

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60519-11

Première édition
First edition
1997-05

Sécurité dans les installations électrothermiques –

Partie 11:

**Règles particulières pour les installations pour
brassage, transport ou coulée électromagnétique
de métaux liquides**

Safety in electroheat installations –

Part 11:

**Particular requirements for installations for
electromagnetic stirring, transport or pouring
of metal liquids**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60519-11: 1997

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 auprès du Bureau Central 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**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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*;
- la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 60878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 60027, de la CEI 60417, de la CEI 60617 et/ou de la CEI 60878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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.

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 from the IEC Central Office.

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**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

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*;
- IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 60878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 60027, IEC 60417, IEC 60617 and/or IEC 60878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60519-11

Première édition
First edition
1997-05

Sécurité dans les installations électrothermiques –

Partie 11:

Règles particulières pour les installations pour brassage, transport ou coulée électromagnétique de métaux liquides

Safety in electroheat installations –

Part 11:

Particular requirements for installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of metal liquids

© IEC 1997 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

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	8
2 Définitions	10
3 Inducteur de chauffage	10
4 Condensateurs	12
5 Sources d'alimentation à fréquence du réseau	14
6 Convertisseurs rotatifs de fréquence	14
7 Convertisseurs statiques de fréquence	14
8 Multiplicateurs ferromagnétiques de fréquence	14
9 Appareillage de connexion	14
10 Câbles, conducteurs et jeux de barres	16
11 Refroidissement par un liquide (voir 6.5 de la CEI 60519-1)	16
12 Plaque signalétique (voir article 8 de la CEI 60519-1)	18
13 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	18
14 Protection contre les chocs électriques (voir article 12 de la CEI 60519-1)	18
15 Perturbations radioélectriques	24
16 Instructions d'exploitation	24
 Annexes	
A Règles particulières pour les installations pour coulée électromagnétique	26
B Règles particulières pour les installations électromagnétiques avec garnissage	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	9
2 Definitions	11
3 Inductor	11
4 Capacitors	13
5 Mains frequency power sources	15
6 Motor-alternator frequency converters	15
7 Solid-state frequency converters	15
8 Ferromagnetic frequency multipliers	15
9 Switchgear	15
10 Cables, wires and busbars	17
11 Liquid cooling (see 6.5 of IEC 60519-1)	17
12 Rating plate (see clause 8 of IEC 60519-1)	19
13 Clearance and creepage distances	19
14 Protection against electric shock (see clause 12 of IEC 60519-1)	19
15 Radio interferences	25
16 Operation instructions	25
Annexes	
A Specific requirements for electromagnetic pouring equipment	27
B Specific requirements for electromagnetic equipment with lining	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 11: Règles particulières pour les installations pour brassage, transport ou coulée électromagnétique de métaux liquides

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 Norme internationale CEI 60519-11 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/181/FDIS	27/191/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.

La présente partie de la CEI 60519 doit être utilisée conjointement avec les normes suivantes:

CEI 60519-1: 1984, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Règles générales*

CEI 60519-3: 1988, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 3: Règles particulières pour les installations de chauffage par induction et par conduction et pour les installations de fusion par induction*

Les annexes A et B font partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONS –**Part 11: Particular requirements for installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of metal liquids**

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.

International Standard IEC 60519-11 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

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

FDIS	Report on voting
27/181/FDIS	27/191/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.

This part of IEC 60519 should be read in conjunction with the following standards:

IEC 60519-1: 1984, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

IEC 60519-3: 1988, *Safety in electroheat installations – Part 3: Particular requirements for induction and conduction heating and induction melting installations*

Annexes A and B form an integral part of this standard.

INTRODUCTION

Les installations pour le brassage, le transport ou la coulée électromagnétique de métaux liquides ont des caractéristiques très semblables à celles des installations pour chauffage ou fusion inductive traitées dans la CEI 60519-3. La numérotation des articles de la présente partie de la CEI 60519 est identique à celle de la CEI 60519-3. Dans les conditions normales de fonctionnement, les équipements visés par la présente norme contiennent des matières liquides ou partiellement solidifiées à de hautes températures. En conséquence, elles requièrent des spécifications de sûreté similaires à celles des installations électrothermiques. Pour ces raisons, les spécifications énoncées pour les installations électrothermiques s'appliquent même si les dispositifs ne sont pas utilisés à des fins de chauffage.

La présente norme comprend:

- des prescriptions générales communes aux installations pour brassage, transport ou coulée électromagnétique de métaux liquides;
- deux annexes A et B, donnant les prescriptions spécifiques pour les installations pour coulée électromagnétique et pour les installations électromagnétiques avec garnissage.

INTRODUCTION

Installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals have largely identical technical features to induction heating or melting plants treated in IEC 60519-3. The numeration of the clauses of this part of IEC 60519 is in line with the numeration in IEC 60519-3. Installations contain liquid or partly solidified material at high temperature under normal operating conditions, consequently they require safety regulations similar to those of electroheat installations. For the above reason the regulation given for electroheat installations applies even though these devices are not used for heating purposes.

This standard consists of:

- general requirements common to installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals;
- two annexes, A and B, giving specific requirements for electromagnetic pouring equipment and for electromagnetic equipment with lining.

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 11: Règles particulières pour les installations pour brassage, transport ou coulée électromagnétique de métaux liquides

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60519 est applicable:

- aux installations à basse fréquence pour le brassage ou le transport électromagnétique par induction de métaux liquides;
- aux installations destinées à influencer le processus de coulée par un champ électromagnétique;
- aux parties directement affectées par le brassage, le transport ou l'installation de coulée électromagnétique.

Exemples de ces applications:

- dispositifs de brassage pour machines à coulée continue adjacentes à des fours à arc ou faisant partie de celles-ci;
- transport de métal liquide pour remplir ou vider des fours ou des moules;
- dispositifs de transport pour le métal liquide avec répartition simultanée des quantités transportées, par exemple pour le remplissage (sous pression) de machines de coulée;
- systèmes pour influencer la surface du lingot ou le jet de coulée au moyen d'un champ électromagnétique lors de la coulée continue en vue de favoriser la cristallisation.

