

NORME INTERNATIONALE

CEI
60909-0

Première édition
2001-07

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

Partie 0: Calcul des courants

*Cette version **française** découle de la publication d'origine **bilingue** dont les pages anglaises ont été supprimées. Les numéros de page manquants sont ceux des pages supprimées.*



Numéro de référence
CEI 60909-0:2001(F)

NORME INTERNATIONALE

CEI 60909-0

Première édition
2001-07

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

Partie 0: Calcul des courants

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés

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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX

XB

Pour prix, voir catalogue en vigueur

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	8
1 Généralités.....	12
1.1 Domaine d'application.....	12
1.2 Références normatives	14
1.3 Définitions	16
1.4 Symboles, indices inférieurs et supérieurs.....	24
1.4.1 Symboles	24
1.4.2 Indices inférieurs	28
1.4.3 Indices supérieurs	30
2 Caractéristiques des courants de court-circuit: méthode de calcul.....	30
2.1 Généralités	30
2.2 Hypothèses de calcul.....	34
2.3 Méthode de calcul	34
2.3.1 Source de tension équivalente au point de court-circuit	34
2.3.2 Application des composantes symétriques.....	40
2.4 Courants de court-circuit maximaux.....	44
2.5 Courants de court-circuit minimaux	46
3 Impédances de court-circuit des matériels électriques.....	46
3.1 Généralités	46
3.2 Réseaux d'alimentation.....	48
3.3 Transformateurs	50
3.3.1 Transformateurs à deux enroulements.....	50
3.3.2 Transformateurs à trois enroulements	52
3.3.3 Facteurs de correction d'impédance pour transformateurs de réseau à deux et trois enroulements.....	56
3.4 Lignes aériennes et câbles	58
3.5 Réactances de limitation de court-circuit.....	60
3.6 Machines synchrones	60
3.6.1 Alternateurs synchrones.....	60
3.6.2 Moteurs et compensateurs synchrones.....	64
3.7 Groupe de production.....	64
3.7.1 Groupes de production avec changeur de prise en charge.....	64
3.7.2 Groupe de production sans changeur de prise en charge.....	68
3.8 Moteurs asynchrones.....	70
3.8.1 Généralités.....	70
3.8.2 Contribution des moteurs asynchrones aux courants de court-circuit	72
3.9 Convertisseurs statiques	76
3.10 Capacités et charges non rotatives.....	76
4 Calcul des courants de court-circuit.....	78
4.1 Généralités	78
4.2 Courants de court-circuit symétrique initial I_k''	82

4.2.1	Courts-circuits triphasés.....	82
4.2.2	Courts-circuits biphasés	94
4.2.3	Courts-circuits biphasés à la terre	98
4.2.4	Courts-circuits monophasés	100
4.3	Valeur de crête du courant de court-circuit i_p	100
4.3.1	Courts-circuits triphasés.....	100
4.3.2	Courts-circuits biphasés	104
4.3.3	Courts-circuits biphasés à la terre	104
4.3.4	Courts-circuits monophasés	106
4.4	Composante continue des courants de court-circuit	106
4.5	Courant de court-circuit symétrique coupé I_b	106
4.5.1	Courts-circuits éloignés d'un alternateur	106
4.5.2	Courts-circuits proches d'un alternateur	108
4.6	Courant de court-circuit permanent I_k	116
4.6.1	Courts-circuits triphasés d'un alternateur ou d'un groupe de production	116
4.6.2	Courts-circuits triphasés dans les réseaux non maillés	120
4.6.3	Courts-circuits triphasés dans les réseaux maillés	122
4.6.4	Courts-circuits dissymétriques	122
4.6.5	Courts-circuits de transformateur du côté basse tension, si une phase est ouverte côté haute tension.....	124
4.7	Courts-circuits aux bornes des moteurs asynchrones	126
4.8	Intégrale de Joule et courant de court-circuit thermique équivalent.....	128
Annexe A (normative) Equations pour calculer les facteurs m et n		136
Figure 1 – Courant relatif à un court-circuit éloigné de tout alternateur avec composante alternative constante (tracé schématique).....		
		30
Figure 2 – Courant relatif à un court-circuit proche d'un alternateur avec composante alternative décroissante (tracé schématique)		
		32
Figure 3 – Caractérisation des courts-circuits et de leurs courants.....		
		36
Figure 4 – Illustration du calcul du courant de court-circuit symétrique initial I_k'' suivant la procédure de la source de tension équivalente		
		38
Figure 5 – Impédances de court-circuit d'un réseau alternatif triphasé au point F de court-circuit		
		42
Figure 6 – Schéma du réseau et schéma de circuit équivalent pour réseaux d'alimentation		
		48
Figure 7 – Transformateur à trois enroulements (exemple).....		
		54
Figure 8 – Schéma de phase d'un alternateur synchrone aux conditions assignées.....		
		62
Figure 9 – Exemple illustrant l'estimation de la contribution des moteurs asynchrones rapportée au courant de court-circuit total.....		
		74
Figure 10 – Schéma pour déterminer le type de court-circuit (figure 3) pour le courant de court-circuit le plus élevé rapporté au courant de court-circuit triphasé symétrique au point de court-circuit lorsque les angles d'impédance des impédances séquentielles $Z_{(1)}$, $Z_{(2)}$, $Z_{(0)}$ sont identiques.....		
		80
Figure 11 – Exemples de courts-circuits à alimentation unique.....		
		84
Figure 12 – Exemple de réseau non maillé		
		88

Figure 13 – 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 de la barre auxiliaire A.....	88
Figure 14 – Exemple d'un réseau maillé alimenté par différentes sources	96
Figure 15 – Facteur κ pour les circuits en série en fonction du rapport R/X ou X/R	100
Figure 16 – Facteur μ pour le calcul du courant de court-circuit coupé I_b	110
Figure 17 – Facteur q pour le calcul du courant de court-circuit symétrique coupé des moteurs asynchrones.....	112
Figure 18 – Facteurs λ_{\min} et λ_{\max} pour turbo-alternateurs	118
Figure 19 – Facteurs λ_{\min} et λ_{\max} pour les machines à pôles saillants.....	118
Figure 20 – Courts-circuits au secondaire des transformateur, si une phase (fusible) est ouverte du côté haute tension d'un transformateur Dyn5	124
Figure 21 – Facteur m pour l'effet calorifique de la composante continue du courant de court-circuit (pour la programmation, l'équation relative à m est donnée à l'annexe A)...	130
Figure 22 – Facteur n pour l'effet calorifique de la composante alternative du courant de court-circuit (pour la programmation, l'équation relative à n est donnée à l'annexe A)....	132
Tableau 1 – Facteur de tension c	40
Tableau 2 – Facteurs α et β pour le calcul des courants de court-circuit avec l'équation (90)	
Rapport de transformation assigné $t_r = U_{rTHV}/U_{rTLV}$	126
Tableau 3 – Calcul des courants de court-circuit des moteurs asynchrones dans le cas d'un court-circuit aux bornes (voir 4.7)	128

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 0: Calcul des courants

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

Cette première édition annule et remplace la CEI 60909, parue en 1988, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
73/119/FDIS	73/121/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

La présente partie de la CEI 60909 doit être lue conjointement avec les normes internationales, les spécifications et les rapports techniques mentionnés ci-dessous:

- CEI TR 60909-1,— *Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit dans les réseaux alternatifs triphasés conformément à la CEI 60909-0*¹⁾
- CEI TR3 60909-2:1992, *Matériel électrique – Données pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909*
- CEI 60909-3:1995, *Calcul des 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*
- CEI TR 60909-4:2000, *Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 4: Exemples pour les calcul des courants de court-circuit*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum de février 2002 a été pris en considération dans cet exemplaire.

¹⁾ A publier.

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

Partie 0: Calcul des courants

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60909 est applicable au calcul des courants de court-circuit:

- dans les réseaux triphasés basse tension à courant alternatif,
- 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 la CEI 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, on a introduit une source de tension équivalente au point de court-circuit. 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 la CEI 60909 traite du calcul des courants de court-circuit dans le cas de circuits symétriques et non symétriques.

Si un chemin conducteur accidentel ou intentionnel existe entre un conducteur de phase et la terre locale, il faut distinguer clairement les deux cas qui suivent en fonction de leur propriétés physiques différentes et de leurs effets (conduisant à des exigences différentes pour le calcul):

- un court-circuit entre phase et terre, apparaissant dans un réseau à neutre mis directement à la terre ou à neutre impédant,
- un défaut simple sur une phase, apparaissant dans un réseau à neutre isolé ou à neutre résonant. Ce défaut ne fait pas partie du domaine d'application et par conséquent n'est pas traité dans cette norme.

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 résonant, voir la CEI 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, il est possible de déterminer l'impédance de court-circuit 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 de pouvoir s'appliquer aussi bien aux réseaux existants qu'aux réseaux à l'état de projet.

En général, on est amené à prendre en compte dans les calculs deux courants de court-circuit d'amplitude différente:

- 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, on admet que le courant s'établit 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 norme.

Cette norme ne couvre pas le cas de courants de court-circuit provoqués intentionnellement et sous contrôle (stations d'essais de court-circuit).

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

1.2 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 partie de la CEI 60909. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60909 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

CEI 60050(131):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*

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

CEI 60050-195:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60056:1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60781:1989, *Guide d'application pour le calcul des courants de court-circuit dans les réseaux à basse tension radiaux*

CEI 60865-1:1993, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 1: Définitions et méthodes de calcul*

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

CEI TR3 60909-2:1992, *Matériel électrique – Données pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909*

CEI 60909-3:1995, *Calcul des 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*

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

CEI 60949:1988, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

CEI 60986:1989, *Guide aux limites de température de court-circuit des câbles électriques de tension assignée de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV*

¹⁾ A publier.