

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



---

**Low-voltage surge protective devices –  
Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems –  
Selection and application principles**

**Parafoudres à basse tension –  
Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux à basse tension –  
Principes de choix et de mise en œuvre**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.240.10

ISBN 978-2-8322-7914-4

|                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.</b></p> <p><b>Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## CONTENTS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                                                                     | 10 |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                                 | 12 |
| 0.1 General .....                                                                                                                                  | 12 |
| 0.2 Keys to understanding the structure of this document .....                                                                                     | 12 |
| 1 Scope .....                                                                                                                                      | 14 |
| 2 Normative references .....                                                                                                                       | 14 |
| 3 Terms, definitions and abbreviated terms .....                                                                                                   | 15 |
| 3.1 Terms and definitions .....                                                                                                                    | 15 |
| 3.2 List of abbreviated terms and acronyms used in this document .....                                                                             | 28 |
| 4 Need for protection .....                                                                                                                        | 29 |
| 5 Low-voltage power systems and equipment to be protected .....                                                                                    | 30 |
| 5.1 General .....                                                                                                                                  | 30 |
| 5.2 Low-voltage power systems .....                                                                                                                | 30 |
| 5.2.1 General .....                                                                                                                                | 30 |
| 5.2.2 Lightning overvoltages and surge currents .....                                                                                              | 30 |
| 5.2.3 Switching overvoltages .....                                                                                                                 | 31 |
| 5.2.4 Temporary overvoltages $U_{TOV}$ .....                                                                                                       | 32 |
| 5.3 Characteristics of the equipment to be protected .....                                                                                         | 33 |
| 6 Surge protective devices .....                                                                                                                   | 33 |
| 6.1 Basic functions of SPDs .....                                                                                                                  | 33 |
| 6.2 Additional requirements .....                                                                                                                  | 34 |
| 6.3 Classification of SPDs .....                                                                                                                   | 34 |
| 6.3.1 SPD: classification .....                                                                                                                    | 34 |
| 6.3.2 Typical design and topologies .....                                                                                                          | 35 |
| 6.4 Characteristics of SPDs .....                                                                                                                  | 36 |
| 6.4.1 Service conditions as described in IEC 61643-11 .....                                                                                        | 36 |
| 6.4.2 List of parameters for SPD selection .....                                                                                                   | 37 |
| 6.5 Additional information on characteristics of SPDs .....                                                                                        | 38 |
| 6.5.1 Information related to power-frequency voltages .....                                                                                        | 38 |
| 6.5.2 Information related to surge currents .....                                                                                                  | 39 |
| 6.5.3 Information related to voltage protection level provided by SPDs .....                                                                       | 40 |
| 6.5.4 Information related to the SPD's status at its end of life .....                                                                             | 42 |
| 6.5.5 $I_{SCCR}$ : Short-circuit current rating and $I_{fi}$ : Follow current interrupt rating .....                                               | 43 |
| 6.5.6 $I_L$ : Rated load current and $\Delta U$ : Voltage drop (for two-port SPDs or one-port SPDs with separate input and output terminals) ..... | 43 |
| 6.5.7 Information related to change of characteristics of SPDs .....                                                                               | 44 |
| 7 Application of SPDs in low-voltage power systems .....                                                                                           | 44 |
| 7.1.1 General .....                                                                                                                                | 44 |
| 7.1.2 Consideration regarding location of the SPD depending on the classes of test .....                                                           | 46 |
| 7.1.3 SPD modes of protection and installation .....                                                                                               | 46 |
| 7.1.4 Need for additional protection .....                                                                                                         | 48 |
| 7.2 Selection of SPD characteristics .....                                                                                                         | 55 |
| 7.2.1 General .....                                                                                                                                | 55 |
| 7.2.2 Selection of $U_c$ , $U_T$ , $I_n$ , $I_{imp}$ , $I_{max}$ , $I_{SCCR}$ , $I_{fi}$ and $U_{oc}$ of the SPD .....                             | 56 |

|                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.3                                                                                                                                                                             | Protective distance .....                                                                                      | 62 |
| 7.2.4                                                                                                                                                                             | Expected lifetime .....                                                                                        | 62 |
| 7.2.5                                                                                                                                                                             | Interaction between SPDs and other devices .....                                                               | 62 |
| 7.2.6                                                                                                                                                                             | Choice of the voltage protection level $U_p$ .....                                                             | 63 |
| 7.2.7                                                                                                                                                                             | Coordination between the chosen SPD and other SPDs .....                                                       | 63 |
| 7.3                                                                                                                                                                               | Characteristics of auxiliary devices .....                                                                     | 66 |
| 7.3.1                                                                                                                                                                             | Disconnecting devices .....                                                                                    | 66 |
| 7.3.2                                                                                                                                                                             | Surge and event counters .....                                                                                 | 66 |
| 7.3.3                                                                                                                                                                             | Status indicator .....                                                                                         | 67 |
| Annex A (informative) Typical information required before selecting an SPD and explanation of testing procedures .....                                                            |                                                                                                                | 68 |
| A.1                                                                                                                                                                               | Typical Information required before selecting an SPD .....                                                     | 68 |
| A.1.1                                                                                                                                                                             | System data .....                                                                                              | 68 |
| A.1.2                                                                                                                                                                             | SPD application considerations .....                                                                           | 68 |
| A.1.3                                                                                                                                                                             | Characteristics of SPD .....                                                                                   | 69 |
| A.1.4                                                                                                                                                                             | Additional equipment and fittings .....                                                                        | 69 |
| A.2                                                                                                                                                                               | Explanation of testing procedures used in IEC 61643-11 .....                                                   | 70 |
| A.2.1                                                                                                                                                                             | General Principles .....                                                                                       | 70 |
| A.2.2                                                                                                                                                                             | Test sequences and tests description .....                                                                     | 70 |
| Annex B (informative) Examples of relationship between $U_c$ and nominal system voltage and example of relationship between $U_p$ and $U_c$ for Metal oxide varistors (MOV) ..... |                                                                                                                | 78 |
| B.1                                                                                                                                                                               | Relationship between $U_c$ and the nominal voltage of the system .....                                         | 78 |
| B.2                                                                                                                                                                               | Relationship between $U_p$ and $U_c$ for Metal oxide varistors (MOV) .....                                     | 78 |
| Annex C (informative) Environment – Surge voltages in LV systems .....                                                                                                            |                                                                                                                | 80 |
| C.1                                                                                                                                                                               | General .....                                                                                                  | 80 |
| C.2                                                                                                                                                                               | Lightning overvoltages .....                                                                                   | 80 |
| C.2.1                                                                                                                                                                             | General .....                                                                                                  | 80 |
| C.2.2                                                                                                                                                                             | Surges transferred from MV to the LV system .....                                                              | 81 |
| C.2.3                                                                                                                                                                             | Overvoltages caused by direct flashes to LV distribution systems .....                                         | 81 |
| C.2.4                                                                                                                                                                             | Induced overvoltages in LV distribution systems .....                                                          | 82 |
| C.2.5                                                                                                                                                                             | Overvoltages caused by flashes to a Lightning Protection System or to a structure in close vicinity .....      | 82 |
| C.3                                                                                                                                                                               | Switching overvoltages .....                                                                                   | 83 |
| C.3.1                                                                                                                                                                             | General .....                                                                                                  | 83 |
| C.3.2                                                                                                                                                                             | General description .....                                                                                      | 84 |
| C.3.3                                                                                                                                                                             | Circuit-breaker and switch operations .....                                                                    | 84 |
| C.3.4                                                                                                                                                                             | Fuse operations (current-limiting fuses) .....                                                                 | 85 |
| Annex D (informative) Partial lightning current calculations .....                                                                                                                |                                                                                                                | 87 |
| Annex E (informative) TOV in the low-voltage system due to faults between high-voltage system and earth .....                                                                     |                                                                                                                | 90 |
| E.1                                                                                                                                                                               | General .....                                                                                                  | 90 |
| E.2                                                                                                                                                                               | References .....                                                                                               | 91 |
| E.3                                                                                                                                                                               | Symbols .....                                                                                                  | 91 |
| E.4                                                                                                                                                                               | Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault .....                                             | 91 |
| E.5                                                                                                                                                                               | Example of a TT-system – Calculation of the possible temporary overvoltages .....                              | 93 |
| E.5.1                                                                                                                                                                             | Possible stresses on equipment in low-voltage installations due to earth faults in a high-voltage system ..... | 93 |
| E.5.2                                                                                                                                                                             | Characteristics of the high-voltage system .....                                                               | 94 |