La CEI 60519-1 doit être lue conjointement à la présente norme.

NOTE – En appliquant la CEI 60519-1 conjointement à la présente norme, il convient de remplacer les termes «installation électrothermique» ou «dispositif électrothermique» par le terme «installation pour le brassage, le transport ou la coulée électromagnétique de métaux liquides».

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 60519. 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 partie de la CEI 60519 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 60050(841): 1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 841: Electrothermie industrielle*

CEI 60364-4-41: 1992, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

CEI 60519-1: 1984, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Règles générales*

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONS –

Part 11: Particular requirements for installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of metal liquids

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 60519 applies to:

- installations for electromagnetic (induction) stirring or transport of liquid metals at low frequency;
- installations that influence the pouring process by an electromagnetic field;
- parts directly affected by the electromagnetic stirring, transport or pouring installation.

Examples of application:

- stirring devices for continuous machines, adjoining or being part of arc furnaces, ladles, etc.;
- transport of liquid metal for emptying or filling furnaces, launders or moulds;
- devices to transport liquid metal with simultaneous proportioning of the transported quantity, e.g. for filling (pressure) diecasting machines;
- influencing the ingot surface or the pouring stream enhancing crystallization by means of an electromagnetic field during continuous casting.

This standard shall be read in conjunction with IEC 60519-1.

NOTE – When applying IEC 60519-1 in connection with this standard, the terms "electroheat installation" or "electroheat device" should be replaced by the term "installation for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals".

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60519. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60519 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 60050(841): 1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 841: Industrial electroheating*

IEC 60364-4-41: 1993, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

IEC 60519-1: 1984, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

CEI 60519-3: 1988, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 3: Règles particulières pour les installations de chauffage par induction et par conduction et pour les installations de fusion par induction*

2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60519, les définitions données dans la CEI 60519-1, dans la CEI 60519-3, dans la CEI 60050(841), ainsi que les définitions suivantes, sont applicables:

2.1 installation pour le brassage électromagnétique, le transport ou la coulée de métaux liquides: Installation composée d'un inducteur et d'équipement mécanique ou électrique utilisée aux fins mentionnées ci-dessus.

2.2 brassage électromagnétique de métaux liquides: Procédé par lequel un mouvement de brassage dans les métaux liquides s'effectue en utilisant un champ électromagnétique mouvant ou tournant.

2.3 transport électromagnétique de métaux liquides: Procédé par lequel des métaux liquides sont déplacés dans une direction définie en utilisant un champ électromagnétique mouvant.

2.4 traitement final électromagnétique de métaux liquides: Procédé permettant d'adapter le flux de métal liquide ou d'influencer la qualité de sa surface après coulée en utilisant un champ électromagnétique.

2.5 accélération de la cristallisation de métal liquide en champ électromagnétique: Procédé par lequel forme et structure sont données aux cristaux métalliques dans un champ électromagnétique.

2.6 inducteur: Partie d'une installation (par exemple des bobines) pour le brassage électromagnétique, transport ou coulée de métaux liquides produisant le champ électromagnétique nécessaire pour créer la force électrodynamique exigée.

3 Inducteur de chauffage

3.1 Les instructions du constructeur doivent être respectées lorsque l'inducteur ou des parties de l'inducteur sont prévues pour être remplacées en raison de l'usure, ou échangées pour faire face à une nouvelle exigence de production.

3.2 Si le refroidissement de l'inducteur devient insuffisant et de ce fait crée un danger pour les personnes ou des dommages aux parties essentielles de l'équipement, un signal d'alarme doit être déclenché et le chauffage coupé automatiquement.

3.3 Il est recommandé d'éviter le refroidissement d'un inducteur en dessous du point de rosée car il peut provoquer la création de condensation sur les bobines et sur les bornes et créer un éventuel court-circuit.

3.4 Pour les installations de brassage, de transport et de coulée électromagnétique avec des inducteurs à refroidissement forcé ayant une charge et/ou un garnissage (couvercle) à haute capacité thermique, il est recommandé de disposer d'une alimentation de secours pour refroidir les bobines, et, éventuellement, l'équipement de convoyage, jusqu'à ce que la charge chaude ait été retirée et que le garnissage (couvercle) se soit refroidi à un niveau de température sûr.

IEC 60519-3: 1988, *Safety in electroheat installations – Part 3: Particular requirements for induction and conduction heating and induction melting installations*

2 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60519, the definitions given in IEC 60519-1, IEC 60519-3, IEC 60050(841) as well as the following definitions apply.

2.1 installation for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals: Installation composed of the inductor and the electric and mechanical equipment used for the above purpose.

2.2 electromagnetic stirring of liquid metals: Procedure to achieve stirring motion in liquid metals by using a travelling or rotating or any moving electromagnetic field.

2.3 electromagnetic transport of liquid metals: Procedure to move liquid metals in a defined direction using a moving electromagnetic field.

2.4 electromagnetic casting of liquid metals: Procedure to shape the liquid metal stream or to influence its surface quality after pouring by the use of electromagnetic field.

2.5 enhancing crystallization of liquid metal in electromagnetic fields: Procedure to shape form and structure of metal crystals in an electromagnetic field.

2.6 inductor: Part of an installation (e.g. coil(s)) for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals which produces the required electromagnetic field to yield the required electrodynamic force.

3 Inductor

3.1 Where the inductor or parts of it are intended to be replaced due to wear or exchanged to meet a new production requirement, the manufacturer's instructions shall be followed.

3.2 Should the effect of cooling the inductor become insufficient and cause danger to personnel or damage to essential parts of the equipment, an alarm signal shall be given and the heating power switched off automatically.

3.3 Cooling of the inductor below dew-point should be avoided as it may cause condensation at the coil and on its terminals leading to possible short circuit.

3.4 For electromagnetic stirring, transport and pouring installations with forced cooled inductors having a charge and/or lining (casing) of high heat capacity, it is advisable to have an emergency supply for cooling the coil(s) and, where applicable, the conveying equipment until the hot charge has been removed and the lining (casing) has cooled to a safe temperature level.

