

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1459**

Première édition
First edition
1996-08

**Fusibles basse tension –
Coordination entre fusibles et
contacteurs/démarrateurs –
Guide d'application**

**Low-voltage fuses –
Coordination between fuses and
contactors/motor-starters –
Application guide**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1459: 1996

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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* (IEV).

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 – TYPE 3

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT – TYPE 3

1459

Première édition
First edition
1996-08

**Fusibles basse tension –
Coordination entre fusibles et
contacteurs/démarrateurs –
Guide d'application**

**Low-voltage fuses –
Coordination between fuses and
contactors/motor-starters –
Application guide**

© CEI 1996 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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

**Fusibles basse tension – Coordination
entre fusibles et contacteurs/démarreurs –
Guide d'application**

**Low-voltage fuses – Coordination between
fuses and contactors/motor-starters –
Application guide**

CORRIGENDUM 1

Page 30

Figure B.3

Remplacer la figure existante par la nouvelle figure suivante:

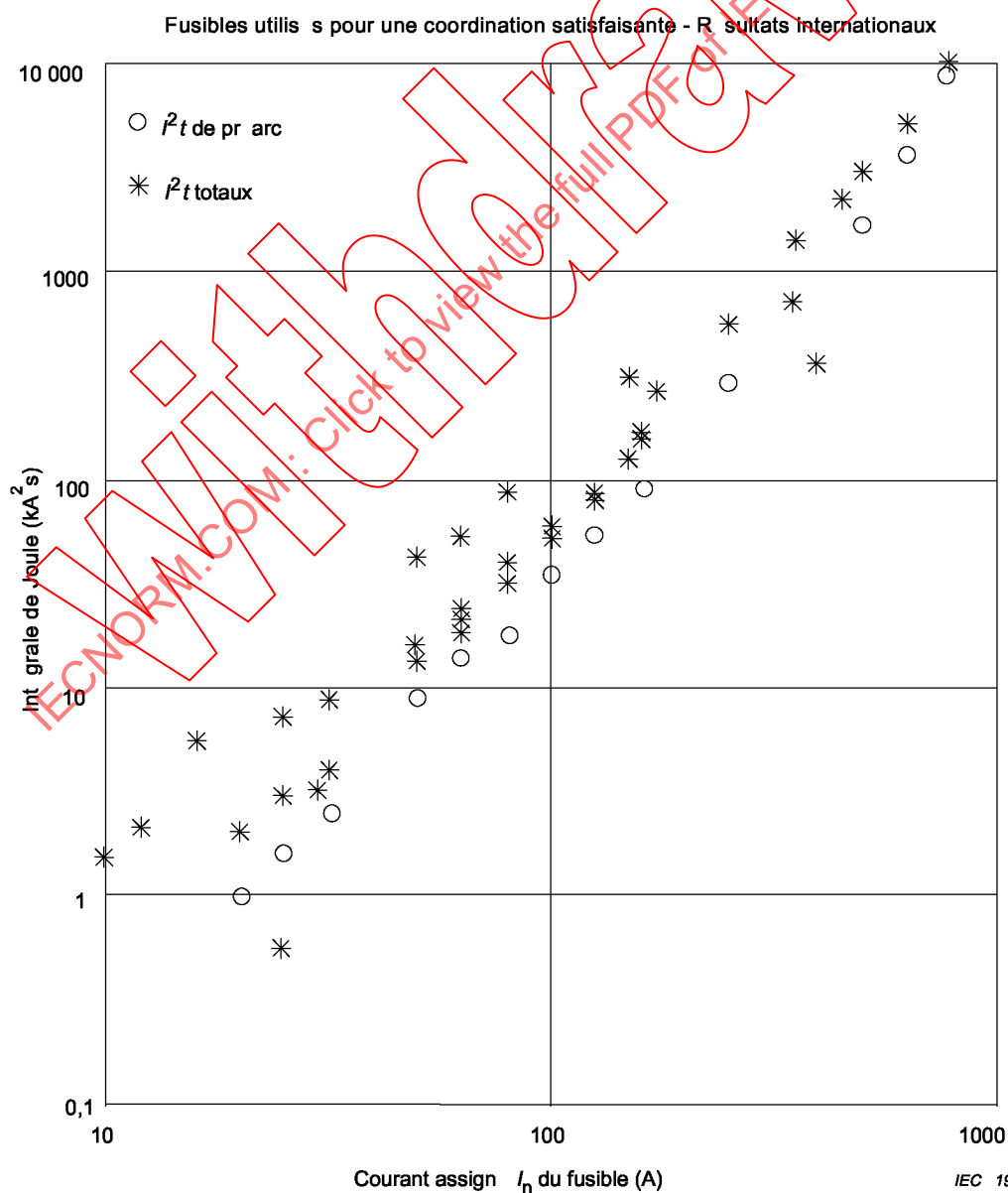
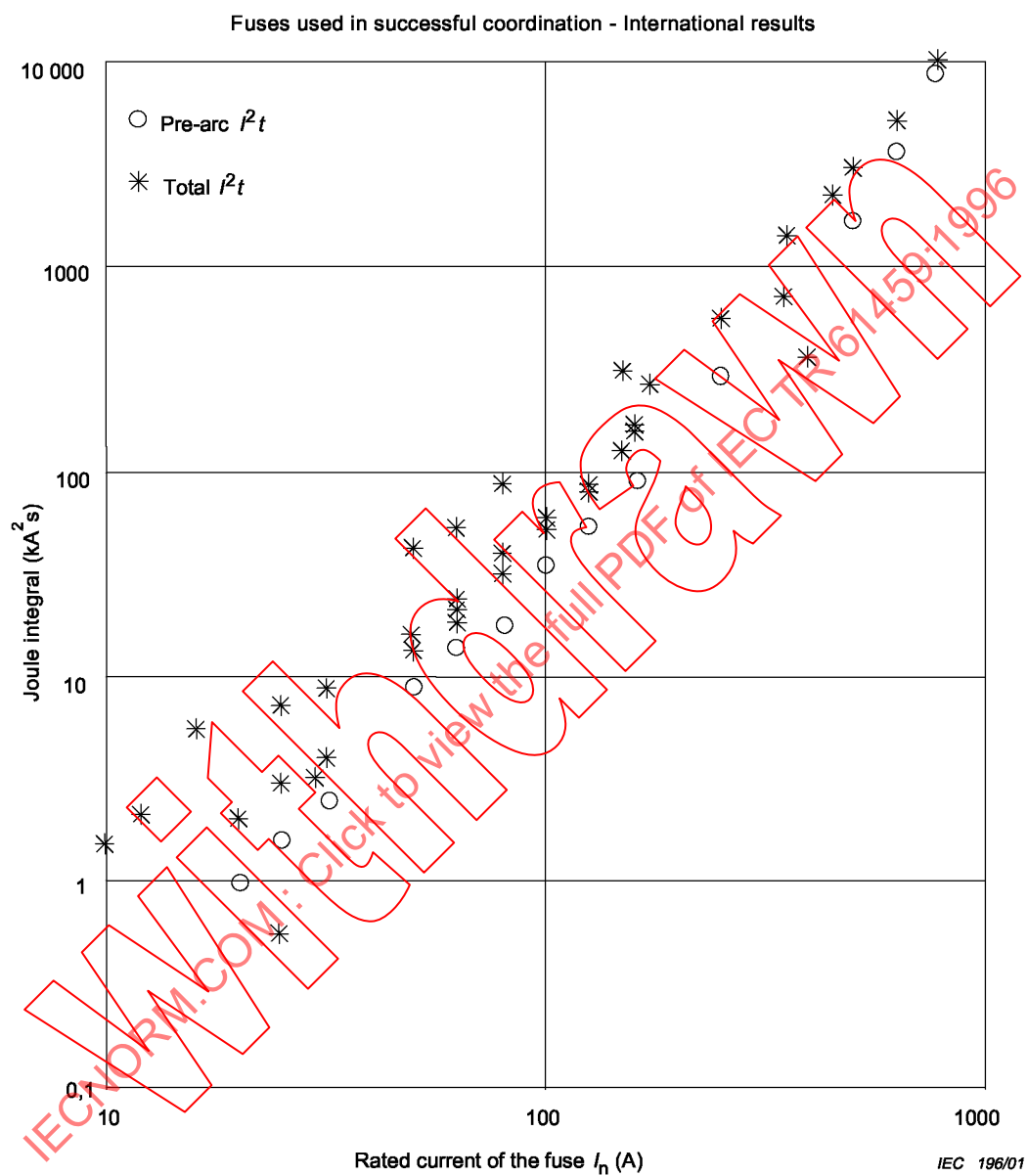