|                       |                                                                                                                                   |     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E.6                   | Temporary power-frequency overvoltages depending on different LV-systems and different kinds of earthing configurations .....     | 94  |
| E.6.1                 | General .....                                                                                                                     | 94  |
| E.6.2                 | Conclusion – Worst case SPDs stress current for SPDs HV-TOV behaviour. ....                                                       | 96  |
| E.6.3                 | Conclusion – Worst case test source for SPDs HV-TOV behaviour, if the SPD is connected to ground between N-PE and / or L-PE:..... | 96  |
| E.6.4                 | Examples of different LV-systems and their possible earthing configurations .....                                                 | 97  |
| E.7                   | Values of the temporary overvoltages for the US TN C system.....                                                                  | 101 |
| E.8                   | Values of temporary overvoltages used in IEC 61643-11 with explanations.....                                                      | 103 |
| E.8.1                 | General .....                                                                                                                     | 103 |
| E.8.2                 | Values of temporary overvoltages for US systems .....                                                                             | 106 |
| E.8.3                 | Values of temporary overvoltages for Japanese systems .....                                                                       | 109 |
| Annex F (informative) | Coordination rules and principles.....                                                                                            | 114 |
| F.1                   | General.....                                                                                                                      | 114 |
| F.2                   | Energy coordination.....                                                                                                          | 114 |
| F.2.1                 | General .....                                                                                                                     | 114 |
| F.2.2                 | Analytical studies: simple case of the coordination of two metal oxide varistors (MOV) based SPDs .....                           | 114 |
| F.2.3                 | Analytical study: case of coordination between a gap-based SPD and a Metal oxide varistors (MOV) based SPD .....                  | 118 |
| F.2.4                 | Analytical study: general coordination of two SPDs.....                                                                           | 120 |
| F.2.5                 | Let-through energy (LTE) method .....                                                                                             | 121 |
| F.3                   | Coordination tests: energy and voltage protection coordination.....                                                               | 123 |
| F.3.1                 | Introduction .....                                                                                                                | 123 |
| F.3.2                 | Coordination criteria .....                                                                                                       | 124 |
| F.3.3                 | Coordination techniques .....                                                                                                     | 124 |
| F.3.4                 | Test protocol .....                                                                                                               | 124 |
| Annex G (informative) | Examples of application .....                                                                                                     | 128 |
| G.1                   | Domestic application.....                                                                                                         | 128 |
| G.2                   | Industrial application.....                                                                                                       | 130 |
| G.3                   | Presence of a lightning protection system .....                                                                                   | 134 |
| G.4                   | Wind Turbines.....                                                                                                                | 135 |
| G.4.1                 | General .....                                                                                                                     | 135 |
| G.4.2                 | Transient overvoltages in the DFIG converter circuit.....                                                                         | 135 |
| G.4.3                 | Transmission effect of the transient voltage due to a long cable .....                                                            | 136 |
| G.4.4                 | Voltage coordination between SPD and equipment in wind turbine systems .....                                                      | 137 |
| G.4.5                 | Possible solutions for the case described in CLC/TR 50539-22.....                                                                 | 139 |
| Annex H (informative) | Risk assessment method and examples of application .....                                                                          | 140 |
| H.1                   | General.....                                                                                                                      | 140 |
| H.2                   | Simplified method proposed for low voltage risk assessment as described in IEC 60364-4-44 .....                                   | 140 |
| H.2.1                 | Overvoltage control .....                                                                                                         | 140 |
| H.2.2                 | Simplified risk assessment method .....                                                                                           | 140 |
| H.2.3                 | Example 1 – Building in rural environment .....                                                                                   | 142 |
| H.2.4                 | Example 2 – Building in rural environment powered by HV .....                                                                     | 142 |
| H.2.5                 | Example 3 – Building in urban environment .....                                                                                   | 143 |
| H.2.6                 | Example 4 – Building in urban environment powered by HV.....                                                                      | 143 |

|                       |                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| H.2.7                 | Example 5 – electric vehicle supply equipment .....                                                                                                                   | 143 |
| H.2.8                 | Example 6 – Chemical facility .....                                                                                                                                   | 144 |
| H.3                   | Factors to be considered during risk assessment .....                                                                                                                 | 146 |
| H.3.1                 | Environmental .....                                                                                                                                                   | 146 |
| H.3.2                 | Equipment and facilities .....                                                                                                                                        | 147 |
| H.3.3                 | Economics and service interruption .....                                                                                                                              | 148 |
| H.3.4                 | Safety .....                                                                                                                                                          | 148 |
| H.3.5                 | Cost of protection .....                                                                                                                                              | 149 |
| Annex I (informative) | System stresses .....                                                                                                                                                 | 150 |
| I.1                   | Lightning overvoltages and currents [5.2.2] .....                                                                                                                     | 150 |
| I.1.1                 | Aspects of the power distribution system that affect the need for an SPD .....                                                                                        | 150 |
| I.1.2                 | Sharing of surge current within a structure .....                                                                                                                     | 150 |
| I.2                   | Switching overvoltages [5.2.2] .....                                                                                                                                  | 151 |
| I.3                   | Temporary overvoltages $U_{TOV}$ [5.2.3] .....                                                                                                                        | 151 |
| Annex J (informative) | Application of SPDs .....                                                                                                                                             | 153 |
| J.1                   | Location and protection given by SPDs [7.1] .....                                                                                                                     | 153 |
| J.1.1                 | Possible modes of protection and installation [7.1.3] .....                                                                                                           | 153 |
| J.1.2                 | Influence of the oscillation phenomena on the protective distance [7.2.3] ....                                                                                        | 161 |
| J.1.3                 | Protection zone concept [7.2.3.5] .....                                                                                                                               | 162 |
| J.2                   | Selection of SPDs .....                                                                                                                                               | 164 |
| J.2.1                 | Selection of $U_C$ [7.3.1] .....                                                                                                                                      | 164 |
| J.2.2                 | Coordination problems [7.3.6.2] .....                                                                                                                                 | 165 |
| J.2.3                 | Practical cases [7.2.6.3] .....                                                                                                                                       | 167 |
| J.3                   | Simple calculation of $I_{imp}$ for a class I SPD in case of a building protected by a LPS .....                                                                      | 167 |
| Annex K (informative) | Immunity vs. rated impulse voltage withstand .....                                                                                                                    | 172 |
| Annex L (informative) | Examples of SPD installation in power distribution boards in some countries .....                                                                                     | 178 |
| Annex M (informative) | Coordination when equipment has both signaling and power terminals .....                                                                                              | 183 |
| Annex N (informative) | Short circuit backup protection and surge withstand .....                                                                                                             | 190 |
| N.1                   | General .....                                                                                                                                                         | 190 |
| N.2                   | Information single shot 8/20 and 10/350 fuses withstand .....                                                                                                         | 190 |
| N.3                   | Fuse Influencing factors (reduction) for preconditioning and operating duty test .....                                                                                | 191 |
| N.4                   | Operating duty withstand of fuses based on experimental data and confirmed by calculations based on the parameters and limits specified by the IEC 60269 series ..... | 191 |
| N.5                   | Behaviour of external disconnector technologies .....                                                                                                                 | 193 |
| N.6                   | Additional requirement and test values for SPD external disconnectors used in some countries .....                                                                    | 193 |
| Annex O (informative) | Practical methods for testing system level immunity under lightning discharge conditions .....                                                                        | 197 |
| O.1                   | General .....                                                                                                                                                         | 197 |
| O.2                   | SPD discharge current test under normal service conditions .....                                                                                                      | 197 |
| O.3                   | Induction test due to lightning currents .....                                                                                                                        | 197 |
| O.4                   | Recommended test classification of system level immunity test (following IEC 61000-4-5) .....                                                                         | 197 |
| Annex P (informative) | Guide for testing SPDs containing multiple components .....                                                                                                           | 199 |

|                       |                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| P.1                   | General.....                                                                                                                                        | 199 |
| P.2                   | Example of a multiple spark gaps in series with ohmic/capacitive trigger control .....                                                              | 199 |
| P.3                   | Example of 2 spark gaps in series with capacitive trigger control and with a parallel connected series connection of GDT + MOV(s) .....             | 200 |
| P.4                   | Example of a 3-electrode GDT with parallel MOV bypass/trigger control .....                                                                         | 200 |
| P.5                   | Example of a 4-electrode gap with GDT + MOV trigger control .....                                                                                   | 201 |
| P.6                   | Example of a Spark Gap in parallel with a series-connected GDT and MOV .....                                                                        | 202 |
| P.7                   | Example of a 3-electrode gap with trigger transformer .....                                                                                         | 202 |
| Annex Q (informative) | Exceptions in the USA related to Class I tested SPDs .....                                                                                          | 204 |
| Bibliography          | .....                                                                                                                                               | 205 |
| Figure 1              | – Examples of one-port SPDs .....                                                                                                                   | 19  |
| Figure 2              | – Examples of two-port SPDs .....                                                                                                                   | 20  |
| Figure 3              | – Output voltage response of one-port and two-port SPDs to a combination wave generator impulse .....                                               | 21  |
| Figure 4              | – Examples of components and combinations of components .....                                                                                       | 36  |
| Figure 5              | – Typical curve of $U_{res}$ versus $I$ for Metal oxide varistors (MOV).....                                                                        | 41  |
| Figure 6              | – Typical curve for a spark gap .....                                                                                                               | 42  |
| Figure 7              | – Flowchart for SPD application .....                                                                                                               | 45  |
| Figure 8              | – Example of connection Type 1 (CT1).....                                                                                                           | 47  |
| Figure 9              | – Example of connection Type 2 (CT2).....                                                                                                           | 47  |
| Figure 10             | – Influence of SPD connecting lead lengths .....                                                                                                    | 51  |
| Figure 11             | – Possible installation scheme with intermediate earth bar when lead length exceed 50 cm .....                                                      | 52  |
| Figure 12             | – Example of the need for additional SPDs when connected leads are less than 50 cm long .....                                                       | 54  |
| Figure 13             | – Flow chart for the selection of an SPD.....                                                                                                       | 55  |
| Figure 14             | – $U_T$ and $U_{TOV}$ .....                                                                                                                         | 57  |
| Figure 15             | – SPD and external disconnector arrangement for continuity of supply.....                                                                           | 60  |
| Figure 16             | – SPD and external disconnector arrangement for continuity of protection. ....                                                                      | 60  |
| Figure 17             | – Selectivity between OCPD and disconnector in case of short-circuit.....                                                                           | 61  |
| Figure 18             | – Typical use of two SPDs – Electrical drawing .....                                                                                                | 64  |
| Figure A.1            | – Test set-up for operating duty test .....                                                                                                         | 71  |
| Figure A.2            | – Test timing diagram for first 15 impulses .....                                                                                                   | 72  |
| Figure A.3            | – Test timing diagram for additional 5 impulses .....                                                                                               | 72  |
| Figure D.1            | – Simple calculation of the sum of partial lightning currents into the power distribution system .....                                              | 87  |
| Figure E.1            | – Representative schematic for possible connections to earth in substations and LV-installations and resulting overvoltages in case of faults ..... | 92  |
| Figure E.2            | – Example of a TT-system with combined earthing of the transformer substation $R_E$ with LV –midpoint earthing (earthed neutral) $R_B$ .....        | 93  |
| Figure E.3            | – TN system (IEC 60364-4-44:2007, Figure 44B).....                                                                                                  | 97  |
| Figure E.4            | – TT system (IEC 60364-4-44:2007, Figure 44C) .....                                                                                                 | 98  |
| Figure E.5            | – IT system, example a (IEC 60364-4-44:2007, Figure 44D) .....                                                                                      | 99  |
| Figure E.6            | – IT system, example b (IEC 60364-4-44:2007, Figure 44F) .....                                                                                      | 100 |

|                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure E.7 – IT system, example c1 (IEC 60364-4-44:2007, Figure 44E).....                                                                                                                                | 101 |
| Figure E.8 – Temporary overvoltage resulting from a fault in the primary (4 wires MV-system – direct earthing) of the distribution transformer in a TN-system according to North American practice ..... | 102 |
| Figure E.9 – Typical TOV max p.u. RMS-voltages (V) Table 2, IEEE 1159-2009 .....                                                                                                                         | 107 |
| Figure E.10 – Example of share the ground of the single phase center-tap grounded 100 / 200 V system and three phase (Delta) corner grounded 200 V system .....                                          | 111 |
| Figure E.11 – Typical power distribution networks of single phase center-tap grounded 100 / 200 V system in Japan .....                                                                                  | 112 |
| Figure E.12 – Typical power system configuration in Japan .....                                                                                                                                          | 113 |
| Figure E.13 – TOV characteristic by faults in the high-voltage system in Japan .....                                                                                                                     | 113 |
| Figure F.1 – Two Metal oxide varistors (MOV) with the same nominal discharge current.....                                                                                                                | 115 |
| Figure F.2 – Two Metal oxide varistors (MOV) with different nominal discharge currents.....                                                                                                              | 117 |
| Figure F.3 – Example of coordination of a gap-based SPD and a Metal oxide varistors (MOV) based SPD .....                                                                                                | 120 |
| Figure F.4 – LTE – Coordination method with standard pulse parameters .....                                                                                                                              | 121 |
| Figure F.5 – SPDs arrangement for the coordination test .....                                                                                                                                            | 126 |
| Figure G.1 – Domestic installation .....                                                                                                                                                                 | 129 |
| Figure G.2 – Industrial installation .....                                                                                                                                                               | 132 |
| Figure G.3 – Circuitry of industrial installation.....                                                                                                                                                   | 133 |
| Figure G.4 – Example for a LPS.....                                                                                                                                                                      | 135 |
| Figure G.5 – Configuration of a DFIG wind turbine.....                                                                                                                                                   | 136 |
| Figure G.6 – PWM voltage between the generator and the converter at the rotor circuit.....                                                                                                               | 136 |
| Figure G.7 – position of converter and generator .....                                                                                                                                                   | 137 |
| Figure G.8 – A converter tested in laboratory and its L-PE voltage waveform.....                                                                                                                         | 138 |
| Figure H.1 – Example of the individual sections of a power line .....                                                                                                                                    | 142 |
| Figure H.2 – Example of electric vehicle supply equipment .....                                                                                                                                          | 144 |
| Figure H.3 – Example of chemical facility.....                                                                                                                                                           | 145 |
| Figure J.1 – Installation of surge protective devices in TN-systems.....                                                                                                                                 | 154 |
| Figure J.2 – Installation of surge protective devices in TT-systems (SPD downstream of the RCD) .....                                                                                                    | 156 |
| Figure J.3 – Installation of surge protective devices in TT-systems (SPD upstream of the RCD) .....                                                                                                      | 157 |
| Figure J.4 – Installation of surge protective devices in IT-systems without distributed neutral .....                                                                                                    | 158 |
| Figure J.5 – Typical installation of SPD at the entrance of the installation in case of a TN C-S system .....                                                                                            | 159 |
| Figure J.6 – General way of installing one-port SPDs .....                                                                                                                                               | 159 |
| Figure J.7 – Examples of acceptable and unacceptable SPD installations regarding EMC aspects .....                                                                                                       | 160 |
| Figure J.8 – Physical and electrical representations of a system where equipment being protected is separated from the SPD giving protection .....                                                       | 161 |
| Figure J.9 – Possible oscillation between a Metal oxide varistors (MOV) SPD and the equipment to be protected .....                                                                                      | 161 |
| Figure J.10 – Example of voltage doubling.....                                                                                                                                                           | 162 |
| Figure J.11 – Subdivision of a building into protection zones .....                                                                                                                                      | 163 |
| Figure J.12 – Coordination of two Metal oxide varistors (MOV) .....                                                                                                                                      | 166 |

|                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure L.1 – A wiring diagram of an SPD connected on the load side of the main incoming isolator via a separate isolator (which could be included in the SPD enclosure) .....                               | 178 |
| Figure L.2 – SPD connected to the nearest available outgoing MCB to the incoming supply (TNS installation typically seen in the UK) .....                                                                   | 179 |
| Figure L.3 – A single line-wiring diagram of an SPD connected in shunt on the first outgoing way of the distribution panel via a fuse (or MCB) .....                                                        | 180 |
| Figure L.4 – SPD connected to the nearest available circuit breaker on the incoming supply (US three phase 4W + G, TN-C-S installation) .....                                                               | 181 |
| Figure L.5 – SPD connected to the nearest available circuit breaker on the incoming supply (US single (split) phase 3W + G, 120/240 V system – typical for residential and small office applications) ..... | 182 |
| Figure M.1 – Example of a PC with modem in a US power and communication system .....                                                                                                                        | 184 |
| Figure M.2 – Schematic of circuit of Figure M.1 used for experimental test .....                                                                                                                            | 185 |
| Figure M.3 – voltage recorded across reference points for the PC/modem during a surge in the example (voltage and current vs. time in $\mu$ s) .....                                                        | 186 |
| Figure M.4 – Typical TT system used for simulations .....                                                                                                                                                   | 187 |
| Figure M.5 – Voltage and current waveshapes measured during the application of a surge when a multi-service SPD was installed in the circuit of the structure shown in of Figure M.1 .....                  | 189 |
| Figure N.1 – Schematic diagram for coordination of SPD internal and external disconnectors with MOV .....                                                                                                   | 195 |
| Figure N.2 – Example of time-current characteristics of SPD disconnectors .....                                                                                                                             | 196 |
| Figure O.1 – Example of a circuit used to perform discharge current tests under normal service conditions .....                                                                                             | 198 |
| Figure O.2 – Example circuit of an induction test due to lightning currents .....                                                                                                                           | 198 |
| Figure P.1 – Example of multiple spark gaps in series with ohmic/capacitive trigger control .....                                                                                                           | 199 |
| Figure P.2 – 2 spark gaps in series with capacitive trigger control .....                                                                                                                                   | 200 |
| Figure P.3 – 3-electrode GDT with parallel MOV bypass/trigger control .....                                                                                                                                 | 201 |
| Figure P.4 – 4-electrode spark gap with GDT + MOV trigger control .....                                                                                                                                     | 201 |
| Figure P.5 – Spark Gap in parallel with series-connected GDT and MOV .....                                                                                                                                  | 202 |
| Figure P.6 – 3-electrode spark gap with trigger transformer .....                                                                                                                                           | 203 |
| Table 1 – Maximum TOV values based on IEC 60364-4-44:2007 .....                                                                                                                                             | 33  |
| Table 2 – Preferred values of $I_{imp}$ .....                                                                                                                                                               | 40  |
| Table 3 – modes of protection for various LV systems .....                                                                                                                                                  | 48  |
| Table 4 – Minimum recommended $U_C$ of the SPD for various power systems .....                                                                                                                              | 56  |
| Table B.1 – Relationship between $U_C$ and nominal system voltage .....                                                                                                                                     | 78  |
| Table B.2 – Example of values of $U_p/U_C$ for Metal oxide varistors (MOV) .....                                                                                                                            | 79  |
| Table E.1 – Permissible power-frequency stress voltages according to IEC 60364-4-44 .....                                                                                                                   | 92  |
| Table E.2 – Power-frequency stress voltages and power-frequency fault voltage in low-voltage-systems during a high-voltage earth fault .....                                                                | 95  |
| Table E.3 – TOV test values for systems complying with IEC 60364 series .....                                                                                                                               | 103 |
| Table E.4 – Reference test voltage values for systems complying with IEC 60364 series .....                                                                                                                 | 105 |
| Table E.5 – TOV parameters for US systems .....                                                                                                                                                             | 107 |
| Table E.6 – UL TOV values used to test SPDs in US systems .....                                                                                                                                             | 108 |

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table E.7 – Nominal voltage and reference test voltage for Japanese system .....                                 | 109 |
| Table E.8 – TOV test parameters for Japanese system .....                                                        | 110 |
| Table E.9 – The maximum value of TOV voltage at the difference earth fault points .....                          | 111 |
| Table E.10 – Earth electrode class and maximum value of earth resistance .....                                   | 112 |
| Table F.1 – .....                                                                                                | 123 |
| Table F.2 – .....                                                                                                | 123 |
| Table F.3 – .....                                                                                                | 123 |
| Table F.4 – Test procedure for coordination .....                                                                | 127 |
| Table G.1 – Peak value of PWM voltage and $du/dt$ at two terminals based on investigation in 2011 in China ..... | 137 |
| Table G.2 – Example of characteristics of the generator alternator excitation circuit and associated SPD .....   | 138 |
| Table G.3 – Comparison between the wind turbine system and low-voltage distribution system .....                 | 139 |
| Table H.1 – Calculation of CRL .....                                                                             | 141 |
| Table H.2 – Simplified method .....                                                                              | 145 |
| Table H.3 – IEC 62305-2 method .....                                                                             | 146 |
| Table J.1 – Determination of the value of $I_{imp}$ .....                                                        | 169 |
| Table J.2 – Determination of the value of $I_{imp}$ for additional systems used in Japan .....                   | 170 |
| Table J.3 – number of conductors related to usual structure of power supply .....                                | 171 |
| Table J.4 – number of conductors related to additional systems used in Japan .....                               | 171 |
| Table K.1 – Typical rated impulse voltages (derived from IEC 60664-1) .....                                      | 173 |
| Table K.2 – Selection of immunity test levels depending on the installation conditions .....                     | 176 |
| Table K.3 – Immunity level for AC input .....                                                                    | 176 |
| Table M.1 – Simulation results .....                                                                             | 187 |
| Table N.1 – Examples of ratio between single shot withstand and full preconditioning/operating duty test .....   | 192 |
| Table N.2 – Behaviour of external disconnector technologies .....                                                | 193 |
| Table N.3 – Examples of electrical ratings for SFD .....                                                         | 194 |
| Table N.4 – Examples of tripping current for SSD .....                                                           | 194 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –****Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Selection and application principles**

## 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 61643-12 has been prepared by subcommittee 37A: Low-voltage surge protective devices, of IEC technical committee 37: Surge arresters.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

NOTE The following differing practice of a less permanent nature exists in the USA: In the USA, SPDs tested to Class I tests are not required. This exception applies to the entire document.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Scope: Deleted reference to 1 500 V dc
- b) Added or revised some definitions
- c) Added new clause 4 on Need for protection

- d) Added new information on disconnecting devices
- e) Revised Characteristics of SPD
- f) Revised List of parameters for SPD selection
- g) Added new information on Measured Limiting Voltage
- h) Added or revised some Annexes

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 37A/341/FDIS | 37A/347/RVD      |

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

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

A list of all parts in the IEC 61643 series, published under the general title *Low-voltage surge protective devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://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

### 0.1 General

Surge protective devices (SPDs) are used to protect, under specified conditions, electrical systems and equipment against various overvoltages and impulse currents, such as lightning and switching surges.

SPDs shall be selected according to their environmental conditions and the acceptable failure rate of the equipment and the SPDs.

This document provides information to the user about characteristics useful for the selection of an SPD.

This document provides information to evaluate the need for using SPDs in low-voltage systems, with reference to IEC 62305, Parts 1 to 4 and the IEC 60364 series. It also provides information on selection and coordination of SPDs, while taking into account the entire environment in which they are applied. Examples include: equipment to be protected and system characteristics, insulation levels, overvoltages, method of installation, location of SPDs, coordination of SPDs, end of life behaviour of SPDs and equipment failure consequences.

IEC 62305-2 provides a general method for evaluating the risk due to surges and lightning. IEC 60364-4-44 provides a simplified way of evaluating the risk posed to electrical installations.

Guidance on requirements for product insulation coordination is provided by IEC 60664 series. Requirements for safety (fire, overcurrent and electric shock) and installation are provided by IEC 60364 series.

The IEC 60364 series provide direct information for contractors on the installation of SPDs. IEC TR 62066 contains more information on the scientific background of surge protection.

### 0.2 Keys to understanding the structure of this document

The list below summarizes the structure of this document and provides a summary of the information covered in each clause and annex. The main clauses provide basic information on the factors used for SPD selection. Readers who wish to obtain more detail on the information provided in Clauses 4 to 7 should refer to the relevant annexes.

Clause 1 describes the scope of this document.

Clause 2 lists the normative references where additional information may be found.

Clause 3 provides definitions useful for the understanding of this document.

Clause 4 is an introduction to the risk of surges (considerations of when the use of SPDs is beneficial).

Clause 5 addresses the parameters of systems and equipment important for SPD selection. In addition to the stresses created by lightning, those created by the network itself are described, namely temporary overvoltages and switching surges.

Clause 6 lists the electrical parameters for the selection of an SPD and provides explanations regarding these parameters. These are related to those given in IEC 61643-11.

Clause 7 is the core of this document. It relates the stresses coming from the network (as discussed in Clause 5) to the characteristics of the SPD (as discussed in Clause 6). It also outlines how the protection by SPDs may be affected by its installation. The different steps for the selection of an SPD are presented, including coordination when more than one SPD is used in an installation (details about SPD coordination may be found in Annex F).

Annex A deals with information given with inquiries and explains the testing procedures used in IEC 61643-11.

Annex B provides examples of the relationship between two important parameters of SPDs,  $U_c$  and  $U_p$ , in the specific case of Metal Oxide Varistors (MOV) and also examples of the relationship between  $U_c$  and the nominal voltage of the network.

Annex C supplements the information given in Clause 5 on surge voltages in low-voltage systems.

Annex D deals with the sharing of lightning current between different earthing systems used to determine the SPD rating in case of direct lightning current.

Annex E deals with temporary overvoltages due to faults in the high-voltage system.

Annex F supplements the information given in Clause 7 on coordination rules when more than one SPD is used in a system.

Annex G provides specific examples on the use of this document.

Annex H provides specific examples of the use of the risk analysis given in Clause 4.

Annex I supplements the information given in Clause 5 about system stresses.

Annex J supplements the information given in Clause 7 on the application of SPDs in various low-voltage systems criteria for selection of SPDs.

Annex K discusses differences between immunity level and insulation withstand of electrical equipment.

Annex L provides practical examples of SPD installation as used in some countries.

Annex M discusses problems of coordination with equipment having both signaling and power terminals.

Annex N provides information on withstand of fuses in surge conditions.

Annex O provides practical methods for testing system level immunity.

Annex P provides test application to SPDs with multiple components.

## LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –

### Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Selection and application principles

#### 1 Scope

This part of IEC 61643 describes the principles for the selection, operation, location and coordination of SPDs to be connected to 50/60 Hz AC power circuits, and equipment rated up to 1 000 V RMS.

These devices contain at least one non-linear component and are intended to limit surge voltages and divert surge currents.

NOTE 1 Additional requirements for special applications are also applicable, if required.

NOTE 2 IEC 60364 and IEC 62305-4 are also applicable.

NOTE 3 This document deal only with SPDs and not with surge protection components (SPC) integrated inside equipment.

#### 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 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-53, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61643-32, *Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations – Selection and application principles*

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 62305-1:2010, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62475:2010, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                                         | 217 |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                                          | 219 |
| 0.1 Généralités .....                                                                                                                                                      | 219 |
| 0.2 Clés pour comprendre la structure du présent document.....                                                                                                             | 219 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                                              | 221 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                                                              | 221 |
| 3 Termes, définitions et abréviations .....                                                                                                                                | 222 |
| 3.1 Termes et définitions .....                                                                                                                                            | 222 |
| 3.2 Liste des abréviations et des acronymes utilisés du présent document .....                                                                                             | 235 |
| 4 Nécessité de protection .....                                                                                                                                            | 237 |
| 5 Réseaux à basse tension et matériel à protéger .....                                                                                                                     | 237 |
| 5.1 Généralités .....                                                                                                                                                      | 237 |
| 5.2 Réseaux à basse tension .....                                                                                                                                          | 237 |
| 5.2.1 Généralités .....                                                                                                                                                    | 237 |
| 5.2.2 Surtensions de foudre et courants de choc .....                                                                                                                      | 237 |
| 5.2.3 Surtensions de manœuvre .....                                                                                                                                        | 239 |
| 5.2.4 Surtensions temporaires $U_{TOV}$ .....                                                                                                                              | 239 |
| 5.3 Caractéristiques des matériels à protéger .....                                                                                                                        | 241 |
| 6 Parafoudres.....                                                                                                                                                         | 241 |
| 6.1 Fonctions de base des parafoudres .....                                                                                                                                | 241 |
| 6.2 Exigences supplémentaires .....                                                                                                                                        | 242 |
| 6.3 Classification des parafoudres .....                                                                                                                                   | 242 |
| 6.3.1 Parafoudres: classification.....                                                                                                                                     | 242 |
| 6.3.2 Conception et topologies courantes .....                                                                                                                             | 243 |
| 6.4 Caractéristiques des parafoudres.....                                                                                                                                  | 244 |
| 6.4.1 Conditions de service décrites dans l'IEC 61643-11.....                                                                                                              | 244 |
| 6.4.2 Liste des paramètres pour le choix des parafoudres .....                                                                                                             | 245 |
| 6.5 Informations supplémentaires sur les caractéristiques des parafoudres .....                                                                                            | 246 |
| 6.5.1 Informations relatives aux tensions du réseau .....                                                                                                                  | 246 |
| 6.5.2 Informations relatives aux courants de choc .....                                                                                                                    | 247 |
| 6.5.3 Informations relatives au niveau de protection en tension fourni par les parafoudres .....                                                                           | 249 |
| 6.5.4 Informations relatives à l'état du parafoudre en fin de vie .....                                                                                                    | 250 |
| 6.5.5 $I_{SCCR}$ : courant de court-circuit assigné et $I_{ff}$ : valeur assignée d'interruption d'un courant de suite .....                                               | 251 |
| 6.5.6 $I_L$ : courant de charge assigné et $\Delta U$ : Chute de tension (pour les parafoudres à deux ports ou à un port avec bornes d'entrée et de sortie séparées) ..... | 251 |
| 6.5.7 Informations relatives aux variations des caractéristiques des parafoudres .....                                                                                     | 252 |
| 7 Mise en œuvre des parafoudres dans les réseaux à basse tension.....                                                                                                      | 252 |
| 7.1 Généralités .....                                                                                                                                                      | 252 |
| 7.2 Considération concernant l'emplacement du parafoudre en fonction des classes d'essai.....                                                                              | 254 |
| 7.3 Modes de protection et installation d'un parafoudre .....                                                                                                              | 254 |
| 7.4 Nécessité d'une protection supplémentaire .....                                                                                                                        | 256 |
| 7.4.1 Généralités .....                                                                                                                                                    | 256 |

|                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.4.2                                                                                                                                                                                    | Influence des phénomènes d'oscillation sur la distance de protection .....                                                         | 257 |
| 7.4.3                                                                                                                                                                                    | Tension induite dans l'installation .....                                                                                          | 257 |
| 7.4.4                                                                                                                                                                                    | Influence de la longueur des câbles de raccordement.....                                                                           | 258 |
| 7.4.5                                                                                                                                                                                    | Influence du niveau de protection en tension .....                                                                                 | 262 |
| 7.4.6                                                                                                                                                                                    | Concept de Zone de protection contre la foudre (LPZ).....                                                                          | 264 |
| 7.5                                                                                                                                                                                      | Choix des caractéristiques du parafoudre .....                                                                                     | 266 |
| 7.5.1                                                                                                                                                                                    | Généralités .....                                                                                                                  | 266 |
| 7.5.2                                                                                                                                                                                    | Choix de $U_C$ , $U_T$ , $I_n$ , $I_{imp}$ , $I_{max}$ , $I_{SCCR}$ , $I_{fi}$ et $U_{oc}$ du parafoudre .....                     | 266 |
| 7.5.3                                                                                                                                                                                    | Distance de protection .....                                                                                                       | 273 |
| 7.5.4                                                                                                                                                                                    | Durée de vie prévue .....                                                                                                          | 274 |
| 7.5.5                                                                                                                                                                                    | Interaction entre les parafoudres et d'autres dispositifs .....                                                                    | 274 |
| 7.5.6                                                                                                                                                                                    | Choix du niveau de protection en tension $U_p$ .....                                                                               | 275 |
| 7.5.7                                                                                                                                                                                    | Coordination entre le parafoudre choisi et les autres parafoudres.....                                                             | 276 |
| 7.6                                                                                                                                                                                      | Caractéristiques des dispositifs auxiliaires .....                                                                                 | 279 |
| 7.6.1                                                                                                                                                                                    | Dispositifs de déconnexion .....                                                                                                   | 279 |
| 7.6.2                                                                                                                                                                                    | Compteurs de chocs et d'événements.....                                                                                            | 279 |
| 7.6.3                                                                                                                                                                                    | Indicateur d'état.....                                                                                                             | 280 |
| Annexe A (informative) Informations types exigées avant de choisir un parafoudre et explication des procédures d'essai .....                                                             |                                                                                                                                    | 281 |
| A.1                                                                                                                                                                                      | Informations types exigées avant de choisir un parafoudre .....                                                                    | 281 |
| A.1.1                                                                                                                                                                                    | Données système .....                                                                                                              | 281 |
| A.1.2                                                                                                                                                                                    | Considérations sur le fonctionnement du parafoudre .....                                                                           | 281 |
| A.1.3                                                                                                                                                                                    | Caractéristiques du parafoudre .....                                                                                               | 281 |
| A.1.4                                                                                                                                                                                    | Matériels supplémentaires et fixations .....                                                                                       | 282 |
| A.2                                                                                                                                                                                      | Explication des procédures d'essai utilisées dans l'IEC 61643-11 .....                                                             | 283 |
| A.2.1                                                                                                                                                                                    | Principes généraux .....                                                                                                           | 283 |
| A.2.2                                                                                                                                                                                    | Séquences d'essais et description des essais.....                                                                                  | 283 |
| Annexe B (informative) Exemples de relations entre $U_C$ et la tension nominale du réseau et exemple de relation entre $U_p$ et $U_C$ pour les varistances à oxyde métallique (MOV)..... |                                                                                                                                    | 291 |
| B.1                                                                                                                                                                                      | Relation entre $U_C$ et la tension nominale du réseau .....                                                                        | 291 |
| B.2                                                                                                                                                                                      | Relation entre $U_p$ et $U_C$ pour les varistances à oxyde métallique (MOV) .....                                                  | 291 |
| Annexe C (informative) Environnement – Tensions de chocs dans les réseaux BT .....                                                                                                       |                                                                                                                                    | 293 |
| C.1                                                                                                                                                                                      | Généralités .....                                                                                                                  | 293 |
| C.2                                                                                                                                                                                      | Surtensions de foudre .....                                                                                                        | 293 |
| C.2.1                                                                                                                                                                                    | Généralités .....                                                                                                                  | 293 |
| C.2.2                                                                                                                                                                                    | Surtensions transmises du réseau MT au réseau BT .....                                                                             | 294 |
| C.2.3                                                                                                                                                                                    | Surtensions dues à des impacts directs sur les réseaux de distribution BT .....                                                    | 295 |
| C.2.4                                                                                                                                                                                    | Surtensions induites dans les réseaux de distribution BT.....                                                                      | 295 |
| C.2.5                                                                                                                                                                                    | Surtensions causées par des impacts sur un système de protection contre la foudre ou sur une structure à proximité immédiate ..... | 296 |
| C.3                                                                                                                                                                                      | Surtensions de manœuvre .....                                                                                                      | 297 |
| C.3.1                                                                                                                                                                                    | Généralités .....                                                                                                                  | 297 |
| C.3.2                                                                                                                                                                                    | Description générale.....                                                                                                          | 297 |
| C.3.3                                                                                                                                                                                    | Manœuvres de disjoncteurs et d'interrupteurs.....                                                                                  | 297 |
| C.3.4                                                                                                                                                                                    | Fonctionnements des fusibles (fusibles limiteurs de courant).....                                                                  | 299 |
| Annexe D (informative) Calculs de courants de foudre partiels .....                                                                                                                      |                                                                                                                                    | 300 |
| Annexe E (informative) Surtension temporaire dans le réseau à basse tension due à des défauts entre le réseau à haute tension et la terre .....                                          |                                                                                                                                    | 303 |

|                        |                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E.1                    | Généralités .....                                                                                                                                                      | 303 |
| E.2                    | Références .....                                                                                                                                                       | 304 |
| E.3                    | Symboles .....                                                                                                                                                         | 304 |
| E.4                    | Surtensions dans les réseaux BT pendant un défaut à la terre à haute tension.....                                                                                      | 305 |
| E.5                    | Exemple d'un schéma TT – Calcul de surtensions temporaires possibles.....                                                                                              | 307 |
| E.5.1                  | Contraintes possibles sur des matériels dans des installations à basse tension dues à des défauts à la terre dans le réseau à haute tension .....                      | 307 |
| E.5.2                  | Caractéristiques du réseau à haute tension .....                                                                                                                       | 307 |
| E.6                    | Surtensions à fréquence industrielle temporaires en fonction des réseaux BT et des différents types de configurations de mise à la terre .....                         | 308 |
| E.6.1                  | Généralités .....                                                                                                                                                      | 308 |
| E.6.2                  | Conclusion – Courant de contrainte des parafoudres le plus défavorable pour le comportement HT-TOV des parafoudres .....                                               | 310 |
| E.6.3                  | Conclusion – Source d'essai du cas le plus défavorable pour le comportement HT-TOV des parafoudres, si le parafoudre est relié à la terre entre N-PE et/ou L-PE: ..... | 310 |
| E.6.4                  | Exemples de différents réseaux BT et de leurs possibles configurations de mise à la terre.....                                                                         | 312 |
| E.7                    | Valeurs des surtensions temporaires pour le schéma TN C des USA .....                                                                                                  | 316 |
| E.8                    | Valeurs des surtensions temporaires utilisées dans l'IEC 61643-11 avec des explications .....                                                                          | 318 |
| E.8.1                  | Généralités .....                                                                                                                                                      | 318 |
| E.8.2                  | Valeurs des surtensions temporaires pour les réseaux américains.....                                                                                                   | 321 |
| E.8.3                  | Valeurs des surtensions temporaires pour les réseaux japonais .....                                                                                                    | 324 |
| Annexe F (informative) | Règles et principes de coordination .....                                                                                                                              | 329 |
| F.1                    | Généralités .....                                                                                                                                                      | 329 |
| F.2                    | Coordination de l'énergie .....                                                                                                                                        | 329 |
| F.2.1                  | Généralités .....                                                                                                                                                      | 329 |
| F.2.2                  | Études analytiques: cas simple de la coordination de deux parafoudres à varistances à oxyde métallique (MOV) .....                                                     | 330 |
| F.2.3                  | Étude analytique: cas de la coordination entre un parafoudre à éclateur et un parafoudre à varistance à oxyde métallique (MOV) .....                                   | 333 |
| F.2.4                  | Étude analytique: coordination générale de deux parafoudres .....                                                                                                      | 335 |
| F.2.5                  | Méthode d'énergie traversante (LTE) .....                                                                                                                              | 336 |
| F.3                    | Essais de coordination: coordination de l'énergie ainsi que la protection en tension.....                                                                              | 339 |
| F.3.1                  | Introduction .....                                                                                                                                                     | 339 |
| F.3.2                  | Critères de coordination.....                                                                                                                                          | 340 |
| F.3.3                  | Techniques de coordination .....                                                                                                                                       | 340 |
| F.3.4                  | Protocole d'essai .....                                                                                                                                                | 341 |
| Annexe G (informative) | Exemples d'utilisation .....                                                                                                                                           | 345 |
| G.1                    | Utilisation domestique.....                                                                                                                                            | 345 |
| G.2                    | Utilisation industrielle.....                                                                                                                                          | 348 |
| G.3                    | Présence d'un système de protection contre la foudre .....                                                                                                             | 353 |
| G.4                    | Éoliennes.....                                                                                                                                                         | 354 |
| G.4.1                  | Généralités .....                                                                                                                                                      | 354 |
| G.4.2                  | Surtensions transitoires dans le circuit de convertisseur DFIG .....                                                                                                   | 355 |
| G.4.3                  | Effet de transmission de la tension transitoire en raison de la longueur de câble .....                                                                                | 356 |

