



IEC 60909-0

Edition 2.0 2016-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Short-circuit currents in three-phase a.c. systems –
Part 0: Calculation of currents**

**Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif –
Partie 0: Calcul des courants**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.01; 29.240.20

ISBN 978-2-8322-3158-6

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

CONTENTS

| | |
|--|----|
| FOREWORD..... | 5 |
| 1 Scope..... | 7 |
| 2 Normative references..... | 8 |
| 3 Terms and definitions | 8 |
| 4 Symbols, subscripts and superscripts..... | 13 |
| 4.1 General..... | 13 |
| 4.2 Symbols..... | 13 |
| 4.3 Subscripts..... | 15 |
| 4.4 Superscripts..... | 16 |
| 5 Characteristics of short-circuit currents: calculating method..... | 16 |
| 5.1 General..... | 16 |
| 5.2 Calculation assumptions..... | 19 |
| 5.3 Method of calculation | 20 |
| 5.3.1 Equivalent voltage source at the short-circuit location | 20 |
| 5.3.2 Symmetrical components | 22 |
| 6 Short-circuit impedances of electrical equipment..... | 23 |
| 6.1 General..... | 23 |
| 6.2 Network feeders..... | 23 |
| 6.3 Transformers | 25 |
| 6.3.1 Two-winding transformers | 25 |
| 6.3.2 Three-winding transformers..... | 25 |
| 6.3.3 Impedance correction factors for two- and three-winding network transformers | 27 |
| 6.4 Overhead lines and cables | 28 |
| 6.5 Short-circuit current-limiting reactors | 29 |
| 6.6 Synchronous machines | 29 |
| 6.6.1 Synchronous generators | 29 |
| 6.6.2 Synchronous compensators and motors..... | 31 |
| 6.7 Power station units..... | 31 |
| 6.7.1 Power station units with on-load tap-changer..... | 31 |
| 6.7.2 Power station units without on-load tap-changer | 32 |
| 6.8 Wind power station units | 33 |
| 6.8.1 General | 33 |
| 6.8.2 Wind power station units with asynchronous generator | 33 |
| 6.8.3 Wind power station units with doubly fed asynchronous generator..... | 34 |
| 6.9 Power station units with full size converter..... | 35 |
| 6.10 Asynchronous motors..... | 35 |
| 6.11 Static converter fed drives..... | 36 |
| 6.12 Capacitors and non-rotating loads | 36 |
| 7 Calculation of initial short-circuit current..... | 36 |
| 7.1 General..... | 36 |
| 7.1.1 Overview | 36 |
| 7.1.2 Maximum and minimum short-circuit currents | 41 |
| 7.1.3 Contribution of asynchronous motors to the short-circuit current..... | 42 |
| 7.2 Three-phase initial short-circuit current..... | 43 |
| 7.2.1 General | 43 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7.2.2 | Short-circuit currents inside a power station unit with on-load tap-changer | 44 |
| 7.2.3 | Short-circuit currents inside a power station unit without on-load tap-changer | 46 |
| 7.3 | Line-to-line short circuit | 47 |
| 7.4 | Line-to-line short circuit with earth connection | 47 |
| 7.5 | Line-to-earth short circuit | 49 |
| 8 | Calculation of peak short-circuit current | 49 |
| 8.1 | Three-phase short circuit | 49 |
| 8.1.1 | Single-fed and multiple single-fed short circuits | 49 |
| 8.1.2 | Multiple-fed short circuit | 51 |
| 8.2 | Line-to-line short circuit | 52 |
| 8.3 | Line-to-line short circuit with earth connection | 52 |
| 8.4 | Line-to-earth short circuit | 52 |
| 9 | Calculation of symmetrical breaking current | 53 |
| 9.1 | Three-phase short circuit | 53 |
| 9.1.1 | Symmetrical breaking current of synchronous machines | 53 |
| 9.1.2 | Symmetrical breaking current of asynchronous machines | 54 |
| 9.1.3 | Symmetrical breaking current of power station units with doubly fed asynchronous generator | 55 |
| 9.1.4 | Symmetrical breaking current of power station units with full size converter | 55 |
| 9.1.5 | Symmetrical breaking current of network feeder | 56 |
| 9.1.6 | Symmetrical breaking current in case of multiple single-fed short-circuits | 56 |
| 9.1.7 | Symmetrical breaking current in case of multiple-fed short circuits | 56 |
| 9.2 | Unbalanced short-circuits | 57 |
| 10 | DC component of the short-circuit current | 57 |
| 11 | Calculation of steady-state short-circuit current | 58 |
| 11.1 | General | 58 |
| 11.2 | Three-phase short circuit | 58 |
| 11.2.1 | Steady-state short-circuit current of one synchronous generator or one power station unit | 58 |
| 11.2.2 | Steady-state short-circuit current of asynchronous motor or generator | 61 |
| 11.2.3 | Steady-state short-circuit current of wind power station unit with doubly fed asynchronous generator | 61 |
| 11.2.4 | Steady-state short-circuit current of wind power station unit with full size converter | 61 |
| 11.2.5 | Steady-state short-circuit current of network feeder | 61 |
| 11.2.6 | Steady-state short-circuit current in case of multiple single-fed short circuits | 61 |
| 11.2.7 | Steady-state short-circuit current in case of multiple-fed short circuits | 62 |
| 11.3 | Unbalanced short circuits | 62 |
| 12 | Short circuits at the low-voltage side of transformers, if one line conductor is interrupted at the high-voltage side | 62 |
| 13 | Terminal short circuit of asynchronous motors | 64 |
| 14 | Joule integral and thermal equivalent short-circuit current | 65 |
| | Annex A (normative) Formulas for the calculation of the factors m and n | 68 |
| | Annex B (informative) Nodal admittance and nodal impedance matrices | 69 |
| | Bibliography | 73 |