Figure B.3

Replace the existing figure by the following new figure:



SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Documents de référence	6
3 Définitions	8
4 Critères pour la coordination au courant assigné de court-circuit conditionnel I_q	8
5 Critères pour la coordination au courant d'intersection I_c	10
6 Critères pour la coordination au courant d'essai «r»	12
7 Types de coordination	12
Annexes	
A Courants d'essais et types de coordination	20
B Éléments de remplacement appropriés pour la protection des moteurs	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Reference documents	7
3 Definitions	9
4 Criteria for coordination at the rated conditional short-circuit current I_d	9
5 Criteria for coordination at the take-over current I_a	11
6 Criteria for coordination at the test current "I"	13
7 Types of coordination	13
Annexes	
A Test currents and types of coordination	21
B Fuse-links suitable for motor protection	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION ENTRE FUSIBLES ET CONTACTEURS/DEMARREURS – GUIDE D'APPLICATION

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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études 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.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1459, rapport technique de type 3, a été établie par le sous-comité 32B: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, du comité d'études 32 de la CEI: Coupe-circuits à fusibles.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
32B/250/CDV	32B/265/RVC

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COORDINATION BETWEEN FUSES AND CONTACTORS/MOTOR-STARTERS –
APPLICATION GUIDE**

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1459, which is a technical report of type 3, has been prepared by sub-committee 32B: Low-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

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

Committee draft	Report on voting
32B/250/CDV	32B/265/RVC

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

Annexes A and B are for information only.

COORDINATION ENTRE FUSIBLES ET CONTACTEURS/DEMARREURS – GUIDE D'APPLICATION

1 Domaine d'application

Les informations données dans le présent rapport technique sont destinées à faciliter le choix d'un élément de remplacement pour assurer la coordination avec les contacteurs ou démarreurs (contacteurs avec leurs relais de surcharge).

La coordination entre les démarreurs et les fusibles qui les protègent est définie dans les normes CEI par les prescriptions d'essais telles que celles de la CEI 947, en particulier les parties 1 et 4.

La protection contre les surintensités d'autres matériels tels que moteurs, conducteurs, etc., n'est pas traitée dans cette norme.

Les essais sont définis pour trois niveaux de courant présumé selon la CEI 947-4-1:

- a) au voisinage du courant I_c (voir article 5). Les essais sont effectués à $0,75 I_c$, valeur pour laquelle le démarreur doit interrompre le courant sans subir de dommage et que les fusibles ne fonctionnent pas, et à $1,25 I_c$, valeur pour laquelle les fusibles doivent avoir fonctionné avant le démarreur (voir annexe A, figure A.1);
- b) à la valeur appropriée du courant présumé «r» telle que définie dans le tableau XI de la CEI 947-4-1 (voir tableau A.1 de l'annexe A);
- c) à la valeur du courant assigné de court-circuit conditionnel I_q , si celle-ci est supérieure au courant d'essai «r».

Le fusible utilisé doit pouvoir supporter la surintensité pendant le démarrage du moteur et est normalement choisi selon les recommandations du constructeur ou en conformité avec les règles nationales d'installation et les règles de câblage.

Des études effectuées par des experts du comité «Fusibles» de la CEI, en collaboration avec des constructeurs mondiaux de démarreurs, ont montré qu'il n'y avait pas de difficulté majeure à réaliser de façon satisfaisante la coordination pour le type le plus sévère par le choix de fusibles conformes à la CEI 269-2 en association avec les contacteurs modernes. L'annexe B donne des exemples de courants assignés, valeurs de I^2t et courants coupés limités de fusibles correctement choisis en fonction des caractéristiques assignées des démarreurs à protéger; ces exemples sont basés sur des essais effectués dans le monde entier, ayant conduit à des résultats entièrement satisfaisants.

Des exemples d'éléments de remplacement appropriés utilisés pour la protection des moteurs sont donnés en annexe B.

2 Documents de référence

CEI 50(441): 1984, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 269-2: 1986, *Fusibles basse tension – Partie 2: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels)*

CEI 269-2-1:1987, *Fusibles basse tension – Partie 2: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels) – Section 1: Exemples de fusibles normalisés destinés à être utilisés par des personnes habilitées*

CEI 947: *Appareillage à basse tension*

CEI 947-1: 1988, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 947-4-1: 1990, *Appareillage à basse tension – Partie 4: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Section 1: Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

COORDINATION BETWEEN FUSES AND CONTACTORS/MOTOR-STARTERS – APPLICATION GUIDE

1 Scope

The information given in this technical report provides guidance to assist in selecting a fuse-link to ensure coordination with contactors or motor-starters (contactors with overload relay).

The coordination between motor-starters and the fuses which protect them is covered in IEC standards by test requirements such as those in IEC 947, in particular parts 1 and 4.

Overcurrent protection of other equipment, such as motors, conductors, etc., is not covered by this standard.

Tests are specified at three levels of prospective current, according to IEC 947-4-1:

- a) in the region of the current I_c (see clause 5). Tests are made at $0,75 I_c$ when the starter shall disconnect the current without damage and the fuse does not operate, and at $1,25 I_c$ when the fuse shall operate before the starter (see annex A, figure A.1);
- b) at the appropriate value of prospective current "r" shown in IEC 947-4-1, table XI (see table A.1 in annex A);
- c) at the rated conditional short-circuit current I_q , if higher than the test current "r".

The fuse selected is capable of absorbing the surge of current on starting the motor and is normally selected from the recommendations of the manufacturer or by compliance with national installation codes and wiring rules.

Studies carried out by IEC committee "Fuses" in collaboration with motor-starter manufacturers worldwide have revealed that there is no major difficulty in achieving satisfactory coordination at the most exacting of the levels of type of coordination using selected fuses according to IEC 269-2 in coordination with modern contactors. A survey is presented in annex B of the rated currents, I_{st} values and cut-off currents of fuses correctly chosen according to the ratings of the starters they protect, based on the results of successful type testing throughout the world.

Examples of suitable fuse-links used for motor protection are also given in annex B.

2 Reference documents

IEC 50(441): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 269-2: 1986, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application)*

IEC 269-2-1: 1987, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Section 1: Examples of types of standardized fuses for use by authorized persons*

IEC 947: *Low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 947-1: 1988, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 947-4-1: 1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 1: Electromechanical contactors and motor-starters*

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions de la CEI 269-1 s'appliquent avec les compléments suivants:

3.1 appareil de connexion: Appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques. [VEI 441-14-01]

NOTE – Un appareil de connexion peut effectuer l'une de ces deux manœuvres ou les deux.

3.2 dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC): Dispositif destiné à protéger un circuit ou des parties d'un circuit contre les courants de courts-circuits par l'interruption de ceux-ci.

4 Critères pour la coordination au courant assigné de court-circuit conditionnel I_q

4.1 I^2t de fonctionnement total et courant coupé limité

Lorsque le DPCC utilisé est un fusible, I_q peut avoir toute valeur jusqu'à 50 kA ou plus. Dans ces conditions, les paramètres les plus importants sont les I^2t de fonctionnement total traversant l'élément de remplacement (dans les conditions d'un essai de coordination triphasé, le démarreur étant en série avec le fusible) et le courant coupé limité maximal du fusible.

Des valeurs peuvent être données pour toutes tensions du réseau et les valeurs maximales des I^2t traversants correspondant à une tension d'essai équivalente à des essais de coordination triphasés (par exemple, 400 V/ $\sqrt{3}$ pour un démarreur triphasé 400 V) vont être introduites dans la CEI 269-2-1.

Cela va également limiter le courant coupé limité de crête, car les valeurs sont dépendantes. Cependant, avant que des valeurs soient introduites dans la norme, il a pu être indiqué à partir d'essais internationaux de coordination pour des courants présumés compris entre 50 kA et 200 kA, qu'à un courant présumé I_p (A), le courant coupé limité I_0 (A) d'un élément de remplacement de courant assigné I_n (A) est inférieur ou égal à la valeur donnée par la formule:

$$I_0 = 20 \sqrt[3]{I_n^2 I_p}$$

4.2 Guide pour choisir le courant assigné maximal d'un fusible utilisé en variante

A partir de résultats entièrement satisfaisants d'essais de coordination (essais de type) à I_q , le constructeur de démarreur peut établir les courbes des I^2t totaux maximaux et du courant coupé limité de crête maximal supportés par le contacteur et par le relais de protection contre les surcharges en fonction du courant assigné d'emploi (I_e) du démarreur. La figure 1a donne un exemple de telles courbes.

Un élément de remplacement d'un autre type ne peut être utilisé sans autre essai à moins que ses valeurs d' I^2t et d' I_0 soient inférieures ou égales aux valeurs maximales relevées lors des essais effectués pour établir ces courbes. Cependant, il peut être possible d'obtenir auprès des constructeurs de fusibles des valeurs d' I^2t totaux et de courants coupés limités mesurés dans des conditions comparables, (c'est-à-dire à une tension d'essai équivalente et à un courant présumé égal à I_q). Ces valeurs seront tracées en fonction du courant assigné I_n du fusible. Des courbes typiques établies à partir de telles données sont montrées pour les fusibles de types A et B respectivement dans les figures 1b et 1c. Ces figures auront les mêmes échelles que celles de la figure 1a.

3 Definitions

For the purpose of this technical report the definitions in IEC 269-1 apply together with the following additional definitions:

3.1 switching device (SD): A device designed to make or break the current in one or more electric circuits. [IEV 441-14-01]

NOTE – A switching device may perform one or both of these operations.

3.2 short-circuit protective device (SCPD): A device intended to protect a circuit or parts of a circuit against short circuits by interrupting them.

4 Criteria for coordination at the rated conditional short-circuit current I_q

4.1 Maximum total operating I^2t and cut-off current

When a fuse is the SCPD being used, I_q can be any value up to 50 kA or more. Under these conditions, the most important parameters are the total let-through I^2t of the fuse-link (under the conditions of the three-phase coordination test with the starter in series with the fuse) and the maximum cut-off current of the fuse.

Values can be provided for all voltage systems and maximum I^2t let-through values corresponding to a test voltage equivalent to the three-phase coordination test (for example: 400 V/ $\sqrt{3}$ for a 400 V-three-phase starter) are to be introduced in IEC 269-2-1.

This will also limit the peak cut-off current, because the values are related. However, until values are introduced in the standard, it can be reported on the basis of international coordination tests at prospective currents from 50 kA to 200 kA, that at a prospective current of I_p (A), the cut-off current I_0 (A) of a fuse-link of rated current I_n (A) is equal to or less than the value given by the formula:

$$I_0 = 20 \sqrt[3]{I_n^2 I_p}$$

4.2 Guidance for choosing the maximum rated current of an alternative fuse type

From the successful results of coordination type tests at I_q , the starter manufacturer can plot the curves of the maximum total I^2t withstand of the contactor and the overload relay and the maximum peak let-through current as a function of the rated operational current of the motor-starter (I_e). Such a curve is shown in figure 1a.

A fuse-link of a different type cannot be used without further testing unless its I^2t and I_0 values are equal to or less than the maximum values observed in the tests used to plot the curves. However, it may be possible to get from the fuse manufacturer data for total I^2t values and cut-off currents measured under comparable conditions, (i.e. at an equivalent test voltage and at a prospective current equal to I_q). These will be plotted as a function of rated current I_n of the fuse. Typical curves derived from such data are shown for alternative fuses of type A in figure 1b and for fuses of type B in figure 1c. These have to be plotted on the same scales as in figure 1a.

Nous venons de voir que sans autre essai nous ne pouvions utiliser un fusible avec des I^2t ou un courant coupé limité plus grands. Par conséquent, pour un démarreur ayant un courant d'emploi assigné $I_e = X$ ampères, le courant assigné maximal autorisé des fusibles de type A est indiqué comme étant Y ampères (voir figure 1) (la valeur I^2t du courant assigné Y (ampères) est acceptable, mais le courant coupé limité serait trop élevé). Cependant, dans le cas de remplacement de fusibles de type B, ce sont les I^2t qui constituent le facteur de limitation, et Z (ampères) est de ce fait le courant assigné le plus élevé admissible pour réaliser par extrapolation la coordination avec le démarreur, à I_q (voir figure 1).

Les éléments de remplacement de types A et B pourraient être de tout type utilisé pour la protection des circuits moteur, tels qu'ils sont définis en annexe B.

Cette méthode peut, toutefois, conduire à un choix de fusibles de courant nominal excessivement bas, car elle ne prend pas en compte les impédances additionnelles du démarreur (par exemple, dans le cas d'une association pour laquelle le courant assigné du démarreur est inférieur à 10 A, l'impédance du relais de protection contre les surcharges peut avoir une influence importante). Dans de tels cas, si l'impédance additionnelle n'est pas prise en compte pour estimer de façon plus précise le courant de court-circuit présumé et le choix du fusible de protection du démarreur, des essais directs sont nécessaires pour vérifier la coordination avec des fusibles de calibres plus élevés que ceux déterminés en suivant la méthode décrite dans cette norme.

4.3 Indications complémentaires

Il convient également de considérer les points suivants.

Des valeurs élevées de temps de coupure augmentent le risque de soudure des contacts des contacteurs. Pour évaluer le « temps de coupure » pour la coordination, on considère que le courant est « coupé » quand il devient un pourcentage faible (par exemple 5 %) de sa valeur crête limitée. Cette valeur peut être difficile à obtenir, et une méthode acceptable en variante est de considérer que la courbe limitée est de forme d'onde sinusoïdale, ce qui permet de calculer un « temps de coupure équivalent » t_{eq} à partir des I^2t totaux (valeur = $[I^2t]$ en A²s) et du courant de crête traversant (valeur = 1 en A) :

$$t_{eq} = \frac{2 \times [I^2t]}{\hat{I}^2}$$

Une valeur satisfaisante pour ce temps de coupure équivalent a été estimée à : $t_{eq} \leq 5$ ms.

NOTE – Le risque de soudure des contacts augmente lorsque, après leur répulsion, les contacts se referment en présence de courants relativement élevés avec arc électrique entre les contacts. Si l'on considère l'inertie des contacts mobiles, la probabilité de refermeture en présence de tels courants augmente lorsque ceux-ci sont encore existants 5 ms après le début du court-circuit.

Les conditions pour déterminer les I^2t totaux de fonctionnement du fusible dans un circuit triphasé sans phase à la terre peuvent être considérées comme correspondant à l'application d'une tension maximale de $\sqrt{3}/2$ fois la tension phase-phase.

NOTE – Cette technique donne les caractéristiques assignées maximales pour la coordination au courant présumé I_q . Un fusible de courant assigné plus petit peut être nécessaire pour obtenir une coordination adéquate pour les courants d'essais I_c et/ou « r ». Le type de coordination est déterminé dans la CEI 947-4-1 par les résultats d'essai à tous ces niveaux de courant. Des précisions pour assurer une coordination appropriée à ces niveaux sont données dans les articles 5 et 6.

5 Critères pour la coordination au courant d'intersection I_c

I_c est le courant correspondant à l'intersection des caractéristiques moyennes temps/courant des fusibles et du relais de surcharge du démarreur (voir annexe A, figure A.1). Les essais pour assurer une coordination appropriée à I_c sont prescrits dans l'annexe B, article B.4, de la CEI 947-4-1.

We have just seen that without further testing we cannot use a fuse with a bigger I^2t or a bigger cut-off current. Therefore for a starter rated at $I_e = X$ (amperes) the maximum permissible rated current of fuses of type A is seen to be Y (amperes), see figure 1, the I^2t of rated current Y (amperes) is acceptable, but the cut-off current would be too high. In the case of replacement fuses of type B, however, the limiting factor is the I^2t , and Z' (amperes) is therefore the highest permissible rated current to achieve predictable coordination with the starter at I_q (see figure 1).

Fuse-link types A and B could be any of the types used for motor circuit protection listed in annex B.

This procedure may, however, lead to the choice of fuses of excessively low nominal current, because it does not take into account the additional impedance of the starter (e.g. in case of association for which the rated operational current of the starter is lower than 10 A, the overload relay impedance may have a noticeable influence). In such cases, if the additional impedance is not taken into account to estimate more precisely the prospective short-circuit current and the suitability of the fuses to protect the starter, direct tests will be needed to verify coordination with fuses of higher ratings than determined by the procedure outlined in this standard.

4.3 Further guidance

In addition to the above, the following points should be noted:

High values of clearing time increase the risk of welding of the contacts of the contactor. In evaluating the "clearing time" for this purpose we consider that the current is "cleared" when it becomes a small percentage (ca. 5 %) of its limiting peak value. This value may be difficult to obtain, and an acceptable alternative method is to assume that the limiting curve is a sinusoidal waveform and from the total I^2t (value = $[I^2t]$ in A^2s) and the peak let-through current (value = $\hat{I}$ in A) calculate an "equivalent clearing time" t_{eq} given by:

$$t_{eq} = \frac{2 \times [I^2t]}{\hat{I}^2}$$

A satisfactory value for this equivalent clearing time has been found to be: $t_{eq} \leq 5$ ms.

NOTE – Risk of contact welding increases when, after being thrown apart, contacts close again while relatively high arcing currents remain established between the contacts. Considering the inertia of moving contacts, the probability of reclosing with such currents increases, if these currents still persist 5 ms after the beginning of the short circuit.

The conditions for determining the total operating I^2t of the fuse for the condition of a three-phase circuit with unearthed phase can be taken as equivalent to a maximum applied voltage of $\sqrt{3}/2$ times the phase-to-phase voltage.

NOTE – This technique gives the maximum rating for coordination at prospective current I_q . A smaller rating may be necessary to provide adequate coordination for test currents I_c and/or "r". The type of coordination is determined in IEC 947-4-1 by the results of tests at all these current levels. Guidance in securing proper coordination at these levels is provided in clauses 5 and 6.

5 Criteria for coordination at the take-over current I_c

I_c is the current corresponding to the intersection of the mean time/current characteristics of the fuse and the overload relay of the starter (see annex 1, figure A.1). Tests are prescribed for ensuring proper coordination at I_c in IEC 947-4-1, annex B, clause B.4.

Les facteurs importants sont:

- la non-détérioration des caractéristiques du relais de surcharge;
- I_c ne doit pas excéder le pouvoir de coupure du contacteur;
- la caractéristique temps/courant de fonctionnement du fusible associé à des courants supérieurs à I_c , spécialement pour des courants assignés plus grands, qui ne doit pas excéder les caractéristiques de non-détérioration dans la région où le fusible a pris en charge la protection.

Donc, si en variante, un type de fusible de remplacement ou un autre DPCC est utilisé sans essai ultérieur, son courant d'intersection ne doit pas excéder la valeur de I_c observée dans l'essai de type et sa caractéristique temps/courant à des courants supérieurs à I_c ne doit montrer aucun temps plus grand que celui du fusible utilisé dans la combinaison essayée ou sinon le démarreur risque d'être endommagé.

Un fusible choisi de cette façon et conformément à la CEI 947-4-1 fournit une protection au démarreur et au matériel associé pour des surintensités dépassant le pouvoir de coupure du démarreur.

6 Critères pour la coordination au courant d'essai «r»

La CEI 947-4-1 prescrit cet essai en 7.2.5, les modalités d'essai en court-circuit étant données en 8.3.4. En fonction du degré de protection requis, les critères de non-détérioration acceptables sont les mêmes que pour l'essai à I_q . Le courant d'essai «r» (I_r) dépend du courant assigné I_e de fonctionnement du démarreur (voir tableau A.1 dans l'annexe A).

Afin de pouvoir choisir un fusible approprié pour une coordination adéquate à I_r , il est nécessaire d'établir (à partir des résultats des essais de type réussis) des courbes similaires à celles de la figure 1a, montrant I^2t maximal admissible du contacteur et de son relais de surcharge, et son courant coupé limité de crête maximal à I_r en fonction de I_e . Dues au fait que les valeurs de I_r augmentent par une série de «sauts», ces courbes apparaissent disjointes, et une série typique de courbes apparaîtra, similaire à la figure 2.

Les caractéristiques assignées maximales acceptables pour une coordination adéquate à I_r pour chaque type de fusibles peuvent alors être établies par la même méthode que celle utilisée pour établir les caractéristiques assignées maximales à I_q , (en utilisant la méthode décrite en figure 1 pour choisir la caractéristique assignée correcte d'éléments de remplacement de type A ou de type B selon le type de coordination désiré, habituellement le type 2 (voir article 7)). Les courbes de coupure du fusible pour ce besoin peuvent être extrapolées de celles publiées par le constructeur (pour le type A ou le type B) en utilisant la méthode montrée en figure 3. Les caractéristiques qui en sont issues sont alors substituées à 1b et 1c dans la figure 1 afin de faire l'évaluation à I_r , avec la figure 2 substituée à la figure 1a.

Des indications complémentaires données en 4.3 s'appliquent également aux essais à I_r excepté pour t_{eq} dont la valeur estimée acceptable à ce niveau de courant est: $t_{eq} \leq 6$ ms.

NOTE – En raison de la vitesse de montée du courant plus faible que pour I_q , les efforts électrodynamiques de séparation des contacts (et de refermeture ensuite) se produisent après un délai plus long que celui observé pour les courants I_q . Pour cette raison, la valeur de t_{eq} admissible pour les courants «r» est supérieure à celle acceptable pour les courants I_q (voir la première note de 4.3).

7 Types de coordination

La CEI 947-4-1 traite les types 1 et 2 de la coordination entre fusibles (DPCC) et démarreurs. Ces types sont donnés dans le tableau A.2 de l'annexe A.

En général il est toujours possible de trouver un élément de remplacement apte à obtenir le type 2 de coordination (le meilleur des deux) pour un démarreur en suivant les critères donnés dans les articles 4, 5 et 6.

Important factors are:

- the no-damage characteristic of the overload relay;
- I_c shall not exceed the breaking capacity of the contactor;
- the operating time/current characteristic of the associated fuse at currents above I_c , especially for larger rated currents which shall not exceed the no-damage characteristic in this region, where the fuse has taken over the protective duty.

Thus, if an alternative replacement fuse type or other SCPD is used without further testing, its cross over current shall not exceed the value of I_c observed in the type test, and its time/current characteristic at currents above I_c shall not show any greater times than the fuse used in the tested combination or damage to the starter may occur.

A fuse chosen in this way and in accordance with IEC 947-4-1 provides protection to the starter and associated equipment for overcurrents exceeding the breaking capacity of the starter.

6 Criteria for coordination at test current "r"

IEC 947-4-1 prescribes this test in 7.2.5 with the short-circuit test requirements given in 8.3.4. Depending on the degree of protection required, the acceptable no-damage criteria are the same as for the test at I_q . The test current "r" (I_r) depends on the rated operational current I_e of the starter (see table 1 in annex A).

In order to be able to select a suitable fuse for adequate coordination at I_r , it is necessary to establish (from the results of successful type tests) curves similar to those in figure 1a, showing the maximum I^2t withstand of contactor and overload relay and the maximum peak let-through current at I_r as a function of I_e . Since I_r increases in a series of jumps, these curves appear disjointed, and a typical set of curves will be similar to figure 2.

The maximum acceptable ratings to give adequate coordination at I_r for each type of fuse can then be established by the same method as was used to establish the maximum rating at I_q (using the method illustrated in figure 1 for choosing the correct rating of type A or type B fuse-links, taking account of the appropriate type of coordination desired, usually type 2 (see clause 7)). The fuse cut-off curves for this purpose may be derived from the fuse manufacturer's published cut-off characteristics (for type A or type B) using the method shown in figure 3. The characteristics thus derived are substituted for 1b and 1c in figure 1 in order to make the evaluation at I_r , with figure 2 substituted for figure 1a.

The additional guidance given in 4.3 applies equally to tests at I_r , except that the following value of t_{eq} has been found acceptable at this level of current: $t_{eq} \leq 6$ ms.

NOTE – Due to the lower rate of rise of current than for I_q currents, the electrodynamic separation of contacts (and subsequent reclosing) occurs after a longer delay than observed for I_q currents. For this reason, the acceptable t_{eq} for current "r" is greater than the value acceptable for current I_q (see first note of 4.3).

7 Types of coordination

IEC 947-4-1 categorizes only types 1 and 2 of coordination between fuses (SCPD's) and motor-starters. These are given in annex A, table A.2.

Generally it is possible to find a suitable fuse-link to give type 2 coordination (the better of the two) for a motor starter by following the criteria given in clauses 4, 5 and 6.

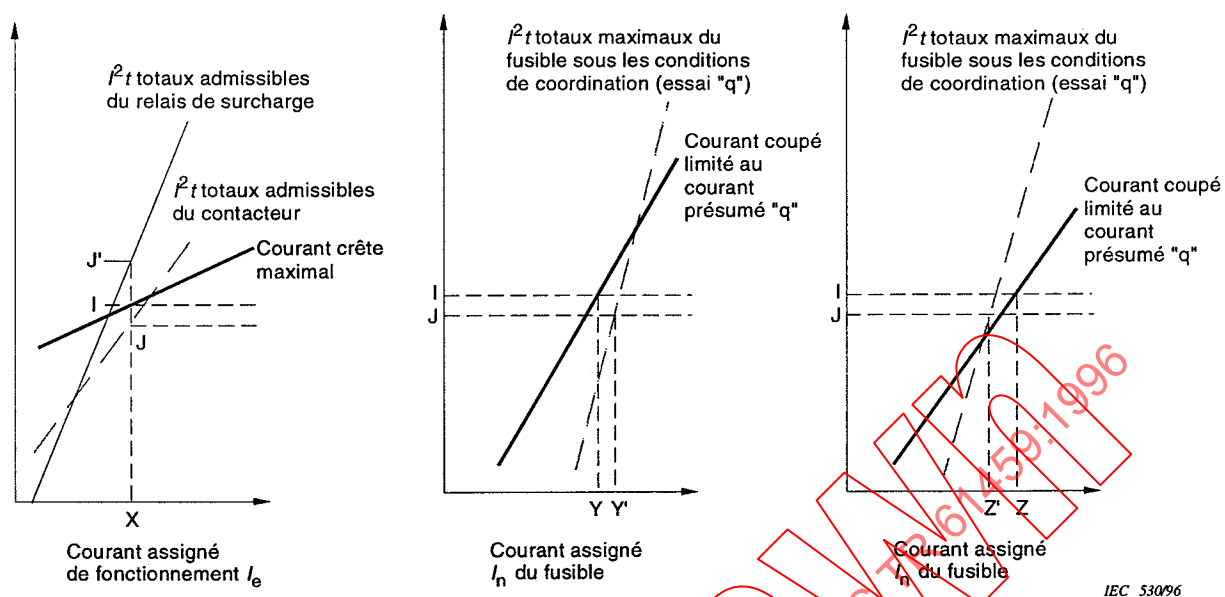


Figure 1a – Tenue du contacteur au courant présumé «q» (déterminé par le constructeur pour sa gamme de contacteurs)

Figure 1b – Caractéristiques I^2t et courant coupé limité pour les fusibles de type A

Figure 1c – Caractéristiques I^2t et courant coupé limité pour les fusibles de type B

Echelles verticales: I^2t totaux en A²s et courant crête maximal, ou courant coupé limité en kA, tous tracés à la même échelle.

Figure 1 – Exemple d'une méthode de sélection du courant assigné maximal d'un fusible de protection d'un contacteur de courant assigné $I_e = X$ ampères

Méthode: A partir de la figure 1a, on voit que la tenue aux I^2t d'un contacteur de courant assigné $I_e = X$ (A) est de J (A²s) tandis que celle du relais de surcharge est de J' (A²s). J' est supérieur à J . Par conséquent, la valeur la plus petite, J (A²s), est choisie. On voit que le courant de crête admissible du contacteur à $I_e = X$ (A) est de I (kA).

A droite de la figure 1a sont tracées les caractéristiques I^2t et de courant coupé limité mesurées au courant présumé «q» pour les fusibles de type A (figure 1b) et de type B (figure 1c). Ces caractéristiques sont tracées avec les mêmes échelles que celles de la figure 1a.

Pour le type A, le courant coupé limité a une valeur de I (kA) pour un fusible de courant assigné Y (A), et des I^2t totaux de J (A²s) pour un fusible de courant assigné Y' (A). Le fusible ayant le plus petit de ces courants doit être choisi. Y étant supérieur à Y' , le courant assigné maximal des fusibles de type A pour assurer une protection appropriée est Y (A).

Pour le type B, le courant coupé limité a une valeur de I (kA) pour un fusible de courant assigné Z (A), et des I^2t totaux de J (A²s) pour un fusible de courant assigné Z' (A). Le fusible ayant le plus petit de ces courants doit être choisi. Z étant supérieur à Z' , le courant assigné maximal des fusibles de type B pour assurer une protection appropriée est Z (A).

NOTE – Cette technique donne le courant assigné maximal pour la coordination à I_q . Il convient de vérifier que le fusible ayant ce courant assigné puisse aussi assurer une coordination appropriée à I_c et au courant «r».

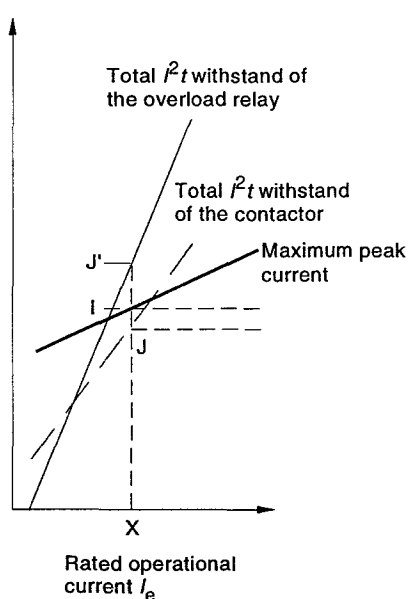


Figure 1a – Contactor withstand at prospective current "q" (determined by the contactor manufacturer for his range of contactors)

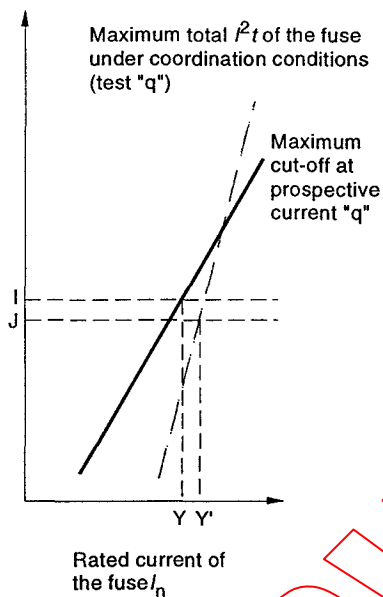


Figure 1b – I^2t and cut-off characteristics for fuses of type A

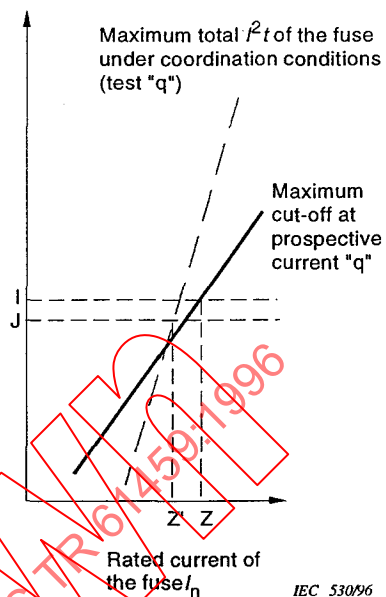


Figure 1c – I^2t and cut-off characteristics for fuses of type B

IEC 530/96

Vertical scales: total I^2t values in A^2s and maximum peak current or cut-off current in kA are all plotted to the same scale.

Figure 1 – Illustration of a method of selection of the maximum rated current of a fuse for back-up of a contactor of rating $I_e = X$ amperes

Method: From figure 1a, the I^2t withstand of the contactor rated $I_e = X$ (A) is seen to be J (A^2s) whilst that of the overload relay is seen to be J' (A^2s). J' is greater than J . Therefore, the lowest value J (A^2s) is chosen. The peak current withstand of the contactor at $I_e = X$ (A) is seen to be I (kA).

To the right of figure 1a are plotted the I^2t and cut-off characteristics measured at a prospective current "q" of fuse type A (figure 1b) and fuse type B (figure 1c). These characteristics are plotted on the same scale as in figure 1a.

For type A, the cut-off current has a value of I (kA) for a fuse rated at Y (A), and a total I^2t of J (A^2s) at a rated current of Y (A). The lowest of these ratings shall be selected. $Y > X$, therefore the maximum rating of type A fuses to provide adequate protection is Y (A).

For type B, the cut-off current has a value of I (kA) for a fuse rated at Z (A), and a total I^2t of J (A^2s) at a rated current of Z (A). The lowest of these ratings shall be selected. $Z > X$, therefore the maximum rating of type B fuses to provide adequate protection is Z (A).

NOTE – This technique gives the maximum rating for coordination at I_q . It should be checked that this rating will also provide adequate coordination at I_c and I_r .

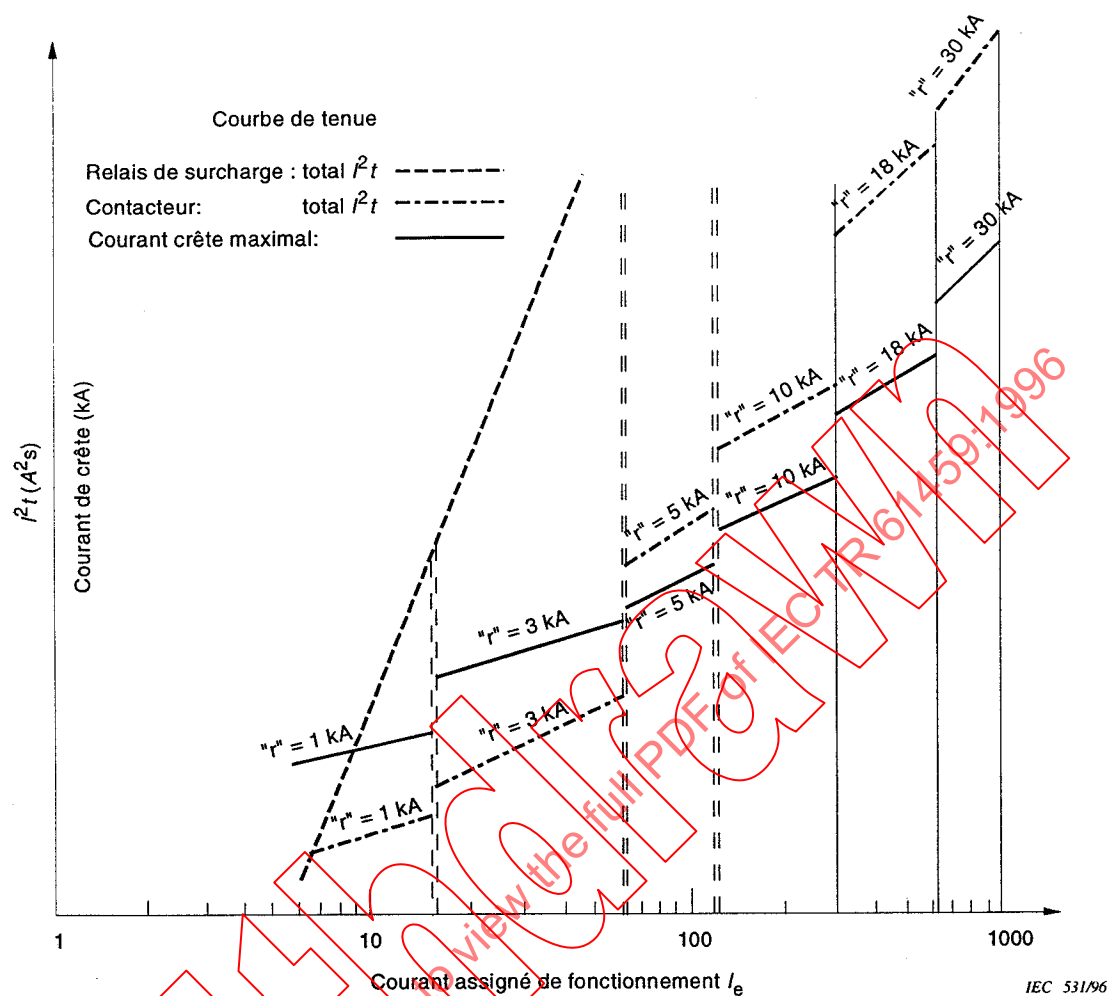


Figure 2 – Aptitudes à la tenue au courant d'essai «r» d'une gamme de contacteurs et des relais de surcharge associés

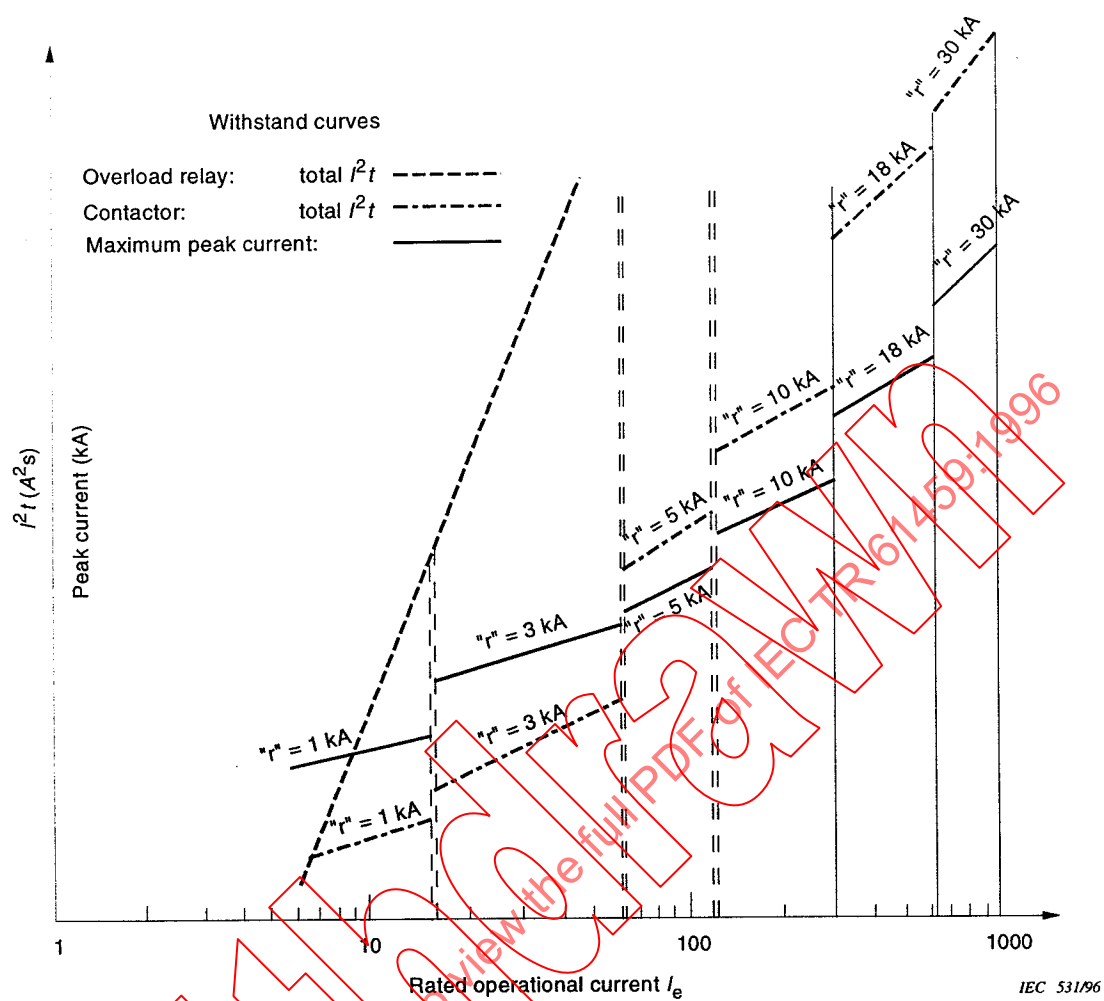
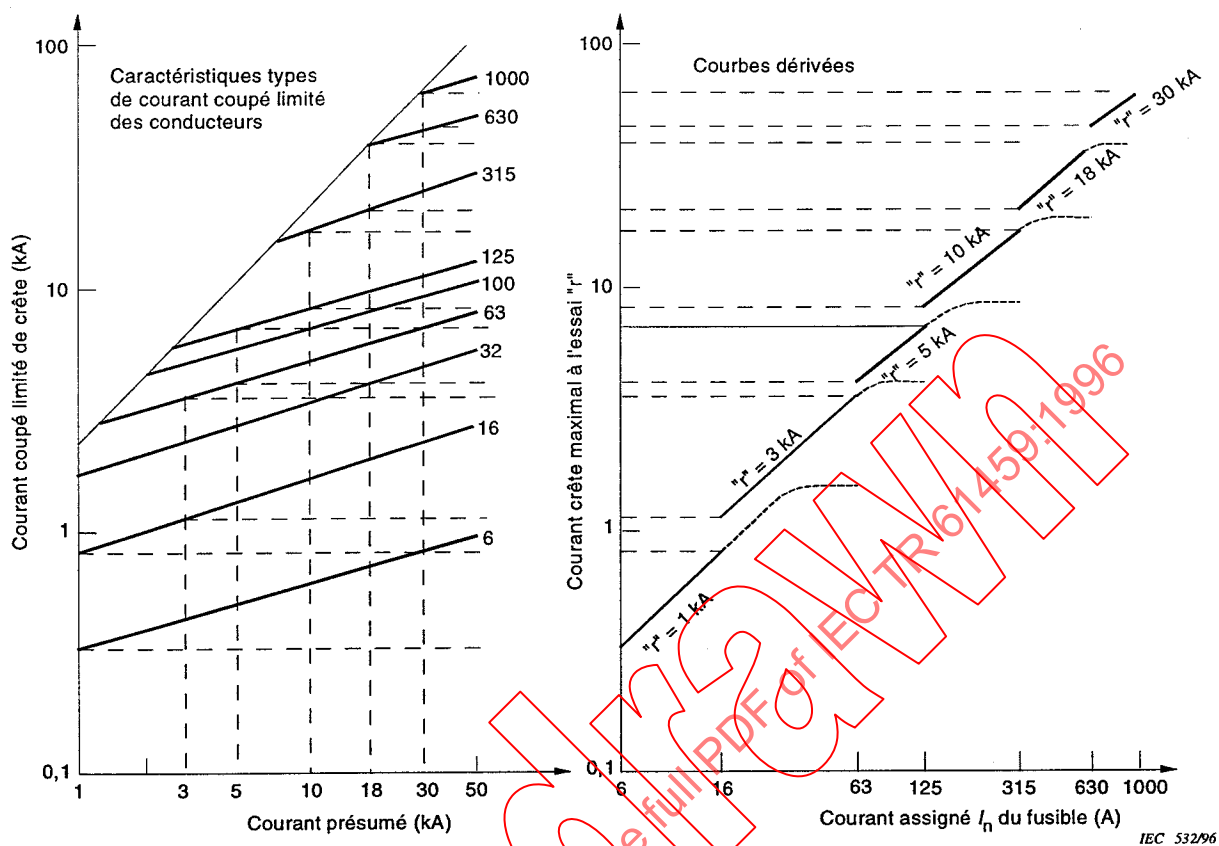