3.5 Les valeurs maximales (fournies par le constructeur) pour les courants et les tensions de l'inducteur ne doivent pas dépasser les valeurs prévues pour les schémas de connexions et les fréquences sélectionnés.

3.6 La conception de l'inducteur doit prendre en compte les forces électromagnétiques concentrées dues aux valeurs élevées du courant basse fréquence dans les bobines pouvant entraîner des vibrations et des concentrations locales du champ.

3.7 La connexion au réseau d'alimentation doit assurer une connexion sûre même dans les conditions pouvant se présenter dans l'environnement ou pendant l'exploitation, par exemple humidité, poussière métallique, haute température et vibrations.

3.8 L'inducteur doit être conçu et réalisé pour respecter les contraintes d'exploitation et d'environnement, par exemple, la présence de projection d'eau, de vapeur et de rayonnement thermique.

3.9 *Sphère d'influence de l'inducteur*

L'influence des champs électromagnétiques doit être prise en considération lors de la conception des composants avoisinant l'inducteur. Outre un matériel conforme, d'autres mesures peuvent être nécessaires, telles que la protection par écran, l'isolation, le refroidissement forcé et l'empêchement de boucle métallique fermée pour maintenir les influences électromagnétiques et thermiques à l'intérieur de limites admissibles.

NOTE – Le champ électromagnétique mouvant pour le brassage ou le transport peut être réalisé en utilisant des inducteurs polyphasés ou plusieurs inducteurs monophasés. Les deux types d'inducteurs peuvent être alimentés par une alimentation polyphasée ou plusieurs alimentations monophasées avec différents déphasages.

4 Condensateurs

4.1 Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour une décharge rapide des condensateurs qui peuvent présenter des dangers au toucher, même lorsqu'ils ont été mis hors service.

Une notice d'avertissement doit être placée à un endroit bien visible pour indiquer que cette décharge doit être effectuée avant la manipulation des condensateurs.

4.2 Pour les condensateurs connectés en permanence, en parallèle avec la bobine d'inducteur ou le transformateur, un tel système de décharge peut être omis.

Lorsque les condensateurs connectés en parallèle à un inducteur ou à un transformateur sont seulement déconnectés dans les conditions de mise hors circuit, le dispositif de décharge peut être omis à condition qu'un laps de temps suffisant s'écoule pour la décharge, entre le moment de la coupure de l'alimentation et celui de l'ouverture de l'interrupteur du condensateur.

NOTE – S'il y a un risque de charge des condensateurs à courant continu, le dispositif de décharge est indispensable.

4.3 Les condensateurs qui sont connectés en charge ou connectés à travers des fusibles extérieurs doivent avoir des dispositifs de décharge.

4.4 Un dispositif de décharge ne remplace pas la mise en court-circuit des bornes du condensateur et la mise à la terre préalable de ce dernier.

3.5 The maximum values (given by the manufacturer) for inductor currents and voltages shall not be exceeded according to the selected circuit design and frequencies.

3.6 The design of the inductor shall take into account the concentrated electromagnetic forces due to the high values of low-frequency current in the coil(s) that can produce vibrations and local field concentrations.

3.7 The connection to the supply lines shall be designed so as to ensure a safe connection even under the prevailing conditions of environment and operation, e.g. humidity, metallic dust, high temperature and vibrations.

3.8 The inductor shall be designed and manufactured so as to meet the difficult operational and environmental requirements, e.g. the presence of water spray, steam and heat radiation.

3.9 *Sphere of influence of the inductor*

When designing components which are in the vicinity of the inductor, the influence of electromagnetic fields shall be taken into consideration. Apart from suitable material and shape, further measures might be required such as screening, insulation, forced cooling and avoidance of closed metallic loops in order to keep the electromagnetic and thermal influences within admissible limits.

NOTE – The electromagnetic moving field for stirring or transport may be achieved by using polyphase or several single-phase inductors. Both types of inductors may be fed by polyphase or several single-phase current supplies with different phase shifts.

4 Capacitors

4.1 All necessary precautions shall be taken to rapidly discharge capacitors which may be dangerous to touch even after they have been switched off.

A warning notice shall be displayed in a prominent position stating that the discharge has to be effected before handling the capacitors.

4.2 For capacitors permanently connected in parallel to an inductor coil or to a transformer, the discharge device may be dispensed with.

Where capacitors are connected in parallel to an inductor or to a transformer and are disconnected only in the off-load condition, the discharge device may be dispensed with, providing that sufficient time delay occurs for the discharge between switching off the supply and opening the capacitor switch.

NOTE – If there is a risk of d.c. charging, the discharge device is indispensable.

4.3 Capacitors which are switched on load or connected via external fuses shall have discharge facilities.

4.4 A discharge device is not a substitute for short-circuiting or earthing the capacitor terminals before handling.

NOTE – Même si un dispositif de décharge a fonctionné, une charge résiduelle peut parfois subsister aux interconnexions de condensateurs branchés en série en raison de la fusion de fusibles, de connexions internes interrompues, de différences de valeurs de capacités ou de recharge des diélectriques à partir des composantes continues provenant de la charge précédente.

4.5 Les condensateurs à basse fréquence doivent être connectés par l'intermédiaire de dispositifs de protection. Lorsque des dispositifs de protection internes, par exemple des fusibles, sont utilisés, des moyens extérieurs de protection peuvent être superflus. Les condensateurs pour moyenne fréquence peuvent être connectés sans dispositifs de protection.

4.6 Pour les condensateurs refroidis par liquide, la température du condensateur doit être enregistrée à l'aide d'un dispositif équipé d'une alarme automatique. Si les systèmes de refroidissement de plusieurs condensateurs sont connectés en série, il peut suffire de relever la température du condensateur au point de sortie du réfrigérant. Lorsque différentes unités de condensateurs sont manoeuvrées individuellement, les dernières unités en connexion-série dans le circuit de refroidissement doivent rester connectées en permanence au circuit électrique ou être connectées en dernier.

4.7 Au lieu de la température du condensateur, la température du liquide de refroidissement au point de sortie ou la valeur du flux de chaque circuit de refroidissement ou la pression intérieure de chaque enveloppe peuvent être mesurées.

5 Sources d'alimentation à fréquence du réseau

Les prescriptions de l'article 5 de la CEI 60519-3 sont applicables.

6 Convertisseurs rotatifs de fréquence

Les prescriptions de l'article 6 de la CEI 60519-3 sont applicables.

7 Convertisseurs statiques de fréquence

7.1 Les convertisseurs statiques de fréquence doivent être protégés aux bornes d'entrée pour éviter des surtensions transitoires susceptibles de se produire lors de manoeuvres de l'alimentation électrique afin de s'assurer que la sécurité est maintenue.

7.2 Les convertisseurs statiques de fréquence doivent avoir une protection à action rapide contre les surtensions et les courants trop élevés.

7.3 Des mesures supplémentaires doivent être prises pour éviter l'apparition de tensions transitoires dangereuses dues à une variation rapide de la charge.

8 Multiplicateurs ferromagnétiques de fréquence

Les prescriptions de l'article 8 de la CEI 60519-3 sont applicables.

9 Appareillage de connexion

9.1 Les prescriptions de 9.1 de la CEI 60519-3 sont applicables.

9.2 La conception d'un interrupteur fonctionnant hors charge doit tenir compte des caractéristiques de décharge du système (comprenant convertisseurs, transformateurs, réactances, condensateurs, etc.).

NOTE – Even after a discharge device has operated, a residual charge may sometimes be left at the interconnections of series-connected capacitors due to blown fuses, interrupted internal connections, differences of the capacitance values or dielectric recharging from d.c. components of the previous charge.

4.5 Capacitors for low frequencies shall be connected via protective devices. Where internal protection devices, e.g. fuses are employed, external means of protection can be dispensed with. Capacitors for medium frequencies may be connected without protective devices.

4.6 In the case of liquid-cooled capacitors, the capacitor temperature shall be monitored by a device fitted with an automatic alarm. If the cooling systems of several capacitors are connected in series, it will suffice to monitor the temperature of the capacitor at the outlet end. Where the capacitor units are individually switched, the last unit in the series-connected cooling circuit shall be permanently connected in the electrical circuit, or be the last unit to be connected.

4.7 Instead of the capacitor temperature, the temperature of the coolant at the outlet point or the rate of flow of each cooling circuit or internal pressure of each casing may be monitored.

5 Mains frequency power sources

The requirements of clause 5 of IEC 60519-3 apply.

6 Motor-alternator frequency converters

The requirements of clause 6 of IEC 60519-3 apply.

7 Solid-state frequency converters

7.1 Solid-state frequency converters shall be protected at the input terminals to prevent overvoltages which may occur during switching operations on the supply side, ensuring that safety is maintained.

7.2 Solid-state frequency converters shall have quick-acting overvoltage and overcurrent protection.

7.3 Additional measures shall be taken to avoid the occurrence of dangerous transient voltages due to rapid changes of load power.

8 Ferromagnetic frequency multipliers

The requirements of clause 8 of IEC 60519-3 apply.

9 Switchgear

9.1 The requirements of 9.1 of IEC 60519-3 apply.

9.2 Design of off-load operated switchgear shall take into account the discharge characteristics of the system (comprising converters, transformers, reactances and capacitors, etc.)

9.3 La conception d'un interrupteur doit tenir compte des caractéristiques de décharge du système (comprenant convertisseurs, transformateurs, réactances, condensateurs, etc.).

9.4 Lorsque les condensateurs sont mis en charge, les éléments suivants doivent, entre autres, être pris en considération pour le choix du dispositif de coupure ou du mode de coupure:

- lors de l'enclenchement, des pointes de courant à haute fréquence peuvent apparaître;
- lors de l'enclenchement, des niveaux critiques de surtension dus à l'onde de rétablissement doivent être évités.

10 Câbles, conducteurs et jeux de barres

10.1 Les câbles, les conducteurs et les jeux de barres doivent être dimensionnés pour éviter un échauffement inadmissible en tenant compte de l'amplitude et de la fréquence des courants qui les traversent.

NOTE – Les tableaux des valeurs de courants admissibles pour la fréquence fondamentale (50 Hz/60 Hz) ne sont généralement pas applicables pour les installations fonctionnant à des fréquences plus hautes.

Dans le cas de branchements en parallèle il faut prendre soin d'éviter la surchauffe des conducteurs individuels par une répartition inégale du courant.

10.2 Lorsque des câbles, des conducteurs et des jeux de barres sont à refroidissement forcé, les dispositions indiquées en 6.2.8, 6.5.1 et 6.5.2 de la CEI 60519-1 s'appliquent.

10.3 Des protections individuelles contre les surintensités peuvent être omises pour les connexions internes entre composants, tels les convertisseurs, les transformateurs, les condensateurs, les interrupteurs, les inducteurs, à condition que de telles connexions soient protégées contre les courts-circuits et les défauts à la terre.

NOTE – On admet que cela peut être le cas pour des câbles ou des systèmes utilisant des conducteurs statiques ou de simples bobines avec lesquels des contacts avec d'autres parties actives (également avec des parties mises à la terre), ne sont pas possibles du fait des distances dans l'air, de la pose des conducteurs dans des conduits séparés en matériau isolant ou en utilisant des câbles conducteurs considérés comme protégés par leur conception contre les courts-circuits.

La mesure assurant la protection contre les courts-circuits mentionnée ci-dessus peut être omise pour les installations à moyenne fréquence si une protection suffisante contre les courts-circuits est assurée par la conception des convertisseurs de fréquence, par exemple, les convertisseurs statiques de fréquences.

10.4 Les câbles et les conducteurs qui composent la partie chauffante sont normalement pourvus d'une isolation qui doit résister à de fortes contraintes mécaniques et thermiques. Dans la majorité des cas, cette isolation est insuffisante pour la protection contre les chocs électriques. Pour cette raison, des mesures doivent être prises pour éviter les contacts accidentels avec des câbles et conducteurs en exploitation, dans le cas où la tension de contacts admissible (voir 14.1.1) serait dépassée.

10.5 Il faut tenir compte pour le choix des câbles ou des connexions pour l'alimentation de l'inducteur, de l'effet de rayonnement et de la présence d'eau ou de vapeur. Des mesures spéciales peuvent être nécessaires pour les protéger, par exemple, par écran, par refroidissement forcé ou par recouvrement.

11 Refroidissement par un liquide (voir 6.5 de la CEI 60519-1)

11.1 Les prescriptions de 11.1 de la CEI 60519-3 ne sont pas applicables.

11.2 Les prescriptions de 11.2 de la CEI 60519-3 sont applicables.

9.3 Design of switchgear shall take into account discharge characteristics of the system (comprising converters, transformers, reactances, capacitors, etc.).

9.4 When switching capacitors on-load, the following points among others shall be considered when a choice of switching device or method is made:

- when switching on, high-current peaks at high frequency may occur;
- when switching off, critical levels of overvoltage, as a result of restriking of the switching device, shall be avoided.

10 Cables, wires and busbars

10.1 Cables, wires and busbars shall be dimensioned so that inadmissible heating is avoided, taking into account the magnitude and frequency of their current loading.

NOTE – Tables of cable current-carrying values relevant for mains frequency (50 Hz/60 Hz) are generally not applicable for installations working at higher frequencies.

In the case of parallel connections, care shall be taken to avoid over-heating of individual conductors due to unequal sharing of current.

10.2 Where cables, wires or busbars are forced cooled, the provisions given in 6.2.8, 6.5.1 and 6.5.2 of IEC 60519-1 shall apply.

10.3 Individual overcurrent protection devices may be dispensed with for internal connections between components such as converters, transformers, capacitors, switchgear and inductors, provided such connections are short-circuit and earth-leakage proof.

NOTE – This is deemed to be the case with cables or arrangements of solid wires or single cores where contact with one another (also with earthed parts) is prevented by using sufficient clearances, spacers or insulating shims, by laying the conductors in separate conduits of insulating material or by using cables or wires that are considered to be short-circuit proof by their design.

The measure to ensure the short-circuit arrangement strength mentioned above can be dispensed with for medium-frequency installations if sufficient short-circuit protection is provided by the design of the frequency converter, e.g. solid state converters.

10.4 Cables and wires which are part of the heating section are normally provided with an insulation that shall resist high mechanical and thermal stresses. In the majority of cases this insulation is insufficient for protection against electric shock. For this reason, measures shall be taken for the prevention of inadvertent contact with these cables and wires during operation in case the permissible touch voltage (see 14.1.1) is exceeded.

10.5 When choosing cables or leads to feed the inductor, the effect of heat radiation and the presence of water or steam shall be taken into account. There may be a need for special measures to protect them, e.g. screening, forced cooling or casings.

11 Liquid cooling (see 6.5 of IEC 60519-1)

11.1 The requirements of 11.1 of IEC 60519-3 do not apply.

11.2 The requirements of 11.2 of IEC 60519-3 apply.

11.3 Certains composants refroidis par eau (par exemple des inducteurs avec enceintes refroidies par eau) sont particulièrement sensibles à la pression. En dérogation aux prescriptions de 6.5.4 de la CEI 60519-1, de tels éléments ne nécessitent d'être dimensionnés que pour la pression nominale, alors que les raccordements d'eau doivent pouvoir supporter 1,5 fois la pression nominale.

11.4 L'eau utilisée pour le refroidissement des parties actives et des circuits magnétiques doit être d'une qualité particulièrement élevée et ne doit pas contenir de poussières ou de particules ferromagnétiques.

11.5 Lors de l'ouverture d'un circuit de refroidissement, par exemple pour changer l'inducteur, il faut prendre garde d'éviter toute contamination de l'eau.

11.6 Lorsque le refroidissement par eau est utilisé pour la dissipation des pertes électriques et pour protéger l'inducteur et/ou les câbles ou les connexions contre la chaleur rayonnée par la charge, le flux d'eau doit être maintenu même après coupure de l'alimentation, jusqu'à ce que le danger dû à la chaleur soit écarté.

12 Plaque signalétique (voir article 8 de la CEI 60519-1)

Les principaux composants des installations pour brassage, transport et coulée électromagnétique (par exemple, les inducteurs) doivent avoir leurs plaques signalétiques individuelles.

13 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite pour les installations de moyenne fréquence ne sont pas nécessairement les mêmes que celles utilisées pour la fréquence industrielle (50 Hz/60 Hz).

Lorsque des valeurs réduites sont prévues, par exemple pour les convertisseurs à moyenne fréquence, des mesures doivent être prises pour éviter les amorçages pouvant remettre en cause la sécurité.

14 Protection contre les chocs électriques (voir article 12 de la CEI 60519-1)

14.1 Protection contre les contacts directs (voir article 412 de la CEI 60364-4-41)

14.1.1 Tension de contact admissible en fonction de la fréquence

La limite de la tension de contact admissible est fonction de la fréquence et augmente avec la fréquence. Les niveaux limites recommandés sont à l'étude. Lorsque sur ce sujet des normes nationales existent, elles doivent s'appliquer.

NOTE – Il convient de prendre des précautions lorsqu'une tension de plus haute fréquence est modulée par une fréquence plus basse.

14.1.2 Toutes les parties de l'installation de brassage, de transport et de coulée électromagnétique comprenant des équipements électriques, par exemple des condensateurs, des inductances, des transformateurs, des bobines d'induction, des interrupteurs, des câbles et des jeux de barres, doivent être disposées à l'intérieur d'une enveloppe ou être protégés de manière adéquate contre les contacts directs. Il ne doit pas être possible d'ouvrir les portes ou d'enlever les couvercles donnant accès à ces parties d'équipement à des tensions de niveau 2 et 3 sans l'utilisation d'un outil, par exemple, un tournevis ou à l'aide d'une serrure. Les portes doivent être ouvertes et les couvercles enlevés uniquement par des personnes autorisées.

11.3 Certain water-cooled elements (e.g. inductors with water-cooled housing) are extremely sensitive to pressure. Deviating from the requirements of 6.5.4 of IEC 60519-1, such elements need only be designed for their rated pressure, whereas their water connections shall tolerate 1,5 x rated pressure.

11.4 Water used for cooling of live parts and magnetic cores shall be of particularly high quality and shall not contain dirt and/or ferromagnetic particles.

11.5 When opening the cooling circuit, e.g. when changing the inductor, care shall be taken to avoid any contamination of the water.

11.6 Where the water cooling is employed to dissipate the electrical losses and, in addition, to protect the inductor and/or the cables or leads against radiated heat from the charge, the flow of water shall remain even with the electric power switched off until there is no longer a heat hazard.

12 Rating plate (see clause 8 of IEC 60519-1)

The principal components of electromagnetic stirring, transport and pouring installations (e.g. inductors) shall have individual rating plates.

13 Clearance and creepage distances

The clearance and creepage distances employed for medium-frequency installations are not necessarily the same as used for mains frequency (50 Hz/60 Hz).

Where reduced values are employed, for example for medium-frequency converters, measures shall be taken to prevent flashovers impairing safety.

14 Protection against electric shock (see clause 12 of IEC 60519-1)

14.1 Protection against direct contact (see clause 412 of IEC 60364-4-41)

14.1.1 Permissible touch voltages as a function of frequency

The limit of permissible touch voltage is a function of frequency; this limit increases with frequency. Recommended limit levels are under consideration, and where national standards exist they shall apply.

NOTE – Care should be taken where a higher frequency voltage is modulated by one of a lower frequency.

14.1.2 All parts of the electromagnetic stirring, transport and pouring installations having electrical equipment, for example capacitors, reactors, transformers, induction coils, switchgear, cables and busbar connections, shall be located inside enclosures or be otherwise adequately protected against direct contact. It shall not be possible to open the doors or remove the covers giving access to those parts of the equipment with voltages of bands 2 and 3 without the use of a tool, for example a spanner or a lock. Doors shall be opened and covers shall be removed only by authorized persons.

14.1.3 Les conducteurs actifs à des tensions de niveau 2 et 3 doivent être inaccessibles, excepté dans les conditions suivantes:

Tensions de niveau 2: accès seulement pour des personnes autorisées. Pour les tensions du niveau 3, des dispositions doivent être prises lors de la construction de l'équipement pour empêcher des contacts accidentels par des personnes autorisées recherchant des défauts, effectuant des essais ou des réparations. Ceci peut être réalisé, par exemple, au moyen d'une ou de plusieurs méthodes, comme suit:

a) par l'utilisation de couvercles fixés par écrous

l'accès est seulement possible lorsque l'alimentation est coupée;

b) par des portes à charnières verrouillables ou des écrans intérieurs à charnières:

un interrupteur à action positive, non réenclenchable doit être prévu pour assurer que la porte est fermée avant remise sous tension, et des dispositions doivent être prises pour les traversées, conformément aux spécifications les concernant, pour le raccordement externe à des appareils d'essai;

c) par des écrans internes et l'isolation:

les écrans internes fixes ou l'isolation doivent être utilisés en position de couverture des parties lorsque des points d'essais sous tension sont nécessaires; l'écran doit avoir des trous ou des fentes dont les dimensions permettent uniquement l'insertion d'échantillons d'essais.

14.1.4 Les fiches et prises de courant, etc. accessibles pour courant continu ou courant alternatif, ou pour des tensions à basse ou moyenne fréquence au-dessus de 500 V ne doivent pas être interchangeables mais doivent être au préalable automatiquement coupées si l'installation est en service afin d'éviter un danger pour le personnel. Cela peut être réalisé par des verrouillages mécaniques.

14.2 *Protection contre les contacts indirects* (voir article 413 de la CEI 60364-4-41)

14.2.1 *Tension de contact admissible en fonction de la durée et de la fréquence*

Comme indiqué en 14.1.1, la tension de contact admissible augmente avec la fréquence. Cela doit être pris en compte en partant des valeurs existantes pour les niveaux limites à la fréquence industrielle, le courant continu et pour la tension du domaine 2 suivant 413.1.1.3, figure 41A et tableau 41B de la CEI 60364-4-41 (voir annexe A).

La tension de contact admissible en fonction de la fréquence pour contacts continus est identique à la tension de contact admissible pour les contacts directs (voir 14.1.1).

Les niveaux limites pour les tensions de niveau 3 ainsi que pour les fréquences autres que la fréquence industrielle sont à l'étude.

14.2.2 La résistance électrique de l'isolation des parties de l'installation de brassage, de transport et de coulée électromagnétique varie avec le cycle du procédé en raison du changement de la température, de l'isolation électrique, du garnissage et des composants électriques; ainsi les condensateurs, les enroulements refroidis à eau sont dépendants de la température et de la qualité de l'eau employée.

Une valeur minimale de la résistance d'isolation électrique n'est normalement pas indiquée; il est donc nécessaire de prendre en compte ces variations en fixant les niveaux de fonctionnement des dispositifs de protection, par exemple, la détection du courant de fuite à la terre, au moment de la mise en service de l'installation.

14.1.3 Live conductors at voltage bands 2 and 3 shall be inaccessible except where the following conditions exist:

Voltages in band 2: access only by authorized persons. In addition, for voltages in band 3 the design shall be such as to prevent inadvertent contact by authorized persons who are carrying out fault-finding, testing and repair. This may be achieved, for example, by one or more of the following methods.

a) Use of bolted-on covers

Access is only possible with the power switched off.

b) Hinged lockable doors or hinged internal screens

A positively operated, non-resettable safety switch shall be fitted to ensure that the door is closed before restoration of power and means provided to bring out leads of appropriate specification to externally connected test instrumentation.

c) Internal screens and insulation

Internally fixed screens or insulation shall be employed covering positions where voltage test points are required; the screen shall have holes or slots whose dimensions allow insertion of test probes.

14.1.4 Accessible plugs and sockets, etc., for d.c., a.c. low- or medium-frequency voltages greater than 500 V shall not be interchangeable and shall be automatically switched off before or when the installation is in use to avoid hazard of safety to personnel; this may be achieved by use of mechanical interlocks.

14.2 *Protection against indirect contact* (see clause 413 of IEC 60364-4-41)

14.2.1 *Permissible touch voltage as a function of duration and frequency*

As stated in 14.1.1 the permissible touch voltage increases with frequency. This shall be taken into consideration when drawing information from the existing values of limit levels for mains frequency, d.c. and voltage band 2 given in 413.1.1.3, figure 41A and table 41B of IEC 60364-4-41 (see appendix A).

The permissible touch voltage as a function of frequency for continuous contact is identical with the permissible touch voltage for direct contact (see 14.1.1).

Limit levels for voltage band 3 and for frequencies other than mains frequency are under consideration.

14.2.2 The electrical insulation resistance of parts of the electromagnetic stirring, transport and pouring installations varies throughout the process cycle due to changes of temperature, the electrical insulation, lining and electrical components, for example, capacitors and water-cooled windings are dependent on the temperature and quality of the water employed.

A value of minimum electrical insulation resistance is normally not given and therefore it is necessary to take these variations into account when setting the operating levels of protective devices, for example earth-leakage detection at the time of commissioning the installation.

Les installations de brassage, de transport et de coulée électromagnétique ont souvent des courants de fuite très élevés. Une séparation galvanique du circuit principal d'alimentation peut devenir nécessaire.

14.2.3 Les mesures de protection par mise à la terre du point étoile ou la liaison équipotentielle à la terre doivent être appliquées.

14.3 Prescriptions particulières

14.3.1 Des bagues ou bracelets métalliques ne doivent pas être portés par le personnel près de champs magnétiques importants à basse et moyenne fréquence (par exemple au voisinage des inducteurs).

14.3.2 La zone des champs de fuite de l'inducteur doit être inaccessible au personnel si les limites de l'intensité du champ magnétique ou du temps d'exposition sont dépassées.

Les personnes portant des implants électroniques ou métalliques (par exemple stimulateurs cardiaques ou prothèses métalliques) ne doivent pas pénétrer dans la zone de l'inducteur pendant qu'il est en service. Une notice de mise en garde doit être mise en place.

14.4 Dispositions en vue de la mise à la terre (voir 12.4 de la CEI 60519-1)

14.4.1 Si les parties actives sont reliées à la terre par l'intermédiaire de résistances, d'impédances ou de parafoudres dans une installation galvaniquement séparée de l'alimentation principale, les connexions à la terre doivent être dimensionnées thermiquement et dynamiquement pour le courant le plus élevé qui apparaît en cas de défaut. Le courant circulant dans les bornes de terre doit être contrôlé. Si la limite maximale est dépassée, une alarme doit être déclenchée et l'installation automatiquement coupée.

Ce contrôle n'est pas nécessaire dans le cas où les branchements servent à éliminer des charges électrostatiques.

14.4.2 Lorsque la mise à la terre de protection est utilisée, l'influence de la fréquence sur l'impédance de boucle formée par la source de courant, les conducteurs actifs et le système de mise à la terre doit être prise en considération.

14.4.3 Il peut être nécessaire de manipuler, en l'absence de liaison à la terre, des parties métalliques qui sont directement influencées par le champ électromagnétique. Pour éviter des boucles métalliques fermées et pour maintenir les effets électromagnétiques et thermiques et la tension de contact à l'intérieur de limites acceptables, d'autres moyens de protection doivent être prévus. Voir 12.3 de la CEI 60519-1.

Lorsque ces parties sont susceptibles d'être portées à une tension dépassant le niveau de tension de contact admissible (voir 14.2.1), l'accès au personnel d'exploitation ne doit pas être possible. Si cela ne peut être réalisé en raison des exigences d'espace ou en raison du mode d'exploitation de l'installation, la protection du personnel doit être réalisée par d'autres moyens indiqués dans les instructions d'exploitation.

14.4.4 Tous les câbles à gaine métallique, les conduits ou tuyaux traversant des parties d'une enveloppe contenant des circuits à haute tension du niveau de tension 3 doivent être mis à la terre à l'endroit où ils traversent cette enveloppe.

Electromagnetic stirring, transport and pouring installations often have considerable leakage currents. This may necessitate electrical isolation from the power supply mains.

14.2.3 The protective measure of star point grounding or prospective grounding shall be applied.

14.3 *Special requirements*

14.3.1 Metal rings and bracelets shall not be worn near strong electromagnetic fields of low and medium frequencies (e.g. in the vicinity of inductors).

14.3.2 The leakage field area of the inductor shall be kept free of personnel, if the limits of the acceptable electromagnetic field strength or exposure time are exceeded.

Personnel having electronic or metallic implants (e.g. pace-makers or metallic hip-joints) shall not enter the vicinity of the inductor during operation and a warning notice shall be displayed.

14.4 *Earthing provisions* (see 12.4 of IEC 60519-1)

14.4.1 If live parts are connected to earth via resistors, impedances or arresters in an installation which is electrically isolated from the supply mains, the earth connections shall be dimensioned thermally and dynamically for the highest current occurring in case of fault. The current flowing in these earth connections shall be monitored. If the maximum limit admissible is exceeded, an alarm shall be given and the installation switched off automatically.

Monitoring is not necessary where the connections serve to discharge electrostatic charges.

14.4.2 When using protective earthing, consideration shall be given to the frequency dependence of the loop impedance formed by the current source, the active conductors and the earthing system.

14.4.3 It may be necessary to operate, without connection to earth, metal parts which are directly influenced by the electromagnetic field. In order to avoid closed metal loops and thereby maintain electromagnetic and thermal effects and touch voltage within acceptable limits, other means of protection shall be provided. See 12.3 of IEC 60519-1.

Where these parts are liable to be at a voltage exceeding the permissible touch voltage level (see 14.2.1) access by operating personnel shall not be possible. If this cannot be achieved due to reasons of space requirements or due to the mode of operation of the installation, protection of personnel shall be ensured by other means given in the operating instructions.

14.4.4 All metallic sheathed cables, conduits or pipes passing through those parts of an enclosure containing high-voltage circuits in the voltage band 3 shall be earthed at the point where they pass through the enclosure.

14.5 Conducteurs de protection

Les matériaux autorisés pour les conducteurs de protection (de mise à la terre) pour les équipements à basse fréquence, sont le cuivre, l'aluminium ou les rubans d'acier galvanisé. Pour les équipements à moyenne fréquence, il convient d'utiliser le cuivre ou l'aluminium.

Pour le dimensionnement des surfaces de contact, il faut tenir compte du courant de décharge des condensateurs.

La profondeur de pénétration du courant décroît avec l'augmentation de la fréquence. Cela doit être pris en compte dans le dimensionnement de la section du conducteur de protection.

14.5.2 Lorsqu'en raison du mode d'exploitation, un changement fréquent de l'inducteur est possible, une attention particulière doit être portée à la liaison sûre et fiable des parties de la gaine métallique de l'inducteur avec les autres parties ainsi qu'au conducteur de protection à la terre.

14.5.3 Il existe un courant permanent circulant dans le conducteur de protection de terre en raison du courant de fuite en exploitation qui doit être pris en considération lorsqu'on procède au dimensionnement. La mesure du courant de fuite est recommandée lorsque l'installation le permet.

15 Perturbations radioélectriques

Il convient d'éviter les perturbations radioélectriques lors du fonctionnement des installations de brassage, de transport et de coulée électromagnétique. Des directives peuvent être données par des normes nationales ou internationales.

16 Instructions d'exploitation

16.1 Si des installations de brassage, de transport ou de coulée électromagnétique de métaux liquides sont exploitées avec une fréquence réglable, des mesures adéquates doivent être prises de façon sûre pour que la plage de fréquence ne soit pas franchie par le haut ou par le bas.

16.2 Si dans des installations de brassage, de transport, de coulée électromagnétique de métaux liquides, différents courants maximaux sont possibles, dépendants par exemple de la fréquence, des dispositifs de surveillance individuels sont prévus pour assurer les mesures de protection convenables.

16.3 Pour les unités de brassage de lingots, il faut s'assurer que l'opération de démarrage de l'installation de brassage est seulement mise en service lorsque le lingot froid est en dehors de la sphère d'influence du champ électromagnétique.

16.4 Pour les installations fonctionnant à basse fréquence sans circuit intermédiaire à courant continu, les influences particulières sur le système d'alimentation doivent être prises en compte, par exemple, des pulsations de puissance.

14.5 *Protective conductors*

14.5.1 The permissible material for protective (grounding) conductors for low-frequency equipment is copper, aluminium or galvanized steel strip. For medium-frequency equipment, copper or aluminium should be used.

When dimensioning the cross-sectional areas, due consideration shall also be given to the discharge current of capacitors.

The penetration depth of the current decreases with increasing frequency. This shall be taken into consideration when dimensioning the cross-sectional area of the protective conductor.

14.5.2 Because frequent change of inductor(s) is possible due to the mode of operation, special consideration shall be given to a safe and reliable connection of parts of the metal inductor sheathing between each other and in addition to the protective earth conductor.

14.5.3 There is a constant load on the protective earth conductor caused by an operational leakage current which shall be taken into consideration when determining the dimensions. Monitoring of the leakage current is recommended provided that the plant provides the possibility to do so.

15 **Radio interferences**

Care should be taken to avoid radio interferences when electromagnetic stirring, transport and pouring equipment is operated. Guidance may be given by national or international standards.

16 **Operation instructions**

16.1 If installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals are operated with adjustable frequency, suitable measures shall be taken to ensure that the permissible frequency range is not exceeded or fallen below.

16.2 If for installations for electromagnetic stirring, transport or pouring of liquid metals different maximum currents are permitted, e.g. depending on the frequency, individual monitoring devices are to be provided to assure suitable protective measures.

16.3 For ingot stirring units it shall be ensured that during starting operation the stirring plant is only switched on when the cold ingot is beyond the sphere of influence of the electromagnetic field.

16.4 For the operation of low-frequency installations without intermediate d.c. circuit, the particular influences on the supply system shall be taken into account, e.g. pulsation of power.

Annexe A (normative)

Règles particulières pour les installations pour coulée électromagnétique

A.1 Des mesures de protection doivent être prévues pour donner l'alerte et mettre hors circuit l'installation en cas de défaut mettant en danger le personnel, l'installation ou le processus.

A.2 Un dysfonctionnement du système de coulée électromagnétique peut résulter d'une fuite de métal non contrôlable par des mesures électriques. De ce fait, la sécurité du personnel doit être assurée par des mesures autres qu'électriques.

Annex A (normative)

Specific requirements for electromagnetic pouring equipment

A.1 Protective measures shall be provided to give alarm and de-energize the equipment in the event of a failure with danger for personnel, equipment or processing.

A.2 Malfunction of the electromagnetic pouring system may result from a run-out of metal which is not controllable by electrical measures. For this reason, safety of personnel shall be ensured by means other than electrical ones.

Annexe B **(normative)**

Règles particulières pour les installations électromagnétiques avec garnissage

B.1 Garnissage

B.1.1 Du métal en fusion franchissant le garnissage de l'inducteur représente un danger pour le personnel et l'installation. L'épaisseur du garnissage varie au cours de sa durée en exploitation. D'ailleurs, il peut se produire des détériorations soudaines, par exemple à la suite de chocs thermiques ou mécaniques.

B.1.2 L'état du garnissage de l'inducteur doit être vérifié à des intervalles raisonnables. La vérification peut s'effectuer par:

- l'évaluation des valeurs électriques de l'installation;
- l'inspection visuelle;
- la vérification de la condition du garnissage en différents endroits;
- le contrôle de la température (enceinte de l'inducteur et liquide de refroidissement).

B.1.3 Pour assurer la sécurité du personnel et réduire le risque de dommage à l'installation électromagnétique, il est recommandé de prévoir des dispositifs d'alarme et de mise hors tension de l'alimentation de l'installation électromagnétique en cas de risque de franchissement du garnissage réfractaire.
