

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruption

Systèmes photovoltaïques – Détection et interruption d'arc en courant continu

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-6743-1

**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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Classification.....	12
4.1 General.....	12
4.2 Protection coverage.....	13
4.3 Method of implementation	13
4.3.1 PCE integrated device (I).....	13
4.3.2 Stand-alone device (S)	14
4.3.3 Distributed detection system (D).....	14
4.4 Functionality	14
4.4.1 AFPE: Detection and interruption capability provided.....	14
4.4.2 AFD: Only detection / no interruption capability provided	14
4.5 Number of monitored strings (S)	14
4.5.1 Single string	14
4.5.2 Parallel string	14
4.6 Number of input ports (I).....	14
4.7 Number of monitored channels (C).....	14
4.7.1 Single channel.....	14
4.7.2 Multi channel	15
4.8 Reconnection method	15
4.8.1 General	15
4.8.2 Manual reconnection	15
4.8.3 Remote manual reconnection	15
4.8.4 Automatic reconnection	15
5 Ratings of AFPEs and AFDs	15
5.1 General.....	15
5.2 PCE integrated AFPEs and AFDs	15
5.2.1 Rated and limiting values.....	15
5.3 Stand-alone AFPEs and AFDs	16
5.3.1 Rated and limiting values.....	16
5.3.2 Utilization category	17
6 Product information	17
6.1 General.....	17
6.2 PCE integrated devices.....	17
6.3 Stand-alone devices	18
6.3.1 Nature of information	18
6.3.2 Marking	18
6.3.3 Instructions for installation, operation and maintenance.....	18
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	18
7.1 PCE integrated AFPEs.....	18
7.2 Stand-alone AFPEs.....	18
8 Construction and performance requirements.....	19

8.1	General requirements for PCE integrated AFDs/AFPEs and stand-alone AFDs/AFPEs	19
8.1.1	General	19
8.1.2	Construction requirements	19
8.1.3	Operation in case of series arc fault event	19
8.1.4	Reconnection capability of AFPE	19
8.1.5	Self-test function	20
8.2	PCE integrated AFDs and AFPEs	21
8.3	Stand-alone AFDs and AFPEs	21
9	Tests	21
9.1	General	21
9.2	Series arc fault test	21
9.2.1	General	21
9.2.2	Arc generator	22
9.2.3	DC source	23
9.2.4	Array line impedance network	24
9.2.5	Line impedance network	24
9.2.6	Test procedure	25
9.2.7	Arc energy and response time measurement	27
9.2.8	Self-test function	27
9.2.9	Reconnection test	28
Annex A	(informative) String and channel examples	29
A.1	General	29
A.2	PCE integrated AFDs and AFPEs	29
A.3	Stand-alone AFPEs	30
A.4	Distributed AFPEs	31
Annex B	(normative) Test setups following different application cases	32
B.1	General	32
B.1.1	Overview	32
B.1.2	PV source models	33
B.1.3	Flow chart for test selection	34
B.2	Application string inverter	36
B.3	Application micro inverter	37
B.4	Application module level DC/DC conversion	39
B.4.1	Input setups	39
B.4.2	Output setups	42
B.5	Application external combined strings	44
B.5.1	Input setups	44
B.5.2	Output setups	45
Annex C	(informative) Application examples	47
C.1	General	47
C.2	Example 1: String inverter with integrated AFPE (F-I-AFPE)	47
C.3	Example 2: Module level inverter with integrated AFPE (F-I-AFPE)	48
C.4	Example 3: External AFPE (P-S-AFPE)	49
C.5	Example 4: Module level DC-DC converter system with AFPE integrated (F-I-AFPE)	52
C.6	Example 5: String inverter with multiple Inputs (F-I-AFPE)	55
C.7	Example 6: String inverter with multiple Inputs (F-I-AFPE)	57
C.8	Example 7: String inverter with multiple Inputs (F-I-AFPE)	59

Annex D (informative) Cross reference application and test setup.....	64
Bibliography.....	65
Figure 1 – Schematic of the arc generator	22
Figure 2 – Dimensions of arc generator electrodes	23
Figure 3 – DC source decoupling network.....	24
Figure 4 – Array line impedance network	24
Figure 5 – Line impedance network.....	24
Figure 6 – Limitation input current.....	26
Figure A.1 – Schematic of string setting of PCE integrated AFDs and AFPEs	29
Figure A.2 – Schematic of parallel setting of PCE integrated AFDs and AFPEs.....	29
Figure A.3 – Schematic of string setting of stand-alone AFPEs	30
Figure A.4 – Schematic of parallel setting of stand-alone AFPEs	30
Figure A.5 – Schematic of single string, single channel distributed AFPEs.....	31
Figure A.6 – Schematic of single string, single channel (Inverter integrated AFD and controller)	31
Figure B.1 – PV source model	33
Figure B.2 – Flow chart to select applicable test cases	35
Figure B.3 – Single string test setup (tests 1, 2, 4).....	36
Figure B.4 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	36
Figure B.5 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	36
Figure B.6 – Single string test setup (tests 1 and 2).....	37
Figure B.7 – Single string test setup (tests 1 and 2) – series modules.....	37
Figure B.8 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	37
Figure B.9 – Parallel string test setup (tests 1 and 2) – series modules.....	38
Figure B.10 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	38
Figure B.11 – Single string test setup (tests 1, 2, 4).....	39
Figure B.12 – Single string test setup (tests 1, 2, 4) – series modules	39
Figure B.13 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	40
Figure B.14 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	41
Figure B.15 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	42
Figure B.16 – Single string test setup (tests 1, 2, 4).....	42
Figure B.17 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	43
Figure B.18 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	43
Figure B.19 – Single string test setup (tests 1, 2, 4).....	44
Figure B.20 – Parallel string test setup (tests 1 and 2).....	44
Figure B.21 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	45
Figure B.22 – Single string test setup (test 1 and 2).....	45
Figure B.23 – Parallel string test setup (tests 3 and 5).....	46
Figure C.1 – Example of a string inverter with single input	47
Figure C.2 – Example of a module level inverter with single input	48
Figure C.3 – Example of an external AFPE with multiple input ports	50
Figure C.4 – Example of a module level DC-DC converter system	52

Figure C.5 – Example of a string inverter with multiple input ports 55

Figure C.6 – Example string inverter with multiple inputs 58

Figure C.7 – Example string inverter with different channel classification 60

Table 1 – Classification of protection coverage 13

Table 2 – Combined classification of AFPEs and AFDs 17

Table 3 – Marking and documentation requirements 17

Table 4 – Requirements for documentation, marking and position of marking 18

Table 5 – Arcing test conditions 25

Table B.1 – General LRC component parameters 33

Table B.2 – LCR component parameters for different module configurations 34

Table C.1 – Overview tests F-I-AFPE string inverter 48

Table C.2 – Overview tests F-I-AFPE module level inverter 49

Table C.3 – Overview tests P-S-AFPE stand-alone AFPE 51

Table C.4 – Overview tests F-I-AFPE 55

Table C.5 – Overview tests F-I-AFPE 57

Table C.6 – Overview tests F-I-AFPE 59

Table C.7 – Overview tests F-I-AFPE 63

Table D.1 – Cross reference application and test setup 64

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS –
DC ARC DETECTION AND INTERRUPTION**
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.

IEC 63027 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
82/2112/FDIS	82/2133/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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

This document provides requirements and testing procedures for arc-fault protection devices used in PV systems to reduce the risk of igniting an electrical fire.

A PV system contains a number of distributed DC sources (PV modules) and circuits. In AC systems series arc durations are limited by the alternating current crossing through zero ampere twice per cycle. In DC systems the arcing current may be constant and longer arc durations are expected. In contrast to a centralized power supply, where in case of a fault the circuit is disconnected at the connection to the supply, a PV system is made up of distributed power supplies which cannot disconnect circuits in a single location. For extinguishing series arcs, however, the location of the arc within the circuit is irrelevant as long as the current is interrupted. This arc fault protection may be located inside the inverter, on array circuits, subarray circuits, string circuits, or at the module level. Therefore, this document provides a range of test setups to cover the expected system topologies.

In PV systems earth fault protection is required according to the IEC installation standards. Moreover, single core cables with double or reinforced insulation are required (except ELV systems). Consequently, the risk of parallel arcs is quite low because in most cases an earth fault occurs first. As such, this document does not address requirements or testing for parallel arc detection. The larger risk for PV systems comes from series arcs, therefore the focus of this document is to provide requirements and tests for arc fault protection equipment to ensure that most series arcs in a PV system will be detected.

Many arc fault detectors detect arcs by analyzing and comparing the arc's HF signal emission. These devices may trip due to external disturbances from other equipment connected to the PV array, e.g. the inverter. Therefore, interoperability needs to be evaluated. Other external influences such as radio signals, sparks from trams, and load switching, among others, may also cause nuisance tripping. These causes are a performance issue and therefore not addressed by this document.

Arc fault detectors for PV systems have been introduced as a requirement in the USA since the 2011 U.S. National Electrical Code was published. This led to the development of a PV arc-fault protection product standard, UL 1699B. Experience derived from these documents and their application in the USA has been used as a basis for this document. This document was written in parallel to the maintenance of UL 1699B. Both writing teams considered the work of each other and aligned requirements as much as possible, including the dimensions of the electrodes.

Arc fault detectors have been mandatory for many years in the USA for certain AC installations. Within the IEC, arc fault detectors required according to IEC 62606 have been introduced for certain locations for AC circuits. For PV circuits there was no IEC product standard available. This document therefore now provides test procedures for PV system arc fault detectors, where required by installation standards.

This document was written for the special needs and characteristics of PV systems. The unique aspects of PV DC sources (group of distributed sources, current behavior, dependency to irradiance, system impedance, etc.) differ considerably from other DC sources and applications. Therefore, this PV specific standard was necessary, and equipment compliant to this document is not suitable for other DC sources and applications.

PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS – DC ARC DETECTION AND INTERRUPTION

1 Scope

This document applies to equipment used for the detection and optionally the interruption of electric DC arcs in photovoltaic (PV) system circuits. The document covers test procedures for the detection of series arcs within PV circuits, and the response times of equipment employed to interrupt the arcs.

The document defines reference scenarios according to which the testing is conducted. This document covers equipment connected to systems not exceeding a maximum PV source circuit voltage of 1 500 V DC.

The detection of parallel circuit arcs is not covered in this document. This document is not applicable to DC sources or applications other than PV DC sources.

NOTE Parallel arc detection may be considered for a future edition.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60730-1:2013, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*
IEC 60730-1:2013/AMD1:2015
IEC 60730-1:2013/AMD2:2020

IEC 60947-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-3:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC TS 61836:2016, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62109-1:2010, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	70
INTRODUCTION.....	72
1 Domaine d'application	73
2 Références normatives	73
3 Termes et définitions	74
4 Classification	77
4.1 Généralités	77
4.2 Couverture de protection.....	77
4.3 Méthode de mise en œuvre.....	78
4.3.1 Dispositif intégré au PCE (I)	78
4.3.2 Dispositif autonome (A)	78
4.3.3 Système de détection réparti (R)	78
4.4 Fonctionnalité	78
4.4.1 AFPE: Capacité de détection et d'interruption fournie	78
4.4.2 AFD: Capacité de détection uniquement / pas d'interruption fournie	78
4.5 Nombre de chaînes surveillées (C)	79
4.5.1 Chaîne unique	79
4.5.2 Chaîne en parallèle	79
4.6 Nombre de ports d'entrée (E).....	79
4.7 Nombre de canaux surveillés (C)	79
4.7.1 Canal unique	79
4.7.2 Canaux multiples	79
4.8 Méthode de reconnexion	79
4.8.1 Généralités	79
4.8.2 Reconnexion manuelle	79
4.8.3 Reconnexion manuelle à distance.....	79
4.8.4 Reconnexion automatique	80
5 Caractéristiques assignées des AFPE et AFD	80
5.1 Généralités	80
5.2 AFPE et AFD intégrés au PCE	80
5.2.1 Valeurs assignées et limites	80
5.3 AFPE et AFD autonomes	80
5.3.1 Valeurs assignées et limites	80
5.3.2 Catégorie d'emploi.....	81
6 Informations sur le produit	81
6.1 Généralités	81
6.2 Dispositifs intégrés au PCE.....	82
6.3 Dispositifs autonomes	82
6.3.1 Nature des informations.....	82
6.3.2 Marquage	83
6.3.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et de maintenance	83
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	83
7.1 AFPE intégrés au PCE	83
7.2 AFPE autonomes	83
8 Exigences de construction et de fonctionnement	84