| | |
|--|----|
| Figure 1 – Short-circuit current of a far-from-generator short circuit with constant AC component (schematic diagram)..... | 17 |
| Figure 2 – Short-circuit current of a near-to-generator short-circuit with decaying AC component (schematic diagram)..... | 18 |
| Figure 3 – Characterization of short-circuits and their currents..... | 19 |
| Figure 4 – Illustration for calculating the initial symmetrical short-circuit current I_k'' in compliance with the procedure for the equivalent voltage source | 21 |
| Figure 5 – System diagram and equivalent circuit diagram for network feeders | 24 |
| Figure 6 – Three-winding transformer (example)..... | 27 |
| Figure 7 – Diagram to determine the short-circuit type (Figure 3) for the highest initial short-circuit current referred to the initial three-phase short-circuit current when the impedance angles of the sequence impedances $Z_{(1)}$, $Z_{(2)}$, $Z_{(0)}$ are identical | 38 |
| Figure 8 – Examples of single-fed short-circuits..... | 40 |
| Figure 9 – Example of a multiple single-fed short circuit | 40 |
| Figure 10 – Example of multiple-fed short circuit | 41 |
| Figure 11 – Short-circuit currents and partial short-circuit currents for three-phase short circuits between generator and unit transformer with or without on-load tap-changer, or at the connection to the auxiliary transformer of a power station unit and at the auxiliary busbar A | 45 |
| Figure 12 – Factor κ for series circuit as a function of ratio R/X or X/R | 50 |
| Figure 13 – Factor μ for calculation of short-circuit breaking current I_b | 54 |
| Figure 14 – Factor q for the calculation of the symmetrical short-circuit breaking current of asynchronous motors | 55 |
| Figure 15 – Factors λ_{\min} and λ_{\max} factors for cylindrical rotor generators..... | 60 |
| Figure 16 – Factors λ_{\min} and λ_{\max} for salient-pole generators..... | 60 |
| Figure 17 – Transformer secondary short-circuits, if one line (fuse) is opened on the high-voltage side of a transformer Dyn5 | 63 |
| Figure 18 – Factor m for the heat effect of the DC component of the short-circuit current (for programming, the formula to calculate m is given in Annex A) | 66 |
| Figure 19 – Factor n for the heat effect of the AC component of the short-circuit current (for programming, the formula to calculate n is given in Annex A)..... | 67 |
| Figure B.1 – Formulation of the nodal admittance matrix..... | 70 |
| Figure B.2 – Example | 71 |
| Table 1 – Voltage factor c | 22 |
| Table 2 – Importance of short-circuit currents | 37 |
| Table 3 – Factors α and β for the calculation of short-circuit currents with Formula (96), rated transformation ratio $t_r = U_{rTHV}/U_{rTLV}$ | 64 |
| Table 4 – Calculation of short-circuit currents of asynchronous motors in the case of a short circuit at the terminals | 65 |
| Table B.1 – Impedances of electrical equipment referred to the 110 kV side..... | 71 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN THREE-PHASE AC SYSTEMS –**Part 0: Calculation of currents**

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 60909-0 has been prepared by IEC technical committee 73: Short-circuit currents.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) contribution of windpower station units to the short-circuit current;
- b) contribution of power station units with full size converters to the short-circuit current;
- c) new document structure.

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

| | |
|------------|------------------|
| CDV | Report on voting |
| 73/172/CDV | 73/175A/RVC |

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

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

A list of all parts in the IEC 60909 series, published under the general title *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems*, can be found on the IEC website.

This part of IEC 60909 is to be read in conjunction with the following International Standards and Technical Reports:

- IEC TR 60909-1:2002, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0*
- IEC TR 60909-2:2008, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 2: Data of electrical equipment for short-circuit current calculations*
- IEC 60909-3:2009, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth*
- IEC TR 60909-4:2000, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents*

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

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

SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN THREE-PHASE AC SYSTEMS –

Part 0: Calculation of currents

1 Scope

This part of IEC 60909 is applicable to the calculation of short-circuit currents

- in low-voltage three-phase AC systems, and
- in high-voltage three-phase AC systems,

operating at a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz.

Systems at highest voltages of 550 kV and above with long transmission lines need special consideration.

This part of IEC 60909 establishes a general, practicable and concise procedure leading to results which are generally of acceptable accuracy. For this calculation method, an equivalent voltage source at the short-circuit location is introduced. This does not exclude the use of special methods, for example the superposition method, adjusted to particular circumstances, if they give at least the same precision. The superposition method gives the short-circuit current related to the one load flow presupposed. This method, therefore, does not necessarily lead to the maximum short-circuit current.

This part of IEC 60909 deals with the calculation of short-circuit currents in the case of balanced or unbalanced short circuits.

A single line-to-earth fault is beyond the scope of this part of IEC 60909.

For currents during two separate simultaneous single-phase line-to-earth short circuits in an isolated neutral system or a resonance earthed neutral system, see IEC 60909-3.

Short-circuit currents and short-circuit impedances may also be determined by system tests, by measurement on a network analyser, or with a digital computer. In existing low-voltage systems it is possible to determine the short-circuit impedance on the basis of measurements at the location of the prospective short circuit considered.

The calculation of the short-circuit impedance is in general based on the rated data of the electrical equipment and the topological arrangement of the system and has the advantage of being possible both for existing systems and for systems at the planning stage.

In general, two types short-circuit currents, which differ in their magnitude, are considered:

- the maximum short-circuit current which determines the capacity or rating of electrical equipment; and
- the minimum short-circuit current which can be a basis, for example, for the selection of fuses, for the setting of protective devices, and for checking the run-up of motors.

NOTE The current in a three-phase short circuit is assumed to be made simultaneously in all poles. Investigations of non-simultaneous short circuits, which may lead to higher aperiodic components of short-circuit current, are beyond the scope of this part of IEC 60909.

This part of IEC 60909 does not cover short-circuit currents deliberately created under controlled conditions (short-circuit testing stations).

This part of IEC 60909 does not deal with the calculation of short-circuit currents in installations on board ships and aeroplanes.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory* (available at: www.electropedia.org)

IEC TR 60909-1:2002, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0*

IEC TR 60909-2:2008, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Data of electrical equipment for short-circuit current calculations*

IEC 60909-3:2009, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth*

IEC TR 60909-4:2000, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents*

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| AVANT-PROPOS..... | 78 |
| 1 Domaine d'application..... | 80 |
| 2 Références normatives | 81 |
| 3 Termes et définitions | 81 |
| 4 Symboles, indices inférieurs et supérieurs..... | 87 |
| 4.1 Généralités | 87 |
| 4.2 Symboles..... | 87 |
| 4.3 Indices..... | 89 |
| 4.4 Indices supérieurs..... | 90 |
| 5 Caractéristiques des courants de court-circuit: méthode de calcul..... | 90 |
| 5.1 Généralités | 90 |
| 5.2 Hypothèses de calcul | 93 |
| 5.3 Méthode de calcul | 94 |
| 5.3.1 Source de tension équivalente au point de court-circuit..... | 94 |
| 5.3.2 Composantes symétriques | 96 |
| 6 Impédances de court-circuit des matériels électriques | 97 |
| 6.1 Généralités | 97 |
| 6.2 Réseaux d'alimentation | 97 |
| 6.3 Transformateurs..... | 99 |
| 6.3.1 Transformateurs à deux enroulements..... | 99 |
| 6.3.2 Transformateurs à trois enroulements..... | 99 |
| 6.3.3 Facteurs de correction d'impédance pour transformateurs de réseau à deux et trois enroulements | 101 |
| 6.4 Lignes aériennes et câbles..... | 102 |
| 6.5 Réactances de limitation de court-circuit..... | 103 |
| 6.6 Machines synchrones..... | 104 |
| 6.6.1 Alternateurs synchrones..... | 104 |
| 6.6.2 Moteurs et compensateurs synchrones | 105 |
| 6.7 Groupes de production | 105 |
| 6.7.1 Groupes de production avec changeur de prise en charge | 105 |
| 6.7.2 Groupe de production sans changeur de prise en charge | 106 |
| 6.8 Groupes de production éoliens | 107 |
| 6.8.1 Généralités | 107 |
| 6.8.2 Groupes de production éoliens avec alternateur asynchrone | 108 |
| 6.8.3 Groupes de production éoliens avec alternateur asynchrone à double alimentation..... | 108 |
| 6.9 Groupes de production avec convertisseur grande capacité | 109 |
| 6.10 Moteurs asynchrones | 109 |
| 6.11 Moteurs à convertisseur statique | 110 |
| 6.12 Capacités et charges non rotatives | 110 |
| 7 Calcul du courant de court-circuit initial..... | 111 |
| 7.1 Généralités | 111 |
| 7.1.1 Vue générale | 111 |
| 7.1.2 Courants de court-circuit maximal et minimal..... | 117 |
| 7.1.3 Contribution des moteurs asynchrones au courant de court-circuit | 117 |
| 7.2 Courant de court-circuit initial triphasé..... | 118 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.2.1 | Généralités | 118 |
| 7.2.2 | Courants de court-circuit à l'intérieur d'un groupe de production avec changeur de prise en charge | 119 |
| 7.2.3 | Courants de court-circuit à l'intérieur d'un groupe de production sans changeur de prise en charge | 121 |
| 7.3 | Court-circuit entre phases | 122 |
| 7.4 | Court-circuit entre phases avec mise à la terre | 122 |
| 7.5 | Court-circuit monophasé | 124 |
| 8 | Calcul du courant de court-circuit de crête | 124 |
| 8.1 | Court-circuit triphasé | 124 |
| 8.1.1 | Court-circuit à alimentation unique et courts-circuits multiples à alimentation unique | 124 |
| 8.1.2 | Court-circuit à alimentation multiple | 126 |
| 8.2 | Court-circuit entre phases | 127 |
| 8.3 | Court-circuit entre phases avec mise à la terre | 127 |
| 8.4 | Court-circuit monophasé | 127 |
| 9 | Calcul du courant symétrique coupé | 128 |
| 9.1 | Court-circuit triphasé | 128 |
| 9.1.1 | Courant symétrique coupé de machines synchrones | 128 |
| 9.1.2 | Courant symétrique coupé de machines asynchrones | 129 |
| 9.1.3 | Courant symétrique coupé des groupes de production avec alternateur asynchrone à double alimentation | 131 |
| 9.1.4 | Courant symétrique coupé des groupes de production avec convertisseur grande capacité | 131 |
| 9.1.5 | Courant symétrique coupé de réseau d'alimentation | 131 |
| 9.1.6 | Courant symétrique coupé en cas de courts-circuits multiples à alimentation unique | 131 |
| 9.1.7 | Courant symétrique coupé en cas de court-circuit à alimentation multiple | 132 |
| 9.2 | Courts-circuits dissymétriques | 133 |
| 10 | Composante continue des courants de court-circuit | 133 |
| 11 | Calcul du courant de court-circuit permanent | 134 |
| 11.1 | Généralités | 134 |
| 11.2 | Court-circuit triphasé | 134 |
| 11.2.1 | Courant de court-circuit permanent d'un alternateur synchrone ou d'un groupe de production | 134 |
| 11.2.2 | Courant de court-circuit permanent de moteur ou d'alternateur asynchrone | 137 |
| 11.2.3 | Courant de court-circuit permanent de groupe de production éolien avec alternateur asynchrone à double alimentation | 137 |
| 11.2.4 | Courant de court-circuit permanent de groupe de production éolien avec convertisseur grande capacité | 137 |
| 11.2.5 | Courant de court-circuit permanent de réseau d'alimentation | 137 |
| 11.2.6 | Courant de court-circuit permanent en cas de multiples courts-circuits à alimentation unique | 137 |
| 11.2.7 | Courant de court-circuit permanent de courts-circuits à alimentation multiple | 137 |
| 11.3 | Courts-circuits dissymétriques | 138 |
| 12 | Courts-circuits de transformateur du côté basse tension, si une phase est ouverte côté haute tension | 138 |
| 13 | Court-circuit aux bornes des moteurs asynchrones | 140 |

| | | |
|------------------------|--|-----|
| 14 | Intégrale de Joule et courant de court-circuit thermique équivalent | 141 |
| Annexe A (normative) | Formules pour le calcul des facteurs m et n | 144 |
| Annexe B (informative) | Matrices d'admittance nodale et d'impédance nodale | 145 |
| Bibliographie | | 149 |
| | | |
| Figure 1 | – Courant relatif à un court-circuit éloigné de tout alternateur composante alternative constante (tracé schématique) | 91 |
| Figure 2 | – Courant relatif à un court-circuit proche d'un alternateur avec composante alternative décroissante (tracé schématique)..... | 92 |
| Figure 3 | – Caractérisation des courts-circuits et de leurs courants..... | 93 |
| Figure 4 | – Représentation du calcul du courant de court-circuit symétrique initial I_k'' suivant la procédure de la source de tension équivalente..... | 95 |
| Figure 5 | – Schéma du réseau et schéma de circuit équivalent pour réseaux d'alimentation | 98 |
| Figure 6 | – Transformateur à trois enroulements (exemple) | 101 |
| Figure 7 | – Schéma pour déterminer le type de court-circuit (Figure 3) pour le courant de court-circuit initial le plus élevé rapporté au courant de court-circuit triphasé initial lorsque les angles d'impédance des impédances séquentielles $Z_{(1)}$, $Z_{(2)}$ et $Z_{(0)}$ sont identiques..... | 113 |
| Figure 8 | – Exemples de courts-circuits à alimentation unique | 115 |
| Figure 9 | – Exemple de courts-circuits multiples à alimentation unique..... | 115 |
| Figure 10 | – Exemples de courts-circuits à alimentation multiple | 116 |
| Figure 11 | – Courants de court-circuit et courants de court-circuit partiels pour les courts-circuits triphasés entre alternateur et transformateur de groupe avec ou sans changeur de prise en charge, ou au point de liaison vers le transformateur auxiliaire d'un groupe de production et au niveau du jeu de barres auxiliaire A | 120 |
| Figure 12 | – Facteur κ pour les circuits en série en fonction du rapport R/X ou X/R | 125 |
| Figure 13 | – Facteur μ pour le calcul du courant de court-circuit coupé I_b | 129 |
| Figure 14 | – Facteur q pour le calcul du courant de court-circuit symétrique coupé de moteurs asynchrones..... | 130 |
| Figure 15 | – Facteurs λ_{\min} et λ_{\max} pour turboalternateurs | 135 |
| Figure 16 | – Facteurs λ_{\min} et λ_{\max} pour les alternateurs à pôles saillants | 136 |
| Figure 17 | – Courts-circuits au secondaire des transformateurs, si une phase (fusible) est ouverte du côté haute tension d'un transformateur Dyn5 | 139 |
| Figure 18 | – Facteur m pour l'effet calorifique de la composante continue du courant de court-circuit (pour la programmation, la formule de calcul de m est donnée à l'Annexe A)..... | 142 |
| Figure 19 | – Facteur n pour l'effet calorifique de la composante alternative du courant de court-circuit (pour la programmation, la formule de calcul de n est donnée à l'Annexe A)..... | 143 |
| Figure B.1 | – Formulation de la matrice d'admittance nodale..... | 145 |
| Figure B.2 | – Exemple | 146 |
| | | |
| Tableau 1 | – Facteur de tension c | 96 |
| Tableau 2 | – Importance des courants de court-circuit | 111 |
| Tableau 3 | – Facteurs α et β pour le calcul des courants de court-circuit au moyen de la Formule (96), rapport de transformation assigné $t_r = U_{rTHV}/U_{rTLV}$ | 140 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 4 – Calcul des courants de court-circuit des moteurs asynchrones dans le cas d'un court-circuit aux bornes | 141 |
| Tableau B.1 – Impédances de matériel électrique rapportées au côté 110 kV | 147 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COURANTS DE COURT-CIRCUIT DANS LES RÉSEAUX TRIPHASÉS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 0: Calcul des courants

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60909-0 a été établie par le comité d'études 73 de l'IEC: Courants de court-circuit.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) contribution des groupes de production éoliens au courant de court-circuit;
- b) contribution des groupes de production avec convertisseurs grande capacité au courant de court-circuit;
- c) nouvelle structure du document.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| CDV | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 73/172/CDV | 73/175A/RVC |

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60909, publiées sous le titre général *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

La présente partie de l'IEC 60909 doit être lue conjointement avec les Normes internationales et les Rapports techniques suivants:

- IEC TR 60909-1:2002, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909-0*
- IEC TR 60909-2:2008, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 2: Data of electrical equipment for short-circuit current calculations* (disponible en anglais seulement)
- IEC 60909-3:2009, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 3: Courants durant deux courts-circuits monophasés simultanés séparés à la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant à travers la terre*
- IEC TR 60909-4:2000, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 4: Exemples pour le calcul des courants de court-circuit*

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

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

COURANTS DE COURT-CIRCUIT DANS LES RÉSEAUX TRIPHASÉS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 0: Calcul des courants

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60909 est applicable au calcul des courants de court-circuit

- dans les réseaux triphasés basse tension à courant alternatif, et
- dans les réseaux triphasés haute tension à courant alternatif,

fonctionnant à une fréquence nominale de 50 Hz ou de 60 Hz.

Les réseaux de tensions très élevées, 550 kV et plus, avec lignes de transport de grande longueur nécessitent un traitement particulier.

La présente partie de l'IEC 60909 établit une procédure générale, réalisable et concise conduisant à des résultats qui sont en général d'une précision acceptable. Pour établir cette méthode de calcul, une source de tension équivalente au point de court-circuit est introduite. Cela n'exclut pas l'utilisation de méthodes particulières, par exemple la méthode de superposition, appliquées à des cas précis, si elles conduisent à une précision au moins égale. La méthode de superposition donne le courant de court-circuit par rapport au flux de puissance présumé. C'est pourquoi cette méthode ne conduit pas nécessairement au courant de court-circuit maximal.

Cette partie de l'IEC 60909 traite du calcul des courants de court-circuit dans le cas de courts-circuits symétriques et dissymétriques.

Un défaut simple sur une phase ne relève pas du domaine d'application de cette partie de l'IEC 60909.

Pour les courants existant pendant deux courts-circuits distincts simultanés entre phase et terre dans un réseau à neutre isolé ou dans un réseau à neutre compensé, voir l'IEC 60909-3.

Les courants et impédances de court-circuit peuvent également être déterminés par des essais en réseau, par des mesures sur un analyseur de réseau ou avec un calculateur numérique. Dans les réseaux basse tension existants, l'impédance de court-circuit peut être déterminée à partir des mesures effectuées au point de court-circuit présumé.

Le calcul de l'impédance de court-circuit s'effectue en général à partir des valeurs assignées des matériels électriques et de la configuration du réseau, et présente l'avantage d'être susceptible de s'appliquer aussi bien aux réseaux existants qu'aux réseaux à l'état de projet.

En général, deux types de courants de court-circuit d'amplitude différente sont pris en compte dans les calculs:

- le courant de court-circuit maximal, qui détermine la capacité ou le régime assigné du matériel électrique, et
- le courant de court-circuit minimal, qui peut servir, par exemple, au choix des fusibles et au calibrage des dispositifs de protection ainsi qu'au contrôle de la mise en marche des moteurs.

NOTE Lors d'un court-circuit triphasé, le courant s'établit, par hypothèse, simultanément sur les trois phases. Les recherches concernant les courts-circuits non simultanés qui peuvent conduire à des composantes apériodiques majorées du courant de court-circuit n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente partie de l'IEC 60909.

La présente partie de l'IEC 60909 ne couvre pas le cas de courants de court-circuit provoqués intentionnellement et sous contrôle (stations d'essais de court-circuit).

Cette partie de l'IEC 60909 ne traite pas du calcul des courants de court-circuit dans les installations à bord des navires et des avions.

2 Références normatives

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

IEC 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60050-131, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 131: Théorie des circuits* (disponible sous: www.electropedia.org)

IEC TR 60909-1:2002, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909-0*

IEC TR 60909-2:2008, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Data of electrical equipment for short-circuit current calculations*(disponible en anglais seulement)

IEC 60909-3:2009, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 3: Courants durant deux courts-circuits monophasés simultanés séparés à la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant à travers la terre*

IEC TR 60909-4:2000, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 4: Exemples pour le calcul des courants de court-circuit*