|                        |                                                                                                                                                 |     |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| G.4.4                  | Coordination de tension entre le parafoudre et le matériel dans les parcs éoliens .....                                                         | 357 |
| G.4.5                  | Solutions possibles pour le cas décrit dans le CLC/TR 50539-22 .....                                                                            | 359 |
| Annexe H (informative) | Méthode d'appréciation du risque et exemples d'application .....                                                                                | 361 |
| H.1                    | Généralités .....                                                                                                                               | 361 |
| H.2                    | Méthode simplifiée proposée pour l'appréciation du risque à basse tension décrite dans l'IEC 60364-4-44 .....                                   | 361 |
| H.2.1                  | Maîtrise des surtensions .....                                                                                                                  | 361 |
| H.2.2                  | Méthode simplifiée d'appréciation du risque .....                                                                                               | 361 |
| H.2.3                  | Exemple 1 – Bâtiment en environnement rural .....                                                                                               | 363 |
| H.2.4                  | Exemple 2 – Bâtiment en environnement rural alimenté en HT .....                                                                                | 363 |
| H.2.5                  | Exemple 3 – Bâtiment en environnement urbain .....                                                                                              | 364 |
| H.2.6                  | Exemple 4 – Bâtiment en environnement urbain alimenté en HT .....                                                                               | 364 |
| H.2.7                  | Exemple 5 – Système d'alimentation pour véhicule électrique .....                                                                               | 364 |
| H.2.8                  | Exemple 6 – Usine de produits chimiques .....                                                                                                   | 365 |
| H.3                    | Facteurs à prendre en considération lors de l'appréciation du risque .....                                                                      | 368 |
| H.3.1                  | Facteurs environnementaux .....                                                                                                                 | 368 |
| H.3.2                  | Matériel et installations .....                                                                                                                 | 369 |
| H.3.3                  | Aspects économiques et interruption de service .....                                                                                            | 370 |
| H.3.4                  | Sécurité .....                                                                                                                                  | 370 |
| H.3.5                  | Dépenses relatives à la protection .....                                                                                                        | 371 |
| Annexe I (informative) | Contraintes dues aux réseaux .....                                                                                                              | 372 |
| I.1                    | Courants et surtensions de foudre [5.2.2] .....                                                                                                 | 372 |
| I.1.1                  | Aspects des réseaux de distribution ayant un effet sur la nécessité d'un parafoudre .....                                                       | 372 |
| I.1.2                  | Répartition du courant de choc dans une structure .....                                                                                         | 372 |
| I.2                    | Surtensions de manœuvre [5.2.3] .....                                                                                                           | 373 |
| I.3                    | Surtensions temporaires $U_{TOV}$ [5.2.4] .....                                                                                                 | 373 |
| Annexe J (informative) | Utilisation des parafoudres .....                                                                                                               | 375 |
| J.1                    | Emplacement et protection apportée par les parafoudres [7.1] .....                                                                              | 375 |
| J.1.1                  | Modes possibles de protection et d'installation [7.1.3] .....                                                                                   | 375 |
| J.1.2                  | Influence des phénomènes d'oscillation sur la distance de protection [7.1.4.2] .....                                                            | 384 |
| J.1.3                  | Concept de la zone de protection [7.1.4.6] .....                                                                                                | 385 |
| J.2                    | Choix des parafoudres .....                                                                                                                     | 387 |
| J.2.1                  | Choix de $U_C$ [7.2.2.1] .....                                                                                                                  | 387 |
| J.2.2                  | Problèmes de coordination [7.3.7.2] .....                                                                                                       | 388 |
| J.2.3                  | Cas pratiques [7.2.7.2] .....                                                                                                                   | 390 |
| J.3                    | Calcul simple de $I_{imp}$ pour un parafoudre de classe I dans le cas d'un bâtiment protégé par un système de protection contre la foudre ..... | 390 |
| Annexe K (informative) | Immunité par rapport à la tension assignée de tenue aux chocs .....                                                                             | 395 |
| Annexe L (informative) | Exemples d'installation de parafoudres dans les tableaux de distribution de certains pays .....                                                 | 402 |
| Annexe M (informative) | Coordination dans le cas d'un matériel présentant à la fois des bornes de télécommunication et de puissance .....                               | 407 |
| Annexe N (informative) | Dispositif de protection contre les surintensités de courts-circuits et tenue aux chocs .....                                                   | 414 |
| N.1                    | Généralités .....                                                                                                                               | 414 |

|                                                                                                                                             |                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| N.2                                                                                                                                         | Informations relatives à la tenue des fusibles à une onde de choc 8/20 et 10/350 .....                                                                        | 414 |
| N.3                                                                                                                                         | Facteurs influençant les fusibles (réduction) pour l'essai de préconditionnement et l'essai de fonctionnement en service .....                                | 415 |
| N.4                                                                                                                                         | Tenue des fusibles selon les données expérimentales et confirmée par calculs en fonction des paramètres et des limites spécifiés dans la série IEC 60269..... | 416 |
| N.5                                                                                                                                         | Comportement des déconnecteurs externes en fonction des technologies .....                                                                                    | 417 |
| N.6                                                                                                                                         | Exigences et valeurs d'essai supplémentaires pour les déconnecteurs externes de parafoudres utilisés dans certains pays .....                                 | 418 |
| Annexe O (informative) Méthodes pratiques d'essai du niveau d'immunité du réseau dans les conditions de décharge de foudre .....            |                                                                                                                                                               | 422 |
| O.1                                                                                                                                         | Généralités .....                                                                                                                                             | 422 |
| O.2                                                                                                                                         | Essai de courant de décharge du parafoudre dans les conditions normales de service .....                                                                      | 422 |
| O.3                                                                                                                                         | Essai d'induction due aux courants de foudre .....                                                                                                            | 422 |
| O.4                                                                                                                                         | Classification d'essai recommandée du niveau d'immunité du système (IEC 61000-4-5 suivante) .....                                                             | 422 |
| Annexe P (informative) Guide d'essai des parafoudres contenant plusieurs composants .....                                                   |                                                                                                                                                               | 425 |
| P.1                                                                                                                                         | Généralités .....                                                                                                                                             | 425 |
| P.2                                                                                                                                         | Exemple d'éclateurs multiples en série avec commande de déclenchement ohmique/capacitif.....                                                                  | 425 |
| P.3                                                                                                                                         | Exemple de 2 éclateurs en série avec commande de déclenchement capacitif et montage en série raccordé en parallèle de GDT + MOV .....                         | 426 |
| P.4                                                                                                                                         | Exemple de GDT à 3 électrodes avec commande de dérivation/déclenchement parallèle avec MOV .....                                                              | 426 |
| P.5                                                                                                                                         | Exemple d'éclateur à 4 électrodes avec commande de déclenchement GDT + MOV .....                                                                              | 427 |
| P.6                                                                                                                                         | Exemple d'éclateur en parallèle avec un GDT et MOV connectés en série .....                                                                                   | 428 |
| P.7                                                                                                                                         | Exemple d'éclateur à 3 électrodes avec transformateur de déclenchement .....                                                                                  | 429 |
| Annexe Q (informative) Exceptions aux États-Unis en matière de parafoudres soumis aux essais de Classe I.....                               |                                                                                                                                                               | 430 |
| Bibliographie.....                                                                                                                          |                                                                                                                                                               | 431 |
| Figure 1 – Exemples de parafoudres à un port.....                                                                                           |                                                                                                                                                               | 226 |
| Figure 2 – Exemples de parafoudres à deux ports .....                                                                                       |                                                                                                                                                               | 227 |
| Figure 3 – Réponse en tension de sortie de parafoudres à un port et à deux ports à un choc de générateur d'ondes combinées .....            |                                                                                                                                                               | 228 |
| Figure 4 – Exemples de composants et de combinaisons de composants .....                                                                    |                                                                                                                                                               | 244 |
| Figure 5 – Courbe typique de $U_{res}$ en fonction de $I$ pour les varistances à oxyde métallique (MOV).....                                |                                                                                                                                                               | 249 |
| Figure 6 – Courbe typique d'un éclateur.....                                                                                                |                                                                                                                                                               | 250 |
| Figure 7 – Organigramme d'utilisation des parafoudres.....                                                                                  |                                                                                                                                                               | 253 |
| Figure 8 – Exemple de connexion de Type 1 (CT1).....                                                                                        |                                                                                                                                                               | 255 |
| Figure 9 – Connexion de Type 2 (CT2) .....                                                                                                  |                                                                                                                                                               | 255 |
| Figure 10 – Influence des longueurs des câbles de raccordement des parafoudres .....                                                        |                                                                                                                                                               | 260 |
| Figure 11 – Schéma d'installation possible avec une barre de mise à la terre intermédiaire lorsque la longueur de câble dépasse 50 cm ..... |                                                                                                                                                               | 262 |

|                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 12 – Exemple de la nécessité de parafoudres supplémentaires lorsque la longueur des câbles raccordés est inférieure à 50 cm .....                                                                                                     | 264 |
| Figure 13 – Organigramme pour le choix d'un parafoudre .....                                                                                                                                                                                 | 266 |
| Figure 14 – $U_T$ et $U_{TOV}$ .....                                                                                                                                                                                                         | 268 |
| Figure 15 – Disposition d'un parafoudre et d'un déconnecteur externe pour la continuité de l'alimentation.....                                                                                                                               | 271 |
| Figure 16 – Disposition d'un parafoudre et d'un déconnecteur externe pour la continuité de la protection .....                                                                                                                               | 272 |
| Figure 17 – Sélectivité entre l'OCPD et le déconnecteur en cas de court-circuit.....                                                                                                                                                         | 273 |
| Figure 18 – Utilisation type de deux parafoudres – Schéma électrique.....                                                                                                                                                                    | 277 |
| Figure A.1 – Montage d'essai pour essai de fonctionnement en service .....                                                                                                                                                                   | 284 |
| Figure A.2 – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour les 15 premiers chocs.....                                                                                                                                                          | 285 |
| Figure A.3 – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour 5 chocs supplémentaires .....                                                                                                                                                       | 285 |
| Figure D.1 – Calcul simple de la somme des courants de foudre partiels dans un réseau de distribution .....                                                                                                                                  | 300 |
| Figure E.1 – Schéma représentatif des connexions possibles à la terre dans les postes et dans les installations BT, et surtensions apparaissant en cas de défauts .....                                                                      | 306 |
| Figure E.2 – Exemple de schéma TT avec mise à la terre combinée du poste de transformation $R_E$ avec mise à la terre de point milieu BT (neutre mis à la terre) $R_B$ .....                                                                 | 307 |
| Figure E.3 – Schéma TN (Figure 44B de l'IEC 60364-4-44:2007).....                                                                                                                                                                            | 312 |
| Figure E.4 – Schéma TT (Figure 44C de l'IEC 60364-4-44:2007).....                                                                                                                                                                            | 313 |
| Figure E.5 – Schéma IT, exemple a (Figure 44D de l'IEC 60364-4-44:2007) .....                                                                                                                                                                | 314 |
| Figure E.6 – Schéma IT, exemple b (Figure 44F de l'IEC 60364-4-44:2007) .....                                                                                                                                                                | 315 |
| Figure E.7 – Schéma IT, exemple c1 (Figure 44E de l'IEC 60364-4-44:2007).....                                                                                                                                                                | 316 |
| Figure E.8 – Surtension temporaire résultant d'un défaut dans le primaire (réseau MT à 4 fils – mise à la terre directe) du transformateur de distribution dans un schéma TN conformément à la pratique en vigueur en Amérique du Nord ..... | 317 |
| Figure E.9 – Tensions efficaces p.u. maximales de TOV classiques (V) (Tableau 2 de l'IEEE 1159-2009).....                                                                                                                                    | 322 |
| Figure E.10 – Exemple de partage de la terre d'un réseau 100 V/200 V mis à la terre à prise médiane monophasé et d'un réseau 200 V à une borne (Triangle) triphasé mis à la terre .....                                                      | 326 |
| Figure E.11 – Réseaux de distribution classiques d'un réseau 100 V/200 V mis à la terre à prise médiane monophasé au Japon.....                                                                                                              | 327 |
| Figure E.12 – Configuration de réseau classique au Japon .....                                                                                                                                                                               | 328 |
| Figure E.13 – Caractéristiques TOV par des défauts dans le réseau à haute tension au Japon .....                                                                                                                                             | 328 |
| Figure F.1 – Deux varistances à oxyde métallique (MOV) ayant le même courant nominal de décharge .....                                                                                                                                       | 330 |
| Figure F.2 – Deux varistances à oxyde métallique (MOV) ayant des courants nominaux de décharge différents .....                                                                                                                              | 332 |
| Figure F.3 – Exemple de coordination entre un parafoudre à éclateur et un parafoudre à varistance à oxyde métallique (MOV).....                                                                                                              | 335 |
| Figure F.4 – LTE – Méthode de coordination avec les paramètres d'une impulsion normale .....                                                                                                                                                 | 337 |
| Figure F.5 – Disposition des parafoudres pour l'essai de coordination .....                                                                                                                                                                  | 342 |
| Figure G.1 – Utilisation domestique .....                                                                                                                                                                                                    | 347 |
| Figure G.2 – Installation industrielle.....                                                                                                                                                                                                  | 351 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure G.3 – Circuits de l'installation industrielle .....                                                                                                                                                                                                         | 352 |
| Figure G.4 – Exemple de système de protection contre la foudre .....                                                                                                                                                                                               | 354 |
| Figure G.5 – Configuration d'une éolienne DFIG .....                                                                                                                                                                                                               | 355 |
| Figure G.6 – Tension MLI entre la génératrice et le convertisseur au niveau du circuit du rotor .....                                                                                                                                                              | 356 |
| Figure G.7 – Position du convertisseur et de la génératrice .....                                                                                                                                                                                                  | 357 |
| Figure G.8 – Convertisseur soumis à l'essai en laboratoire et sa forme d'onde de tension L-PE .....                                                                                                                                                                | 358 |
| Figure H.1 – Exemple de sections individuelles d'une ligne de puissance .....                                                                                                                                                                                      | 363 |
| Figure H.2 – Exemple de système d'alimentation pour véhicule électrique .....                                                                                                                                                                                      | 365 |
| Figure H.3 – Exemple d'usine de produits chimiques .....                                                                                                                                                                                                           | 366 |
| Figure J.1 – Installation de parafoudres dans des schémas TN .....                                                                                                                                                                                                 | 376 |
| Figure J.2 – Installation de parafoudres dans des schémas TT (parafoudre placé en aval du DDR) .....                                                                                                                                                               | 378 |
| Figure J.3 – Installation de parafoudres dans des schémas TT (parafoudre placé en amont du DDR) .....                                                                                                                                                              | 379 |
| Figure J.4 – Installation de parafoudres dans des schémas IT sans neutre distribué .....                                                                                                                                                                           | 380 |
| Figure J.5 – Installation caractéristique de parafoudres à l'entrée d'une installation dans le cas d'un schéma TN C-S .....                                                                                                                                        | 381 |
| Figure J.6 – Façon générale d'installer des parafoudres à un port .....                                                                                                                                                                                            | 382 |
| Figure J.7 – Exemples d'installations acceptables et non acceptables de parafoudres vis-à-vis de la CEM .....                                                                                                                                                      | 383 |
| Figure J.8 – Représentations physique et électrique d'un réseau dont le matériel protégé est séparé de la protection apportée par le parafoudre .....                                                                                                              | 384 |
| Figure J.9 – Oscillation possible entre un parafoudre à varistance à oxyde métallique (MOV) et le matériel à protéger .....                                                                                                                                        | 385 |
| Figure J.10 – Exemple de doublement de tension .....                                                                                                                                                                                                               | 385 |
| Figure J.11 – Subdivision d'un bâtiment en zones de protection .....                                                                                                                                                                                               | 386 |
| Figure J.12 – Coordination de deux varistances à oxyde métallique (MOV) .....                                                                                                                                                                                      | 389 |
| Figure L.1 – Schéma de câblage d'un parafoudre relié du côté charge du déconnecteur de parafoudre d'arrivée principal par l'intermédiaire d'un déconnecteur de parafoudre séparé (qui pourrait être inclus dans l'enveloppe du parafoudre) .....                   | 402 |
| Figure L.2 – Parafoudre relié au disjoncteur à l'arrivée disponible le plus proche de l'alimentation d'entrée (installation TNS généralement rencontrée au Royaume-Uni) .....                                                                                      | 403 |
| Figure L.3 – Schéma de câblage unifilaire d'un parafoudre relié en dérivation sur la première sortie du tableau de distribution par l'intermédiaire d'un fusible (ou disjoncteur) .....                                                                            | 404 |
| Figure L.4 – Parafoudre relié au disjoncteur disponible le plus proche sur l'alimentation d'entrée (installation TN-C-S, 4W + G triphasée rencontrée aux États-Unis) .....                                                                                         | 405 |
| Figure L.5 – Parafoudre relié au disjoncteur disponible le plus proche sur l'alimentation d'entrée (réseau 120/240 V, 3W + G monophasé (phases séparées) rencontré aux États-Unis – typique pour les applications résidentielles et des petites entreprises) ..... | 406 |
| Figure M.1 – Exemple d'ordinateur avec modem dans un réseau de puissance et de communication rencontré aux États-Unis .....                                                                                                                                        | 408 |
| Figure M.2 – Schéma du circuit de la Figure M.1 utilisé pour les essais expérimentaux .....                                                                                                                                                                        | 409 |
| Figure M.3 – Tension enregistrée aux points de référence pour l'ordinateur/le modem au cours d'une surtension dans l'exemple (tension et courant en fonction du temps, en µs) .....                                                                                | 410 |
| Figure M.4 – Schéma TT typique utilisé pour les simulations .....                                                                                                                                                                                                  | 411 |

|                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure M.5 – Formes d'ondes de tension et de courant mesurées lors de l'application d'une surtension lorsqu'un parafoudre multifonction a été installé dans le circuit de la structure représentée à la Figure M.1 ..... | 413 |
| Figure N.1 – Schéma de coordination des déconnecteurs interne et externe du parafoudre avec la varistance à oxyde métallique (MOV) .....                                                                                 | 420 |
| Figure N.2 – Exemple de caractéristiques temps/courant des déconnecteurs de parafoudre .....                                                                                                                             | 421 |
| Figure O.1 – Exemple de circuit utilisé pour procéder aux essais de courant de décharge dans les conditions normales de service .....                                                                                    | 423 |
| Figure O.2 – Exemple de circuit d'un essai d'induction due à des courants de foudre .....                                                                                                                                | 424 |
| Figure P.1 – Exemple d'éclateurs multiples en série avec commande de déclenchement ohmique/capacitif .....                                                                                                               | 426 |
| Figure P.2 – 2 éclateurs en série avec commande de déclenchement capacitif .....                                                                                                                                         | 426 |
| Figure P.3 – Exemple de GDT à 3 électrodes avec commande de dérivation/déclenchement parallèle avec MOV .....                                                                                                            | 427 |
| Figure P.4 – Éclateur à 4 électrodes avec commande de déclenchement GDT + MOV .....                                                                                                                                      | 428 |
| Figure P.5 – Éclateur en parallèle avec un GDT et MOV connectés en série .....                                                                                                                                           | 428 |
| Figure P.6 – Éclateur à 3 électrodes avec transformateur de déclenchement .....                                                                                                                                          | 429 |
| Tableau 1 – Valeurs maximales des surtensions temporaires selon l'IEC 60364-4-44:2007 .....                                                                                                                              | 241 |
| Tableau 2 – Valeurs préférentielles de $I_{imp}$ .....                                                                                                                                                                   | 248 |
| Tableau 3 – Modes de protection pour différents réseaux BT .....                                                                                                                                                         | 256 |
| Tableau 4 – Valeur de $U_C$ minimale recommandée du parafoudre pour les différents réseaux .....                                                                                                                         | 267 |
| Tableau B.1 – Relation entre $U_C$ et la tension nominale du réseau .....                                                                                                                                                | 291 |
| Tableau B.2 – Exemple de valeurs de $U_p/U_C$ pour les varistances à oxyde métallique (MOV) .....                                                                                                                        | 292 |
| Tableau E.1 – Tensions de contrainte à fréquence industrielle admissibles conformément à l'IEC 60364-4-44 .....                                                                                                          | 305 |
| Tableau E.2 – Tensions de contrainte à fréquence industrielle et tension de défaut à fréquence industrielle dans les réseaux à basse tension pendant un défaut à la terre à haute tension .....                          | 309 |
| Tableau E.3 – Valeurs d'essai de TOV pour des réseaux conformes à la série IEC 60364 .....                                                                                                                               | 319 |
| Tableau E.4 – Valeurs de tension d'essai de référence pour des réseaux conformes à la série IEC 60364 .....                                                                                                              | 320 |
| Tableau E.5 – Paramètres de TOV pour les réseaux américains .....                                                                                                                                                        | 322 |
| Tableau E.6 – Valeurs de TOV UL utilisées pour soumettre les parafoudres à l'essai dans les réseaux américains .....                                                                                                     | 323 |
| Tableau E.7 – Tension nominale et tension d'essai de référence pour les réseaux japonais .....                                                                                                                           | 324 |
| Tableau E.8 – Paramètres d'essai de TOV pour les réseaux japonais .....                                                                                                                                                  | 325 |
| Tableau E.9 – Valeur maximale de la tension TOV aux différents points de défaut à la terre .....                                                                                                                         | 326 |
| Tableau E.10 – Classe de prise de terre et valeur maximale de la résistance de terre .....                                                                                                                               | 327 |
| Tableau F.1 – .....                                                                                                                                                                                                      | 339 |
| Tableau F.2 – .....                                                                                                                                                                                                      | 339 |
| Tableau F.3 – .....                                                                                                                                                                                                      | 339 |

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau F.4 – Procédure d'essai de coordination .....                                                                                               | 343 |
| Tableau G.1 – Valeur de crête de la tension MLI et de $du/dt$ aux deux bornes selon l'enquête réalisée en Chine en 2011 .....                       | 357 |
| Tableau G.2 – Exemple de caractéristiques du circuit d'excitation de l'alternateur de génératrice et du parafoudre associé .....                    | 358 |
| Tableau G.3 – Comparaison entre le parc éolien et le réseau de distribution à basse tension.....                                                    | 359 |
| Tableau H.1 – Calcul de CRL.....                                                                                                                    | 362 |
| Tableau H.2 – Méthode simplifiée .....                                                                                                              | 367 |
| Tableau H.3 – Méthode de l'IEC 62305-2.....                                                                                                         | 368 |
| Tableau J.1 – Détermination de la valeur de $I_{imp}$ .....                                                                                         | 392 |
| Tableau J.2 – Détermination de la valeur de $I_{limp}$ pour les réseaux supplémentaires utilisés au Japon.....                                      | 393 |
| Tableau J.3 – Nombre de conducteurs correspondant à la structure habituelle de l'alimentation .....                                                 | 394 |
| Tableau J.4 – Nombre de conducteurs correspondant aux réseaux supplémentaires utilisés au Japon.....                                                | 394 |
| Tableau K.1 – Tensions assignées de tenue aux chocs classiques (déduites de l'IEC 60664-1).....                                                     | 396 |
| Tableau K.2 – Choix des niveaux d'essai d'immunité en fonction des conditions de l'installation.....                                                | 399 |
| Tableau K.3 – Niveau d'immunité d'une entrée en courant alternatif .....                                                                            | 400 |
| Tableau M.1 – Résultats de simulation.....                                                                                                          | 412 |
| Tableau N.1 – Exemples de rapports entre la tenue à une onde de choc et l'ensemble de l'essai de préconditionnement/fonctionnement en service ..... | 416 |
| Tableau N.2 – Comportement des déconnecteurs externes selon les technologies .....                                                                  | 418 |
| Tableau N.3 – Exemples de caractéristiques assignées électriques pour les déconnecteurs à fusibles de parafoudre (SFD) .....                        | 419 |
| Tableau N.4 – Exemples de courants de déclenchement pour les SSD .....                                                                              | 419 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PARAFOUDRES À BASSE TENSION –****Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux  
à basse tension – Principes de choix et de mise en œuvre****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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61643-12 a été établie par le sous-comité 37A: Dispositifs de protection à basse tension contre les surtensions, du comité d'études 37 de l'IEC: Parafoudres.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

NOTE La méthode différente suivante, à caractère moins permanent, existe aux États-Unis: Aux États-Unis, les parafoudres soumis à l'essai de Classe I ne sont pas exigés. Cette exception s'applique à l'ensemble du document.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Domaine d'application: La référence à 1 500 V en courant continu a été supprimée
- b) Certaines définitions ont été ajoutées ou révisées
- c) Un nouvel Article 4 relatif à la nécessité de protection a été ajouté
- d) De nouvelles informations relatives aux dispositifs de déconnexion ont été ajoutées
- e) Les caractéristiques du parafoudre ont été révisées
- f) La liste des paramètres pour le choix des parafoudres a été révisée
- g) De nouvelles informations relatives à la tension de limitation mesurée ont été ajoutées
- h) Certaines Annexes ont été ajoutées ou révisées

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

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 37A/341/FDIS | 37A/347/RVD     |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de la présente Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61643, publiées sous le titre général *Parafoudres à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 "<http://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 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 ce document en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

### 0.1 Généralités

Les parafoudres sont utilisés pour assurer la protection, dans des conditions spécifiques, des systèmes et des appareils électriques contre différents surtensions et courants de choc (les surtensions dues à la foudre et les surtensions de coupure, par exemple).

Les parafoudres doivent être choisis selon leur exposition et le taux acceptable de défaillance du matériel et des parafoudres.

Le présent document fournit des informations à l'utilisateur sur les caractéristiques utiles pour choisir un parafoudre.

Le présent document fournit des informations permettant d'évaluer la nécessité d'utiliser des parafoudres dans des réseaux à basse tension, en faisant référence aux parties 1 à 4 de l'IEC 62305 et à la série IEC 60364. Il fournit également des informations concernant le choix et la coordination des parafoudres, tout en tenant compte de l'environnement global dans lequel ils sont mis en œuvre. Exemples: matériel à protéger, caractéristiques du système, niveaux d'isolement, surtensions, méthode d'installation, emplacement des parafoudres, coordination des parafoudres, comportement de fin de vie des parafoudres et conséquences des défaillances pour les matériels.

L'IEC 62305-2 fournit une méthode générale d'évaluation du risque lié aux surtensions et à la foudre. L'IEC 60364-4-44 donne une méthode simplifiée d'évaluation du risque lié aux installations électriques.

Des recommandations sur les exigences de coordination de l'isolement des produits sont données dans la série IEC 60664. Des exigences de sécurité (incendie, surintensités et chocs électriques) et d'installation sont données dans la série IEC 60364.

Les publications de la série IEC 60364 donnent des informations directes aux installateurs pour l'installation des parafoudres. L'IEC TR 62066 donne de plus amples informations sur l'arrière-plan scientifique de la protection contre les surtensions.

### 0.2 Clés pour comprendre la structure du présent document

La liste ci-dessous résume la structure du présent document ainsi que les informations données dans les articles et les annexes. Les articles principaux fournissent des informations de base sur les facteurs utilisés pour le choix des parafoudres. Il convient que les lecteurs souhaitant obtenir plus de détails sur les renseignements fournis de l'Article 4 à l'Article 7 se réfèrent aux annexes appropriées.

L'Article 1 décrit le domaine d'application du présent document.

L'Article 2 donne les références normatives dans lesquelles des informations complémentaires peuvent être obtenues.

L'Article 3 donne les définitions utiles pour la compréhension du présent document.

L'Article 4 est une introduction à l'analyse du risque de chocs (considérations sur les cas où un parafoudre est utile).

L'Article 5 traite des paramètres des réseaux et des matériels importants pour le choix d'un parafoudre. En plus des contraintes dues à la foudre, celles dues au réseau lui-même sont décrites, à savoir les surtensions temporaires et les surtensions de coupure.

L'Article 6 énumère les paramètres électriques pour le choix d'un parafoudre et donne des explications concernant ces paramètres. Ceux-ci correspondent à ceux de l'IEC 61643-11.

L'Article 7 est l'article principal du présent document. Il compare les contraintes provenant du réseau (Article 5) et les caractéristiques du parafoudre (Article 6). Il indique également dans quelle mesure la protection assurée par les parafoudres peut être affectée par son installation. Les différentes étapes du choix d'un parafoudre sont présentées, incluant la coordination lorsque plus d'un parafoudre est utilisé dans une installation (des informations détaillées sur la coordination des parafoudres sont indiquées à l'Annexe F).

L'Annexe A donne des informations relatives aux enquêtes et explique les procédures d'essai utilisées dans l'IEC 61643-11.

L'Annexe B donne des exemples de relations entre les deux paramètres importants des parafoudres,  $U_c$  et  $U_p$ , dans le cas spécifique des varistances à oxyde métallique (MOV), ainsi que des exemples de relations entre  $U_c$  et la tension nominale du réseau.

L'Annexe C complète les informations données à l'Article 5 sur les tensions de choc dans les réseaux à basse tension.

L'Annexe D traite de la répartition du courant de foudre entre différents schémas de liaison à la terre utilisés pour déterminer les caractéristiques assignées du parafoudre en cas de courant de foudre direct.

L'Annexe E traite des surtensions temporaires dues à des défauts dans le réseau à haute tension.

L'Annexe F complète les informations données à l'Article 7 sur les règles de coordination lorsque plusieurs parafoudres sont utilisés dans une installation.

L'Annexe G donne des exemples spécifiques d'application du présent document.

L'Annexe H donne des exemples spécifiques de l'utilisation de l'analyse du risque présentée à l'Article 4.

L'Annexe I complète les informations données à l'Article 5 sur les contraintes du réseau.

L'Annexe J complète les informations données à l'Article 7 sur l'utilisation des parafoudres selon différents types de réseaux à basse tension pour le choix des parafoudres.

L'Annexe K traite des différences entre le niveau d'immunité et la tenue à l'isolement des appareils électriques.

L'Annexe L donne des exemples pratiques d'installations de parafoudre telles qu'elles sont utilisées dans certains pays.

L'Annexe M traite des problèmes de coordination avec un matériel présentant à la fois des bornes de télécommunication et de puissance.

L'Annexe N donne des informations sur la tenue des fusibles dans des conditions de surtension.

L'Annexe O présente des méthodes pratiques d'essai de l'immunité au niveau du réseau.

L'Annexe P fournit une application d'essai pour les parafoudres à plusieurs composants.

## **PARAFODRES À BASSE TENSION –**

### **Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux à basse tension – Principes de choix et de mise en œuvre**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 61643 décrit les principes relatifs au choix, au fonctionnement, à l'emplacement et à la coordination des parafoudres à connecter à des circuits de puissance 50 Hz/60 Hz en courant alternatif, et des matériels de puissance allant jusqu'à 1 000 V en valeur efficace.

Ces dispositifs contiennent au moins un composant non linéaire et visent à limiter les tensions de choc et à écouler les courants de choc.

NOTE 1 Des exigences supplémentaires relatives à des applications particulières sont également applicables, si cela est exigé.

NOTE 2 L'IEC 60364 et l'IEC 62305-4 s'appliquent également.

NOTE 3 Le présent document traite seulement des parafoudres et non des composants de parafoudres (SPC) intégrés dans un matériel.

#### **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 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-53, *Installations électriques à basse tension – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Dispositifs de protection pour assurer la sécurité, le sectionnement, la coupure, la commande et la surveillance*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61643-32, *Parafoudres basse tension – Partie 32: Parafoudres connectés au côté courant continu des installations photovoltaïques – Principes de choix et d'application*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 62305-1:2010, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2: Évaluation des risques*

IEC 62305-4, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

IEC 62475:2010, *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure*