panne interne, les fonctions de déclenchement de tension et de fréquence du réseau public) pour interrompre le fonctionnement des dispositifs de commutation et, de ce fait, la production d'énergie de l'onduleur. Lorsque ce signal est en état de blocage actif, l'onduleur cesse de produire de l'énergie. De ce fait, ce signal fournit une indication d'une action de déclenchement telle que la fin d'un événement d'îlotage. Le temps de maintien de l'alimentation peut être défini comme l'intervalle de temps entre l'ouverture de l'interrupteur d'essai d'îlotage et le point où le signal de blocage d'alimentation indique une condition d'arrêt.

C.3 Surveillance du signal de blocage de l'alimentation

Dans certaines conceptions d'onduleur, le circuit de commande comprend des composants discrets de sorte qu'un signal de blocage d'alimentation est accessible et facilement mesuré.

Dans d'autres conceptions d'onduleur, un microprocesseur entraîne le dispositif de commutation directement, de sorte que toutes les fonctions de commande et de surveillance soient traitées par le microprocesseur, qui interrompt simplement l'allumage du dispositif de commutation, lorsque cela est nécessaire. Dans ce cas, il se peut qu'il n'y ait aucun signal de blocage d'alimentation extérieur. De même, les dispositifs de commutation dite intelligente incorporent des fonctions de commutation de puissance et de commande (microprocesseur) en un seul boîtier scellé sans aucun accès aux signaux de commande internes. Enfin, les onduleurs incorporant une batterie de secours peuvent ne pas mettre fin au fonctionnement du pont, mais pour maintenir le fonctionnement des charges critiques isolées de la connexion au réseau public, à la place ouvriront un interrupteur pour isoler l'onduleur du réseau public d'électricité. D'autres signaux disponibles dans ces conceptions peuvent inclure quelques incertitudes (par exemple un délai) quant à savoir le moment où le dispositif de commutation cesse réellement de fonctionner.

7 Commande MLI: Commande à modulation de largeur d'impulsions.

8 IGBT: Transistors bipolaires à grille isolée (insulated gate bipolar transistors).

9 GTO: Thyristors interrupteurs (gate turn-off thyristors).

Il convient de noter que tandis que le signal de blocage d'alimentation indique le moment où le dispositif de commutation de puissance a cessé de fonctionner, l'onduleur ne cesse pas immédiatement d'alimenter ses bornes de sortie. L'unité fournira une sortie en courant alternatif décroissante, dont les caractéristiques dépendront de la conception des composantes réactives sur la sortie de l'onduleur. De ce fait, le moyen le plus précis de savoir si l'onduleur a cessé d'alimenter sa sortie consiste à surveiller les courants de sortie et de vérifier qu'ils ont baissé en dessous des niveaux prévus, comme décrit en 6.1, étape f).

Bibliographie

CEI 61727:2004, *Systèmes photovoltaïques (PV) – Caractéristiques de l'interface de raccordement au réseau*

IEEE 519-1992, *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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