8.1	Exigences générales pour les AFD/AFPE intégrés au PCE et AFD/AFPE autonomes	84
8.1.1	Généralités	84
8.1.2	Exigences de construction	84
8.1.3	Fonctionnement en cas d'événement de défaut d'arc en série	84
8.1.4	Capacité de reconnexion de l'AFPE	84
8.1.5	Fonction d'auto-essai	85
8.2	AFD et AFPE intégrés au PCE	86
8.3	AFD et AFPE autonomes	86
9	Essais	86
9.1	Généralités	86
9.2	Essai de défaut d'arc en série	86
9.2.1	Généralités	86
9.2.2	Générateur d'arc	87
9.2.3	Source en courant continu	88
9.2.4	Réseau d'impédance de la ligne du groupe	89
9.2.5	Réseau d'impédance de ligne	89
9.2.6	Procédure d'essai	90
9.2.7	Mesurage de l'énergie d'arc et du temps de réponse	93
9.2.8	Fonction d'auto-essai	93
9.2.9	Essai de reconnexion	94
Annexe A (informative)	Exemples de chaîne et de canal	95
A.1	Généralités	95
A.2	AFD et AFPE intégrés au PCE	95
A.3	AFPE autonomes	96
A.4	AFPE répartis	97
Annexe B (normative)	Montages d'essai selon différents cas d'application	98
B.1	Généralités	98
B.1.1	Vue d'ensemble	98
B.1.2	Modèles de source PV	99
B.1.3	Organigramme pour le choix des essais	100
B.2	Onduleur chaîne d'application	102
B.3	Micro-onduleur d'application	103
B.4	Conversion de courant continu à courant continu au niveau du module d'application	105
B.4.1	Montages d'entrée	105
B.4.2	Montages de sortie	108
B.5	Chaînes combinées externes d'application	109
B.5.1	Montages d'entrée	109
B.5.2	Montages de sortie	111
Annexe C (informative)	Exemples d'application	112
C.1	Généralités	112
C.2	Exemple 1: Onduleur chaîne avec AFPE intégré (F-I-AFPE)	112
C.3	Exemple 2: Onduleur au niveau du module avec AFPE intégré (F-I-AFPE)	113
C.4	Exemple 3: AFPE externe (P-S-AFPE)	114
C.5	Exemple 4: Système de conversion continu-continu au niveau du module avec AFPE intégré (F-I-AFPE)	117
C.6	Exemple 5: Onduleur chaîne avec plusieurs entrées (F-I-AFPE)	120
C.7	Exemple 6: Onduleur chaîne avec plusieurs entrées (F-I-AFPE)	123

C.8 Exemple 7: Onduleur chaîne avec plusieurs entrées (F-I-AFPE)	125
Annexe D (informative) Références croisées applications et montage d'essai.....	130
Bibliographie.....	131
Figure 1 – Schéma du générateur d'arc	87
Figure 2 – Dimensions des électrodes du générateur d'arc	88
Figure 3 – Réseau de découplage de la source en courant continu	89
Figure 4 – Réseau d'impédance de la ligne du groupe	89
Figure 5 – Réseau d'impédance de ligne	90
Figure 6 – Courant d'entrée de limitation	91
Figure A.1 – Schéma de réglage en chaîne des AFD et AFPE intégrés au PCE	95
Figure A.2 – Schéma de réglage en parallèle des AFD et AFPE intégrés au PCE	95
Figure A.3 – Schéma de réglage en chaîne des AFPE autonomes	96
Figure A.4 – Schéma de réglage en parallèle des AFPE autonomes	96
Figure A.5 – Schéma des AFPE répartis à chaîne unique et canal unique.....	97
Figure A.6 – Schéma à chaîne unique et canal unique (AFD intégré à l'onduleur et contrôleur)	97
Figure B.1 – Modèle de source PV.....	99
Figure B.2 – Organigramme pour choisir les cas d'essai applicables.....	101
Figure B.3 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1, 2, 4).....	102
Figure B.4 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2).....	102
Figure B.5 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5).....	102
Figure B.6 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1 et 2).....	103
Figure B.7 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1 et 2) – modules en série	103
Figure B.8 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2).....	103
Figure B.9 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2) – modules en série.....	104
Figure B.10 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5)	104
Figure B.11 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1, 2, 4).....	105
Figure B.12 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1, 2, 4) – modules en série	105
Figure B.13 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2)	106
Figure B.14 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2)	107
Figure B.15 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5)	107
Figure B.16 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1, 2, 4).....	108
Figure B.17 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2)	108
Figure B.18 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5)	109
Figure B.19 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1, 2, 4).....	109
Figure B.20 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 1 et 2)	110
Figure B.21 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5)	110
Figure B.22 – Montage d'essai à chaîne unique (essais 1 et 2).....	111
Figure B.23 – Montage d'essai à chaîne en parallèle (essais 3 et 5)	111
Figure C.1 – Exemple d'onduleur chaîne avec entrée unique	112
Figure C.2 – Exemple d'onduleur au niveau du module avec entrée unique	113
Figure C.3 – Exemple d'AFPE externe avec plusieurs ports d'entrée	115
Figure C.4 – Exemple de système de conversion continu-continu au niveau du module	117

Figure C.5 – Exemple d'onduleur chaîne avec plusieurs ports d'entrée	121
Figure C.6 – Exemple d'onduleur chaîne avec plusieurs entrées	123
Figure C.7 – Exemple d'onduleur chaîne avec une classification de canaux différente	126
Tableau 1 – Classification de la couverture de protection.....	78
Tableau 2 – Classification combinée des AFPE et AFD.....	82
Tableau 3 – Exigences de marquage et de documentation.....	82
Tableau 4 – Exigences pour la documentation, le marquage et la position du marquage.....	83
Tableau 5 – Conditions d'essai de production d'arc électrique	90
Tableau B.1 – Paramètres des composants LRC généraux	99
Tableau B.2 – Paramètres des composants LCR pour différentes configurations de module.....	100
Tableau C.1 – Aperçu des essais de l'onduleur chaîne F-I-AFPE.....	113
Tableau C.2 – Aperçu des essais de l'onduleur au niveau du module (F-I-AFPE).....	114
Tableau C.3 – Aperçu des essais de l'AFPE autonome (P-S-AFPE).....	117
Tableau C.4 – Aperçu des essais F-I-AFPE	120
Tableau C.5 – Aperçu des essais F-I-AFPE	123
Tableau C.6 – Aperçu des essais F-I-AFPE	125
Tableau C.7 – Aperçu des essais F-I-AFPE	129
Tableau D.1 – Références croisées applications et montages d'essai	130

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES – DÉTECTION ET INTERRUPTION D'ARC EN COURANT CONTINU

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 63027 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
82/2112/FDIS	82/2133/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION

Le présent document fournit des exigences et des procédures d'essai pour les dispositifs de protection contre les défauts d'arc utilisés dans les systèmes PV afin de réduire le risque d'incendie d'origine électrique.

Un système PV contient un certain nombre de sources en courant continu réparties (modules PV) et de circuits. Dans la série de systèmes en courant alternatif, les durées d'arc sont limitées par le courant alternatif qui passe à zéro ampère deux fois par cycle. Dans les systèmes en courant continu, le courant de production d'arc électrique peut être constant et des durées d'arc plus longues sont prévues. Contrairement à une alimentation électrique centralisée, pour laquelle le circuit est déconnecté au niveau de la connexion à l'alimentation en cas de défaut, un système PV est constitué d'alimentations électriques réparties qui ne peuvent pas déconnecter des circuits dans un emplacement unique. Cependant pour éteindre des arcs en série, l'emplacement de l'arc dans le circuit n'a pas d'importance tant que le courant est interrompu. Cette protection contre les défauts d'arc peut se situer dans l'onduleur, sur les circuits de groupe, sur les circuits de sous-groupe, sur les circuits de chaîne ou au niveau du module. Par conséquent, le présent document spécifie une plage de montages d'essai qui permettent de couvrir les topologies de système prévues.

Dans les systèmes PV, la protection contre les défauts à la terre est exigée, selon les normes d'installation de l'IEC. De plus, des câbles à âme unique à isolation double ou renforcée sont exigés (sauf pour les systèmes TBT). Le risque d'arcs en parallèle est donc plutôt faible puisque dans la plupart des cas, un défaut à la terre se produit avant. En tant que tel, le présent document ne traite pas des exigences ou des essais pour la détection d'arcs en parallèle. Le plus grand risque pour les systèmes PV provient des arcs en série. Le présent document se concentre donc sur les exigences et essais des équipements de protection contre les défauts d'arc, et ce, afin de vérifier que la plupart des arcs en série dans un système PV sont détectés.

De nombreux dispositifs pour la détection d'arcs détectent les arcs par analyse et comparaison de l'émission du signal à haute fréquence de l'arc. Ces dispositifs peuvent être déclenchés par des perturbations externes qui proviennent d'autres équipements reliés au groupe PV, par exemple de l'onduleur. Par conséquent, une évaluation de l'interopérabilité est nécessaire. D'autres influences externes comme les signaux radio, les étincelles des tramways, et la commutation en charge, entre autres, peuvent également provoquer des déclenchements intempestifs. Ces causes relèvent de la performance et ne sont donc pas traitées dans le présent document.

Les dispositifs pour la détection d'arcs des systèmes PV ont été introduits comme exigence aux États-Unis depuis la publication du National Electrical Code américain de 2011, ce qui a conduit au développement d'une norme de produit pour la protection contre les défauts d'arc PV (UL 1699B). L'expérience tirée de ces documents et leur application aux États-Unis servent de fondement pour le présent document. Le présent document a été rédigé parallèlement à la mise à jour de la norme UL 1699B. Les deux équipes de rédaction ont tenu compte du travail de l'autre et ont aligné les exigences autant que possible, y compris les dimensions des électrodes.

Les dispositifs pour la détection d'arcs sont obligatoires aux États-Unis depuis de nombreuses années pour certaines installations en courant alternatif. Au sein de l'IEC, les dispositifs pour la détection d'arcs exigés conformément à l'IEC 62606 ont été introduits pour certains emplacements de circuits en courant alternatif. Aucune norme de produit IEC n'était disponible pour les circuits PV. Par conséquent, le présent document fournit désormais des procédures d'essai pour les dispositifs pour la détection d'arcs des systèmes PV, lorsque cela est exigé par les normes d'installation.

Le présent document a été rédigé pour les besoins et caractéristiques particuliers des systèmes PV. Les aspects uniques des sources PV en courant continu (groupe de sources réparties, comportement du courant, dépendance à l'éclairage, impédance du système, etc.) diffèrent grandement des autres sources et applications en courant continu. Par conséquent, la présente norme spécifique aux systèmes PV était nécessaire, et les équipements conformes au présent document ne peuvent pas être adaptés à d'autres sources et applications en courant continu.

SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES – DÉTECTION ET INTERRUPTION D'ARC EN COURANT CONTINU

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux équipements utilisés pour la détection et éventuellement pour l'interruption des arcs électriques en courant continu des circuits des systèmes photovoltaïques (PV). Il couvre les procédures d'essai de détection des arcs en série dans les circuits PV, et les temps de réponse de l'équipement utilisé pour interrompre les arcs.

Le document définit les scénarios de référence selon lesquels les essais sont réalisés. Le présent document couvre les équipements reliés à des systèmes qui ne dépassent pas une tension maximale de circuit de source PV de 1 500 V en courant continu.

La détection des arcs des circuits en parallèle n'est pas couverte par le présent document. Le présent document ne s'applique pas aux sources ou aux applications en courant continu autres que les sources PV en courant continu.

NOTE La détection des arcs en parallèle peut être prise en considération pour une publication ultérieure.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60730-1:2013, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-1:2013/AMD2:2020

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-3:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC TS 61836:2016, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 62109-1:2010, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 1 Exigences générales*