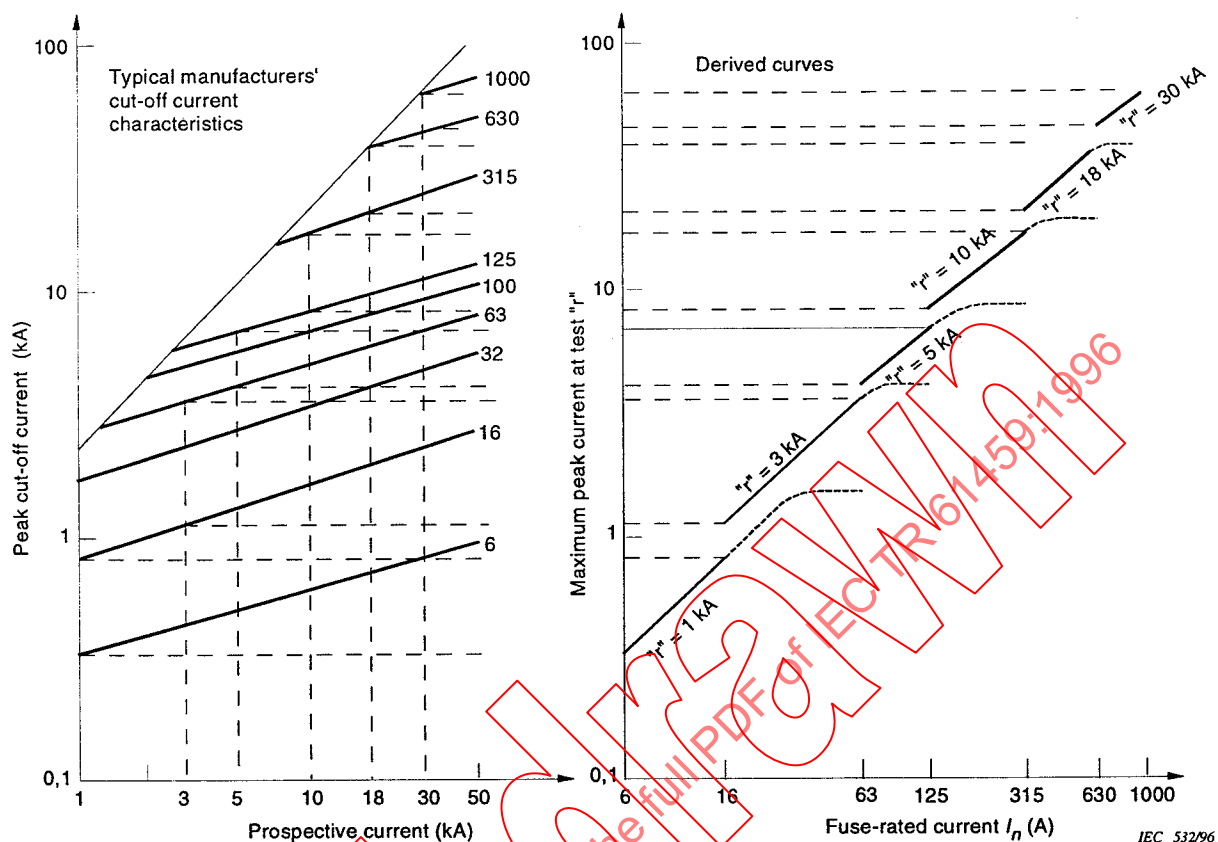
Figure 2 – Withstand capabilities of a range of contactors and associated overload relays at test current "r"



NOTES

- 1 Ces valeurs sont des valeurs maximales. Les courants de crête réels pourront être inférieurs en fonction de l'impédance du contacteur et de son relais de surcharge.
- 2 Les caractéristiques de courant coupé limité type sont généralement obtenues avec un facteur de puissance inférieur à celui utilisé pour le courant d'essai «r». Une correction peut être nécessaire pour des valeurs du courant d'essai «r» de 1 kA, 3 kA ou 5 kA (dans certains cas, sous un facteur de puissance élevé, les courants coupés limités d'une valeur jusqu'à 20 % supérieure sont observés).
- 3 Les courants maximaux de crête pour des caractéristiques assignées plus grandes ne peuvent excéder la crête maximale (asymétrique) du courant présumé au facteur de puissance spécifié. (Par conséquent, les courbes qui en résultent prennent une valeur constante égale à la crête maximum asymétrique.)

Figure 3 – Exemple d'une méthode de courbes dérivées du courant crête maximal au courant d'essai «r» fonction du courant assigné du fusible (ces courbes dérivées peuvent être utilisées de la même façon que dans la figure 1)



NOTES

- 1 These values are maximum values. Actual peak currents will be lower due to the impedance of the contactor and its overload relay.
- 2 Typical cut-off characteristics are generally obtained with a lower power factor than that used for test current "r". A correction may be necessary for values of test current "r" of 1 kA, 3 kA or 5 kA (in some cases cut-off currents of up to 20 % higher are observed at high power factor).
- 3 Maximum peak currents for larger ratings cannot exceed the maximum peak (asymmetrical) of the prospective current at specified power factor. (Therefore the derived curves become constant at the maximum asymmetrical peak.)

Figure 3 – Illustration of a method of deriving curves of maximum peak current at test current "r" as a function of fuse rated current (these derived curves can be used in the same way as illustrated in figure 1)

Annexe A (informative)

Courants d'essais et types de coordination

**Tableau A.1 (tableau XI de la CEI 947-4-1) – Valeur du courant d'essai
présupposé en fonction du courant assigné d'emploi**

Courant assigné d'emploi I_c (AC-3) A	Courant présumé «r» kA
$0 < I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\,000$	30
$1\,000 < I_e \leq 1\,600$	42
$1\,600 < I_e$	Par accord entre le constructeur et l'utilisateur

Deux types de coordination sont reconnus dans la CEI 947-4-1: le type 1 et le type 2 (pour plus de détails sur les essais et les critères d'acceptation voir la CEI 947-4-1)

Tableau A.2 – Types de coordination

Prescriptions de fonctionnement	Type 1	Type 2
Le court-circuit doit être interrompu avec succès	oui	oui
Les personnes ne sont pas mises en danger	oui	oui
Les conducteurs et les bornes restent intacts et non détériorés	oui	oui
Non-détérioration de l'isolation principale affectant les parties actives	oui	oui
Non-détérioration du relais de surcharge ou d'autres pièces	non	oui*
Remplacement de pièces non autorisé pendant les essais (autres que les fusibles)	non	oui
Pas de changement des caractéristiques de déclenchement du relais de surcharge	non	oui
Niveau d'isolation du démarreur satisfaisant après l'essai	non	oui
* La séparation aisée des contacts soudés est autorisée.		

Annex A (informative)

Test currents and type of coordination

Table A.1 (table XI of IEC 947-4-1) – Value of the prospective test current according to the rated operational current

Rated operational current I_c (AC-3) A	Prospective current "r" kA
$0 < I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\,000$	30
$1\,000 < I_e \leq 1\,600$	42
$1\,600 < I_e$	Subject to agreement between manufacturer and user

Two types of coordination are recognised in IEC 947-4-1: type 1 and type 2 (for full details of tests and acceptance criteria see IEC 947-4-1).

Table A.2 – Types of coordination

Performance requirements	Type 1	Type 2
The short circuit is successfully interrupted	yes	yes
Persons are not endangered	yes	yes
Conductors and terminals remain intact and undamaged	yes	yes
No damage to an insulating base which dislodges live parts	yes	yes
No damage to overload relay or other parts	no	yes*
No replacement of parts permitted during tests (other than fuses)	no	yes
No change in overload relay tripping characteristics	no	yes
Starter insulation level satisfactory after test	no	yes
* Easily separable welding of contacts permitted.		

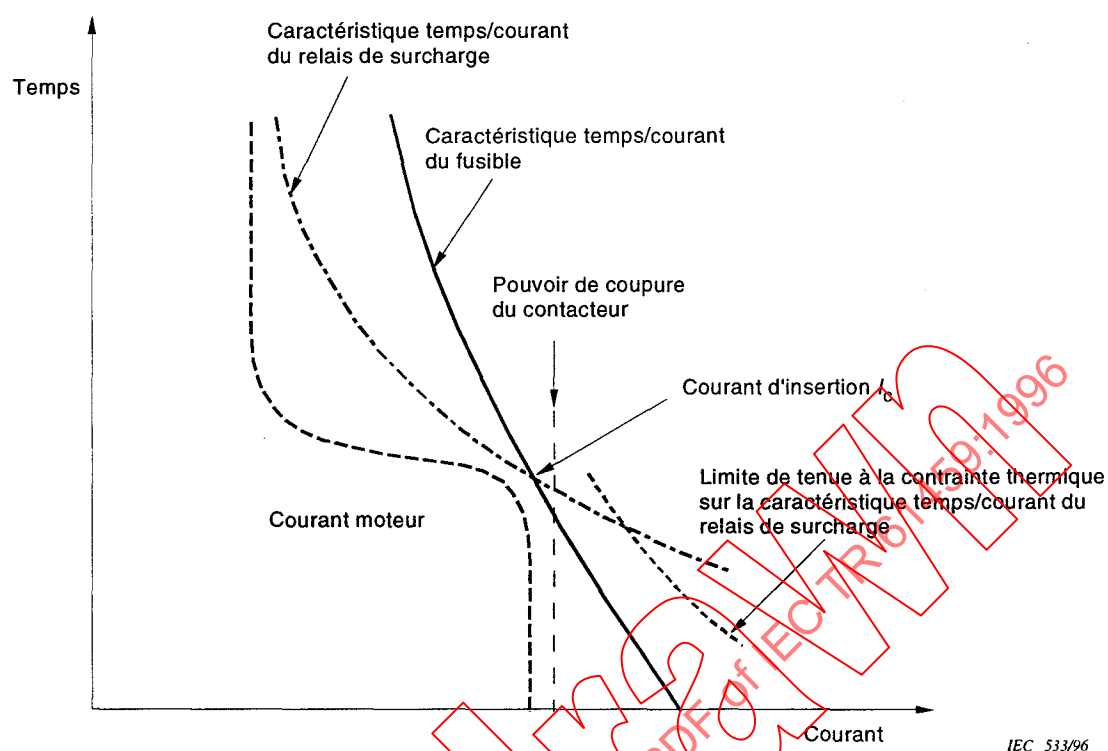


Figure A.1 – Paramètres importants au voisinage du courant d'intersection pour une coordination réussie à I_e

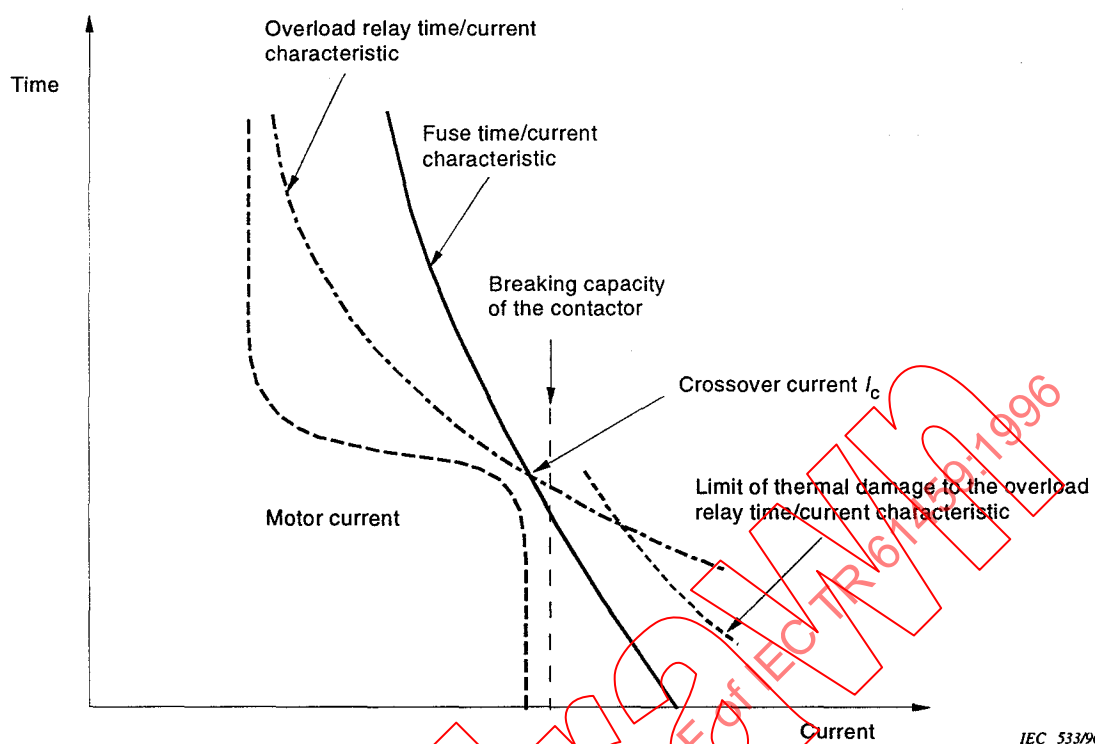


Figure A.1 – Important parameters in the region of the crossover current for successful coordination at I_c

Annexe B (informative)

Eléments de remplacement approprié pour la protection des moteurs

B.1 Exemples d'éléments de remplacement appropriés utilisés pour la protection des moteurs

Les recommandations pour les éléments de remplacement appropriés à utiliser en association avec un contacteur/démarrreur peuvent être trouvées dans les catalogues des constructeurs. Il convient que le constructeur d'un contacteur/démarrreur selon la CEI 947-4-1 indique les caractéristiques d'un DPCC approprié sur la base des essais qu'il a effectués. Le conseil du constructeur est le meilleur guide pour un choix optimal des éléments de remplacement adaptés à sa gamme de produits.

La caractéristique du courant assigné du fusible le plus approprié pour la protection d'un moteur donné dépend du courant pleine charge du moteur et de l'amplitude et de la durée de son courant de démarrage. La caractéristique du courant assigné la plus appropriée dépend aussi de la catégorie de l'élément de remplacement (gG, gM, aM, gN ou gD, etc.) telle qu'elle est indiquée dans les exemples donnés dans le tableau ci-dessous pour des fusibles typiques utilisés dans les différents pays et associés à un démarreur direct triphasé d'un moteur ayant un courant de pleine charge de 28 A. Les exemples sont simplement indicatifs, correspondant à un temps de démarrage inférieur à 10 s, un courant de démarrage maximal ne dépassant pas sept fois le courant à pleine charge et pour des démarrages peu fréquents.

Tableau B.1 – Exemples de caractéristiques assignées d'éléments de remplacement typiques utilisés pour la protection des démarreurs montrant comment le choix du calibre optimal est lié au type d'élément de remplacement

Type de fusible	Origine	Caractéristique assignée appropriée
gG	Fusible CEI d'usage général	63 A
gM	Fusible pour circuit moteur	32 M 63
aM	Fusible d'accompagnement moteur	32 A
gN	Fusible Nord Américain	70 A
gD	Fusible Nord Américain retardé	40 A
NOTES 1 Les exemples sont donnés pour un moteur de 28 A dont le démarrage correspond à un service moyen. 2 Le calibre assigné d'un élément de remplacement approprié doit aussi être tel que les prescriptions des articles 4, 5 et 6 sont satisfaites pour le type particulier et la caractéristique assignée choisie. Naturellement, si l'élément de remplacement est de mêmes type, caractéristiques assignées et construction, que ceux utilisés par le constructeur du contacteur/démarrreur dans ses propres essais, alors toutes ces prescriptions seront satisfaites. 3 Il convient de noter qu'il est important de respecter la recommandation du constructeur si elle diffère des valeurs données dans le tableau ci-dessus.		

B.2 Valeurs de I^2t et du courant coupé limité observées dans le monde pour les essais réussis des combinaisons élément de remplacement/démarrreur

Les résultats des essais de coordination, dans de nombreux pays, ont fait l'objet d'une compilation qui ont permis de constater que les valeurs de I^2t et du courant coupé limité sont concentrées dans une plage relativement étroite. Ces résultats sont illustrés dans les figures B.1 et B.2. Les résultats de ce travail sont utilisés comme base afin d'introduire des valeurs préférentielles dans la CEI 269-2-1.