

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60519-3

Deuxième édition
Second edition
1988-04

Sécurité dans les installations électrothermiques

**Troisième partie:
Règles particulières pour les installations
de chauffage par induction et par conduction
et pour les installations de fusion par induction**

Safety in electroheat installations

**Part 3:
Particular requirements for
induction and conduction heating and
induction melting installations**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60519-3: 1988

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60519-3

Deuxième édition
Second edition
1988-04

Sécurité dans les installations électrothermiques

**Troisième partie:
Règles particulières pour les installations
de chauffage par induction et par conduction
et pour les installations de fusion par induction**

Safety in electroheat installations

**Part 3:
Particular requirements for
induction and conduction heating and
induction melting installations**

© IEC 1988 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

S

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE.....	4
PREFACE	4
 Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Terminologie	6
3. Inducteur de chauffage	8
4. Condensateurs	10
5. Sources d'alimentation à fréquence du réseau	12
6. Convertisseurs rotatifs de fréquence	12
7. Convertisseurs statiques de fréquence	14
8. Multiplicateurs ferromagnétiques de fréquence	14
9. Appareillage de connexion	14
10. Câbles, fils et jeux de barres	16
11. Refroidissement par un liquide (voir Publication 519-1 de la CEI, paragraphe 6.5)	18
12. Plaque signalétique (voir Publication 519-1 de la CEI, article 8).....	18
13. Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	18
14. Protection contre les chocs électriques (voir Publication 519-1 de la CEI, article 12)	20
15. Perturbations radioélectriques	26
SECTION A: Règles spécifiques aux installations de chauffage par induction et par conduction	28
SECTION B: Règles spécifiques aux installations de fusion par induction.....	34
ANNEXE A - Tension de contact admissible en fonction de la durée	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Inductor	9
4. Capacitors.....	11
5. Mains frequency power sources	13
6. Motor-alternator frequency converters	13
7. Solid state frequency converters.....	15
8. Ferromagnetic frequency multipliers.....	15
9. Switchgear	15
10. Cables, wires and busbars	17
11. Liquid cooling (see IEC Publication 519-1, Sub-clause 6.5)	19
12. Rating plate (see IEC Publication 519-1, Clause 8).....	19
13. Clearance and creepage distances.....	19
14. Protection against electric shock (see IEC Publication 519-1, Clause 12)	21
15. Radio-interferences	27
SECTION A: Specific requirements for induction and conduction heating installations	29
SECTION B: Specific requirements for induction melting installations	35
APPENDIX A - Admissible touch voltage as a function of duration .	41

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SECURITE DANS LES INSTALLATIONS ELECTROTHERMIQUES

Troisième partie: Règles particulières pour les installations
de chauffage par induction et par conduction et pour
les installations de fusion par induction

PREAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette publication remplace la première édition parue en 1975.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux mois	Rapport de vote
27(BC)81	27(BC)84	27(BC)86	27(BC)88

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n^{os} 50(841) (1983): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 841: Electrothermie industrielle.
- 364-4-41 (1982): Installations électriques des bâtiments, Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.
- 519-1 (1984): Sécurité dans les installations électrothermiques, Première partie: Règles générales.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONSPart 3: Particular requirements for induction and conduction
heating and induction melting installations

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 27: Industrial electroheating equipment.

This publication replaces the first edition published in 1975.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
27(C0)81	27(C0)84	27(C0)86	27(C0)88

Further information can be found in the relevant Reports indicated in the table above.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publication Nos. 50(841) (1983): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 841: Industrial Electroheating.
- 364-4-41 (1982): Electrical installations of buildings, Chapter 41: Protection against electric shock.
- 519-1 (1984): Safety in electroheat installations, Part 1: General requirement.

SECURITE DANS LES INSTALLATIONS ELECTROTHERMIQUES

Troisième partie: Règles particulières pour les installations de chauffage par induction et par conduction et pour les installations de fusion par induction

1. Domaine d'application

1.1 La présente norme doit être lue conjointement avec la Publication 519-1 de la CEI.

1.2 Elle comprend:

- une section générale recouvrant les règles communes aux installations de chauffage par induction et conduction et aux installations de fusion par induction, et
- deux sections A et B donnant les règles spécifiques à chaque type d'installation.

1.3 *La présente norme est applicable*

- aux installations de chauffage des solides par induction et par conduction à basse, moyenne et haute fréquences. (L'utilisation du courant continu est également prévue pour le chauffage par conduction);
- aux installations de fusion, maintien en température ou surchauffe, par induction à basse, moyenne et haute fréquences,
- et aux parties de l'installation électrothermique servant au transport ou au déplacement et susceptibles d'être soumises à l'influence de la section de chauffage.

Exemples d'application:

Installations de chauffage par induction et par conduction de brames, billettes, barres, feuillards, fils, tubes, rivets, etc., pour formage à chaud et traitement thermique ultérieurs.

Installations comportant des fours à induction à creuset ou à canal.

2. Terminologie

Note.- Les termes relatifs à cette publication sont définis dans les Publications 519-1 et 50(841) de la CEI.

Les termes relatifs à la présente norme, qui ne sont pas encore définis dans la Publication 519-1 mais sont considérés comme essentiels, sont définis comme suit:

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONS

Part 3: Particular requirements for induction and conduction heating and induction melting installations

1. Scope

1.1 This standard shall be read in conjunction with IEC Publication 519-1.

1.2 It consists of:

- a general section covering requirements common to both induction and conduction heating installations and induction melting installations and,
- two sections, A and B, giving specific requirements for each type of installation.

1.3 *The standard applies to*

- installations for induction and conduction heating of solids, at low, medium and high frequencies. (For conduction heating, use of direct current is also included);
- installations for induction melting, holding and superheating at low, medium and high frequencies;
- those parts of the conveying or handling equipment of the electro-heat installation, which are within the influence of the heating section.

Examples of application:

Installations for induction and conduction heating of slabs, billets, rods, strip, wire, tubes, rivets, etc., for subsequent hot forming and heat treatment.

Installations with induction crucible furnaces or induction channel furnaces.

2. Definitions

Note.- Terms relating to this publication are defined in IEC Publications 519-1 and 50(841).

Terms which are not defined in IEC Publication 519-1 but considered essential for this publication are presented as follows.

2.1 *Chauffage par induction* (VEI 841-05-01, modifié)

Mode de chauffage dans lequel la chaleur est produite dans la charge par les courants créés par induction électromagnétique.

2.2 *Chauffage par conduction* (Chauffage direct par résistance)
(VEI 841-02-02 modifié)

Chauffage par résistance dans lequel le courant électrique passe dans la matière à chauffer et n'est pas créé par induction électromagnétique.

2.3 *Section de chauffage*

Partie de l'équipement dans laquelle se produit le chauffage par induction ou par conduction.

2.4 *Inducteur de chauffage* (VEI 841-05-06 modifié)

Élément (par exemple enroulement(s) d'un équipement de chauffage ou de fusion par induction) alimenté en courant alternatif et conçu pour créer le champ magnétique qui engendre les courants induits dans la charge (VEI 841-10-13).

2.5 *Système de contact*

Élément d'un poste de chauffage par conduction permettant de raccorder électriquement la charge au circuit de chauffage.

2.6 *Four à induction à creuset* (VEI 841-05-18)

Four de fusion ou de maintien à induction dans lequel la chaleur est engendrée directement dans la charge ou dans le creuset qui la contient au moyen d'un ou de plusieurs enroulements inducteurs disposés autour du creuset.

2.7 *Four à induction à canal* (VEI 841-05-19)

Four de fusion ou de maintien à induction formant un transformateur dont le circuit secondaire est constitué par du métal fondu contenu dans un canal en matériau réfractaire; ce canal est relié à une chambre munie d'un revêtement réfractaire, contenant également du métal fondu, dans laquelle on place les matériaux à fondre.

3. Inducteur de chauffage

3.1 Si tout ou partie de l'inducteur est destiné à être remplacé pour cause d'usure ou échangé pour répondre à une nouvelle exigence de production, les instructions du constructeur doivent être respectées.

3.2 Si le refroidissement de l'inducteur devient insuffisant et de ce fait peut présenter un danger pour le personnel ou entraîner une détérioration des parties essentielles de l'installation, un signal d'alarme doit être déclenché et la puissance de chauffage doit être coupée automatiquement.

2.1 *Induction heating* (IEV 841-05-01, modified)

Method of heating in which the heat is generated by currents in the charge, induced electromagnetically.

2.2 *Conduction heating* (direct resistance heating) (IEV 841-02-02 modified)

Resistance heating in which current passes through the material to be heated and is not induced electromagnetically.

2.3 *Heating section*

That part of the equipment in which heating by induction or conduction takes place.

2.4 *Inductor* (IEV 841-05-06 modified)

The component (e.g., coil(s)) of induction heating or melting equipment, carrying an alternating current and designed to create the magnetic field which induces currents in the charge (IEV 841-10-13).

2.5 *Contact system*

The component of a conduction heating work station by which the charge is electrically connected to the heating circuit.

2.6 *Induction crucible furnace* (IEV 841-05-18)

An induction melting or holding furnace in which the heat is generated directly in the charge, or in the crucible containing it by means of one or more inductor coils arranged around the crucible.

2.7 *Induction channel furnace* (IEV 841-05-19)

An induction melting or holding furnace forming a transformer whose secondary circuit comprises the molten metal contained in a channel made of refractory material and which is connected to a refractory lined chamber also containing molten metal, into which charge pieces to be heated are placed.

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 of 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 Il est recommandé d'éviter un refroidissement de l'inducteur à une température inférieure au point de rosée, susceptible d'entraîner de la condensation sur la bobine et sur ses extrémités provoquant d'éventuels courts-circuits.
- 3.4 Pour les équipements électrothermiques dont les inducteurs sont à refroidissement forcé et qui ont une charge et/ou un garnissage de capacité thermique élevée, il est recommandé d'avoir une source de secours pour assurer le refroidissement de la ou des bobines, et éventuellement de l'équipement de transport, jusqu'à ce que la charge chauffée ait été retirée et que le revêtement se soit refroidi à un niveau assurant sa sécurité.
- 3.5 La tension appliquée aux inducteurs, par exemple des bobines à prises multiples, ne doit pas dépasser la valeur prescrite par le constructeur.

4. Condensateurs

- 4.1 Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour décharger rapidement les condensateurs qu'il peut être dangereux de toucher après leur mise hors tension.

Une notice d'avertissement doit être placée à un endroit bien visible, pour indiquer que la décharge doit être effectuée avant de manipuler les condensateurs.

- 4.2 Pour les condensateurs reliés de façon permanente en parallèle à un inducteur de chauffage ou à un transformateur, un dispositif de décharge peut ne pas être prévu.

Lorsque des condensateurs reliés en parallèle à un inducteur de chauffage ou à un transformateur ne sont mis hors tension qu'en marche à vide, le dispositif de décharge peut ne pas être prévu, à condition qu'un intervalle de temps suffisant pour la décharge s'écoule entre la coupure de l'alimentation et l'ouverture de l'interrupteur de mise en service du condensateur.

Note. - S'il y a une possibilité de charge en courant continu, le dispositif de décharge est indispensable.

- 4.3 Les condensateurs qui sont commutés en charge ou raccordés par l'intermédiaire de coupe-circuit fusibles externes doivent être munis d'un dispositif de décharge.

- 4.4 Un dispositif de décharge ne se substitue pas à la mise en court-circuit des bornes des condensateurs et à leur mise à la terre avant manipulation.

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

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

3.4 For electroheat equipment with forced cooled inductors having a charge and/or lining 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 until the lining has cooled to a safe temperature level.

3.5 The voltage applied to inductors, for example, coils with tapings, shall not exceed the manufacturer's rating.

4. Capacitors

4.1 All necessary precautions shall be taken to rapidly discharge capacitors which may be dangerous to touch 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 work coil or a transformer, the discharge device may be dispensed with.

Where capacitors connected in parallel to an inductor or a transformer are disconnected only in the off-load condition, the discharge device may be dispensed with, providing a sufficient time delay occur for the discharge between switching off the supply and opening of 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 the capacitor terminals together and to earth before handling.

Note - Although 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 Les condensateurs destinés à être utilisés en basse fréquence doivent être raccordés par l'intermédiaire de dispositifs de protection. Si des coupe-circuit fusibles internes sont employés, des dispositifs de protection externes peuvent ne pas être prévus. Les condensateurs destinés à être utilisés à moyenne et haute fréquences peuvent être raccordés sans dispositifs de protection.
- 4.6 Dans le cas de condensateurs à refroidissement par liquide, la température du condensateur doit être surveillée par un dispositif muni d'une alarme automatique. Si les systèmes de refroidissement de plusieurs condensateurs sont reliés en série, il suffira de surveiller la température du condensateur placé à la sortie. Si des unités de condensateurs sont commutées individuellement, la dernière unité du circuit de refroidissement en série doit être raccordée en permanence au circuit électrique ou être la dernière unité à être déconnectée.
- 4.7 Au lieu de la température du condensateur, il est possible de surveiller celle du fluide de refroidissement au point de sortie ou le débit de chaque circuit de refroidissement.

5. Sources d'alimentation à fréquence du réseau

Dans le cas de sources à fréquence du réseau alimentant une charge monophasée à partir d'un réseau triphasé et faisant appel à des condensateurs et à des inductances pour conserver un équilibre suffisant entre les 3 courants de phase, un circuit résonnant série peut s'établir, entraînant des surtensions qui mettent en cause la sécurité si le raccordement de phase commun aux condensateurs et aux inductances du circuit d'équilibrage est mis en circuit ouvert, par exemple à la suite de la fusion d'un coupe-circuit fusible ou du défaut d'un contacteur sur la ligne.

Dans de telles conditions, des mesures doivent être prévues pour déconnecter l'alimentation, par exemple au moyen d'un disjoncteur à maximum de tension sur le circuit d'alimentation.

Les contacteurs qui commandent l'alimentation triphasée de l'ensemble condensateur-inductance doivent être conçus de manière que le contact relié au point commun de l'inductance et du condensateur se ferme rapidement lors de la mise sous tension et avec une certaine temporisation lors de la mise hors tension.

6. Convertisseurs rotatifs de fréquence

- 6.1 Dans le cas d'une diminution rapide de puissance ou d'une mise sous tension de condensateurs, la section de chauffage et le convertisseur de fréquence peuvent être le siège de tensions transitoires; ils doivent donc être conçus de manière à pouvoir les supporter.
- 6.2 Le courant d'excitation ne doit être appliqué que lorsque le convertisseur de fréquence a atteint sa vitesse de régime et que toute la séquence de démarrage a été effectuée.

- 4.5 Capacitors for low frequencies shall be connected via protective devices. Where internal fuses are employed, external means of protection can be dispensed with. Capacitors for medium and high 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 disconnected.
- 4.7 Instead of the capacitor temperature, the temperature of the coolant at the outlet point or rate of flow of each cooling circuit may be monitored.

5. Mains frequency power sources

In the case of mains frequency power sources which feed a single phase load from a three-phase supply and which employ capacitors and reactors to keep the 3 line currents in reasonable balance, series resonance causing overvoltages liable to impair safety may occur if the phase connection common to the capacitors and reactors of the balancing circuit becomes open-circuited, for example, by a blown fuse or a defective contactor in the line.

For such conditions measures shall be provided to disconnect the supply, for example, overvoltage tripping of the supply circuit breaker.

Contactors which control the three-phase supply to the reactor-capacitor combination shall be designed to ensure that the contact connected to the common point of the reactor and capacitor closes early when switching on and opens late when switching off.

6. Motor-alternator frequency converters

- 6.1 In the case of rapid power reduction or switching in of capacitors, transient voltages may occur which the heater and frequency converter shall be designed to tolerate.
- 6.2 The excitation current shall only be applied when the frequency converter has reached its operating speed and the starting sequence has been completed.

- 6.3 L'alternateur doit être muni d'un dispositif de protection contre les surintensités et les surtensions. Les dispositifs de protection doivent comprendre des constituants de caractéristiques variables en fonction du temps adaptés aux caractéristiques transitoires de l'alternateur. Des dispositifs de protection thermique ne conviennent normalement pas, du fait de leur inertie.
- 6.4 S'il apparaît un risque de pointes de tension inadmissibles, même de courte durée, des dispositifs de protection par action directe doivent être utilisés, par exemple des absorbeurs d'onde de surtension. Les alternateurs synchrones avec condensateurs en série doivent comprendre une protection appropriée, par exemple un dispositif de mise en court-circuit des condensateurs série.
- 6.5 Dans le cas de convertisseurs de fréquence sans régulation automatique de tension, la mise sous tension des condensateurs ou bien la réduction de puissance par des manoeuvres ne doivent être possibles que lorsque la valeur de tension produite est à un niveau de sécurité.

7. Convertisseurs statiques de fréquence

- 7.1 Les convertisseurs statiques de fréquence doivent être protégés, aux bornes d'entrée, contre les surtensions transitoires susceptibles de se produire lors de manoeuvres en amont, afin de s'assurer que la sécurité est maintenue.
- 7.2 Les convertisseurs statiques de fréquence doivent être munis d'un dispositif de protection à action rapide contre les surintensités et les surtensions.
- 7.3 Des mesures supplémentaires doivent être prises pour éviter l'apparition de tensions transitoires dangereuses résultant de modifications rapides de la puissance en charge.

8. Multiplicateurs ferromagnétiques de fréquence

- 8.1 Les multiplicateurs ferromagnétiques de fréquence considérés dans cette norme sont du type classique tri-monophasé.

Le multiplicateur se compose d'un couplage spécial de noyaux de réactances monophasées à saturation magnétique élevée, comme des inductances ou des transformateurs, qui doivent être conformes aux normes applicables aux transformateurs en ce qui concerne les prescriptions de refroidissement, de commande et de sécurité.

- 8.2 Du côté entrée triphasée du multiplicateur, des condensateurs et inductances doivent être connectés de manière à compenser les courants d'aimantation élevés de réactances du multiplicateur et à limiter le taux d'harmonique dans le courant d'alimentation.

9. Appareillage de connexion

- 9.1 La conception de l'appareillage de connexion en charge des convertisseurs tournants de fréquence doit tenir compte des caractéristiques de tension du convertisseur pour des diminutions brusques de la charge.

6.3 The alternator shall be provided with overcurrent and overvoltage protection. Protection devices shall include time dependent elements to match the transient characteristics of the alternator. Thermal protection devices are normally not suitable because of their inertia.

6.4 If there is a risk of voltage peaks which are inadmissible even if of short duration, direct acting protection devices shall be employed, for example surge arresters. Series-compensated frequency alternators shall include suitable protection, for example series capacitor short-circuiting devices.

6.5 In the case of frequency converters without automatic voltage control switching-in of capacitors or power reduction by switching operations shall only be possible when the generated voltage is at a safe level.

7. Solid state frequency converters

7.1 Solid state frequency converters shall be protected at the input terminals to prevent transient 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 over-voltage 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

8.1 Ferromagnetic frequency multipliers considered in this standard are of the conventional three-phase/single phase type.

The multiplier consists of a special connection of highly magnetically saturated cores of single-phase reactors, i.e., chokes or transformers, which shall comply with the standards of transformers with regard to cooling, control and safety requirements.

8.2 On the three-phase input side of a multiplier, capacitors and reactors shall be connected so as to compensate high magnetizing currents of the multiplier reactors as well as to limit the harmonic content in the supply currents.

9. Switchgear

9.1 Design of on-load operated switchgear of motor alternator frequency converters shall take into account the voltage characteristics of the converter for sudden load decreases.

- 9.2 La conception de l'appareillage de connexion pour le fonctionnement à vide doit tenir compte du comportement dans le temps des convertisseurs, des réactances (transformateurs et inductances) et des condensateurs.
- 9.3 La conception de l'appareillage de connexion doit tenir compte non seulement de la composante fondamentale du courant, mais aussi du taux d'harmoniques qui peut être produit par l'installation.
- 9.4 Pour la commutation en charge de condensateurs, les points suivants doivent, entre autres, être pris en considération lors du choix du dispositif ou du mode de connexion:
- Lors de la mise en service, des pointes importantes de courant à haute fréquence peuvent se produire.
 - Lors de la mise hors service, il faut éviter des niveaux critiques de surtension qui pourraient résulter d'un réamorçage de l'appareil de connexion.

10. Câbles, fils et jeux de barres

- 10.1 Les câbles, les fils et les jeux de barres doivent être dimensionnés de façon à éviter un échauffement inadmissible, compte tenu de l'amplitude et de la fréquence du courant qui les traverse.

Note.- Les tableaux donnant les valeurs de courants correspondant à la fréquence du réseau (50 Hz/60 Hz) ne sont généralement pas applicables aux installations exploitées à des fréquences plus élevées.

En cas de couplage en parallèle, il faut veiller à éviter la surchauffe de chaque conducteur en raison d'une répartition inégale du courant.

- 10.2 S'il est prévu des câbles, des fils ou des jeux de barres à refroidissement forcé, les dispositions des paragraphes 6.2.8, 6.5.1 et 6.5.2 de la Publication 519-1 de la CEI, sont applicables.

- 10.3 On peut se dispenser d'avoir des dispositifs de protection individuels contre les surintensités de l'installation dans le cas de raccordements internes entre composants tels que multiplicateurs de fréquence, convertisseurs de fréquence, transformateurs, condensateurs, appareillage de connexion, inductances et systèmes de contacts, à condition que ces raccordements soient protégés contre les courts-circuits et les fuites à la terre.

Note.- On considère que c'est le cas pour les câbles ou les assemblages de fils massifs ou de conducteurs isolés, pour lesquels on évite le contact entre conducteurs (ainsi qu'avec des parties mises à la terre) grâce à des distances d'isolement suffisantes, à l'utilisation d'entretoises ou de cales isolantes, à la mise en place des conducteurs dans des conduits séparés en matériau isolant, ou à l'emploi de câbles ou fils considérés comme étant, du fait de leur conception, à l'épreuve des courts-circuits.

- 9.2 Design of off-load operated switchgear shall take into account the time behaviour of the converters, reactances (transformers and reactors) and capacitors.
- 9.3 Design of switchgear shall take into account not only the fundamental component of the current, but also the harmonic content which may be produced by the installation.
- 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 so dimensioned that inadmissible heating is avoided, taking into account the magnitude and frequency of their current loadings.

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 Sub-clauses 6.2.8, 6.5.1 and 6.5.2 of IEC Publication 519-1, shall apply.
- 10.3 The installation's individual overcurrent protection devices may be dispensed with for internal connections between components such as frequency multipliers, converters, transformers, capacitors, switchgear, inductors and contact systems, 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.

Les installations à moyenne et haute fréquence peuvent ne pas avoir une telle résistance aux courts-circuits si une protection suffisante contre ces derniers est assurée par la conception du convertisseur de fréquence, par exemple s'il s'agit d'un convertisseur statique.

10.4 Les câbles et les fils, qui font partie de la section de chauffage, sont normalement munis d'une isolation qui doit résister à des contraintes mécaniques et thermiques élevées. Dans la majorité des cas, cette isolation ne suffit pas à protéger contre les chocs électriques. C'est pourquoi des mesures doivent être prises afin d'empêcher tout contact accidentel avec ces câbles et fils en cours d'exploitation, si la tension de contact admissible (paragraphe 14.1.1) est dépassée.

11. Refroidissement par un liquide (voir Publication 519-1 de la CEI, paragraphe 6.5)

11.1 On doit prendre soin d'éviter la formation de bulles dans les circuits de refroidissement de l'équipement haute fréquence, de tension du domaine 3, car elles peuvent entraîner la formation d'arcs susceptibles de détériorer le circuit de refroidissement.

11.2 Dans les canalisations en textile renforcé, l'humidité peut s'infiltrer le long du renforcement du textile, et provoquer des différences de potentiel entre le renforcement et le liquide de refroidissement pouvant dépasser le niveau de la résistance d'isolement de la paroi de ces canalisations.

Il faut en tenir compte dans le choix du matériau et de la disposition des canalisations.

11.3 Certains composants refroidis par un liquide (par exemple, des condensateurs en céramique, les chemises des tubes électroniques) sont extrêmement sensibles à la pression. Par dérogation aux prescriptions du paragraphe 6.5.4 de la Publication 519-1, ils peuvent ne supporter que la pression nominale de service. Cependant, leurs manchons de raccordement doivent résister à 1,5 fois la pression nominale de service.

12. Plaque signalétique (voir Publication 519-1, article 8)

Les principaux éléments constitutifs de l'installation électrothermique (par exemple l'inducteur), doivent être munis de 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 employées pour les installations à haute fréquence et à moyenne fréquence ne sont pas nécessairement celles qui sont utilisées pour la fréquence du réseau (50 Hz/60 Hz).

Si des valeurs réduites sont employées (par exemple dans les générateurs de haute fréquence), des mesures doivent être prises pour éviter tout amorçage susceptible d'affecter la sécurité.

The short-circuit strength mentioned above can be dispensed with for medium and high-frequency installations if sufficient short-circuit protection is ensured by the design of the frequency converter, for example solid state equipment.

- 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, if the permissible touch voltage (Sub-clause 14.1.1) is exceeded.

11. Liquid cooling (see IEC Publication 519-1, Sub-clause 6.5)

- 11.1 The formation of bubbles in cooling systems of high-frequency equipment of voltage band 3 shall be avoided, as arcing may occur in the bubbles liable to deteriorate the cooling system.

- 11.2 In textile reinforced hoses moisture may creep along the textile reinforcement thus creating potential differences between the reinforcement and the coolant, possibly exceeding the electrical resistance of the hose wall.

This shall be taken into account in the choice of material and the disposition of hoses.

- 11.3 Certain liquid-cooled components (e.g., ceramic capacitors, water jackets of electronic valves) are extremely sensitive to pressure. Deviating from the requirements of Sub-clause 6.5.4 of IEC Publication 519-1, they shall only withstand the rated service pressure. Their water connections however shall withstand 1.5 times the rated service pressure.

12. Rating plate (see IEC Publication 519-1, Clause 8)

The principal components of the electroheat installation (for instance, inductor, contact system) shall have individual rating plates.

13. Clearance and creepage distances

The clearances and creepage distances employed for high frequency and medium frequency installations are not necessarily those used for mains frequency (50 Hz/60 Hz).

Where reduced values are employed (for example, in high-frequency generators) measures shall be taken to prevent flashovers impairing safety.

14. Protection contre les chocs électriques (voir Publication 519-1 de la CEI, article 12)

14.1 *Protection contre les contacts directs* (voir Publication 364-4-41 de la CEI, article 412)

14.1.1 *Tension de contact admissible en fonction de la fréquence*

La valeur limite de la tension de contact admissible est fonction de la fréquence; cette limite croît avec la fréquence. Des niveaux limites recommandés sont à l'étude; lorsque des normes nationales existent, elles doivent être appliquées.

Note.- Il convient de prêter attention lorsqu'une tension à haute fréquence est modulée par une tension à fréquence moins élevée.

14.1.2 Toutes les parties de l'installation de chauffage comportant du matériel électrique, par exemple condensateurs, inductances, transformateurs, inducteurs ou systèmes de contact, appareillage de connexion, câbles et jeux de barres, doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes ou bien être protégées de façon adéquate contre les contacts directs. Il ne doit pas être possible d'ouvrir les portes ou de retirer les capots donnant accès aux parties de l'équipement sous tensions des domaines 2 et 3 sans utilisation d'outil, par exemple une clé à écrou ou un cadenas dont la clé n'est confiée qu'à une personne habilitée.

14.1.3 Les conducteurs actifs des tensions des domaines 2 et 3 doivent être inaccessibles, sauf dans les conditions suivantes:

Pour les tensions du domaine 2: Accès aux seules personnes habilitées. De plus, pour les tensions du domaine 3, la conception doit être de nature à empêcher tout contact accidentel par des personnes habilitées effectuant un dépannage, des contrôles et des réparations. Ceci peut être réalisé, par exemple, au moyen d'une ou de plusieurs des dispositions ci-après:

1) *Utilisation de capots boulonnés:*

L'accès n'est prévu que lorsque l'alimentation est coupée.

2) *Portes à charnières verrouillables ou écrans internes à charnières:*

Un interrupteur de sécurité à fonctionnement positif, non réarmable, doit être mis en place de manière que la porte soit fermée avant la remise sous tension; des dispositifs doivent être prévus pour la sortie de conducteurs de spécification appropriée pour le raccordement externe à des appareils d'essai.

3) *Ecrans et enveloppes isolantes internes:*

Les écrans ou enveloppes isolantes à fixation interne doivent être utilisés pour recouvrir les emplacements où sont prescrits des points de contrôle de tension; l'écran doit comporter des trous ou des fentes de dimensions permettant l'introduction de sondes de contrôle.

14. Protection against electric shock (see IEC Publication 519-1, Clause 12)

14.1 *Protection against direct contact* (see IEC Publication 364-4-41, Clause 412)

14.1.1 *Permissible touch voltage 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 high-frequency voltage is modulated by one of a lower frequency.

14.1.2 All parts of the heating installation having electrical equipment, for example capacitors, reactors, transformers, inductors or contact systems, 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, the key of which is available only to an authorized person.

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:

1) *Use of bolted-on covers:*

Access only intended with power switched off.

2) *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.

3) *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 of dimensions to allow insertion of test probes.

14.1.4 Les prises de courant accessibles et autres appareils, prévus pour des tensions supérieures à 500 V en courant continu, en courant alternatif ou à haute fréquence, qui ne doivent pas être interchangeables, doivent être automatiquement mis hors tension avant ou pendant leur déconnexion en service afin d'éviter tout risque pour le personnel; cela peut être effectué au moyen de verrouillages mécaniques.

14.2 *Protection contre les contacts indirects* (voir Publication 364-4-41 de la CEI, article 413)

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

Comme indiqué au paragraphe 14.1.1, la tension de contact admissible augmente avec la fréquence. Il faut en tenir compte lorsqu'on prend comme base les valeurs existantes des niveaux limites pour la fréquence du réseau, le courant continu et le domaine de tension 2 indiquées au paragraphe 413.1.1.3, au tableau 41A et à la figure 41B de la Publication 364-4-41 de la CEI (voir annexe A).

Pour les contacts permanents, la tension de contact admissible en fonction de la fréquence est identique à la tension admissible pour les contacts directs traités au paragraphe 14.1.1.

Les niveaux limites pour le domaine de tension 3, ainsi que pour les fréquences autres que celles du réseau, sont à l'étude.

14.2.2 La résistance d'isolement électrique de certaines parties de l'installation électrothermique varie en cours de processus du fait des variations de la température, de l'isolation électrique, du revêtement et des éléments constitutifs électriques comme les condensateurs, les enroulements refroidis par eau et, en particulier, des variations de la température et de la qualité de l'eau employée.

Une valeur de la résistance d'isolement électrique minimale n'est normalement pas indiquée et il est donc nécessaire de tenir compte de ces variations pour le réglage des niveaux de consigne des dispositifs de protection, par exemple par détection des courants de fuite à la terre, lors de la réception de l'installation.

Les installations de chauffage par induction sont souvent le siège de courants de fuite importants. Cela peut imposer une isolation électrique entre l'installation électrothermique et le réseau d'alimentation en puissance.

14.3 *Prescriptions particulières*

14.3.1 On ne doit pas porter de bagues ni de bracelets métalliques quand on se trouve près de champs électromagnétiques importants à moyenne et haute fréquence (par exemple au voisinage des inducteurs).

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

14.2 *Protection against indirect contact* (see IEC Publication 364-4-41, Clause 413)

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

As stated in Sub-clause 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 Sub-clause 413.1.1.3, Table 41A and Figure 41B of IEC Publication 364-4-41 (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 Sub-clause 14.1.1).

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

14.2.2 The electrical insulation resistance of parts of the electroheat installation varies throughout the process cycle due to changes of temperature, the electrical insulation, lining and electrical components, for example, capacitors, water cooled windings and particularly the temperature and quality of 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.

Induction heating installations often have considerable leakage currents. This may necessitate electrical isolation of the electroheat installation from the power supply mains.

14.3 *Special requirements*

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

14.4 *Dispositions en vue de la mise à la terre* (voir Publication 519-1 de la CEI, paragraphe 12.4)

14.4.1 Si des parties actives sont directement raccordées à la terre par l'intermédiaire de résistances, d'impédances ou d'un parafoudre dans une installation électriquement isolée du réseau d'alimentation, les prises de terre doivent être dimensionnées, sur les plans thermique et mécanique, en fonction de la plus grande intensité possible en cas de défaut. Le courant passant dans ces prises de terre doit être contrôlé. Si la limite maximale admissible en exploitation est dépassée, une alarme doit être déclenchée et l'installation doit être coupée automatiquement.

La surveillance n'est pas nécessaire dans le cas de connexions qui servent à décharger des charges électrostatiques ou analogues et, dans les applications à haute fréquence, quand l'inducteur est protégé par des dispositifs de garde dont le retrait empêche le fonctionnement du dispositif de chauffage.

14.4.2 Lors de l'utilisation de la mise à la terre de protection, il faut prendre en considération le fait que l'impédance de la boucle formée par la source de courant, les conducteurs actifs et le système de mise à la terre, dépend de la fréquence.

14.4.3 Il peut être nécessaire de travailler sans mise à la terre des parties métalliques directement influencées par le champ électromagnétique, afin d'éviter des boucles métalliques fermées, et de maintenir ainsi les effets thermiques et électromagnétiques dans des limites raisonnables. Dans ce cas, d'autres mesures de protection doivent être mises en oeuvre (voir paragraphe 12.3 de la Publication 519-1 de la CEI).

Lorsque ces parties sont susceptibles d'être le siège d'une tension dépassant le niveau de tension de contact admissible (voir le paragraphe 14.2.1), le personnel d'exploitation ne doit pas pouvoir y avoir accès. Si cela ne peut être évité pour des raisons d'espace ou du fait de mode de fonctionnement de l'installation, la protection du personnel doit être assurée par d'autres moyens, indiqués dans les consignes d'exploitation.

14.4.4 Tous les câbles sous gaine, conduits ou tuyaux passant à travers les parties d'une enceinte qui contient des circuits à haute tension du domaine 3 doivent être mis à la terre au point où ils traversent cette enceinte.

14.4.5 Dans les générateurs haute fréquence, des circuits de tension du domaine 3 peuvent être utilisés avec les dispositifs de mise à la terre du réseau d'alimentation de tension du domaine 2 à condition que le dispositif de surveillance de surcharge du transformateur d'alimentation coupe instantanément le circuit haute tension.

Note.- On peut, pour les circuits haute fréquence du générateur, se dispenser de la mise à la terre individuelle généralement prescrite pour le réseau de distribution de tension du domaine 3, du fait des faibles valeurs de la puissance de court-circuit dans les circuits haute fréquence.

14.4 Earthing provisions (see IEC Publication 519-1, Sub-clause 12.4)

- 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 in operation is exceeded, an alarm shall be given and the installation switched off automatically.

Monitoring is not necessary in the case of connections that serve for the discharge of electrostatic charges or the like and in high-frequency applications where the inductor is protected by guards which, when removed, prevent operation of the heater.

- 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 within acceptable limits; in which case other means of protection shall apply. See Sub-clause 12.3 of IEC Publication 519-1.

Where these parts are liable to be at a voltage exceeding the permissible touch voltage level (see Sub-clause 14.2.1) access by operating personnel shall not be possible. If this cannot be avoided for 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 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.

- 14.4.5 In high-frequency generators, circuits of voltage band 3 may be employed using the earthing provisions for the supply system of voltage band 2, providing the overload monitoring of the supply transformer interrupts the high-voltage circuit immediately.

Note. - Individual earthing generally required for distribution systems of voltage band 3 can be dispensed with for the high-frequency circuits of generators because of low values of short-circuit power which exist within the high-frequency circuits.

14.5 *Conducteurs de protection*

Les matériaux admissibles pour les conducteurs de protection destinés au matériel à basse fréquence sont le cuivre, l'aluminium ou l'acier en feuillard galvanisé. Pour le matériel à fréquence moyenne ou élevée, il convient d'utiliser du cuivre ou de l'aluminium.

Lors du calcul de la section du conducteur, il convient également de prendre en considération le courant de décharge des condensateurs.

La profondeur de pénétration du courant décroît lorsque la fréquence augmente. On doit en tenir compte lors du calcul de la section du conducteur de protection.

15. Perturbations radioélectriques

Il convient de veiller à éviter les perturbations radioélectriques quand l'installation électrothermique fonctionne. Des directives peuvent être données par des normes nationales ou internationales.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 519-3:1988

Without watermark

14.5 *Protective conductors*

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

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

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

15. Radio interferences

Care should be taken to avoid radio interferences when electroheat equipment is operated. Guidance may be given by national or international standards.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60813-3:1988

Without watermark

SECTION A

REGLES SPECIFIQUES AUX INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION ET PAR CONDUCTION

A1. Équipement transporteur et charge

- A1.1 L'équipement transporteur doit être capable de supporter l'effet de la chaleur en provenance de la charge.

La conception de l'équipement transporteur doit tenir compte des effets des champs électromagnétiques. En plus de l'emploi des matériaux et des configurations appropriés, ceci peut imposer d'autres mesures comme le blindage, l'isolation, la nécessité d'éviter les boucles métalliques fermées et le refroidissement forcé, afin de maintenir les effets électromagnétiques et thermiques dans des limites acceptables.

L'étude doit également prendre en considération l'effet des forces électromagnétiques s'exerçant sur la charge.

- A1.2 L'équipement transporteur doit être conçu de manière à tenir compte des modifications de volume et de résistance physique qui peuvent se produire dans la charge au cours du processus de chauffage.

- A1.3 Des pièces chargées dont les dimensions, la forme, les propriétés physiques, les ébarbures et les tolérances ont fait l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur doivent être utilisées pour assurer la sécurité de l'exploitation et une séquence de fonctionnement correcte de l'installation de chauffage.

- A1.4 La mesure de la température superficielle ne permet pas d'évaluer avec fiabilité la répartition des températures dans la charge en raison de phénomènes physiques spécifiques. Une surchauffe éventuelle de la charge ne peut donc être exclue. Il convient de veiller aux possibilités de minimiser ce risque, par exemple par l'observation des instructions d'exploitation.

- A1.5 La présence de résidus métalliques, par exemple des écailles métalliques, peut gêner le transport de la charge et avoir une incidence sur la fiabilité et la sûreté d'exploitation de l'installation de chauffage. Quand cela s'avère nécessaire, ces écailles et résidus doivent être retirés en se conformant aux instructions du constructeur.

- A1.6 Si tout ou partie de l'équipement transporteur est à refroidissement forcé, par exemple à refroidissement par eau, voir les paragraphes 3.4 et A2.7.

A2. Système de contacts

- A2.1 Si tout ou partie du système de contact est destiné à être remplacé par suite d'usure ou échangé pour répondre à une nouvelle prescription de production, les instructions du constructeur doivent être observées.

SECTION A

SPECIFIC REQUIREMENTS FOR INDUCTION AND
CONDUCTION HEATING INSTALLATIONSA1. Conveying equipment and charge

- A1.1 The conveying equipment shall be capable of withstanding the effect of temperature from the charge.

Design of the conveying equipment shall take into account the effects of the electromagnetic fields. In addition to employing suitable materials and geometries this may necessitate further measures, such as screening, isolation, avoidance of closed metallic loops and forced cooling to keep electromagnetic and thermal effects within acceptable limits.

The effect of the electromagnetic forces acting on the charge shall also be catered for in the design.

- A1.2 Design of the conveying equipment shall be suitable for changes in the volume and physical strength of the charge which occur during the heating process.

- A1.3 Charge pieces having dimensions, shape, physical properties, burrs and tolerances as agreed between user and manufacturer shall be employed to ensure the safe working and correct operating sequence of the heating installation.

- A1.4 Measurement of surface temperature does not allow reliable assessment of the temperature distribution in the charge due to specific physical phenomena. Therefore, possible overheating of the charge cannot be excluded. Attention should be given to minimize this risk, for example, by compliance with the operating instructions.

- A1.5 Presence of metallic residues, i.e., scale, may interfere with the progress of the charge and affect the reliability and safe working of the heating installation. When necessary, scale and residue shall be removed in accordance with the manufacturer's instructions.

- A1.6 Where the conveying equipment or part of it is forced cooled, for example, water-cooled, refer to Sub-clauses 3.4 and A2.7.

A2. Contact system

- A2.1 Where the contact system 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.

- A2.2 La valeur de la pression de contact indiquée par le constructeur doit être maintenue pendant toute la période d'application de la puissance de chauffage au moyen d'un dispositif approprié, par exemple un système de verrouillage qui ne peut être ouvert qu'au moyen d'un dispositif de libération commandé électriquement et quand la puissance de chauffage est coupée.
- A2.3 En cours de fonctionnement normal, les contacts doivent être fermés ou ne s'ouvrir qu'après coupure de la puissance de chauffage afin d'éviter la formation d'arcs et de surtensions. Lors de la conception de l'installation, on doit prévoir des dispositifs empêchant la projection de métal chaud, pouvant présenter un danger pour le personnel et l'installation.
- A2.4 En cas de charges à déplacement rapide (par exemple, des tubes), des mesures doivent être prises pour empêcher que des irrégularités de surface n'endommagent les systèmes de contacts ou leurs mécanismes de suspension, par exemple en faisant en sorte que ces derniers soient éloignés du trajet de telles irrégularités.
- A2.5 Dans les applications faisant appel à des systèmes de contacts sans isolation électrique, l'installation doit être étudiée de telle sorte qu'en exploitation normale, un contact accidentel avec le système de contact nu ne soit pas possible, par exemple au moyen d'écrans de protection ou d'une distance suffisante. Ceci s'applique lorsque la tension de contact admissible est dépassée (voir paragraphe 14.1.1).
- Si l'utilisation d'écrans ou d'autres dispositifs de protection n'est pas possible, un avertissement doit être mis en place sur l'installation de chauffage et l'installation doit être rendue conforme au paragraphe 12.2 de la Publication 519-1 de la CEI.
- A2.6 Si l'effet de refroidissement du système de contact devient insuffisant et peut présenter un danger pour le personnel ou entraîner une détérioration de parties essentielles de l'installation, un signal d'alarme doit être déclenché et la puissance de chauffage doit être coupée automatiquement.
- A2.7 Pour les systèmes de chauffage dont le système de contact est à refroidissement forcé et qui ont une charge à capacité thermique élevée, il est recommandé qu'une source de secours puisse alimenter le refroidissement du système contacteur et éventuellement de l'équipement de transport, jusqu'à ce que la charge chauffée se soit refroidie à une température inférieure au niveau de sécurité ou ait été retirée.

A3. Inducteur (voir article 3)

- A3.1 Dans les applications faisant appel à des inducteurs sans isolation électrique, par exemple pour la trempe, le brasage et le recuit, l'installation doit être étudiée de telle sorte qu'en exploitation normale un contact accidentel avec le conducteur nu ne soit pas possible, par exemple au moyen d'écrans de protection ou d'une distance suffisante. Ceci s'applique lorsque la tension de contact admissible est dépassée (voir paragraphe 14.1.1).

Si l'utilisation d'écrans ou d'autres dispositifs de protection n'est pas possible, un avertissement doit être mis en place sur l'installation de chauffage et l'installation doit être rendue conforme au paragraphe 12.2 de la Publication 519-1 de la CEI.

- A2.2 The value of contact pressure given by the manufacturer shall be maintained throughout the period when heating power is switched on by use of a suitably designed device, for example, a locking system which can only be opened by a power-operated release mechanism and with heating power switched off.
- A2.3 During normal operation, contacts shall close or open only with the heating power switched off to prevent arcing and voltage surges; provision in the design shall be made to prevent scatter of hot metal which may cause danger to personnel and equipment.
- A2.4 In the case of a rapidly moving charge (for example, tubes) measures shall be provided to prevent surface irregularities from damaging contact systems or their holding mechanism, for example, by allowing these to be moved from the path of such irregularities.
- A2.5 In applications where contact systems are used without electrical insulation, the equipment shall be designed, for example, with protective screens or sufficient distance, such that in normal use inadvertent contact with the bare contact system is not possible. This applies where the permissible touch voltage is exceeded (see Sub-clause 14.1.1).
- Where use of protective screens or other means of protection is not possible, a warning notice shall be displayed on the installation and compliance made with Sub-clause 12.2 of IEC Publication 519-1.
- A2.6 Should the effect of cooling of the contact system become insufficient and thus cause danger to personnel or damage to essential parts of the equipment, an alarm signal shall be given and the heating power shall switch off automatically.
- A2.7 For heaters with forced cooled contact systems having a charge of high heat capacity, it is advisable to have an emergency supply for cooling the contact system and where applicable the conveying equipment also, until the hot charge has cooled to a safe temperature level or has been removed.

A3. Inductor (see Clause 3)

- A3.1 In applications where inductors are used without electrical insulation, for example, hardening, brazing or annealing, the equipment shall be designed, for example, with protective screens or sufficient distance, such that in normal use inadvertent contact with the bare conductor is not possible. This applies where the permissible touch voltage is exceeded (see Sub-clause 14.1.1).

Where use of protective screens or other means of protection is not possible, a warning notice shall be displayed on the installation and compliance made with Sub-clause 12.2 of IEC Publication 519-1.

A4. Prescriptions particulières (voir paragraphe 14.3)

A4.1 Dans le cas d'installations de chauffage par induction, utilisées pour la fabrication, le traitement ou la réparation de tuyauteries, cuves ou chaudières, dans des domaines d'application où les règles de sécurité concernées ne permettent normalement que des tensions de fonctionnement du domaine 1, des tensions du domaine 2 peuvent aussi être appliquées, si le processus l'exige, en s'assurant que les précautions suivantes sont satisfaites:

- Alimentation par l'intermédiaire de moteurs-alternateurs ou de transformateurs à enroulements séparés, ayant une rigidité diélectrique très élevée et une résistance d'isolement élevée par rapport à la terre.
- Liaisons équipotentielles appropriées qui, en cas de contact, assurent la sécurité du personnel d'exploitation. A défaut, des gants isolants et des chaussures isolantes doivent être utilisés. Le circuit ne doit être relié à la terre en aucun point, sauf par l'intermédiaire d'un système de surveillance de l'isolation.

S'il n'est pas possible d'éviter les contacts directs ou indirects avec des parties actives parce que l'isolation n'est pas suffisante pour empêcher de façon certaine tout choc électrique, comme dans le cas de câbles de chauffage refroidis par eau, l'utilisation de vêtements isolants ou d'outils isolants est nécessaire.

A5. Dispositions en vue de la mise à la terre (voir paragraphe 14.4)

Normalement, il n'est pas possible de mettre matériellement à la terre ou d'inclure dans un système de protection la charge et les parties mobiles du système convoyeur; il faut utiliser dans ce cas d'autres moyens de protection. Voir paragraphe 12.3 de la Publication 519-1 de la CEI.

A4. Special requirements (see Sub-clause 14.3)

A4.1 For induction heating equipment used for pipework, container or boiler manufacture, treatment or repair, in application fields where safety regulations normally allow only operating voltages of band 1, voltages of band 2 also may be applied, where necessary, providing the following precautions are taken:

- Use of motor-alternators or transformers having separate windings; the transformers having an extra-high dielectric strength and a high insulation resistance to earth;
- Use of equipotential connections which provide a safe area of contact to operating personnel, otherwise insulating gloves and footwear shall be used. The circuit shall at no point be connected to earth, except via an insulation monitoring system.

If it is not possible to avoid direct or indirect contact with live parts where the insulation is insufficient to prevent electric shock, as is the case with water cooled heating cables, the use of insulating clothing or tools is necessary.

A5. Earthing provisions (see Sub-clause 14.4)

The charge and the moving parts of the conveying system usually cannot be solidly earthed or included in a protective system, in which case other means of protection shall apply. See Sub-clause 12.3 of IEC Publication 519-1.

SECTION B

REGLES SPECIFIQUES AUX INSTALLATIONS DE FUSION PAR INDUCTION

B1. Dispositif de basculement

Pour les fours équipés d'un dispositif de basculement, les prescriptions suivantes doivent être satisfaites:

- B1.1 En cas de défaillance du dispositif de basculement, le four doit rester dans la position atteinte ou revenir lentement à sa position de repos, ce retour devant s'accomplir sans causer de danger.
- B1.2 Si, pendant le basculement, il y a danger que les ouvriers puissent tomber dans la fosse normalement recouverte par la plate-forme du four, il faut prendre des mesures de protection pour éviter ce risque. Les mesures prises ne doivent pas engendrer pour le personnel d'autres risques, comme celui d'avoir un membre sectionné ou d'être écrasé.
- B1.3 En cas de dispositif hydraulique de basculement, la pompe, le réservoir de liquide hydraulique et les tuyauteries doivent être disposés de façon à être protégés contre toutes les détériorations qui pourraient éventuellement résulter de l'écoulement accidentel de métal liquide.
- B1.4 Le mouvement de basculement doit être limité dans les deux sens.
- B1.5 Si des parties sous tension deviennent accessibles au cours du basculement, il ne doit être possible de mettre le four sous tension que lorsqu'il se trouve dans sa position normale.
- B1.6 En cas de basculement à commande hydraulique, les leviers de commande doivent automatiquement revenir en position zéro.
- B1.7 Quel que soit le genre du dispositif de basculement, les boutons-poussoirs et les leviers de commande doivent être du type non maintenu en position enclenché.

B2. Fondations du four

En cas de basculement d'urgence ou de rupture, une fosse réceptrice ou une poche doit être prévue pour recueillir la quantité totale de métal en fusion. Fosse réceptrice et poche doivent être protégées par des barrières ou des capots.

- B2.2 La zone située sous le four doit être conçue de manière à permettre au métal en fusion de s'écouler dans la fosse réceptrice placée devant le four à une vitesse suffisamment rapide pour éviter la détérioration éventuelle du four et des autres parties de l'installation en cas de rupture.
- B2.3 La présence d'eau dans la fosse réceptrice, dans la poche ou le four doit être évitée en raison des risques d'explosion dus au contact éventuel avec le métal en fusion.

SECTION B

SPECIFIC REQUIREMENTS FOR INDUCTION
MELTING INSTALLATIONSB1. Tilting device

In furnaces equipped with a tilting device, the following requirements shall be met:

- B1.1 In the event of failure of the tilting mechanism, the furnace shall remain in the position reached or slowly tilt back to its normal position. Tilting back to its normal position shall be possible without danger.
- B1.2 If, during tilting, there is a danger of the workman falling into the well normally covered by the furnace platform, protective measures shall be provided to avoid this danger. These measures shall not create other hazards, e.g., cutting or squeezing.
- B1.3 In the case of a hydraulic tilting device, the pump, the hydraulic fluid reservoir and the piping shall be so positioned as to be protected against any eventual damage due to accidental outflow of molten metal.
- B1.4 The tilting movement shall be limited in both directions.
- B1.5 If, during tilting, live parts are accessible, energizing the furnace shall only be possible when the furnace is in its normal position.
- B1.6 In the case of hydraulic tilting, activating levers shall automatically return to zero.
- B1.7 With tilting devices of any kind, push-buttons and levers shall be of the non-maintained type in the switched-on position.

B2. Furnace foundations

- B2.1 There shall be a receiving well or a ladle pit capable of taking the total amount of molten metal in the case of emergency tilting or a breakthrough. The receiving well or the ladle pit shall be protected by barriers or covers.
- B2.2 The area beneath the furnace shall be designed to allow the molten metal to flow into the receiving well in front of the furnace at a rate fast enough to avoid consequential damage to the furnace and other parts of the installation in the event of a breakthrough.
- B2.3 The presence of water in the receiving well or the ladle pit or below the furnace shall be avoided because of the possible danger of explosion due to contact with molten metal.

B3. Revêtement

- B3.1 Les écoulements du métal en fusion à travers le revêtement du four représentent un danger pour le personnel et le matériel. L'épaisseur du revêtement varie tout au long de sa durée de fonctionnement. En outre, il peut se produire de brusques détériorations à la suite de chocs thermiques ou mécaniques par exemple.
- B3.2 L'état du revêtement du four doit être vérifié à intervalles raisonnables. La vérification peut s'effectuer:
- a) par évaluation des grandeurs électriques de l'installation;
 - b) par examen visuel;
 - c) par mesure du diamètre du creuset à différentes hauteurs (pour les fours à creuset);
 - d) par contrôle de la température (de l'enveloppe de l'inducteur et du liquide de refroidissement des fours à canal).
- B3.3 Afin d'augmenter la sécurité des opérateurs et de réduire les risques de détérioration du four due à la réduction de l'isolation électrique du four en dessous de la valeur critique ainsi qu'à la possibilité de percée du revêtement réfractaire, il est recommandé de prévoir des dispositifs d'alarme et de mise hors service de l'alimentation du four.

B4. Fonctionnement

- B4.1 Il faut éviter la surchauffe du métal en fusion. On l'évite par:
- a) le niveau de puissance;
 - b) la procédure de chargement.
- B4.2 On veillera à introduire la charge dans le bain en fonction des progrès de la fusion, afin que sa température se maintienne entre des limites acceptables.
- B4.3 La procédure de chargement ne doit pas entraîner de solidification de la surface du bain ni la fusion de morceaux de métal au-dessus de cette surface (pontage).
- B4.4 Pour éviter la surchauffe, la mesure de la température du métal en fusion doit être effectuée en accord avec les instructions du constructeur.
- B4.5 En raison des risques de projection du métal en fusion, des précautions spéciales doivent être prises lors du chargement dans le bain de métal, de matériaux ou de pièces creuses pouvant renfermer de l'humidité.
- B4.6 Les fumées ou gaz dangereux, nocifs ou toxiques susceptibles d'être produits pendant la fusion doivent être évacués au moyen de dispositifs appropriés.