

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

TR 60909-4

Première édition
First edition
2000-07

**Courants de court-circuit dans les réseaux
triphasés à courant alternatif –**

**Partie 4:
Exemples pour le calcul des courants
de court-circuit**

**Short-circuit currents in three-phase
a.c. systems –**

**Part 4:
Examples for the calculation of
short-circuit currents**



Numéro de référence
Reference number
IEC/TR 60909-4:2000

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 des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

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*.

* 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 subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

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*.

* See web site address on title page.

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 60909-4

Première édition
First edition
2000-07

**Courants de court-circuit dans les réseaux
triphasés à courant alternatif –**

**Partie 4:
Exemples pour le calcul des courants
de court-circuit**

**Short-circuit currents in three-phase
a.c. systems –**

**Part 4:
Examples for the calculation of
short-circuit currents**

© IEC 2000 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 photo-copie 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 XB

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

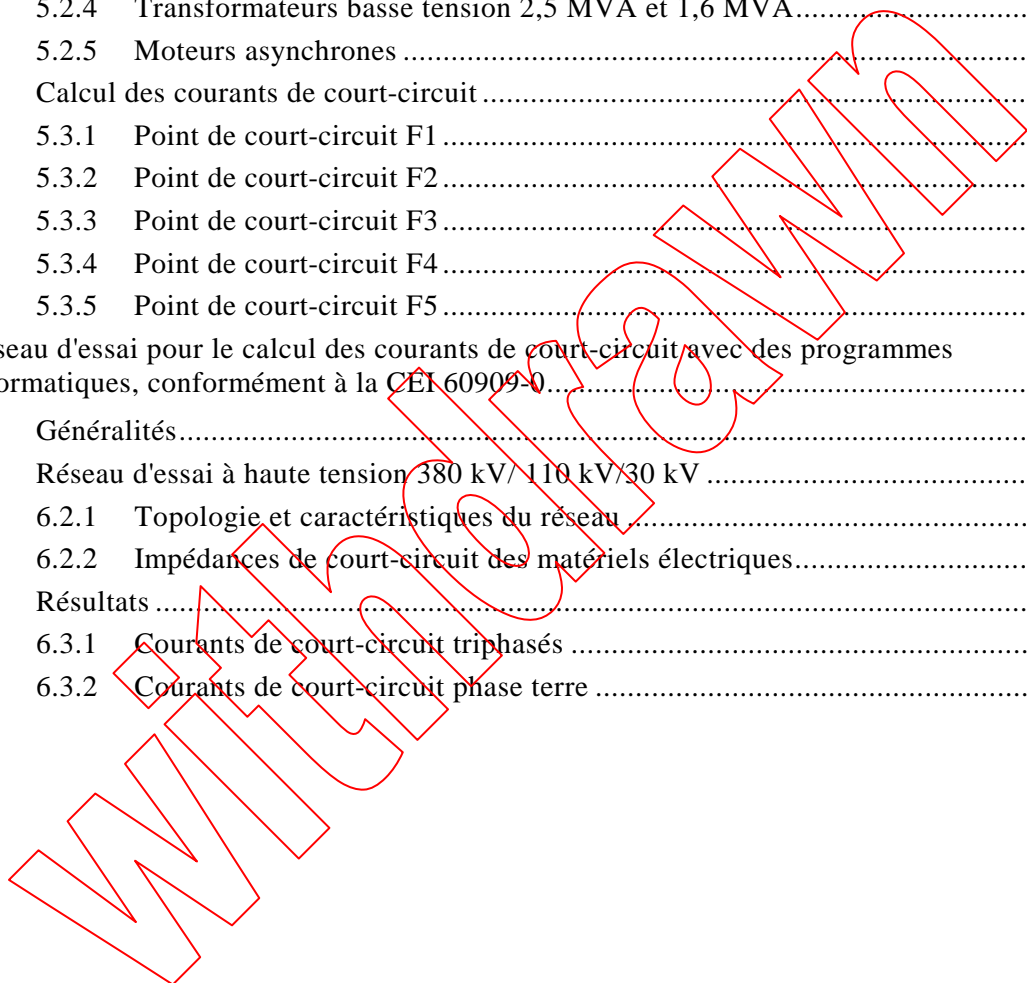
SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	6
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application et objet.....	10
1.2 Documents de référence.....	10
1.3 Définitions, symboles et indices, et équations.....	12
2 Impédances directe, inverse et homopolaire des matériels électriques.....	12
2.1 Lignes aériennes, câbles et réactances de limitation du courant de court-circuit.....	12
2.2 Transformateurs.....	14
2.3 Alternateurs et groupes de production.....	26
3 Calcul des courants de court-circuit dans un réseau basse tension $U_n = 400\text{ V}$	36
3.1 Problème.....	36
3.2 Détermination des impédances directes.....	36
3.2.1 Réseau d'alimentation.....	36
3.2.2 Transformateurs.....	40
3.2.3 Lignes (câbles et ligne aérienne).....	40
3.3 Détermination des impédances homopolaires.....	42
3.3.1 Transformateurs.....	42
3.3.2 Lignes (câbles et lignes aériennes).....	42
3.4 Calcul de I_k'' et i_p pour les court circuits triphasés.....	44
3.4.1 Point de court-circuit F1.....	44
3.4.2 Point de court-circuit F2.....	46
3.4.3 Point de court-circuit F3.....	48
3.5 Calcul de I_{kl}'' et i_{pl} pour les courts-circuits phase terre.....	48
3.5.1 Point de court-circuit F1.....	48
3.5.2 Point de court-circuit F2.....	52
3.5.3 Point de court-circuit F3.....	54
3.6 Récapitulation des résultats.....	54
4 Calcul des courants de court-circuit triphasés dans un réseau moyenne tension – influence des moteurs.....	56
4.1 Problème.....	56
4.2 Calcul complexe à partir de grandeurs réelles.....	58
4.3 Calcul avec les réactances de court-circuit du matériel électrique.....	66
4.4 Calcul à partir des grandeurs réduites.....	70
4.5 Calcul avec la méthode de superposition.....	74

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope and object.....	11
1.2 Reference documents	11
1.3 Definitions, symbols and indices, and equations	13
2 Positive-sequence, negative-sequence and zero-sequence impedances of electrical equipment.....	13
2.1 Overhead lines, cables and short-circuit limiting reactors	13
2.2 Transformers.....	15
2.3 Generators and power-station units	27
3 Calculation of short-circuit currents in a low-voltage system $U_n = 400$ V.....	37
3.1 Problem	37
3.2 Determination of the positive-sequence impedances.....	37
3.2.1 Network feeder	37
3.2.2 Transformers	41
3.2.3 Lines (cables and overhead lines).....	41
3.3 Determination of the zero-sequence impedances.....	43
3.3.1 Transformers	43
3.3.2 Lines (cables and overhead lines).....	43
3.4 Calculation of I_k'' and i_p for three-phase short circuits	45
3.4.1 Short-circuit location F1.....	45
3.4.2 Short-circuit location F2.....	47
3.4.3 Short-circuit location F3.....	49
3.5 Calculation of I_{k1}'' and i_{p1} for line-to-earth short circuits.....	49
3.5.1 Short-circuit location F1.....	49
3.5.2 Short-circuit location F2.....	53
3.5.3 Short-circuit location F3.....	55
3.6 Collection of results.....	55
4 Calculation of three-phase short-circuit currents in a medium-voltage system – influence of motors.....	57
4.1 Problem	57
4.2 Complex calculation with absolute quantities	59
4.3 Calculation with short-circuit reactances of electrical equipment	67
4.4 Calculation with per-unit quantities	71
4.5 Calculation with the superposition method	75

Articles	Pages
5 Calcul des courants de court-circuit triphasés pour un groupe de production et le réseau auxiliaire	82
5.1 Problème.....	82
5.2 Impédances de court-circuit des matériels électriques	86
5.2.1 Réseau d'alimentation	86
5.2.2 Groupe de production	86
5.2.3 Transformateurs auxiliaires	90
5.2.4 Transformateurs basse tension 2,5 MVA et 1,6 MVA.....	90
5.2.5 Moteurs asynchrones	98
5.3 Calcul des courants de court-circuit	98
5.3.1 Point de court-circuit F1	98
5.3.2 Point de court-circuit F2.....	100
5.3.3 Point de court-circuit F3.....	104
5.3.4 Point de court-circuit F4.....	110
5.3.5 Point de court-circuit F5.....	114
6 Réseau d'essai pour le calcul des courants de court-circuit avec des programmes informatiques, conformément à la CEI 60909-0.....	118
6.1 Généralités.....	118
6.2 Réseau d'essai à haute tension 380 kV/ 110 kV/30 kV	120
6.2.1 Topologie et caractéristiques du réseau	120
6.2.2 Impédances de court-circuit des matériels électriques.....	124
6.3 Résultats	128
6.3.1 Courants de court-circuit triphasés	128
6.3.2 Courants de court-circuit phase terre	130



Clause	Page
5 Calculation of three-phase short-circuit currents for a power station unit and the auxiliary network.....	83
5.1 Problem	83
5.2 Short-circuit impedances of electrical equipment.....	87
5.2.1 Network feeder	87
5.2.2 Power-station unit.....	87
5.2.3 Auxiliary transformers.....	91
5.2.4 Low-voltage transformers 2,5 MVA and 1,6 MVA	91
5.2.5 Asynchronous motors	99
5.3 Calculation of short-circuit currents.....	99
5.3.1 Short-circuit location F1	99
5.3.2 Short-circuit location F2.....	101
5.3.3 Short-circuit location F3.....	105
5.3.4 Short-circuit location F4.....	111
5.3.5 Short-circuit location F5.....	115
6 Test network for the calculation of short-circuit currents with digital programs in accordance with IEC 60909-0.....	119
6.1 General	119
6.2 High-voltage test network 380 kV/ 110 kV/30 kV	121
6.2.1 Network topology and data.....	121
6.2.2 Short-circuit impedances of electrical equipment	125
6.3 Results.....	127
6.3.1 Three-phase short-circuit currents	129
6.3.2 Line-to-earth short-circuit currents	131

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 4: Exemples pour le calcul des courants de court-circuit

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 du présent rapport technique 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 60909-4, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 73 de la CEI: Courants de court-circuit.

Ce rapport technique doit être utilisé conjointement avec la CEI 60909-0.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
73/105/CDV	73/108/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.