

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic (PV) arrays – Earth fault protection equipment – Safety and safety-related functionality

Groupes photovoltaïques (PV) – Matériel de protection contre les défauts à la terre – Sécurité et fonctionnalités relatives à la sécurité

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-9872-5

**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, definitions, symbols and abbreviated terms.....	10
4 Requirements relating PV-EFP to system topology	12
4.1 General.....	12
4.2 PV-EFP functions for different system topologies.....	16
4.3 PV-EFPE control over host system operation	18
4.3.1 General	18
4.3.2 Types of PV-EFPE requiring host system control	18
4.3.3 Methods of control of the host system operation	18
4.4 Disconnection under fault conditions.....	19
4.4.1 General	19
4.4.2 Disconnecting means.....	19
4.4.3 High impedance connections	19
4.4.4 Indirect disconnection.....	19
4.5 Systems with more than one sub-array (informative).....	20
4.5.1 General	20
4.5.2 Isolated sub-arrays	20
4.5.3 Non-isolated sub-arrays.....	20
5 PV array to earth insulation monitoring	20
5.1 General.....	20
5.2 Array insulation monitoring requirements	21
5.3 Array insulation fault response requirements.....	21
5.4 Provisions for reset.....	22
5.5 Insulation monitoring function adjustability	22
6 PV array residual or earth current monitoring.....	22
6.1 General.....	22
6.2 Required PV-EFP current monitoring functions	22
6.3 Shock hazard current monitoring.....	23
6.3.1 General	23
6.3.2 Limits and response.....	23
6.3.3 Provisions for reset.....	23
6.3.4 Shock hazard current monitoring – adjustability	24
6.3.5 Fault tolerance of shock hazard current monitoring.....	24
6.4 Fire hazard (continuous) current monitoring by electronic means	24
6.4.1 Overview	24
6.4.2 General	24
6.4.3 Settings and response	24
6.4.4 Provisions for reset.....	25
6.4.5 Fire hazard current monitoring function adjustability	25
6.4.6 Fault tolerance of fire hazard current monitoring by electronic means	25
6.5 Fire hazard current monitoring by an overcurrent protective device in the functional earthing conductor	25
6.5.1 Overview	25

6.5.2	General	25
6.5.3	Ratings	26
6.5.4	Response	26
6.5.5	Provisions for reset.....	26
6.5.6	Overcurrent protective device adjustability and replacement.....	26
7	Construction	27
7.1	General.....	27
7.2	Environmental considerations	27
8	PV-EFP Fault Indication	28
8.1	General.....	28
8.2	Integral fault indication.....	28
8.3	Remote fault indication	28
8.3.1	General	28
8.3.2	Observability	28
8.3.3	Remote fault indication means.....	28
8.4	Resetting of the fault indication.....	28
9	Testing	29
9.1	General requirements for the tests in 9.2 through 9.5.....	29
9.1.1	Tests required	29
9.1.2	DC sources.....	29
9.1.3	AC sources.....	30
9.1.4	Laboratory conditions	30
9.1.5	Monitoring the PV-EFPE means of control of the host system.....	30
9.1.6	Control of the PV-EFPE state	30
9.1.7	Test setup	31
9.2	Tests for PV array insulation monitoring functions.....	32
9.2.1	Setup.....	32
9.2.2	Sequence of tests.....	33
9.2.3	Test for R_{iSO} above setting during system start-up.....	34
9.2.4	Test for R_{iSO} below setting during system start-up	34
9.2.5	Test for R_{iSO} dropping below setting during operation.....	34
9.2.6	Test for short circuit earth fault during system start-up	35
9.2.7	Test for short circuit earth fault during operation – non-earth-referenced PV arrays	35
9.2.8	Tests for PV array mid-point fault detection	36
9.2.9	24 h timer test	36
9.3	Tests for residual or earth current monitoring functions:.....	36
9.3.1	Setup.....	36
9.3.2	Sequence of tests.....	37
9.3.3	Tests for shock hazard current monitoring	37
9.3.4	Tests for fire hazard current monitoring by electronic means	39
9.3.5	Fault-tolerance of shock hazard current monitoring and fire hazard current monitoring by electronic means.....	41
9.3.6	Tests for fire hazard current monitoring by an overcurrent protective device in the functional earthing conductor	42
9.4	Test for short circuit earth fault during operation	42
9.4.1	General	42
9.4.2	Short circuit earth fault test procedure	42
9.4.3	Short circuit earth fault test pass/fail criteria	42

9.5	Tests for coordination of PV-EFP functions	43
9.6	Product safety tests	44
10	Software or firmware performing safety critical functions	44
10.1	General.....	44
10.1.1	Overview	44
10.1.2	Risk analysis	44
10.1.3	Integrated PV-EFPE	45
10.2	Evaluation methods	45
10.2.1	General	45
10.2.2	Testing with features disabled	45
10.2.3	Functional safety analysis.....	45
11	Marking and documentation.....	46
11.1	Equipment markings	46
11.1.1	General	46
11.1.2	Marking content.....	46
11.2	Installation and operating instructions	48
11.2.1	General	48
11.2.2	General content.....	49
11.2.3	Information related to installation.....	49
11.2.4	Information related to operation	51
11.2.5	Information related to maintenance.....	52
12	Routine (production) tests.....	52
12.1	General.....	52
12.2	Routine dielectric tests.....	52
12.3	Routine EFP function tests.....	52
12.3.1	General	52
12.3.2	Shock hazard current monitoring	53
12.3.3	Electronic fire hazard current monitoring.....	53
12.3.4	Residual current device test function	53
12.3.5	PV array insulation monitoring function.....	53
Annex A (informative) Examples of system topologies with respect to PV Earth Fault Protection		54
A.1	General.....	54
A.2	Functionally earthed (FE) system with FE current monitoring	54
A.3	Functionally earthed (FE) system with a functionally earthed conductor fault	55
A.4	Functionally earthed (FE) system with residual current monitoring	56
A.5	Non-separated system with residual current monitoring on PV+/-	57
A.6	Non-separated system with residual current monitoring on the AC side.....	58
A.7	Non-earth-referenced system with continuous insulation monitoring.....	59
Annex B (informative) Background and rationale for PV Earth Fault Protection requirements.....		60
B.1	Purpose	60
B.2	PV earth faults – scope and meaning	60
B.3	PV-EFP goals	61
B.4	PV-EFP challenges	61
B.4.1	Characteristics of PV systems that affect PV-EFP approaches	61
B.4.2	PV-EFP “blind spots” and coordination of protective measures	63
B.4.3	Relation between PV-EFP protection settings and PV system size	65
B.5	Current and historical standards covering PV Earth Fault Protection.....	68

B.5.1	General	68
B.5.2	NFPA 70 – the US National Electrical Code (NEC)	68
B.5.3	UL1741 and related documents	68
B.5.4	VDE 0126-1-1	69
B.5.5	IEC 62109-2	70
B.5.6	IEC 60364-7-712	71
B.5.7	IEC 62548	71
B.5.8	Conclusions	72
Bibliography.....		73
Figure 1	– Examples of functionally earthed system topologies	14
Figure 2	– Examples of non-earth-referenced system topologies.....	15
Figure 3	– Examples of non-separated system topologies	16
Figure 4	– Example setup for PV-EFPE testing	32
Figure 5	– Example setup for PV-EFPE testing of array mid-point faults	33
Figure A.1	– Functionally earthed (FE) system with current monitoring in the FE conductor.....	54
Figure A.2	– Functionally earthed (FE) system with a functionally earthed conductor fault	55
Figure A.3	– Functionally earthed (FE) system with residual current monitoring	56
Figure A.4	– Non-separated 3-phase system with residual current monitoring on PV+/-	57
Figure A.5	– Non-separated 1-phase system with residual current monitoring on the AC side	58
Figure A.6	– Non-earth-referenced system with continuous insulation monitoring.....	59
Table 1	– PV-EFP functions based on system topology and earthing	17
Table 2	– Example PV array to earth insulation resistance limits.....	21
Table 3	– Shock hazard – Sudden current change limits and response times	23
Table 4	– Example continuous current limits and response times	24
Table 5	– Example trip current of overcurrent protection in the functional earthing conductor.....	26
Table B.1	– Sudden change residual current limits.....	70

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAYS –
EARTH FAULT PROTECTION EQUIPMENT –
SAFETY AND SAFETY-RELATED FUNCTIONALITY**

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 63112 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/1885/FDIS	82/1903/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/standardsdev/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 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

This document specifies the safety requirements that are applicable to Photovoltaic Earth-Fault Protection (PV-EFP) equipment (PV-EFPE) whose function is to detect, interrupt, and warn PV system operators of earth faults in solar photovoltaic arrays. A stand-alone standard on this topic is deemed necessary and appropriate because PV-EFPE may be designed as stand-alone equipment or may be integrated into other equipment such as PV inverters, charge controllers, combiner boxes, etc. Therefore it is not appropriate to continue the current standardization approach in which the PV-EFPE requirements are located only in an end-product standard specific to inverters: IEC 62109-2:2011. It is intended that in coordination with the publication of this document, IEC 62109-2 will be revised to refer to this document and to remove overlapping and conflicting requirements. With this approach, the PV-EFPE requirements will be more visible and will be usable for PV-EFPE that is not part of an inverter.

It is also desirable that in coordination with the publication of this document, the applicable IEC system and installation standards for PV arrays will be amended to refer to this document, to specify required functions and to remove overlapping and conflicting requirements. This work will be managed by TC82 for IEC 62548 and jointly by TC82 and TC64 through JWG32 for IEC 60364-7-712.

The appropriate functions, settings, responses, and timing for PV-EFP functions are dependent on the size and topology of the overall PV system. These array details are not known at the time the PV-EFPE is being evaluated to this product standard; therefore the required PV-EFP functions and settings need to be provided by local and international system and installation standards. As a result, this document does not require all PV-EFPE to implement all possible functions, and does not generally contain the required settings for the functions. The functions, settings, and ranges of adjustment that are claimed by the equipment manufacturer are tested and evaluated, and the documentation for the installer and user specifies what functions are and are not provided.

As well as requirements for the PV-EFP functions, this document includes product safety requirements covering the construction, environmental suitability, markings, documentation, and testing of the equipment. Since PV-EFPE is related to, and often integral to, PV power conversion equipment, references are made to product safety requirements in IEC 62109-1. However, those requirements may overlap or conflict with existing IEC standards for certain types of equipment related to PV-EFP (for example insulation monitoring devices and residual current monitoring equipment). Therefore, for some aspects, this document provides options for equipment to comply with those standards, where such standards exist.

NOTE Further information on the intent of this document and special aspects of PV earth faults are summarized in the (informative) Annex B.

PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAYS – EARTH FAULT PROTECTION EQUIPMENT – SAFETY AND SAFETY-RELATED FUNCTIONALITY

1 Scope

This document is applicable to low voltage Photovoltaic Earth-Fault Protection Equipment (PV-EFPE) whose function is to detect, interrupt, and warn system operators of earth faults in solar photovoltaic arrays.

NOTE 1 In the context of this document, the PV array may include connected wiring and equipment. The required coverage of the monitoring and protection is defined in PV installation codes and standards, including aspects such as whether or not the coverage is required to include battery circuits, the DC outputs of DC-DC converters, etc.

NOTE 2 The IEC definition of low voltage is 1 000 V or less for AC systems and 1 500 V or less for DC systems. PV-EFPE may be stand-alone or integrated into other equipment such as PV power conversion equipment, a PV combiner, etc.

This document specifies:

- the types and levels of the monitoring and protection functions that may be provided;
- the nature and timing of responses to earth faults;
- test methods for validating the monitoring and protection functions provided;
- requirements for functional safety and fault tolerance;
- requirements for product safety including construction, environmental suitability, markings, documentation, and testing.

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 60269-6, *Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment – 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60730-1:2013, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-1:2013/AMD2:2020

IEC 60947-2:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 61008-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61008-1:2010/AMD1:2012

IEC 61008-1:2010/AMD2:2013

IEC 61439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61557-8, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems*

IEC TS 61836, *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*

IEC 62109-3:2020, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 3: Particular requirements for electronic devices in combination with photovoltaic elements*

IEC TS 63053, *General requirements for residual current operated protective devices for DC system*

ISO 3864 (all parts), *Graphical symbols – Safety colors and safety signs*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	79
INTRODUCTION.....	81
1 Domaine d'application	82
2 Références normatives.....	82
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	83
4 Exigences relatives au PV-EFP selon la topologie du réseau.....	86
4.1 Généralités	86
4.2 Fonctions PV-EFP pour différentes topologies de réseau.....	89
4.3 Commande PV-EFPE sur le fonctionnement du réseau hôte	91
4.3.1 Généralités.....	91
4.3.2 Types de PV-EFPE qui exigent le contrôle du réseau hôte	91
4.3.3 Méthodes de contrôle du fonctionnement du réseau hôte	92
4.4 Déconnexion dans les conditions de défaut.....	92
4.4.1 Généralités.....	92
4.4.2 Moyens de déconnexion	92
4.4.3 Connexions à haute impédance	93
4.4.4 Déconnexion indirecte	93
4.5 Réseaux avec plusieurs sous-groupes (informatif)	93
4.5.1 Généralités.....	93
4.5.2 Sous-groupes isolés	93
4.5.3 Sous-groupes non isolés	94
5 Groupe PV pour le contrôle d'isolement par rapport à la terre.....	94
5.1 Généralités	94
5.2 Exigences relatives au contrôle d'isolement du groupe	95
5.3 Exigences relatives à la réponse apportée en cas de défaut d'isolement du groupe	95
5.4 Dispositions en matière de réinitialisation	95
5.5 Ajustage de la fonction de contrôle de l'isolement.....	96
6 Surveillance du courant résiduel ou du courant de fuite du groupe PV.....	96
6.1 Généralités	96
6.2 Fonctions de surveillance du courant exigées du PV-EFP.....	96
6.3 Surveillance du courant de danger de choc.....	97
6.3.1 Généralités.....	97
6.3.2 Limites et réponse	97
6.3.3 Dispositions en matière de réinitialisation	98
6.3.4 Surveillance du courant de danger de choc – ajustage	98
6.3.5 Tolérance aux pannes de la fonction de surveillance du courant de danger de choc.....	98
6.4 Surveillance du courant (permanent) de danger d'incendie par des moyens électriques	98
6.4.1 Vue d'ensemble	98
6.4.2 Généralités.....	98
6.4.3 Réglages et réponse.....	99
6.4.4 Dispositions en matière de réinitialisation	99
6.4.5 Ajustage de la fonction de surveillance du courant de danger d'incendie	99
6.4.6 Tolérance aux pannes de la fonction de surveillance du courant de danger d'incendie par des moyens électroniques.....	99

6.5	Surveillance du courant de danger d'incendie par un dispositif de protection contre les surintensités dans le conducteur de mise à la terre fonctionnelle	100
6.5.1	Vue d'ensemble	100
6.5.2	Généralités	100
6.5.3	Caractéristiques assignées	100
6.5.4	Réponse	101
6.5.5	Dispositions en matière de réinitialisation	101
6.5.6	Ajustage et remplacement du dispositif de protection contre les surintensités	101
7	Construction	101
7.1	Généralités	101
7.2	Considérations environnementales	102
8	Indication de défauts du PV-EFP	102
8.1	Généralités	102
8.2	Indication de défauts incorporée	102
8.3	Indication à distance de défauts	102
8.3.1	Généralités	102
8.3.2	Observabilité	103
8.3.3	Moyens d'indication à distance de défauts	103
8.4	Réinitialisation de l'indication de défauts	103
9	Essais	103
9.1	Exigences générales pour les essais du 9.2 au 9.5	103
9.1.1	Essai exigé	103
9.1.2	Sources en courant continu	103
9.1.3	Sources en courant alternatif	104
9.1.4	Conditions de laboratoire	105
9.1.5	Surveillance des moyens de commande du réseau hôte du PV-EFPE	105
9.1.6	Contrôle de l'état du PV-EFPE	105
9.1.7	Montage d'essai	105
9.2	Essais des fonctions de contrôle de l'isolement du groupe PV	107
9.2.1	Montage	107
9.2.2	Séquence d'essais	109
9.2.3	Essai de R_{ISO} au-dessus du réglage au démarrage du réseau	110
9.2.4	Essai de R_{ISO} au-dessous du réglage au démarrage du réseau	110
9.2.5	Essai de R_{ISO} qui tombe sous le réglage pendant le fonctionnement	110
9.2.6	Essai de défaut à la terre de court-circuit au démarrage du réseau	111
9.2.7	Essai de défaut à la terre de court-circuit pendant le fonctionnement – Groupes PV non référencés à la terre	111
9.2.8	Essais de détection de défaut au point milieu du groupe PV	111
9.2.9	Essai du temporisateur 24 h	112
9.3	Essais des fonctions de surveillance du courant résiduel ou du courant de fuite:	112
9.3.1	Montage	112
9.3.2	Séquence d'essais	113
9.3.3	Essais de surveillance du courant de danger de choc	113
9.3.4	Essais de la fonction de surveillance du courant de danger d'incendie par des moyens électroniques	116

9.3.5	Tolérance aux pannes de la fonction de surveillance du courant de danger de choc et de surveillance du courant de danger d'incendie par des moyens électroniques	118
9.3.6	Essais de surveillance du courant de danger d'incendie par un dispositif de protection contre les surintensités dans le conducteur de mise à la terre fonctionnelle.....	118
9.4	Essai de défaut à la terre de court-circuit pendant le fonctionnement.....	119
9.4.1	Généralités.....	119
9.4.2	Mode opératoire d'essai de défaut à la terre de court-circuit.....	119
9.4.3	Critères de réussite/d'échec de l'essai de défaut à la terre de court-circuit	119
9.5	Essais de coordination des fonctions PV-EFP.....	120
9.6	Essais de sécurité du produit.....	121
10	Logiciel ou micrologiciel qui exécute les fonctions essentielles de sécurité.....	121
10.1	Généralités	121
10.1.1	Vue d'ensemble.....	121
10.1.2	Analyse des risques.....	121
10.1.3	PV-EFPE intégré	122
10.2	Méthodes d'évaluation	122
10.2.1	Généralités.....	122
10.2.2	Essais avec les caractéristiques désactivées.....	122
10.2.3	Analyse de sécurité fonctionnelle.....	123
11	Marquage et documentation	123
11.1	Marquages du matériel	123
11.1.1	Généralités.....	123
11.1.2	Contenu du marquage	124
11.2	Instructions d'installation et de fonctionnement.....	126
11.2.1	Généralités.....	126
11.2.2	Contenu général.....	126
11.2.3	Informations relatives à l'installation	127
11.2.4	Informations relatives au fonctionnement.....	129
11.2.5	Informations relatives à la maintenance.....	129
12	Essais individuels de série (production).....	130
12.1	Généralités	130
12.2	Essais diélectriques individuels de série	130
12.3	Essais individuels de série de la fonction EFP	130
12.3.1	Généralités.....	130
12.3.2	Surveillance du courant de danger de choc	131
12.3.3	Surveillance électronique du courant de danger d'incendie.....	131
12.3.4	Fonction d'essai du dispositif de coupure différentiel	131
12.3.5	Fonction de contrôle de l'isolement du groupe PV.....	132
Annexe A (informative) Exemples de topologies de réseau par rapport à la protection contre les défauts à la terre PV.....		
A.1	Généralités	133
A.2	Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec surveillance du courant FE.....	133
A.3	Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec un défaut du conducteur relié à la terre pour des raisons fonctionnelles	134
A.4	Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel	135

A.5	Réseau non séparé avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel sur PV+/-	136
A.6	Réseau non séparé avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel côté courant alternatif	137
A.7	Réseau non référencé à la terre avec contrôle d'isolement permanent	138
Annexe B (informative)	Contexte et justification des exigences de protection contre les défauts à la terre PV	139
B.1	Objet.....	139
B.2	Défauts à la terre PV – domaine d'application et signification.....	139
B.3	Objectifs du PV-EFP	140
B.4	Enjeux du PV-EFP	140
B.4.1	Caractéristiques des réseaux PV qui ont un impact sur les approches PV-EFP	140
B.4.2	"Points aveugles" du PV-EFP et coordination des mesures de protection	143
B.4.3	Relations entre les réglages de protection PV-EFP et la taille du réseau PV.....	145
B.5	Normes actuelles et normes historiques qui couvrent la protection contre les défauts à la terre PV	148
B.5.1	Généralités	148
B.5.2	NFPA 70 – US National Electrical Code (NEC)	148
B.5.3	UL 1741 et documents connexes	149
B.5.4	VDE 0126-1-1	150
B.5.5	IEC 62109-2	151
B.5.6	IEC 60364-7-712	151
B.5.7	IEC 62548	152
B.5.8	Conclusions.....	153
Bibliographie.....		154
Figure 1 – Exemples de topologies de réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles		87
Figure 2 – Exemples de topologies de réseau non référencé à la terre		88
Figure 3 – Exemples de topologies de réseau non séparé		89
Figure 4 – Exemple de montage pour les essais du PV-EFPE.....		107
Figure 5 – Exemple de montage pour les essais PV-EFPE des défauts au point milieu du groupe		109
Figure A.1 – Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec surveillance du courant dans le conducteur FE		133
Figure A.2 – Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec un défaut du conducteur relié à la terre pour des raisons fonctionnelles		134
Figure A.3 – Réseau relié à la terre pour des raisons fonctionnelles (FE) avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel		135
Figure A.4 – Réseau triphasé non séparé avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel sur PV+/-.....		136
Figure A.5 – Réseau monophasé non séparé avec contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel côté courant alternatif		137
Figure A.6 – Réseau non référencé à la terre avec contrôle d'isolement permanent.....		138
Tableau 1 – Fonctions PV-EFP qui reposent sur la topologie et la mise à la terre du réseau		90

Tableau 2 – Exemple de limites de résistance d'isolement d'un groupe PV par rapport à la terre	94
Tableau 3 – Danger de chocs – Limites de variation brusque du courant et temps de réponse	97
Tableau 4 – Exemples de limites de courant permanent et de temps de réponse	99
Tableau 5 – Exemple de courant de déclenchement de la protection contre les surintensités dans le conducteur de mise à la terre fonctionnelle	100
Tableau B.1 – Limites de variation brusque du courant résiduel	150

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GROUPES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –
MATÉRIEL DE PROTECTION CONTRE LES DÉFAUTS À LA TERRE –
SÉCURITÉ ET FONCTIONNALITÉS RELATIVES À LA SÉCURITÉ**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 63112 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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

FDIS	Rapport de vote
82/1885/FDIS	82/1903/RVD

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

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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/standardsdev/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. A 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 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

Le présent document spécifie les exigences de sécurité qui s'appliquent au matériel (PV-EFPE) de protection contre les défauts à la terre photovoltaïque (PV-EFP) dont la fonction est de détecter, d'interrompre et de mettre en garde les opérateurs de réseau en cas de défauts à la terre dans les groupes photovoltaïques. Une norme autonome sur ce sujet s'avère nécessaire et appropriée, car le PV-EFPE peut être conçu comme un matériel autonome ou peut être intégré dans un autre matériel (des onduleurs PV, des contrôleurs de charge, des combineurs, etc.). Il n'est donc pas judicieux de poursuivre l'approche de normalisation actuelle dans laquelle les exigences relatives au PV-EFPE sont uniquement formulées dans une norme de produit final spécifique aux onduleurs: IEC 62109-2:2011. Conjointement à la publication du présent document, il est prévu de réviser l'IEC 62109-2 de manière à citer le présent document en référence et à retirer les exigences qui font double emploi et qui sont contradictoires. Avec cette approche, les exigences relatives au PV-EFPE sont plus visibles et sont applicables au PV-EFPE qui ne fait pas partie d'un onduleur.

Il est également souhaitable, conjointement à la publication du présent document, d'amender les normes IEC applicables au réseau et à l'installation des groupes photovoltaïques de manière à citer le présent document en référence et à retirer les exigences qui font double emploi et qui sont contradictoires. Ce travail est géré par le CE 82 pour l'IEC 62548 et conjointement par le CE 82 et le CE 64 dans le cadre du JWG 32 pour l'IEC 60364-7-712.

Les fonctions, réglages, réponses et temporisations appropriés des fonctions PV-EFP dépendent de la taille et de la topologie de l'ensemble du réseau PV. Les caractéristiques de ces groupes n'étant pas connues au moment de l'évaluation du PV-EFPE selon la présente norme de produit, il est nécessaire que les fonctions et réglages PV-EFP exigés soient fournis par des normes locales et internationales relatives au réseau et à l'installation. Par conséquent, le présent document n'exige pas que tous les PV-EFPE mettent en œuvre toutes les fonctions possibles et ne contient généralement pas les réglages exigés pour les fonctions. Les fonctions, réglages et plages d'ajustements déclarés par le fabricant du matériel sont soumis à essai et évalués, et la documentation destinée à l'installateur et à l'utilisateur spécifie les fonctions qui sont fournies et celles qui ne le sont pas.

Avec les exigences relatives aux fonctions PV-EFP, le présent document inclut les exigences de sécurité du produit qui couvrent la construction, l'adaptation à l'environnement, les marquages, la documentation et les essais du matériel. Le PV-EFPE étant associé et souvent intégré à un équipement de conversion de puissance photovoltaïque, il est fait référence aux exigences de sécurité du produit de l'IEC 62109-1. Toutefois, ces exigences peuvent empiéter sur les normes IEC existantes ou être en contradiction avec celles-ci pour certains types de matériels liés à la PV-EFP (les contrôleurs d'isolement et les équipements de contrôle d'isolement à courant différentiel résiduel, par exemple). Par conséquent, à certains égards, le présent document fournit des options qui permettent au matériel de satisfaire à ces normes, si ces dernières existent.

NOTE Des informations supplémentaires concernant l'objet du présent document et les aspects particuliers des défauts à la terre PV sont synthétisées à l'Annexe B (informative).

GROUPES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) – MATÉRIEL DE PROTECTION CONTRE LES DÉFAUTS À LA TERRE – SÉCURITÉ ET FONCTIONNALITÉS RELATIVES À LA SÉCURITÉ

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux matériels de protection contre les défauts à la terre photovoltaïques (PV-EFPE) dont la fonction est de détecter, d'interrompre et de mettre en garde les opérateurs de réseau en cas de défauts à la terre dans les groupes photovoltaïques.

NOTE 1 Dans le contexte du présent document, le groupe PV peut inclure un câblage et un matériel connectés. La couverture exigée des fonctions de surveillance et de protection est définie dans les codes et normes d'installation PV, y compris les aspects liés, par exemple, au fait de savoir s'il est exigé que la couverture concerne ou non les circuits de batterie, les sorties en courant continu des convertisseurs courant continu/courant continu, etc.

NOTE 2 La définition IEC de la basse tension est de 1 000 V ou moins pour les réseaux en courant alternatif et de 1 500 V ou moins pour les réseaux en courant continu. Le PV-EFPE peut être autonome ou intégré dans un autre matériel (un équipement de conversion de puissance photovoltaïque, un combinateur PV, etc.).

Le présent document spécifie:

- les types et les niveaux des fonctions de surveillance et de protection qui peuvent être fournies;
- la nature et la chronologie des réponses aux défauts à la terre;
- les méthodes d'essai pour la validation des fonctions de surveillance et de protection fournies;
- les exigences en matière de sécurité fonctionnelle et de tolérance aux pannes;
- les exigences relatives à la sécurité du produit, y compris la construction, l'adaptation à l'environnement, les marquages, la documentation et les essais.

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 60269-6, *Fusibles basse tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment – 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417* (disponible en anglais seulement)

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

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 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*
IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 61008-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*
IEC 61008-1:2010/AMD1:2012
IEC 61008-1:2010/AMD2:2013

IEC 61439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 61557-8, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 8: Contrôleurs d'isolement pour réseaux IT*

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

IEC 62109-1:2010, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements* (disponible en anglais seulement)

IEC 62109-3:2020, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 3: Exigences particulières pour les dispositifs électroniques combinés aux éléments photovoltaïques*

IEC TS 63053, *General requirements for residual current operated protective devices for DC system* (disponible en anglais seulement)

ISO 3864 (toutes les parties), *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité*