INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

IEC
CEI
60519-11

Second edition
Deuxième édition
2007-06

Safety in electroheat installations –

Part 11:
Particular requirements for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals

Sécurité dans les installations électrothermiques –

Partie 11:
Exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides

Reference number
Numéro de référence
IEC/CEI 60519-11:2007

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub
The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm
Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub
Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

IEC
CEI
60519-11

Second edition
Deuxième édition
2007-06

Safety in electroheat installations –

Part 11:
Particular requirements for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals

Sécurité dans les installations électrothermiques –

Partie 11:
Exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE
CODE PRIX P

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

CONTENTS

FOREWORD 3

1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 6
4 Inductor 7
5 Capacitors 7
6 Mains-frequency power sources 8
7 Solid-state frequency converters 8
8 Switchgear 9
9 Cables, wires and busbars 9
10 Liquid cooling 10
11 Rating plate 10
12 Clearance and creepage distances 11
13 Protection against electric shock 11
13.1 Protection against direct contact 11
13.1.1 Permissible touch voltage as a function of frequency 11
13.1.2 Accessibility of electrical equipment 11
13.1.3 Accessible plugs and sockets 11
13.1.4 Special requirements for live conductors at voltage bands 2 and 3 11
13.2 Protection against indirect contact 12
13.2.1 Permissible touch voltage as a function of duration and frequency 12
13.2.2 Electrical insulation resistance 12
13.3 Special requirements 12
13.4 Earthing provisions 13
13.5 Protective conductors 13
14 Radio interferences 14
15 Operation instructions 14

Annex A (normative) Specific requirements for electromagnetic pouring equipment 15
Annex B (normative) Specific requirements for electromagnetic equipment with lining 16

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONS –

Part 11: Particular requirements for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. 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.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997 and constitutes a technical revision. The significant changes with respect to the previous edition are as follows:

- the latest editions of IEC 60519-1:2003 and IEC 60519-3:2005 have been taken into account;
- definitions have been brought into line with the second edition of IEC 60050-841:2004.

This standard is to be used in conjunction with IEC 60519-1:2003. It is intended to specify particular requirements for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

FDIS	Report on voting
27/577/FDIS	27/585/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 publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The list of all parts of the IEC 60519 series, under the general title *Safety in electroheat installations*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

SAFETY IN ELECTROHEAT INSTALLATIONS –

Part 11: Particular requirements for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals

1 Scope

This part of IEC 60519 applies to installations predominantly using the effect of electromagnetic forces on liquid metals:

- installations for electromagnetic (induction) stirring or transport of liquid metals at low frequencies;
- 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 casting machines, 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, for example, for filling diecasting machines;
- influencing the ingot surface or the pouring stream enhancing crystallization by means of an electromagnetic field during continuous casting;
- sealing of mechanical gaps of melt vessels, for example, in vertical galvanizing line.

This standard consists of

- requirements common to installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals;
- specific requirements for electromagnetic pouring equipment (Annex A);
- specific requirements for electromagnetic equipment with lining (Annex B).

NOTE When applying IEC 60519-1 in conjunction with this standard, the terms "electroheat installation" or "electroheat device" should be replaced by the term "installation using the effect of electromagnetic forces on liquid metals".

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-841:2004, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 841: Industrial electroheat*

IEC 60110-1:1998, *Power capacitors for induction heating installations – Part 1: General*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

IEC 60143-1:2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60519-1:2003, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in IEC 60519-1 and IEC 60050-841 (some of which are repeated here), as well as the following apply.

3.1
installation using the effect of electromagnetic forces on liquid metals
installation composed of the inductor and the electric and mechanical equipment used to exercise an intended effect of electromagnetic forces on liquid metals

3.2
electromagnetic stirring of liquid metals
procedure to achieve stirring motion in liquid metals by using an electromagnetic field

[IEV 841-27-24, modified]

3.3
electromagnetic transport of liquid metals
procedure to move liquid metals in a defined direction using an electromagnetic field

[IEV 841-27-25, modified]

3.4
electromagnetic casting of liquid metals
procedure to shape the liquid metal stream or to influence its surface quality after pouring by the use of an electromagnetic field

[IEV 841-27-26]

3.5
enhancing crystallization of liquid metal in electromagnetic fields
procedure to shape a form and structure of metal crystals in an electromagnetic field

[IEV 841-27-27]

3.6
inductor
part of an installation (for example, coil(s)) using the effect of electromagnetic forces on liquid metals which produces the electromagnetic field to yield the required electrodynamic force

NOTE Inductor is defined in IEV 841-27-47, but for the purpose of this standard this more specific definition is needed.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4 Inductor

4.1 Inductors with high power ratings may be equipped with yokes (coil flux guides) to guide the magnetic flux outside the induction coil(s) to reduce stray fields possibly heating the surrounding metal structure.

The design of these yokes should take care of the risk of them being excessively heated by eddy currents.

4.2 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.

4.3 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 power switched off automatically.

In the case where a sudden interruption of power could cause a possible hazard to personnel, due to liquid metal splashes, a controllable reduction of power is recommended.

4.4 For installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals 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.

4.5 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.

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

4.7 Design of components in the vicinity of the inductor shall take into account the influence of electromagnetic fields. Apart from suitable material and shape, further measures can 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.

5 Capacitors

5.1 This clause deals with power capacitors. Other capacitors, for example, installed in control circuits, are covered by 6.2.4 of IEC 60519-1.

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

A warning notice shall be displayed in a visible position stating that the discharge shall be effected before touching the capacitors.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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 occurs for the discharge between switching off the supply and opening the capacitor switch.

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

5.4 Capacitors that are switched on load or connected via external fuses shall have discharge facilities.

5.5 Information on the requirements for the discharge of series connected capacitors is given in 6.8, 6.9 and 6.10 of IEC 60110-1 and in 5.1 of IEC 60143-1.

5.6 The terminals of capacitors with internally series-connected elements shall be short-circuited before being disconnected.

NOTE Although a discharge device has operated, a residual charge may sometimes remain 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.

5.7 Capacitors in installations without electronic power control shall be connected via protective devices. Where internal fuses are employed, external means of protection can be dispensed with.

5.8 Where capacitors are liquid-cooled, the provision given in 6.2.8 of IEC 60519-1 shall apply.

6 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 three 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 earlier when switching on and opens later when switching off.

Design shall take care of the risk of possible harmonic currents absorbed from the supply system due to parallel resonance.

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2 Solid-state frequency converters shall have fast-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.

7.4 Hazards that may occur to personnel in case of a fault due to stored energy shall be avoided by suitable measures.

8 Switchgear

8.1 Design of the switchgear operated off-load shall take into account the time behaviour of the converters, reactances (transformers and reactors) and capacitors.

8.2 Design of switchgear shall take into account not only the fundamental component of the current, but also the harmonics which may occur.

8.3 When switching capacitors on-load, the following points among others shall be considered when a switching device or method is chosen.

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

9 Cables, wires and busbars

9.1 Cables, wires and busbars shall be so dimensioned and arranged 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.

Care shall be taken to avoid excessive heating of neighbouring constructions by stray fields.

9.2 Where cables, wires or busbars are force cooled, the provisions given in 6.2.8, 6.6.1 and 6.6.2 of IEC 60519-1 shall apply.

9.3 The individual overcurrent protection devices of the installation may be dispensed with for internal connections between components such as 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.

The short-circuit strength mentioned above may 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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The design shall take care to avoid excessive internal over-currents.

9.4 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 (13.1.1) is exceeded.

9.5 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, for example, screening, forced cooling or casings.

10 Liquid cooling

Subclause 6.6 of IEC 60519-1 applies with the following additional requirements.

10.1 In textile-reinforced hoses, moisture is likely to creep along the textile reinforcement creating potential differences between the reinforcement and the coolant, possibly overstressing the electrical insulation of the hose.

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

10.2 Certain liquid-cooled components (for example, inductors with water-cooled housing, ceramic capacitors, water jackets of electronic tubes) are extremely sensitive to pressure. Deviating from the requirements of 6.6.4 of IEC 60519-1, they shall withstand the rated service pressure only. Their water connections, however, shall withstand 1,5 times the rated service pressure.

Pressure peaks potentially caused by switching valves shall be taken into account.

10.3 Cooling below dew point shall be avoided as it can cause condensation, for example, at the coil of the inductor and its terminals possibly leading to a short circuit.

10.4 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.

10.5 When opening the cooling circuit, for example, when changing the inductor, care shall be taken to avoid any contamination of the water.

10.6 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.

11 Rating plate

Clause 15 of IEC 60519-1 applies with the following additional requirements.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The principal components of installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals (for example, inductors) shall have individual rating plates.

The manufacturer and/or supplier of industrial, scientific and medical (ISM) radiofrequency equipment, as defined by CISPR 11 shall insure that the user is informed about the class and group of the equipment, either by labelling or by the accompanying documentation.

12 Clearance and creepage distances

The clearance and creepage distances employed for medium-frequency installations are not necessarily the same as those 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.

13 Protection against electric shock

Clause 9 of IEC 60519-1 applies with the following additions or modifications.

13.1 Protection against direct contact

Clause 412 of IEC 60364-4-41 applies with the following additions or modifications.

13.1.1 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.

13.1.2 Accessibility of electrical equipment

All parts of the installations using electromagnetic forces on liquid metals having electrical equipment, for example, capacitors, reactors, transformers, heating 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.

13.1.3 Accessible plugs and sockets

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 to personnel. This may be achieved by the use of mechanical interlocks.

13.1.4 Special requirements for live conductors at voltage bands 2 and 3

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

For voltages in band 2: access shall be restricted to 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 measures.

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.

13.2 Protection against indirect contact

Clause 413 of IEC 60364-4-41 applies with the following additions or modifications.

13.2.1 Permissible touch voltage as a function of duration and frequency

As stated in 13.1.1, 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.

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

13.2.2 Electrical insulation resistance

The electrical insulation resistance of parts of installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals 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 installation using the effect of electromagnetic forces on liquid metals from the power supply mains.

13.3 Special requirements

The manufacturer shall make the following statements in the operation manual:

− metal rings and bracelets shall not be worn near strong electromagnetic fields of medium and high frequencies (for example, in the vicinity of inductors);

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- strong electromagnetic fields may create a hazard to persons with metallic implants, artificial pacemakers and other similar items; appropriate safety measures shall be applied in compliance with the relevant local work safety regulations.

13.4 Earthing provisions

Clauses 11 and 12.2 of IEC 60519-1 apply with the following additions or modifications.

13.4.1 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.

13.4.2 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.

13.4.3 It may be necessary to operate, without connection to earth, metal parts which are influenced directly 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.

Where these parts are liable to be at a voltage exceeding the permissible touch voltage level (see 13.2.1) 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.

13.4.4 All sheathed cables, conduits or pipes passing through those parts of an enclosure containing high-voltage circuits in the voltage band 2 shall be earthed at the point where they pass through the enclosure.

13.5 Protective conductors

13.5.1 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 also be given to the discharge current of capacitors.

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

13.5.2 If 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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

13.5.3 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 installation provides the possibility to do so.

14 Radio interferences

Care should be taken to avoid radio interferences when equipment using the effect of electromagnetic forces on liquid metals is operated. Guidance may be given by national or international standards (see also 6.4 of IEC 60519-1).

For the operation of low-frequency installations without an intermediate d.c. circuit, the particular influences on the supply system shall be taken into account, for example, a pulsation of power.

15 Operation instructions

15.1 If installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals are operated with adjustable frequency, suitable measures shall be taken to ensure that the permissible frequency range is not exceeded or attained.

15.2 If, for installations using the effect of electromagnetic forces on liquid metals, different maximum currents are permitted, for example, depending on the frequency, individual monitoring devices shall be provided to assure suitable protective measures.

15.3 For ingot stirring units, it shall be ensured that during starting operation the stirring installation is only switched on when the cold ingot is beyond the range of influence of the electromagnetic field.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex B
(normative)

Specific requirements for electromagnetic equipment with lining

B.1 Molten metal breaking through the inductor lining represents a hazard to personnel and equipment. The lining thickness varies throughout its operating life. Furthermore sudden deteriorations, for example by thermal and mechanical shocks, may be experienced.

To reduce these hazards the state of the inductor lining shall be checked at reasonable intervals. This may be effected by

a) evaluations of electrical parameters of the installation;

b) visual inspection;

c) checking the condition of the lining at different positions;

d) temperature control (inductor case and coolant).

B.2 In order to ensure safety of personnel and to reduce risk of damage to the electromagnetic equipment, it is recommended that alarm devices and means to disconnect the supply from the electromagnetic equipment in case of risk of breakthrough of the refractory lining, should be provided.

_____

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 19

1 Domaine d'application 21
2 Références normatives 21
3 Termes et définitions 22
4 Inducteur 23
5 Condensateurs 23
6 Sources d'alimentation à fréquence du réseau 24
7 Convertisseurs statiques de fréquence 24
8 Appareillage de connexion 25
9 Câbles, conducteurs et jeux de barres 25
10 Refroidissement par un liquide 26
11 Plaque signalétique 26
12 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite 27
13 Protection contre les chocs électriques 27
13.1 Protection contre les contacts directs 27
13.1.1 Tension de contact admissible en fonction de la fréquence 27
13.1.2 Accessibilité de l'équipement électrique 27
13.1.3 Fiches et socles de prises de courant accessibles 27
13.1.4 Exigences particulières pour les conducteurs actifs des domaines de tension 2 et 3 27
13.2 Protection contre les contacts indirects 28
13.2.1 Tension de contact admissible en fonction de la durée et de la fréquence 28
13.2.2 Résistance d'isolement électrique 28
13.3 Exigences particulières 28
13.4 Dispositions en vue de la mise à la terre 29
13.5 Conducteurs de protection 29
14 Perturbations radioélectriques 30
15 Instructions d'exploitation 30

Annexe A (normative) Exigences particulières pour les installations pour coulée électromagnétique 31
Annexe B (normative) Exigences particulières pour les installations électromagnétiques avec garnissage 32

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 11: Exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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: Equipement électrothermique industriel.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1997 et constitue une révision technique. Les modifications significatives par rapport à l'édition antérieure sont les suivantes:

- les dernières éditions de la CEI 60519-1:2003 et de la CEI 60519-3:2005 ont été prises en compte;
- les définitions ont été alignées sur la seconde édition de la CEI 60050-841:2004.

Cette norme doit être utilisée conjointement à la CEI 60519-1:2003. Elle a pour objet de spécifier les exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/577/FDIS	27/585/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La liste de toutes les parties de la série CEI 60519, sous le titre général *Sécurité dans les installations électrothermiques,* peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous http://webstore.iec.ch dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 11: Exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60519 s'applique aux installations utilisant essentiellement l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides:

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

Exemples de ces applications:

- les dispositifs de brassage pour des machines à coulée, pour des fours à arc, pour les poches de coulée, etc.;
- le transport de métal liquide pour remplir ou vider des fours, des goulottes de coulée ou des moules;
- les dispositifs de transport pour le métal liquide avec répartition simultanée des quantités transportées, par exemple pour le remplissage de machines à coulée sous pression;
- les systèmes pour agir sur la surface du lingot ou sur le jet de coulée au moyen d'un champ électromagnétique lors de la coulée continue, en vue de favoriser la cristallisation;
- l'étanchéisation des vides mécaniques des cuves de coulée, par exemple dans les lignes de galvanisation verticales.

La présente norme contient

- les exigences particulières pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides;
- les exigences particulières pour les installations pour coulée électromagnétique (voir l'Annexe A);
- les exigences particulières pour les installations avec garnissage (voir l'Annexe B).

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».

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. En ce qui concerne les références non datées, la dernière édition du document référencé (y compris les amendements éventuels) s'applique.

CEI 60050-841:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 841: Électrothermie industrielle*

CEI 60110-1:1998, *Condensateurs de puissance pour les installations de génération de chaleur par induction – Partie 1: Généralités*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CEI 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60519-1:2003, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Exigences générales*

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et les définitions donnés dans la CEI 60519-1 et dans la CEI 60050-841 (dont certains sont reproduits ici), ainsi que ceux qui suivent, s'appliquent.

3.1
installation utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides
installation composée d'un inducteur et d'équipement mécanique et électrique utilisée pour exercer un effet prévu des forces électromagnétiques sur les métaux liquides

3.2
brassage électromagnétique de métaux liquides
procédé par lequel un mouvement de brassage dans les métaux liquides s'effectue en utilisant un champ électromagnétique

[VEI 841-27-24, modifié]

3.3
transport électromagnétique de métaux liquides
procédé par lequel des métaux liquides sont déplacés dans une direction définie en utilisant un champ électromagnétique

[VEI 841-27-25, modifié]

3.4
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

[VEI 841-27-26]

3.5
accélération de la cristallisation de métal liquide en champ électromagnétique
procédé par lequel on donne une forme et une structure aux cristaux métalliques dans un champ électromagnétique

[VEI 841-27-27]

3.6
inducteur
partie d'une installation (par exemple une ou des bobines) utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides produisant le champ électromagnétique nécessaire à la création de la force électrodynamique exigée

NOTE Le terme «(bobine d')inductance» est défini en VEI 841-27-47 mais pour les besoins de la présente norme, il est nécessaire d'avoir une définition plus spécifique.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4 Inducteur

4.1 Les inducteurs avec des puissances assignées élevées peuvent être équipés de noyaux (blindages magnétiques de l'inducteur) pour guider le flux magnétique hors de la ou des bobines d'induction afin de réduire les champs parasites pouvant chauffer la structure métallique environnante.

Il convient que la conception de ces noyaux appréhende leur risque de surchauffe par des courants de Foucault.

4.2 Si l'ensemble ou une partie de l'inducteur est destiné à être remplacé pour cause d'usure ou échangée pour répondre à une nouvelle exigence de production, les instructions du fabricant doivent être respectées.

4.3 Si l'effet de 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 doit être coupée automatiquement.

La coupure soudaine de la puissance pouvant entraîner un possible danger pour le personnel dû à des projections de métal liquide, une réduction progressive de la puissance est recommandée.

4.4 Pour les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides 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, le cas échéant, de l'équipement transporteur, jusqu'à ce que la charge chauffée ait été retirée et que le revêtement se soit refroidi à une température assurant la sécurité.

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

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

4.7 La conception des composants au voisinage de l'inducteur doit prendre en compte l'influence des champs électromagnétiques. Outre un matériau et une forme adaptés, d'autres mesures peuvent être nécessaires, telles que la protection par écran, l'isolation, le refroidissement forcé et l'absence de boucle métallique fermée pour maintenir les influences électromagnétique et thermique à l'intérieur des limites admissibles.

5 Condensateurs

5.1 Le présent article traite des condensateurs de puissance. Les autres condensateurs, par exemple ceux installés dans les circuits de commande, sont traités en 6.2.4 de la CEI 60519-1.

5.2 Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour décharger rapidement les condensateurs qu'il pourrait 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.

5.3 Pour les condensateurs reliés de façon permanente en parallèle à un inducteur ou à un transformateur, il est admis de ne pas avoir de dispositif de décharge.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Lorsque des condensateurs reliés en parallèle à un inducteur ou à un transformateur ne sont mis hors tension qu'en marche à vide, il est admis de ne pas avoir de dispositif de décharge, 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 du condensateur.

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

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

5.5 Les informations concernant les exigences pour la décharge de condensateurs connectés en série sont disponibles en 6.8, 6.9 et 6.10 de la CEI 60110-1 et 5.1 de la CEI 60143-1.

5.6 Les bornes des condensateurs avec des éléments connectés en série en interne doivent être court-circuitées avant d'être déconnectées.

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.

5.7 Les condensateurs dans les installations sans commande de l'électronique de puissance doivent être raccordés par l'intermédiaire de dispositifs de protection. Si des coupe-circuits fusibles internes sont utilisés, il est admis de ne pas avoir de dispositifs de protection externes.

5.8 Lorsque des condensateurs sont refroidis par un liquide, les dispositions indiquées en 6.2.8 de la CEI 60519-1 doivent s'appliquer.

6 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 trois 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 couper 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 s'ouvre plus tard lors de la mise hors tension.

La conception doit veiller au risque de courants harmoniques éventuels absorbés à partir du système d'alimentation en raison de la résonance parallèle.

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 manœuvres en amont, afin d'assurer le maintien de la sécurité.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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 complémentaires doivent être prises pour éviter l'apparition de tensions transitoires dangereuses résultant de changements rapides de la puissance en charge.

7.4 Les dangers qui peuvent apparaître pour le personnel en cas de défaillances résultant de l'énergie stockée doivent être évités par des mesures appropriées.

8 Appareillage de connexion

8.1 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.

8.2 La conception de l'appareillage de connexion doit tenir compte non seulement de la composante fondamentale du courant, mais aussi des harmoniques, qui peuvent se produire.

8.3 Lors de la commutation en charge de condensateurs, les points suivants doivent, entre autres, être pris en considération pour le choix du dispositif ou du mode de commutation.

- 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 dûs à l'onde de rétablissement du dispositif de commutation.

9 Câbles, conducteurs et jeux de barres

9.1 Les câbles, les conducteurs et les jeux de barres doivent être dimensionnés et disposés 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.

Il faut veiller à éviter les échauffements excessifs des constructions voisines par des champs parasites.

9.2 S'il est prévu des câbles, des conducteurs ou des jeux de barres à refroidissement forcé, les dispositions de 6.2.8, 6.6.1 et 6.6.2 de la CEI 60519-1 doivent s'appliquer.

9.3 Il est admis de ne pas avoir de dispositifs de protection particuliers contre les surintensités de l'installation dans le cas de raccordements internes entre composants tels que convertisseurs, transformateurs, condensateurs, appareillage de connexion, inducteurs et systèmes de contacts, à condition que ces raccordements soient protégés contre les courts-circuits et les fuites à la terre.

NOTE Cela est réputé être le cas pour des câbles ou des systèmes de conducteurs massifs ou d'âmes uniques, pour lesquels on évite le contact entre conducteurs (ainsi qu'avec des parties mises à la terre) grâce à des distances d'isolement dans l'air 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 conducteurs considérés comme étant, du fait de leur conception, à l'épreuve des courts-circuits.

Il est admis de ne pas avoir la protection contre les court-circuit mentionnée ci-dessus pour les installations à moyenne et haute fréquence si une protection suffisante contre les court-circuit est assurée par la conception des convertisseurs de fréquence, par exemple, les convertisseurs statiques de fréquence.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La conception doit veiller à éviter des surintensités internes excessives.

9.4 Les câbles et les conducteurs, qui font partie de la section de chauffage, 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 contact admissible (voir 13.1.1) serait dépassée.

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

10 Refroidissement par un liquide

Le Paragraphe 6.6 de la CEI 60519-1 s'applique avec les exigences complémentaires suivantes.

10.1 Dans les canalisations en textile renforcé, l'humidité est susceptible de s'infiltrer le long du renforcement du textile, et de provoquer des différences de potentiel entre le renforcement et le liquide de refroidissement pouvant surcharger l'isolation électrique de ces canalisations.

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

10.2 Certains composants refroidis par un liquide (par exemple, des inducteurs avec enceintes refroidies par eau, des condensateurs en céramique, les chemises des tubes électroniques) sont extrêmement sensibles à la pression. En dérogation aux exigences de 6.6.4 de la CEI 60519-1, ils ne doivent supporter que la pression assignée de service. Cependant, leurs raccordements d'eau doivent supporter 1,5 fois la pression assignée de service.

Des pics de pression provoqués potentiellement par des vannes de commutation doivent être pris en compte.

10.3 Le refroidissement à une température inférieure au point de rosée doit être évité, dans la mesure où il pourrait entraîner de la condensation, par exemple sur la bobine de l'inducteur et sur ses bornes, et créer un éventuel court-circuit.

10.4 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 ferro-magnétiques.

10.5 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.

10.6 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.

11 Plaque signalétique

L'Article 15 de la CEI 60519-1 s'applique avec les exigences complémentaires suivantes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les principaux composants des installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides (par exemple les inducteurs) doivent avoir leurs plaques signalétiques individuelles.

Le fabricant et/ou le fournisseur de l'équipement industriel, scientifique et médical (ISM) à fréquence radioélectrique comme défini dans la CISPR 11 doit s'assurer que l'utilisateur est informé de la classe et du groupe de l'équipement, soit par l'étiquetage ou par la documentation accompagnant l'équipement.

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

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuites utilisées pour les installations de moyenne fréquence ne sont pas nécessairement les mêmes que celles utilisées pour la fréquence du réseau (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 susceptibles de mettre en cause la sécurité.

13 Protection contre les chocs électriques

L'Article 9 de la CEI 60519-1 s'applique avec les ajouts ou modifications suivants.

13.1 Protection contre les contacts directs

L'Article 412 de la CEI 60364-4-41 s'applique avec les ajouts ou modifications suivants.

13.1.1 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 et lorsque sur ce sujet des normes nationales existent, elles doivent s'appliquer.

13.1.2 Accessibilité de l'équipement électrique

Toutes les parties de l'installation utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides et comprenant des équipements électriques, par exemple des condensateurs, des inductances, des transformateurs, des inducteurs ou des systèmes de contacts, de l'appareillage de connexion, des câbles et jeux de barres, doivent être disposées à l'intérieur d'enveloppes ou bien être protégées de manière adéquate contre les contacts directs. Il ne doit pas être possible d'ouvrir les portes ou de retirer les couvercles donnant accès à ces parties d'équipement de domaines de tension 2 et 3 sans l'utilisation d'un outil, par exemple un tournevis ou un verrou dont la clé n'est confiée qu'à une personne autorisée.

13.1.3 Fiches et socles de prises de courant accessibles

Les fiches et les socles de prises de courant etc. accessibles pour courant continu ou pour courant alternatif ou pour des tensions à haute fréquence supérieures à 500 V et qui ne doivent pas être interchangeables, doivent être automatiquement mis hors tension avant ou pendant leur déconnexion en service afin d'éviter tout danger pour le personnel. Cela peut être réalisé au moyen de verrouillages mécaniques.

13.1.4 Exigences particulières pour les conducteurs actifs des domaines de tension 2 et 3

Les conducteurs actifs des domaines de tension 2 et 3 doivent être inaccessibles, excepté dans les conditions suivantes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Domaine de tension 2: L'accès doit être restreint aux personnes autorisées. En complément, pour le domaine de tension 3, des dispositions doivent être prises dès la conception de l'équipement pour empêcher des contacts fortuits par des personnes autorisées recherchant des défauts, réalisant des essais ou des réparations. Ceci peut être réalisé, par exemple, en adoptant une ou plusieurs des mesures suivantes.

a) Utilisation de couvercles fixés par des écrous

   L'accès n'est possible qu'avec l'alimentation coupée.

b) Utilisation de portes à charnières verrouillables ou d'écrans intérieurs à charnières

   Un contacteur de sécurité à manœuvre positive d'ouverture, non réarmable 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) Utilisation d'écrans internes et de l'isolation

   Les écrans internes fixes ou l'isolation doivent être utilisés en couverture des parties lorsque des points d'essai sous tension sont nécessaires; l'écran doit comporter des orifices ou des fentes dont les dimensions permettent uniquement la pénétration de sondes d'essais.

13.2 Protection contre les contacts indirects

L'Article 413 de la CEI 60364-4-41 s'applique avec les ajouts ou modifications suivants.

13.2.1 Tension de contact admissible en fonction de la durée et de la fréquence

Comme indiqué en 13.1.1, 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.

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

13.2.2 Résistance d'isolement électrique

La résistance d'isolement électrique des parties de l'installation utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides varie avec le cycle du procédé du fait des variations de la température, de l'isolation électrique, du garnissage et des composants électriques, par exemple, 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 minimale de la résistance d'isolement électrique n'est normalement pas indiquée et il est donc nécessaire de tenir compte de ces variations pour le réglage des niveaux de fonctionnement des dispositifs de protection, par exemple, la détection des courants de fuite à la terre, lors de la mise en service de l'installation.

Les installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides sont souvent le siège de courants de fuite élevés. Une séparation galvanique entre le circuit d'alimentation par le réseau et l'installation utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides peut devenir nécessaire.

13.3 Exigences particulières

Le fabricant doit établir les éléments suivants dans le manuel d'utilisation:

– on ne doit pas porter de bagues et bracelets métalliques à proximité de champs électromagnétiques importants à moyenne et haute fréquence (par exemple au voisinage des inducteurs);

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– les champs électromagnétiques élevés peuvent créer un danger pour les personnes porteuses d'implants métalliques, de stimulateurs cardiaques ou autres éléments similaires; des mesures de sécurité appropriées doivent être appliquées conformément aux règles locales de sécurité dans la législation du travail.

13.4 Dispositions en vue de la mise à la terre

L'Article 11 et le Paragraphe 12.2 de la CEI 60519-1 s'appliquent avec les ajouts ou modifications suivants.

13.4.1 Si des parties actives sont raccordées à la terre par l'intermédiaire de résistances, d'impédances ou de parafoudres dans une installation galvaniquement isolée du réseau d'alimentation, les connexions à la terre doivent être dimensionnées, thermiquement et dynamiquement pour le courant le plus élevé possible en cas de défaut. Le courant circulant dans ces connexions à la terre doit être contrôlé. Si la limite maximale admissible en exploitation est dépassée, une alarme doit être déclenchée et l'installation doit être automatiquement coupée.

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

13.4.2 Lors de l'utilisation de la mise à la terre de protection, il faut prendre en considération 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.

13.4.3 Il peut être nécessaire de manipuler, en l'absence de liaison 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 acceptables. Dans ce cas, d'autres moyens de protection doivent être mis en œuvre.

Lorsque ces parties sont susceptibles d'être portées à une tension dépassant le niveau de tension de contact admissible (voir 13.2.1), le personnel d'exploitation ne doit pas pouvoir y avoir accès. Si cela ne peut être évité pour des raisons d'espace ou d'exigences, ou du fait du mode d'exploitation de l'installation, la protection du personnel doit être assurée par d'autres moyens, indiqués dans les instructions d'exploitation.

13.4.4 Tous les câbles sous gaine, les conduits ou les tuyaux traversant des parties d'une enveloppe contenant des circuits à haute tension du domaine de tension 2 doivent être mis à la terre à l'endroit où ils traversent cette enveloppe.

13.5 Conducteurs de protection

13.5.1 Les matériaux autorisés pour les conducteurs de protection destinés aux équipements à basse fréquence sont le cuivre, l'aluminium ou l'acier en feuillard galvanisé. Pour les équipements à moyenne ou haute fréquence, il convient d'utiliser le cuivre ou l'aluminium.

Lors du dimensionnement des sections de conducteurs, il convient également de prendre en considération le courant de décharge des condensateurs.

La diminution de la profondeur de pénétration du courant avec l'augmentation de la fréquence doit être prise en compte lors du dimensionnement de la section du conducteur de protection.

13.5.2 Lorsqu'en raison du mode d'exploitation, un changement fréquent de l'inducteur est possible, on doit porter une attention particulière à la sécurité et à la fiabilité du raccordement des parties de la gaine métallique de l'inducteur entre elles ainsi qu'au conducteur de protection à la terre.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

14 Perturbations radioélectriques

Il convient d'éviter les perturbations radioélectriques lors de l'exploitation de l'équipement utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides. Des directives peuvent être données par des normes nationales ou internationales (voir également 6.4 de la CEI 60519-1).

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.

15 Instructions d'exploitation

15.1 Si des installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides sont exploitées avec une fréquence réglable, des mesures appropriées doivent être prises pour empêcher de façon sûre que les limites du domaine de fréquence autorisé ne soient franchies par le haut ou par le bas.

15.2 Si dans des installations utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les métaux liquides, différents courants maximaux sont admis, par exemple dépendants de la fréquence, des dispositifs de surveillance particuliers doivent être prévus pour assurer les mesures de protection convenables.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe A
(normative)

Exigences particulières pour les installations pour coulée électromagnétique

A.1 Des mesures de protection doivent être prévues pour donner l'alerte et mettre hors tension l'installation en cas de défaillance dangereuse pour le personnel, l'installation ou le procédé.

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe B
(normative)

Exigences particulières pour les installations électromagnétiques avec garnissage

B.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. En outre, il peut se produire de soudaines détériorations, par exemple à la suite de chocs thermiques ou mécaniques.

Afin de diminuer ces risques l'état du garnissage de l'inducteur doit être vérifié à des intervalles raisonnables. La vérification peut s'effectuer par:

a) l'évaluation des paramètres électriques de l'installation;

b) l'examen visuel;

c) la vérification de la condition du garnissage en différents endroits;

d) le contrôle de la température (enceinte de l'inducteur et liquide de refroidissement).

B.2 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.

_____

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ISBN 2-8318-9195-7



ICS 25.180.10

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale