

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61363-1

Première édition
First edition
1998-02

**Installations électriques à bord des navires
et des plates-formes mobiles et fixes en mer –**

**Partie 1:
Evaluation des courants de court-circuit
en c.a. triphasé**

**Electrical installations of ships and mobile
and fixed offshore units –**

**Part 1:
Procedures for calculating short-circuit currents
in three-phase a.c.**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61363-1:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61363-1

Première édition
First edition
1998-02

**Installations électriques à bord des navires
et des plates-formes mobiles et fixes en mer –**

**Partie 1:
Evaluation des courants de court-circuit
en c.a. triphasé**

**Electrical installations of ships and mobile
and fixed offshore units –**

**Part 1:
Procedures for calculating short-circuit currents
in three-phase a.c.**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives	10
3 Définitions, symboles, indices et exposants	10
3.1 Définitions.....	10
3.2 Symboles	16
3.3 Indices	22
3.4 Exposants	22
4 Information introductive.....	22
4.1 Généralités	22
4.2 Précision des calculs.....	24
4.3 Hypothèses de base.....	24
4.4 Méthodes de calcul	26
5 Composants et modèles des systèmes.....	28
5.1 Composants actifs.....	28
5.1.1 Machines synchrones.....	28
5.1.2 Moteurs asynchrones.....	36
5.1.3 Générateurs de lignes d'arbres	40
5.1.4 Moteurs alimentés par convertisseur	44
5.2 Composants non actifs.....	46
5.2.1 Généralités	46
5.2.2 Câbles	46
5.2.3 Transformateurs	46
5.2.4 Bobines de réactance	48
6 Hypothèses simplificatrices	48
6.1 Généralités	48
6.2 Machines synchrones.....	48
6.2.1 Courants de court-circuit triphasés.....	48
6.2.2 Effet de la résistance statorique	50
6.2.3 Effet de la condition de charge préalable.....	50
6.2.4 Omission de la décroissance transitoire de la composante alternative	50
6.2.5 Omission de la décroissance du courant de court-circuit	50
6.2.6 Constantes de temps	52
6.3 Moteurs asynchrones	52
6.3.1 Premières approximations.....	52
6.3.2 Omission des conditions de charge préalable des moteurs.....	52
6.3.3 Données générales – Gros moteurs	54
6.3.4 Données générales – Petits moteurs.....	54
6.3.5 Moteurs asynchrones à service limité.....	56

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	11
3 Definitions, symbols, subscripts and superscripts	11
3.1 Definitions	11
3.2 Symbols	17
3.3 Subscripts	23
3.4 Superscripts	23
4 Introductory information	23
4.1 General	23
4.2 Calculation accuracy	25
4.3 Basic assumptions	25
4.4 Calculation methods	27
5 System components and models	29
5.1 Active components	29
5.1.1 Synchronous machines	29
5.1.2 Asynchronous motors	37
5.1.3 Shaft generators	41
5.1.4 Converter fed motors	45
5.2 Non-active components	47
5.2.1 General	47
5.2.2 Cables	47
5.2.3 Transformers	47
5.2.4 Reactors	49
6 Simplifying assumptions	49
6.1 General	49
6.2 Synchronous machines	49
6.2.1 Three-phase short-circuit currents	49
6.2.2 Effect of stator resistance	51
6.2.3 Effect of preload condition	51
6.2.4 Neglecting transient component decay of the a.c. component	51
6.2.5 Neglecting short-circuit current decay	51
6.2.6 Time constants	53
6.3 Asynchronous motors	53
6.3.1 First approximations	53
6.3.2 Neglecting the motor preload conditions	53
6.3.3 General data for large motors	55
6.3.4 General data for small motors	55
6.3.5 Limited service asynchronous motors	57

Articles	Pages
7 Application du générateur équivalent	56
7.1 Généralités	56
7.2 Hypothèses	56
7.3 Evaluation du moteur équivalent	56
7.3.1 Généralités	56
7.3.2 Détermination des paramètres du moteur équivalent	58
7.4 Evaluation du générateur équivalent	58
7.4.1 Généralités	58
7.4.2 Composante alternative $I_{ac}(t)_*$	60
7.4.3 Constante de temps subtransitoire T''_{d*} du générateur équivalent	60
7.4.4 Constante de temps transitoire T'_{d*} du générateur équivalent	60
7.4.5 Constante de temps c.c., T_{dc*}	62
7.4.6 Impédances des générateurs équivalents	62
8 Calcul de systèmes	64
8.1 Généralités	64
8.2 Influence des composants non actifs reliés en série aux composants actifs	64
8.2.1 Généralités	64
8.2.2 Générateurs	64
8.2.3 Moteurs	66
8.3 Courants de court-circuit sur les barres omnibus des générateurs	66
8.3.1 Générateurs fonctionnant en parallèle	66
8.3.2 Moteurs raccordés directement	68
8.3.3 Moteurs et/ou générateurs raccordés aux autres barres-bus.....	68
8.4 Courants de court-circuit sur les barrettes reliées directement aux barres de générateurs.....	68
8.5 Transformateurs.....	70
8.6 Convertisseurs statiques reliés à une machine à vitesse contrôlée.....	70
8.7 Procédures de calcul.....	72
8.7.1 Généralités	72
8.7.2 Procédure d'étude des court-circuits	72
8.7.3 Définition du système et du problème; préparation d'un schéma d'étude....	72
8.7.4 Identification des paramètres caractéristiques des composants	72
8.7.5 Schéma des impédances du système.....	74
8.7.6 Calcul approché.....	74
8.7.7 Recherche des approximations appropriées	74
8.7.8 Calcul du système.....	74
8.7.9 Résumé des calculs.....	74
9 Interprétation et application des résultats	76
9.1 Généralités	76
9.2 Systèmes basse tension (jusqu'à 1 kV).....	76
9.3 Systèmes moyenne tension (au dessus de 1 kV)	78

Clause	Page
7 Application of the equivalent generator	57
7.1 General	57
7.2 Assumptions	57
7.3 Evaluation of the equivalent motor.....	57
7.3.1 General	57
7.3.2 Determination of the equivalent motor parameters	59
7.4 Evaluation of the equivalent generator.....	59
7.4.1 General	59
7.4.2 AC component $I_{ac}(t)_*$	61
7.4.3 Equivalent generator subtransient time constant T''_{d*}	61
7.4.4 Equivalent generator transient time constant $T'd_*$	61
7.4.5 DC time constant T'_{dc*}	63
7.4.6 Equivalent generator impedance	63
8 System calculations	65
8.1 General	65
8.2 Effects of non-active components connected in series with active components ...	65
8.2.1 General	65
8.2.2 Generators	65
8.2.3 Motors.....	67
8.3 Short-circuit current at the generator busbars.....	67
8.3.1 Running parallel connected generators	67
8.3.2 Directly connected motors	69
8.3.3 Motors and/or generators connected to other busses	69
8.4 Short-circuit currents at secondary busses directly connected to the generator bus	69
8.5 Transformers	71
8.6 Semi-conductor converters used on variable speed drives.....	71
8.7 Calculation procedures	73
8.7.1 General	73
8.7.2 Short-circuit study procedure	73
8.7.3 Definition of the system and problem and preparation of a system study diagram	73
8.7.4 Component characteristic parameter identification	73
8.7.5 System impedance diagram.....	75
8.7.6 Approximate calculation.....	75
8.7.7 Estimate of suitable approximations.....	75
8.7.8 System calculation.....	75
8.7.9 Calculation summary	75
9 Interpretation and application of the results	77
9.1 General	77
9.2 Systems up to 1 kV	77
9.3 Systems above 1 kV	79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES ET DES PLATES-FORMES MOBILES ET FIXES EN MER –

Partie 1: Evaluation des courants de court-circuit en c.a. triphasé

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La présente partie de la Norme internationale CEI 61363 a été établie par le comité d'études 18 de la CEI: Installations électriques des navires et des unités mobiles et fixes en mer.

Cette norme annule et remplace la CEI 60363, parue en 1972.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
18/831/FDIS	18/837/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSTALLATIONS OF SHIPS AND
MOBILE AND FIXED OFFSHORE UNITS –****Part 1: Procedures for calculating short-circuit
currents in three-phase a.c.**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This part of International Standard IEC 61363 has been prepared by IEC technical committee 18: Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units.

This standard cancels and replaces IEC 60363, published in 1972.

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

FDIS	Report on voting
18/831/FDIS	18/837/RVD

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

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES ET DES PLATES-FORMES MOBILES ET FIXES EN MER –

Partie 1: Evaluation des courants de court-circuit en c.a. triphasé

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale indique les procédures de calcul des courants de court-circuit qui peuvent survenir dans les installations électriques (c.a.) marines ou offshore.

Les méthodes de calcul peuvent être appliquées aux systèmes à courant alternatif triphasé en réseau non maillé,

- a) fonctionnant à 50 Hz ou 60 Hz;
- b) présentant l'une quelconque des tensions spécifiées dans le tableau 2 de la CEI 60092-201;
- c) ayant un ou plusieurs niveaux de tension différents;
- d) comportant des générateurs, des moteurs (synchrone et asynchrones), des transformateurs, des réactances bobinées, des câbles et des convertisseurs;
- e) dont le neutre est connecté à la coque du navire à travers une impédance (destinée à limiter le courant de court-circuit s'écoulant vers la coque du navire);
- f) dont le neutre est isolé de la coque du navire.

Seules les conditions de court-circuit des trois phases sont étudiées, c'est-à-dire avec les conducteurs des trois phases connectés ensemble, ou connectés à la coque du navire et pour lesquelles le court-circuit apparaît simultanément sur les trois pôles. Le calcul des courants de court-circuit dus à des conditions asymétriques peut conduire à des composantes apériodiques c.c. plus élevées et n'est pas pris en considération dans la présente norme.

Les formules de calcul et les méthodes donnent une précision suffisante pour déterminer le courant de court-circuit pendant les 100 premières millisecondes d'un défaut. Elles peuvent être utilisées pour le calcul de courant de court-circuit pour des périodes supérieures à 100 ms dans le cas d'un système de bus auquel les générateurs sont directement connectés. Au-delà de cette période, l'action des régulateurs de tension sur le système peut devenir prédominante et les calculs prenant en compte cette action sont considérés comme sortant du domaine de la présente norme.

La présente norme a pour objet de proposer des formules de calcul des courants de court-circuit des composants actifs d'un système électrique et d'indiquer comment ils peuvent être simplifiés pour les besoins de l'étude lors du calcul des courants de court-circuit pouvant se produire en divers endroits du système. Les calculs donnent une estimation des courants de court-circuit attendus, au moment où les composants actifs du système produisent leur contribution maximale.

Les formules de calcul sont établies à partir des théories de base de l'ingénierie électrique applicables aux composants des systèmes. Pour simplifier les méthodes de calcul, tout en maintenant un niveau de précision acceptable, les hypothèses pertinentes sont indiquées, ainsi que leurs effets sur les résultats des calculs.

La présente norme expose une méthodologie de calcul. Elle aide à l'application des formules simplifiées et à l'interprétation des résultats correspondants, au moment du choix d'un appareil de coupure. Elle n'est pas destinée à fournir d'autres informations, en plus du calcul des courants de court-circuit pouvant survenir dans le réseau.

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF SHIPS AND MOBILE AND FIXED OFFSHORE UNITS –

Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.

1 Scope and object

This International Standard outlines procedures for calculating short-circuit currents that may occur on a marine or offshore a.c. electrical installation.

The calculation methods are for use on unmeshed three-phase alternating current systems,

- a) operating at 50 Hz or 60 Hz;
- b) having any system voltage specified in IEC 60092-201 table 2;
- c) having one or more different voltage levels;
- d) comprising generators, motors (both synchronous and asynchronous), transformers, reactor coils, cables, and converter units;
- e) having their neutral point connected to the ship's hull through an impedance (designed to limit the short-circuit current flowing to the ship's hull);
- f) having their neutral point isolated from the ship's hull.

The calculation procedures are for a three-phase symmetrical short-circuit condition i.e. three-phase conductors shorted together, or shorted to the ship's hull and for which the short-circuit occurs on all three poles simultaneously. The calculation of short-circuit currents resulting from asymmetric short-circuit conditions can lead to higher aperiodic (d.c.) components of the short-circuit current and is not considered in this standard.

The calculating formulae and methods described produce sufficiently accurate results to calculate the short-circuit current during the first 100 ms of a fault condition. They can be used to calculate the short-circuit current for periods longer than 100 ms when calculating on a bus system to which the generators are directly connected. For time periods beyond 100 ms the controlling effects of the system voltage regulators may be predominant. Calculations including the voltage regulator effects are not considered in this standard.

The object of this standard is to present formulae for calculating short-circuit currents of the active components of an electrical system and to indicate how such formulae may be simplified when calculating the short-circuit current at various locations on the electrical system. The calculations give estimates of the prospective short-circuit current when the system's active components produce their maximum contribution.

The calculating formulae are developed from basic electrical engineering theories relevant to the system components. To simplify the calculation methods yet retain an acceptable level of accuracy in the results, suitable assumptions are outlined and their effects on the calculation results indicated.

This standard provides a calculation procedure. It gives guidance on the interpretation and application of simplifying formulae and the corresponding results when applied to the selection of switchgear. The standard is not intended to provide any other information other than the calculation of the short-circuit current which may flow in the network.

Pour la compréhension des méthodes et des conséquences des résultats, il est supposé que la personne responsable de l'étude est familiarisée avec les bases utiles de l'ingénierie électrique.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60034-4:1985, *Machines électriques tournantes – Partie 4: Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones*

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050(151):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(411):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 411: Machines tournantes*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60092-201:1994, *Installations électriques à bord des navires – Partie 201: Conception des systèmes – Généralités*

CEI 60092-202:1994, *Installations électriques à bord des navires – Partie 202: Conception des systèmes – Protection*

CEI 60909:1988, *Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

3 Définitions, symboles, indices et exposants

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions et symboles suivants sont applicables

3.1.1

court-circuit

connexion accidentelle ou intentionnelle, par une résistance ou une impédance relativement faible, de deux ou plusieurs points d'un circuit se trouvant normalement à des tensions différentes. [VEI 151-03-41]

3.1.2

courant de court-circuit

surintensité résultant d'un court-circuit ou due à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique. [VEI 441-11-07]

In order to understand the methods, and consequences of the results, it is assumed that the person responsible for initiating the short-circuit current calculations, is thoroughly familiar with valid electrical engineering fundamentals.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60034-4:1985, *Rotating electrical machines – Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests*

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(411):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60092-201:1994, *Electrical installations in ships – Part 201: System design – General*

IEC 60092-202:1994, *Electrical installations in ships – Part 202: System design – Protection*

IEC 60909:1988, *Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems*

3 Definitions, symbols, subscripts and superscripts

3.1 Definitions

For the purpose of this International Standard the following definitions and symbols apply.

3.1.1

short circuit

accidental or intentional connection, by a relatively low resistance or impedance, of two or more points in a circuit which are normally at different voltages. [IEV 151-03-41]

3.1.2

short-circuit current

over-current resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit. [IEV 441-11-07]

3.1.3

courant présumé (pour un dispositif de sectionnement)

courant de court-circuit qui s'écoulerait dans le circuit si chaque pôle du dispositif était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable. [VEI 441-17-01 modifié]

3.1.4

courant de court circuit symétrique

valeur efficace de la composante symétrique alternative d'un courant de court-circuit présumé, la composante apériodique éventuelle du courant étant négligée. (3.4 de la CEI 60909)

3.1.5

courant de court-circuit symétrique initial I''_k

valeur efficace de la composante symétrique CA d'un courant de court-circuit présumé (disponible), applicable au moment du court-circuit si l'impédance conserve sa valeur au temps zéro (3.5 de la CEI 60909. Voir également la figure 2).

3.1.6

courant de court-circuit subtransitoire I''_{kd} en axe direct

valeur efficace du courant de court-circuit parcourant un circuit avec machine(s) tournante(s) d'impédance (réactance) égale à l'impédance (réactance) subtransitoire du circuit.

3.1.7

courant de court-circuit transitoire I'_k en axe direct

valeur efficace du courant de court-circuit parcourant un circuit avec machine(s) tournante(s) d'impédance (réactance), égale à l'impédance (réactance) transitoire du circuit.

3.1.8

courant de court-circuit permanent I_{kd} en axe direct

valeur efficace du courant de court-circuit symétrique parcourant un circuit avec générateur(s) et qui demeure après l'extinction du phénomène transitoire.

3.1.9

composante apériodique (c.c.) du courant de court-circuit i_{dc}

composante du courant apparaissant dans un circuit immédiatement après un court-circuit brusque, les composantes du fondamental et aux fréquences plus élevées étant exclues

NOTE – C'est la valeur moyenne entre enveloppes supérieure et inférieure du courant de court-circuit décroissant de la valeur initiale A jusqu'à zéro (voir figure 2).

3.1.10

courant de court-circuit crête i_p

valeur instantanée maximale possible du courant de court-circuit présumé (disponible) (voir figure 2 et voir 3.8 de la CEI 60909).

NOTE – En courts-circuits triphasés, il est supposé que le court-circuit intervient simultanément sur tous les conducteurs de phase.

3.1.11

constante de temps subtransitoire longitudinale en court-circuit T''_d

temps nécessaire pour que la composante à amortissement rapide du courant longitudinal dans l'induit en court-circuit, présente dans les toutes premières périodes qui suivent une variation brusque des conditions de fonctionnement, décroisse jusqu'à $1/e$, c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, la machine tournant à sa vitesse nominale. [VEI 411-48-30, modifiée]

3.1.12

constante de temps subtransitoire longitudinale à circuit ouvert T''_{do}

temps nécessaire pour que la composante à amortissement rapide de la tension de l'induit à circuit ouvert, due au flux longitudinal, présente dans les toutes premières périodes qui suivent une variation brusque des conditions de fonctionnement, décroisse jusqu'à $1/e$, c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, la machine tournant à sa vitesse nominale. [VEI 411-48-29, modifiée]

3.1.3**prospective current** (with respect to a switching device)

short-circuit current that would flow in the circuit if each pole of the device were replaced by a conductor of negligible impedance. [IEV 441-17-01, modified]

3.1.4**symmetrical short-circuit current**

r.m.s. value of the a.c. symmetrical component of a prospective (available) short-circuit current, the aperiodic component of current, if any, being neglected. (IEC 60909, subclause 3.4)

3.1.5**initial symmetrical short-circuit current I''_k**

r.m.s. value of the a.c. symmetrical component of a prospective (available) short-circuit current applicable at the instant of short circuit if the impedance remains at zero-time value. (3.5 of IEC 60909, see also figure 2).

3.1.6**subtransient short-circuit current I''_{kd} in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit current flowing through a circuit with rotating machine(s) having an impedance (reactance) equal to the subtransient impedance (reactance) of the circuit.

3.1.7**transient short-circuit current I'_k in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit current flowing through a circuit with rotating machine(s) having an impedance (reactance) equal to the transient impedance (reactance) of the circuit.

