IEC 63112

Edition 1.0 2021-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

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 133
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*