3.1.8**steady-state short-circuit current I_{kd} in the direct axis**

r.m.s. value of the short-circuit symmetrical current flowing through a circuit with generator(s) which remains after the decay of the transient phenomena.

3.1.9**aperiodic (d.c.) component of the short-circuit current i_{dc}**

component of current in a circuit immediately after it has been suddenly short-circuited, all components of fundamental and higher frequencies being excluded.

NOTE – It is the mean value between the top and bottom envelope of a short-circuit current decaying from an initial value A to zero according to figure 2.

3.1.10**peak short-circuit current i_p**

maximum possible instantaneous value of the prospective (available) short-circuit current (see figure 2 and 3.8 of IEC 60909).

NOTE – For three-phase short circuits it is assumed that the short circuit occurs simultaneously in all phase conductors.

3.1.11**direct-axis subtransient short-circuit time constant T''_d**

time required for the rapidly changing component, present during the first few cycles in the direct-axis short-circuit current following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$, i.e. 0,368 of its initial value, the machine (or equivalent machine) running at rated speed. [IEV 411-48-30, modified]

3.1.12**direct-axis subtransient open-circuit time constant T''_{do}**

time required for the rapidly changing component present during the first few cycles of the open-circuit primary winding voltage which is due to direct-axis flux following a sudden change in operation, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEV 411-48-29, modified]

3.1.13

constante de temps transitoire longitudinale en court-circuit T'_d

temps nécessaire pour que la composante à amortissement lent du courant longitudinal dans l'induit en court-circuit, à la suite d'une variation brusque des conditions de fonctionnement, décroisse jusqu'à $1/e$, c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, la machine tournant à sa vitesse nominale. [VEI 411-48-28, modifiée]

3.1.14

constante de temps transitoire longitudinale à circuit ouvert T'_{d0}

temps nécessaire pour que la composante à amortissement lent de la tension de l'induit à circuit ouvert, due au flux longitudinal, à la suite d'une variation brusque des conditions de fonctionnement, décroisse jusqu'à $1/e$, c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, la machine tournant à sa vitesse nominale. [VEI 411-48-27, modifiée]

3.1.15

constante de temps continue T_{dc}

temps nécessaire pour que la composante continue présente dans le courant de court-circuit qui suit une variation brusque des conditions de fonctionnement décroisse jusqu'à $1/e$, c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, la machine tournant à vitesse nominale (voir article 20 de la CEI 60034-4).

3.1.16

réactance subtransitoire longitudinale X''_d (valeur saturée)

quotient de la valeur initiale d'une variation brusque du terme fondamental de la composante de la tension d'induit, produite par le flux longitudinal total, par la valeur de la variation simultanée du terme fondamental de la composante du courant d'induit longitudinal, la machine tournant à sa vitesse nominale [VEI 411-50-11, modifiée]

3.1.17

réactance transitoire longitudinale X'_d (valeur saturée)

quotient de la valeur initiale d'une variation brusque du terme fondamental de la composante de la tension d'induit, produite par le flux longitudinal total, par la valeur de la variation simultanée du terme fondamental de la composante du courant d'induit longitudinal, la machine tournant à sa vitesse nominale et les composantes à amortissement rapide pendant les premières périodes étant négligées [VEI 411-50-09, modifiée]

3.1.18

réactance synchrone en axe direct X_d

quotient de la valeur permanente de la composante fondamentale c.a. de la tension primaire produite par le flux primaire total en axe direct, par le courant primaire en axe direct après décroissance du phénomène transitoire.

3.1.19

résistance statorique d'un générateur R_a

résistance du stator d'une machine synchrone mesurée en courant continu

3.1.20

impédance de court-circuit Z

quotient de la tension sinusoïdale par phase d'un système équilibré c.a. par la composante à la même fréquence du courant de court-circuit de ce système

3.1.21

sources de tension

élément actif qui peut être représenté par une source idéale de tension indépendante de tout courant ou tension du circuit, associée à un élément passif en série. [VEI 131-01-37]

3.1.13**direct-axis transient short-circuit time constant T'_d**

time required for the slowly changing component of the direct-axis short-circuit primary current following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEC 411-48-28, modified]

3.1.14**direct-axis transient open-circuit time constant T'_{do}**

time required for a slowly changing component of the open-circuit primary voltage, which is due to the direct-axis flux, following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed. [IEV 411-48-27, modified]

3.1.15**DC time constant T_{dc}**

time required for the d.c. component present in the short-circuit current, following a sudden change in operating conditions, to decrease to $1/e$ i.e. 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed (see clause 20 of IEC 60034-4).

3.1.16**direct-axis subtransient reactance X''_d (saturated value)**

quotient of the initial value of a sudden change in that fundamental a.c. component of primary voltage, which is produced by the total direct-axis primary flux, and the value of the simultaneous change in fundamental a.c. component of direct-axis primary current, the machine running at rated speed. [IEV 411-50-11, modified].

3.1.17**direct-axis transient reactance X'_d (saturated value)**

quotient of the initial value of a sudden change in that fundamental a.c. component of primary voltage which is produced by the total direct-axis primary flux, and the value of the simultaneous change in fundamental a.c. component of direct-axis primary current, the machine running at rated speed and the high decrement components during the first cycles being excluded. [IEV 411-50-09, modified]

3.1.18**direct-axis synchronous reactance X_d**

quotient of the steady-state value of that fundamental a.c. component of primary voltage which is produced by the total direct-axis primary flux, and direct-axis primary current after the decay of the transient phenomena.

3.1.19**stator resistance of a generator R_a**

resistance of the stator of a synchronous machine, measured at d.c. current.

3.1.20**short-circuit impedance Z**

quotient of the sinusoidal voltage per phase on a balanced a.c. system and the same frequency component of the short-circuit current in that system.

3.1.21**voltage source**

active element which can be represented by an ideal voltage source independent of all currents and voltages in the circuit, in series with a passive circuit element. [IEV 131-01-37]

3.1.22

tension nominale du système U_n

tension (entre phases) par laquelle un système est désigné et à laquelle se réfèrent certaines caractéristiques de fonctionnement (voir la CEI 60038).

3.1.23

tension subtransitoire d'une machine tournante E''

valeur efficace de la tension interne symétrique d'une machine qui est active à travers l'impédance subtransitoire Z'' au moment du court-circuit.

3.1.24

tension transitoire d'une machine tournante E'

valeur efficace de la tension interne symétrique d'une machine qui est active à travers l'indépendance transitoire Z' pendant le court-circuit.

3.1.25

valeur nominale (n)

valeur approchée appropriée d'une grandeur, utilisée pour dénommer ou identifier un composant, un dispositif ou un matériel. [VEI 151-04-01]

3.1.26

valeur assignée (r)

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour le fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel. [VEI 151-04-03]

3.1.27

générateur équivalent (moteur équivalent)

générateur (moteur) fictif dont les caractéristiques produiraient, en tout point d'une installation électrique, le même courant de court-circuit que celui que produit un ensemble de générateurs (moteurs) connectés au système et présentant différentes caractéristiques et caractéristiques assignées. (Voir article 7).

3.2 Symboles

Les équations sont écrites sans unités spécifiées. Les symboles représentent des quantités possédant à la fois des valeurs numériques et des dimensions indépendantes des unités, pourvu qu'un système d'unités cohérent soit retenu, c'est-à-dire le système international d'unités (SI).

Pour les impédances, réactances, résistances, chutes de tension, une lettre majuscule indique une valeur absolue, une minuscule une valeur relative (par unité ou en pourcentage).

Pour les valeurs évoluant dans le temps (courant, tension), une majuscule indique la valeur efficace, une minuscule la valeur instantanée.

ϕ	angle de déphasage
E''_q E'_q	tensions subtransitoire et transitoire en axe quadrature d'un générateur (valeur efficace)
E''_M	tension subtransitoire d'un moteur (valeur efficace)
f	fréquence
f_e	fréquence la plus basse d'un générateur de ligne d'arbres
f_r	fréquence assignée d'un réseau
I''_* I'_*	courants de courts-circuits subtransitoire et transitoire d'un générateur équivalent (valeur efficace)
I_*	courant du générateur équivalent (valeur efficace)

3.1.22**nominal system voltage U_n**

voltage (line-to-line) by which a system is designated and to which certain operating characteristics are referred (see IEC 60038).

3.1.23**subtransient voltage of a rotating machine E''**

r.m.s. value of the symmetrical internal voltage of a machine which is active behind the subtransient impedance Z'' at the moment of short circuit.

3.1.24**transient voltage of a rotating machine E'**

r.m.s. value of the symmetrical internal voltage of a machine which is active behind the transient impedance Z' at the moment of short circuit.

3.1.25**nominal value (n)**

suitable approximate quantity value used to designate or identify a component, device or equipment. [IEV 151-04-01]

3.1.26**rated value (r)**

quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment. [IEV 151-04-03]

3.1.27**equivalent generator (motor)**

fictitious generator (motor) having characteristics which will produce the same short-circuit current at any point on an electrical installation, as would be produced by a combination of generators (motors) having different ratings and different characteristics, which are connected to the system (see clause 7).

3.2 Symbols

All equations are written without units specified. The symbols represent quantities possessing both numerical values and dimensions that are independent of units provided a coherent unit system is chosen, i.e. "système international d'unités (SI)".

In case of impedance, reactance, resistance and voltage drops, capital letters denote absolute values and lower-case letters denote relative values (per unit or per cent).

For time-dependent values (current, voltage), capital letters denote r.m.s. values and lower, case letters denote momentary (instantaneous) values.

ϕ	phase angle
$E''_q E'_q$	subtransient and transient q-axis voltage of a generator (r.m.s.)
E''_M	subtransient voltage of a motor (r.m.s.)
f	frequency
f_e	lowest frequency of a shaft generator
f_r	rated frequency of a network
$I''_* I'_*$	subtransient and transient short-circuit current of the equivalent generator (r.m.s.)
I_*	current of an equivalent generator (r.m.s.)

$I''_M I''_{M*}$	courant de court-circuit subtransitoire d'un moteur asynchrone et d'un moteur équivalent (valeur efficace)
$I''_{kd} I'_{kd}$	courants de courts-circuits initiaux subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone (valeur efficace)
I	courant (valeur efficace)
I_{ac}	composante alternative du courant de court-circuit d'une machine synchrone (valeur efficace)
I_{acM}	courant symétrique de court-circuit d'un moteur asynchrone (valeur efficace)
I_{LR}	courant rotorique de moteur calé asynchrone
i_{dc}	composante continue du courant de court-circuit d'une machine synchrone (valeur instantanée)
i_{dcM}	composante continue du courant de court-circuit d'un moteur asynchrone et d'un moteur équivalent (valeur instantanée)
i_k	enveloppe supérieure du courant de court-circuit
I_*	courant de court-circuit permanent d'un générateur équivalent (valeur efficace)
I_{kd}	courant de court-circuit permanent d'une machine synchrone (valeur efficace)
i_M	enveloppe supérieure du courant de court-circuit d'un moteur asynchrone
$i_p i_{pM}$	valeur crête des courants de court-circuit d'une machine synchrone et d'un moteur asynchrone
I_r	courant assigné (valeur efficace)
L''_{SC}	inductance subtransitoire d'un condensateur synchrone d'un système à générateur de ligne d'arbres (machine synchrone)
L''_{SG}	inductance subtransitoire d'un système de générateur de ligne d'arbres synchrone à convertisseur
L_C	inductance de câble
L_{com}	inductance des bobines de commutation d'un système de générateur de ligne d'arbres synchrone à convertisseur
L_{dc}	inductance du circuit c.c. d'un système de générateur de ligne d'arbres synchrone à convertisseur
P_{Cu}	pertes cuivre d'un transformateur à fréquence assignée
R	résistance
R_*	résistance d'une machine synchrone équivalente
R_a	résistance statorique d'une machine synchrone
R_C	résistance de câble
R_{dc}	résistance c.c.
R_M	résistance d'un moteur asynchrone
R_R	résistance rotorique d'un moteur asynchrone
R_{R*}	résistance rotorique d'un moteur asynchrone équivalent
R_S	résistance statorique d'un moteur asynchrone
R_{S*}	résistance statorique d'un moteur asynchrone équivalent
R_T	résistance d'un transformateur
S_{rT}	puissance assignée d'un transformateur
t	temps écoulé depuis le début du court-circuit
t_r	rapport de la tension haute assignée à la tension basse assignée d'un transformateur
t_x	durée de temps déterminée après le début d'un court-circuit

$I''_M I''_{M*}$	subtransient short-circuit current of an asynchronous motor and an equivalent motor (r.m.s.)
$I''_{kd} I'_{kd}$	subtransient and transient initial short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
I	current (r.m.s.)
I_{ac}	a.c. component of the short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
I_{acM}	symmetrical short-circuit current of an asynchronous motor (r.m.s.)
I_{LR}	asynchronous motor locked rotor current
i_{dc}	d.c. component of the short-circuit current of a synchronous machine (instantaneous)
i_{dcM}	d.c. component of the short-circuit current of an asynchronous motor and an equivalent motor (instantaneous)
i_k	upper envelope of the short-circuit current
I_*	steady-state short-circuit current of an equivalent generator (r.m.s.)
I_{kd}	steady-state short-circuit current of a synchronous machine (r.m.s.)
i_M	upper envelope of the short-circuit current of an asynchronous motor
$i_p i_{pM}$	peak value of the short-circuit current of a synchronous machine and an asynchronous motor
I_r	rated current (r.m.s.)
L''_{SC}	subtransient inductance of a synchronous condenser of a shaft generator system (synchronous machine)
L''_{SG}	subtransient inductance of a synchronous shaft generator system with converter
L_C	cable inductance
L_{com}	inductance of the commutation coils of a synchronous shaft generator system with converter
L_{dc}	inductance of the d.c. circuit of a synchronous shaft generator system with converter
P_{Cu}	copper losses of a transformer at rated frequency
R	resistance
R_*	resistance of an equivalent generator
R_a	stator resistance of a synchronous machine
R_C	cable resistance
R_{dc}	d.c. resistance
R_M	resistance of an asynchronous motor
R_R	rotor resistance of an asynchronous motor
R_{R*}	rotor resistance of an equivalent asynchronous motor
R_S	stator resistance of an asynchronous motor
R_{S*}	stator resistance of an equivalent asynchronous motor
R_T	resistance of a transformer
S_{rT}	rated power of a transformer
t	time duration from the beginning of a short circuit
t_r	the quotient of the rated high voltage and the rated low voltage of a transformer
t_x	defined time duration from the beginning of a short circuit

$T''_d \ T'_d$	constantes de temps subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone
$T''_{d*} \ T'_{d*}$	constantes de temps subtransitoire et transitoire d'un générateur équivalent
$T''_{do} \ T'_{do}$	constantes de temps en circuit ouvert d'une machine synchrone
$T''_e \ T'_e$	constantes de temps subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone comportant des composants non actifs
$T''_M \ T'_M$	constantes de temps subtransitoire d'un moteur asynchrone et d'un moteur asynchrone équivalent
T''_{Me}	constante de temps subtransitoire d'un moteur asynchrone équivalent avec ses câbles de raccordement
$T_{dc} \ T_{dc*}$	constantes de temps c.c. d'une machine synchrone et d'une machine synchrone équivalente
T_{dce}	constante de temps c.c. d'une machine synchrone comprenant des composants non actifs
$T_{dcM} \ T_{dcM*}$	constantes de temps c.c. d'un moteur asynchrone et d'un moteur asynchrone équivalent
T_{dcMe}	constante de temps c.c. d'un moteur asynchrone avec ses câbles de raccordement
U_0	tension avant défaut (entre phases)
U_n	tension nominale (entre phases)
U_r	tension assignée (entre phases)
u_{rk}	tension de court-circuit assignée d'un transformateur
u_{rL}	tension de court-circuit assignée d'une bobine de réaction
U_{rM}	tension assignée d'un moteur
u_{rR}	tension résistive assignée d'un transformateur
ω_r	$2\pi f_r$
X''_*	réactance subtransitoire d'un générateur équivalent
X	réactance
$X''_d \ X'_d$	réactances subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone en axe direct
X''_M	réactance subtransitoire d'un moteur asynchrone
X''_{M*}	réactance subtransitoire d'un moteur asynchrone équivalent
X''_{Me}	réactance subtransitoire d'un moteur asynchrone avec ses câbles de raccordement
X_d	réactance d'une machine synchrone en axe direct
$X_R \ X_S$	réactances rotorique et statorique d'un moteur asynchrone
X_L	réactance d'une bobine
X_T	réactance d'un transformateur
$Z \ Z_*$	impédance et impédance équivalente
Z''_*	impédance subtransitoire d'un générateur équivalent
$Z''_d \ Z'_d$	impédances subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone
$Z''_e \ Z'_e$	impédances subtransitoire et transitoire d'une machine synchrone comportant des composants non actifs
Z''_M	impédance subtransitoire d'un moteur asynchrone
Z''_{M*}	impédance subtransitoire d'un moteur asynchrone équivalent
Z_T	impédance d'un transformateur

$T''_d \ T'_d$	subtransient and transient time constant of a synchronous machine
$T''_{d*} \ T'_{d*}$	subtransient and transient time constant of an equivalent generator
$T''_{do} \ T'_{do}$	subtransient and transient open-circuit time constant of a synchronous machine
$T''_e \ T'_e$	subtransient and transient time constant of a synchronous machine including the non-active components
$T''_M \ T'_{M*}$	subtransient time constant of an asynchronous motor and an equivalent asynchronous motor
T''_{Me}	subtransient time constant of an equivalent asynchronous motor including the connecting cables
$T_{dc} \ T_{dc*}$	d.c. time constant of a synchronous machine and an equivalent generator
T_{dce}	d.c. time constant of a synchronous machine including the non-active components
$T_{dcM} \ T_{dcM*}$	d.c. time constant of an asynchronous motor and an equivalent asynchronous motor
T_{dcMe}	d.c. time constant of an asynchronous motor including the connecting cables
U_0	prefault voltage (line-to-line)
U_n	nominal voltage (line-to-line)
U_r	rated voltage (line-to-line)
u_{rk}	rated short-circuit voltage of a transformer
u_{rL}	rated short-circuit voltage of a reactor coil
U_{rM}	rated voltage of a motor
u_{rR}	rated ohmic voltage of a transformer
ω_r	$2\pi f_r$
X''_*	subtransient reactance of an equivalent generator
X	reactance
$X''_d \ X'_d$	subtransient and transient reactance of a synchronous machine in the d-axis
X''_M	subtransient reactance of an asynchronous motor
X''_{M*}	subtransient reactance of an equivalent asynchronous motor
X''_{Me}	subtransient reactance of an asynchronous motor including the connecting cables
X_d	reactance of a synchronous machine in the d-axis
$X_R \ X_S$	rotor and stator reactance of an asynchronous motor
X_L	reactance of a coil
X_T	reactance of a transformer
$Z \ Z_*$	impedance and equivalent impedance
Z''_*	subtransient impedance of an equivalent generator
$Z''_d \ Z'_d$	subtransient and transient impedance of a synchronous machine
$Z''_e \ Z'_e$	subtransient and transient impedance of a synchronous machine including the non-active components
Z''_M	subtransient impedance of an asynchronous motor
Z''_{M*}	subtransient impedance of an equivalent asynchronous motor
Z_T	impedance of a transformer

3.3 Indices

*	générateur ou moteur asynchrone équivalent
0	conditions avant défaut
ac	courant alternatif
C	câble
com	bobine de communication d'un générateur de ligne d'arbres
d	axe direct
dc	courant continu
e	valeur comprenant des composants non actifs (externes)
$\underline{E}, \underline{I}, \underline{U}$	valeurs complexes de E, I, U
G	générateur synchrone
HV	côté haute tension d'un transformateur
i	nombre de générateurs
j	nombre de moteurs
k	court-circuit
L	inductance
LV	côté basse tension d'un transformateur
M	moteur ou groupe de moteurs asynchrones
n	valeur nominale
q	axe en quadrature
R	rotor d'un moteur asynchrone
r	valeur assignée
S	stator d'un moteur asynchrone
SC	machine condensateur synchrone d'un générateur de ligne d'arbres
SG	générateur de ligne d'arbres
To	total
T	transformateur
$\underline{Z}$	valeur complexe d'une impédance

3.4 Exposants

"	valeur subtransitoire
'	valeur transitoire

4 Information introductive

4.1 Généralités

Le projet, la conception et la conduite d'une installation électrique marine ou offshore peut nécessiter plusieurs études visant à évaluer la performance, la fiabilité, la sûreté et le fonctionnement du système en conditions normales et en cas de court-circuit. De telles études peuvent intéresser le débit en charge, la stabilité, le démarrage des moteurs, les conditions transitoires, la mise à la masse ou les harmoniques. L'ingénieur concepteur doit décider des études requises par le niveau de complexité d'un système particulier. L'étude des courants de court-circuit est considérée comme indispensable pour les systèmes d'installations marines ou offshore, quelle que soit leur étendue ou leur complexité.

3.3 Subscripts

*	equivalent generator or asynchronous motor
0	prefault conditions
ac	alternating current
C	cable
com	commutation coil of a shaft generator
d	direct axis
dc	direct current
e	value including non-active components (external)
$\underline{E}$, $\underline{I}$, $\underline{U}$	phasors of E, I, U
G	synchronous generator
HV	high-voltage side of a transformer
i	number of generators
j	number of motors
k	short circuit
L	inductance
LV	low-voltage side of a transformer
M	asynchronous motor or group of motors
n	nominal value
q	quadrature-axis
R	rotor of an asynchronous motor
r	rated value
S	stator of an asynchronous motor
SC	shaft generator synchronous condenser machine
SG	shaft generator
To	total
T	transformer
$\underline{Z}$	complex impedance

3.4 Superscripts

"	subtransient value
'	transient value

4 Introductory information

4.1 General

The planning, design and operation of a marine or offshore electrical installation may require several studies to assist in the evaluation of system performance, reliability, safety and operation under both normal and short-circuit conditions. Such studies may be for load flow, stability, motor starting, transient conditions, earthing or harmonics. The system design engineer decides which studies are required for any particular installation. Short-circuit current studies are considered to be the most likely required for marine and offshore systems, regardless of their size and complication.

Dans un système réel, l'action des régulateurs automatiques et les non-linéarités des machines couplées en parallèle influent sur les courants résultants. Le calcul précis des courants résultant de ces effets se situe au-delà du domaine de la présente norme et devrait faire appel aux techniques informatiques de simulation.

Il convient que les systèmes électriques des structures marines et offshore soient conçus de sorte que toutes les précautions possibles soient prises pour empêcher les courts-circuits. Le principal objectif est d'assurer que le système et ses composants sont capables de résister aux effets des courts-circuits et ainsi limitent les dommages entraînés à leur minimum. La protection des systèmes contre les courants de court-circuit est normalement réalisée par des fusibles et des disjoncteurs. Le principal objet de ces calculs est de fournir les informations suffisantes pour permettre le choix de ces appareils en s'assurant qu'ils pourront procurer la protection nécessaire. En outre, les calculs peuvent aider à sélectionner des équipements capables de limiter les courants de court-circuit aux possibilités des appareils de protection.

Lorsque l'on calcule des courants de court-circuit, il importe de distinguer ceux générés par un seul équipement de ceux résultant de la connexion de plusieurs équipements en un système. Lorsque l'on considère une machine isolée, seuls les paramètres électriques de cette machine affectent le courant généré par le court-circuit. Alors que dans un système, ce courant est limité par l'impédance des composants non actifs, tels que câbles, transformateurs, etc., constituants du système, modifiant à la fois les valeurs transitoires et permanentes du courant de court-circuit résultant.

La plupart des systèmes électriques des installations marines ou offshore fonctionnent avec le neutre isolé de la coque, ou bien relié à la coque à travers une impédance. Dans de tels systèmes, le courant de court-circuit le plus important est celui du court-circuit des trois phases. Si le neutre est relié directement à la coque, alors le court-circuit entre les phases et la masse, ou entre une phase et la masse, peut produire un courant plus fort.

4.2 Précision des calculs

L'article 5 présente des équations pour le calcul des courants de court-circuit des divers composants actifs d'un système.

Lors de l'analyse des résultats des calculs, il faut avoir conscience de la précision résultant de la détermination des paramètres caractéristiques des composants actifs qui déterminent l'amplitude du courant de court-circuit. Les tolérances acceptées pour les impédances subtransitoire et transitoire peuvent modifier le courant de court-circuit calculé dans une mesure qui dépasse les tolérances acceptées pour les constantes de temps. Les équations des composants actifs avancées dans la présente norme sont considérées décrire les conditions de court-circuit triphasé avec une précision suffisante pour des applications pratiques.

Lorsque le calcul s'applique à un système, la précision du résultat dépend non seulement de la précision propre aux paramètres caractéristiques des composants, mais aussi de la méthode de calcul utilisée, de la formule de calcul et de l'importance relative d'un composant particulier dans le système, eu égard à sa propension à favoriser ou à atténuer le courant de court-circuit. Des hypothèses peuvent être faites pour simplifier les procédures de calcul, (voir article 6) mais elles auront pour résultat de diminuer la précision. Des simplifications judicieuses produiront des résultats conservatoires, conduisant à des valeurs du courant de court-circuit supérieures à ce qui se produirait réellement dans le système physique.

4.3 Hypothèses de base

Il convient que le calcul complet d'un courant de court-circuit fournisse la valeur du courant à chaque moment, depuis son début jusqu'à sa fin. Il devrait prendre en considération les conditions avant charge, les caractéristiques propres des composants actifs, les effets d'amortissement des composants non actifs et la tension instantanée en divers points du système au départ du court-circuit.

In a practical system, the controlling effects of the automatic regulators and non-linearity of the parallel connected machines will affect the resulting currents. To calculate precisely the currents resulting from these effects is beyond the scope of this standard, and should be done using computer simulation techniques.

A marine and offshore structure electrical system should be designed to ensure that all possible precautions have been taken to prevent short-circuit currents occurring. The principal objective of calculating the short-circuit current is to ensure that the system and its components are capable of withstanding the effects of the short-circuit conditions, and thereby limit any resulting damage to a minimum. System short-circuit current protection is normally provided by fuses and circuit-breakers. The principle intent of these calculations is to provide sufficient information to enable such devices to be selected with confidence that they are capable of providing the necessary protection. In addition, the calculations may be used to help select devices capable of limiting the short-circuit current to within the capabilities of the protective devices.

When calculating short-circuit currents, it is important to understand the difference between the short-circuit current generated by an individual piece of equipment, and the short-circuit current which results when several pieces of equipment are connected in a system. When an isolated machine is being considered, only the electrical parameters of the machine affect the short-circuit current generated. In a system, however, this current is limited by the impedance of the non-active components, for example, cables, transformers, etc., forming the system, changing both the transient and steady-state values of the resulting short-circuit current.

The majority of marine/offshore electrical systems are operated with the neutral point insulated from the hull or connected to it through an impedance. In such systems, the highest value of short-circuit current is the three-phase short circuit. If the neutral point is directly connected to the hull, then the line-to-line to ship's hull, or line-to-ship's hull short circuit may produce a higher current.

4.2 Calculation accuracy

Clause 5 outlines equations for calculating the short-circuit current of various system active components.

When analyzing the calculation results, cognizance should be given to the inherent accuracy involved in determining the characteristic parameters of the active components which determine the magnitude of the short-circuit current. The tolerances accepted for the subtransient and transient impedance may change the calculated short-circuit current to a greater extent than the tolerances accepted for the time constants. The active component equations developed in this standard are considered to describe the three-phase short-circuit conditions within sufficient accuracy for practical applications.

When applied to system calculations, the accuracy of the final result depends not only on the inherent accuracy of the component characteristic parameters but also on the method of calculation used, the calculating formulae and the relative importance of a particular component in the system with regard to its ability to produce or attenuate short-circuit current. Assumptions can be made in order to simplify the calculating procedures (see clause 6), but simplifications will result in a loss of accuracy. Good simplifications will produce conservative results leading to higher values of short-circuit current than would actually flow in the physical system.

4.3 Basic assumptions

A complete short-circuit current calculation should give the value of the current at each point in time, from its initiation until its finish. The calculation should give cognizance to the preload conditions, the inherent characteristics of the active components, the damping effects of the non-active components, and the instantaneous voltage at the different points of the system at the start of the short circuit.

Un tel calcul n'est pas considéré comme indispensable dans la plupart des applications pratiques de l'industrie et, par conséquent, se situe hors du domaine de la présente norme.

Les formules décrites ici calculent l'enveloppe supérieure des valeurs maximales des courants de court-circuit variables dans le temps (voir figure 2). L'enveloppe est calculée en utilisant les paramètres caractéristiques des machines, disponibles auprès des fabricants d'équipement qui pratiquent des méthodes d'essai reconnues et qui adoptent les hypothèses suivantes:

- a) les capacités du système sont négligées;
- b) au début du court-circuit, la valeur instantanée de la tension dans une phase à l'endroit du défaut est nulle;
- c) pendant la durée du court-circuit, il n'y a pas de modification du trajet du courant de court-circuit;
- d) l'impédance des arcs de court-circuit est négligée;
- e) les transformateurs sont disposés sur l'alimentation principale;
- f) le court-circuit intervient simultanément sur les trois phases;
- g) des générateurs en parallèle se partagent proportionnellement leurs charges active et réactive au début et pendant la durée du court-circuit;
- h) pendant chaque intervalle élémentaire de temps, les composants réagissent de façon linéaire.

Avec les hypothèses ci-avant, les résultats de calcul sont considérés comme satisfaisants pour les objectifs retenus dans la présente norme.

L'enveloppe du courant de court-circuit représente en principe les premières quelques millisecondes du début de défaut (période subtransitoire), suivies par les millisecondes de la période transitoire et les secondes de la période de l'état constant par défaut. Le courant de court-circuit produit par un générateur synchrone est fortement affecté par son régulateur de tension. Calculer les effets exacts du régulateur requiert une information précise sur sa conception et les équations qui en résultent ne peuvent pas facilement être évaluées. Néanmoins, la valeur constante du courant de court-circuit permanent produit en tenant compte du régulateur peut généralement être obtenue du fabricant du générateur.

Pour les conditions de défaut en triphasé il est suffisant de prendre en considération les composantes en séquence positive des éléments du système équivalent.

4.4 Méthodes de calcul

Les formules de l'article 5 sont considérées comme les plus appropriées au calcul des courants de court-circuit. Lorsque les informations ne sont pas toutes disponibles, ces formules ne peuvent être utilisées sans simplification. Toute simplification implique une approximation ou néglige certains paramètres, entraînant ainsi des imprécisions dans les résultats des calculs. L'article 6 décrit diverses simplifications et les imprécisions qui en résultent. L'article 8 montre l'application des formules au calcul de systèmes.

Deux approches de principe peuvent être adoptées pour le calcul des systèmes: temporelle ou intemporelle. Dans certains cas, la nature évolutive dans le temps du courant de court-circuit peut être négligée. Cependant, lorsqu'une analyse précise est exigée, par exemple pour déterminer le calibre de disjoncteurs du type non limiteur (tel que dans les systèmes basse-tension) ou lorsque la composante c.c. est importante (cas des systèmes moyenne-tension), un calcul temporel est nécessaire.

Dans les deux méthodes, le système est divisé en composants actifs et non actifs. Les composants actifs sont les sources de courants de court-circuit, les non actifs les transforment ou les conduisent depuis leur source jusqu'à l'emplacement du défaut. Chaque composant est représenté par un modèle mathématique formulé à partir de ses paramètres caractéristiques.