

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Resistance welding equipment –
Part 1: Safety requirements for design, manufacture and installation**

**Matériels de soudage par résistance –
Partie 1: Exigences de sécurité pour la conception, la fabrication et l'installation**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Resistance welding equipment –
Part 1: Safety requirements for design, manufacture and installation**

**Matériels de soudage par résistance –
Partie 1: Exigences de sécurité pour la conception, la fabrication et l'installation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.160

ISBN 978-2-8322-3084-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

CONTENTS	2
FOREWORD	6
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Environmental conditions	11
5 Tests	11
5.1 Test condition	11
5.2 Measuring instruments	11
5.3 Type tests	12
5.4 Routine tests	12
6 Protection against electric shock	12
6.1 General	12
6.2 Insulation	13
6.2.1 General	13
6.2.2 Clearances	13
6.2.3 Creepage distances	14
6.2.4 Insulation resistance	16
6.2.5 Dielectric strength	16
6.2.6 Welding circuit touch current	18
6.2.7 Liquid cooling	18
6.3 Protection against electric shock in normal service (direct contact)	19
6.3.1 General	19
6.3.2 Rated no-load voltage at the output	19
6.3.3 Protection provided by barriers or the enclosure	20
6.3.4 Capacitors	21
6.3.5 Automatic discharge of input capacitors	21
6.3.6 Protective conductor current under normal condition	22
6.3.7 Touch current in normal condition	22
6.4 Protection against electric shock in case of a fault condition (indirect contact)	22
6.4.1 General	22
6.4.2 Protective provisions for welding circuit	24
6.4.3 Internal conductors and connections	36
6.4.4 Touch current in fault condition	36
6.4.5 DC resistance welding equipment operating at mains frequency	37
6.4.6 DC resistance welding equipment operating at medium frequency	37
6.4.7 Continuity of the protective bonding circuit	37
6.5 Additional user requirements	38
6.6 Supply voltage	38
6.7 Conductors of the welding circuit	38
7 Thermal requirements	38
7.1 Heating test	38
7.1.1 Test conditions	38
7.1.2 Tolerances of the test parameters	39
7.1.3 Beginning of the heating test	40

7.1.4	Duration of the test	40
7.2	Temperature measurement	40
7.2.1	Measurements conditions	40
7.2.2	Surface temperature sensor	40
7.2.3	Resistance	40
7.2.4	Embedded temperature sensor	41
7.2.5	Determination of the ambient temperature (t_a)	41
7.2.6	Determination of cooling liquid temperature (t_a)	41
7.2.7	Recording of temperatures	41
7.3	Limits of temperature rise	42
7.3.1	Windings	42
7.3.2	External surfaces	42
7.3.3	Other components	44
7.4	Protection from thermal hazards in normal service (direct contact)	44
7.4.1	General	44
7.4.2	Identification of hot surfaces	44
7.4.3	Protection provided by insulation or other barriers	45
7.4.4	Protection provided by supplemental cooling	45
8	Abnormal operation	45
8.1	General requirements	45
8.2	Stalled fan test	45
8.3	Cooling system failure	45
8.4	Overload test	46
9	Provisions against mechanical hazards	46
9.1	General	46
9.2	Risk analysis	46
9.2.1	General	46
9.2.2	Ready-to-use equipment as in delivery state	46
9.2.3	Equipment not ready to use as in delivery state	46
9.2.4	Equipment not ready for use and designed to be incorporated in more complex equipment	47
9.3	Measures	47
9.3.1	Minimum measures	47
9.3.2	Additional measures	47
9.4	Conformity of components	48
9.5	Starting for manual operated equipment	48
10	Instructions and markings	49
10.1	Instructions	49
10.2	Markings	49
10.3	Marking of terminals	49
Annex A (informative)	Nominal voltages of supply networks	51
Annex B (normative)	Construction of supply circuit terminals	52
B.1	Size of terminals	52
B.2	Spacings between supply circuit terminals	52
B.3	Connections at the terminals	53
B.4	Construction of the terminals	53
B.5	Fixing of the terminals	53
Annex C (normative)	Touch current measurement in fault condition	54

Annex D (informative) Extrapolation of temperature to time of shutdown	56
Annex E (informative) Example of risk analysis and safety level requirement	57
E.1 General.....	57
E.2 Monitored hazards	57
E.3 General measures	57
E.4 Typical hazards by type of equipment	57
E.4.1 General	57
E.4.2 Spot welding.....	58
E.4.3 Projection welding	59
E.4.4 Seam welding	60
E.4.5 Butt welding.....	60
Annex F (informative) Indirect contact protection in resistance welding equipment.....	61
F.1 Protection against indirect contact by automatic disconnection of the supply	61
F.1.1 General	61
F.1.2 TN system	61
F.1.3 TT systems.....	62
F.2 Automatic disconnection of supply in single phase a.c. current equipment	63
F.2.1 TN system	63
F.2.2 TT systems.....	64
F.3 Automatic disconnection of supply in d.c. current equipment operating at medium frequency (inverter equipment)	64
F.3.1 TN system	64
F.3.2 TT systems.....	65
Bibliography.....	68
Figure 1 – Measurement of welding circuit touch current.....	18
Figure 2 – Measurement of rms values	19
Figure 3 – Example of metal screen between windings of the supply circuit and the welding circuit.....	26
Figure 4 – Example of protective conductor connected directly to the welding circuit (single-spot, a.c. current equipment).....	27
Figure 5 – Example of protective conductor connected directly to welding circuits (multi-spot, a.c. current equipment)	27
Figure 6 – Example of protective conductor connected directly to welding circuits (medium-frequency equipment).....	28
Figure 7 – Example of protective conductor connected to welding circuits through impedances	29
Figure 8 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances	30
Figure 9 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances	30
Figure 10 – Example of current operated RCD (a.c. current equipment).....	31
Figure 11 – Example of current operated RCD (medium-frequency equipment).....	32
Figure 12 – Example of current operated residual current device and voltage relay	33
Figure 13 – Example of current operated residual current device and safety-voltage relay	34
Figure 14 – Example of safety voltage relay.....	35
Figure C.1 – Measuring network for weighted touch current	54

Figure C.2 – Diagram for touch current measurement on fault condition at operating temperature for single-phase connection of appliances other than those of class II	55
Figure C.3 – Diagram for touch current measurement on fault condition for three-phase four-wire system connection of appliances other than those of class II	55
Figure E.1 – Structure of a mounted machine	58
Figure E.2 – Structure of a hand-held welding gun	58
Figure E.3 – Structure of projection welding machinery	59
Figure E.4 – Structure of seam welding machinery	60
Figure E.5 – Structure of butt welding machinery	60
Figure F.1 – Principle illustration of insulation fault	61
Figure F.2 – Illustrations of TN systems	62
Figure F.3 – Illustrations of TT systems	63
Figure F.4 – Typical fault current	65
Figure F.5 – Time-to-voltage reference curve	67
Table 1 – Minimum clearances for overvoltage category III	13
Table 2 – Minimum creepage distances	15
Table 3 – Insulation resistance	16
Table 4 – Dielectric test voltages	17
Table 5 – Minimum distance through insulation	25
Table 6 – Continuity of the protective bonding circuit	37
Table 7 – Limits of temperature rise for windings	42
Table 8 – Limits of temperature rise for external surfaces of hand-held equipment	43
Table 9 – Limits of temperature rise for external surfaces of hand-guided equipment	43
Table 10 – Limits of temperature rise for external surfaces of fixed equipment	43
Table B.1 – Range of conductor dimensions to be accepted by the supply circuit terminals	52
Table B.2 – Spacing between supply circuit terminals	53

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RESISTANCE WELDING EQUIPMENT –**Part 1: Safety requirements for design,
manufacture and installation**

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62135-1 has been prepared by IEC technical committee 26: Electric welding.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- creepage distances for pollution degree 4 are no longer valid (see Table 2);
- insulation requirements for Class II equipment are defined (see Table 3);
- dielectric test voltage interpolation restriction lower limit is changed to 220 V and interpolation for control and welding circuit is clarified (see Table 4);
- maximum temperature for insulation systems are reviewed in accordance with current edition of IEC 60085 (see Table 7);

- marking of terminals is defined (see 10.3);
- table for nominal voltages of supply networks is changed adopting Table B.2 of IEC 60664-1:2007 in place of the Table B.1 values referenced in the previous edition to provide for equipment to be connected to both earthed and unearthed systems. The change impacts the creepage and clearance distance requirements for some supply voltage ratings (see Annex A);
- touch current in fault condition are measurement procedures are clarified (see 6.4.4 and Annex C).
- welding circuit touch current is defined (see 6.2.6);
- touch current in normal condition are clarified and moved in protection against electric shock in normal service (see 6.3.7);
- heating test conditions are clarified (see 7.1.1);
- external surface temperature rise limitation is changed (see 7.3.2).

This bilingual version (2016-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2015-05.

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

FDIS	Report on voting
26/558/FDIS	26/570/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The list of all the parts of the IEC 62135 series, under the general title *Resistance welding equipment*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

The contents of the corrigendum of February 2016 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

RESISTANCE WELDING EQUIPMENT –

Part 1: Safety requirements for design, manufacture and installation

1 Scope

This part of IEC 62135 applies to equipment for resistance welding and allied processes and includes single and multiple welding stations which may be manually or automatically loaded and/or started.

This part of IEC 62135 covers stationary and portable equipment.

This part of IEC 62135 specifies electrical safety requirements for design, manufacture and installation. It does not cover all non-electrical safety requirements (e.g. noise, vibration).

This part of IEC 62135 does not include electromagnetic compatibility (EMC) requirements, which are included in IEC 62135-2.

To comply with this standard, all safety risks involved in loading, feeding, operating and unloading the equipment, where applicable, should be assessed and the requirements of related standards should be observed.

2 Normative references

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

IEC 60204-1:2005, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

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

IEC 60364-6, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 60417-DB:2011¹, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

¹ “DB” refers to the IEC on-line database.

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

ISO 669, *Resistance welding – Resistance welding equipment – Mechanical and electrical requirements*

ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 669, IEC 60664-1 and IEC 60204-1, as well as the following, apply.

3.1

equipment for resistance welding and allied processes

equipment associated with carrying out the processes of resistance welding or allied processes consisting of, for example, power source, electrodes, tooling and associated control equipment

Note 1 to entry: It may be a separate unit or part of a complex machine.

Note 2 to entry: The term "resistance welding equipment" is used in the following text.

3.2

processes allied to resistance welding

processes carried out on machines comparable to resistance welding equipment considered as allied to resistance welding, for example, resistance brazing, soldering or heating

3.3

type test

test of one or more devices made to a given design, to check if these devices comply with the requirements of the standard concerned

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-12-05]

3.4

routine test

test made on each individual device during or after manufacture to check if it complies with the requirements of the standard concerned or the criteria specified

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-12-06]

3.5

welding circuit

conductive material through which the welding current is intended to flow

3.6

control circuit

circuit for the operational control of welding equipment, and/or for protection of the power circuits

3.7

conventional value

standardized value that is used as a measure of a parameter for the purposes of comparison, calibration, testing, etc.

Note 1 to entry: Conventional values do not necessarily apply during the actual welding process.

3.8

rated value

value assigned, generally by the manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment

3.9

rating

set of rated values and operating conditions

3.10

hand-held equipment

resistance welding equipment with built-in or external transformer, which is intended to be held in the hand during use, suspended or not

3.11

portable equipment

resistance welding equipment that is connected to the mains supply by means of a plug.

3.12

stationary equipment

resistance welding equipment permanently connected to the mains supply

3.13

material group

materials are separated into four groups by their comparative tracking index (CTI) values

Note 1 to entry: The groups are as follows:

Material group I	600	≤	CTI		
Material group II	400	≤	CTI	<	600
Material group IIIa	175	≤	CTI	<	400
Material group IIIb	100	≤	CTI	<	175

The CTI values above refer to values in accordance with IEC 60112.

Note 2 to entry: For inorganic insulating materials, for example, glass or ceramics, which do not track, creepage distances need not be greater than their associated clearance for the purpose of insulation coordination.

3.14

thermal equilibrium

state reached when the observed temperature rise of any part of the welding equipment does not exceed 2 K/h

3.15

thermal protection

system intended to ensure the protection of all or part of the welding equipment against excessive temperatures resulting from certain conditions of thermal overload

Note 1 to entry: It is capable of being reset (either manually or automatically) when the temperature falls to the reset value.

3.16**supply circuit
input circuit**

conductive material of the power source through which the supply current is intended to flow

3.17**general visual inspection**

inspection by eye to verify that there are no apparent discrepancies with respect to provisions of the standard concerned

3.18**working voltage**

highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is supplied at rated voltage

Note 1 to entry: Transients are disregarded.

Note 2 to entry: Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

4 Environmental conditions

Resistance welding equipment intended for indoor use and complying with this standard shall be safe to operate when the following environmental conditions prevail:

- a) range of ambient air temperature:
 - during operation: 5 °C to 40 °C;
- b) relative humidity of the air:
 - up to 50 % at 40 °C;
 - up to 90 % at 20 °C.
- c) ambient air, free from abnormal amounts of dust, acids, corrosive gases or substances etc. other than those generated by the welding process.
- d) altitude above sea-level up to 1 000 m;
- e) temperature of the cooling medium does not exceed:
 - 1) in the case of a liquid: 30 °C at the inlet;
 - 2) in the case of the ambient air: 40 °C.

NOTE Different environmental conditions can be agreed upon between the manufacturer and the purchaser and the resulting welding equipment is marked accordingly. Examples of these conditions are: outdoor use, different altitude, different temperature of cooling medium, high humidity, unusually corrosive fumes, steam, excessive oil vapour, abnormal vibration or shock, excessive dust, unusual sea coast or shipboard conditions.

5 Tests**5.1 Test condition**

The tests shall be carried out on new, dry and completely assembled resistance welding equipment at an ambient air temperature between 10 °C and 40 °C. It is recommended that the thermal tests be carried out at 40 °C. Liquid-cooled resistance welding equipment shall be tested with liquid conditions as specified by the manufacturer.

5.2 Measuring instruments

The accuracy of measuring instruments shall be as follows.

- a) electrical measuring instruments: class 1 (± 1 % of full-scale reading), except for the measurement of insulation resistance and dielectric strength where the accuracy of the instruments is not specified, but shall be taken into account for the measurement;

- b) instruments for measuring welding current: class 5;
- c) temperature measuring instruments: ± 2 K.

5.3 Type tests

Unless otherwise specified, the tests in this standard are type tests.

The resistance welding equipment shall be tested with all ancillary equipment fitted that could affect the test results.

All type tests shall be carried out on the same resistance welding equipment except where it is specified that a test may be carried out on another resistance welding equipment.

As a condition of conformity, the type tests given below shall be carried out in the following sequence:

- a) general visual inspection, see 3.17;
- b) insulation resistance, see 6.2.4 (preliminary check);
- c) protection provided by the enclosure, see 6.3.3;
- d) insulation resistance, see 6.2.4;
- e) dielectric strength, see 6.2.5;
- f) general visual inspection, see 3.17.

The other tests included in this standard and not listed here may be carried out in any convenient sequence.

5.4 Routine tests

All routine tests shall be carried out on each resistance welding equipment. The following sequence is recommended:

- a) general visual inspection, see 3.17;
- b) continuity of the protective circuit, see 6.4.7;
- c) dielectric strength, see 6.2.5;
- d) no-load voltage, see 6.3.2;
- e) test to ensure rated minimum and maximum output values in accordance with ISO 669;
- f) general visual inspection, see 3.17.

6 Protection against electric shock

6.1 General

Hazardous-live-parts shall not be accessible and accessible conductive parts shall not be hazardous live

- either under normal conditions (operation in intended use, and absence of a fault); or
- under single-fault conditions.

The requirements for provisions for normal conditions protection are given in 6.3.

The requirements for provisions for fault condition protection are given in 6.4.

6.2 Insulation

6.2.1 General

The majority of resistance welding equipment falls within overvoltage category III in accordance with IEC 60664-1. All resistance welding equipments shall be designed for use in environmental conditions of pollution degree 3 as a minimum.

Design of liquid cooled equipment shall consider possible condensation which may require different conditions.

Components or subassemblies with clearances or creepage distances corresponding to pollution degree 2 are permitted, if they are completely coated, potted or moulded in accordance with IEC 60664-3.

An equipment designed with insulation based on line-to-neutral voltage values shall be provided with a caution that such equipment shall only be used on a supply system that is either a three-phase, four-wire system with an earthed neutral or a single-phase, three-wire, system with an earthed neutral.

6.2.2 Clearances

For basic insulation or supplementary and reinforced insulation, minimum clearances shall be in accordance with IEC 60664-1, as partially summarized in Table 1 for overvoltage category III.

Table 1 – Minimum clearances for overvoltage category III

Voltage ^a	Basic or supplementary insulation					Reinforced insulation				
	Rated impulse test voltage	AC test voltage	Pollution degree			Rated impulse test voltage	AC test voltage	Pollution degree		
			2	3	4			2	3	4
			Clearance					Clearance		
V r.m.s.	Peak V	V r.m.s.	mm			Peak V	V r.m.s.	mm		
50	800	566	0,2	0,8	1,6	1 500	1 061	0,5	0,8	1,6
100	1 500	1 061	0,5			2 500	1 768	1,5		
150	2 500	1 768	1,5			4 000	2 828	3		
300	4 000	2 828	3			6 000	4 243	5,5		
600	6 000	4 243	5,5			8 000	5 657	8		
1 000	8 000	5 657	8			12 000	8 485	14		
NOTE 1 Values taken from Tables F.1 and F.2 of IEC 60664-1:2007.										
NOTE 2 For other pollution degrees and overvoltage categories, see IEC 60664-1.										
^a See Annex A for voltage value.										

For dimensioning clearances to accessible non-conductive surfaces, such surfaces shall be considered to be covered by metal foil wherever they can be touched by the standard test finger in accordance with IEC 60529.

Clearances shall not be interpolated.

For supply circuit terminals, see Annex B.

Clearances between parts of resistance welding equipment (for example, circuits or components) which are protected by an overvoltage limiting device (for example, oxide varistor) may be rated in accordance with overvoltage category I (see IEC 60664-1).

The values of Table 1 shall also apply to control circuits when separated from the supply circuit, for example, by a transformer.

If the control circuit is connected direct to the supply circuit, the values for the supply voltage shall apply.

Conformity shall be checked by measurement in accordance with 6.2 of IEC 60664-1:2007 or where this is not possible, by submitting the welding equipment to an impulse test using the voltages given in Table 1.

For the impulse test, a minimum of three impulses of each polarity at the voltage given in Table 1 are applied with an interval of at least 1 s between impulses using a generator with an output waveform of 1,2/50 μ s and an output impedance of less than 500 Ω .

Alternatively, either an a.c. test voltage as given in Table 1 may be applied for three cycles or a ripple free d.c. voltage, the value of which is equal to the impulse voltage, may be applied three times for 10 ms, for each polarity.

The equipment shall withstand the test voltages without any flashover or breakdown.

6.2.3 Creepage distances

For basic insulation or supplementary insulation, minimum creepage distances shall be in accordance with IEC 60664-1, as summarized in Table 2.

Creepage distances for reinforced or double insulation shall be twice those determined for basic insulation.

For the purpose of dimensioning creepage distances to accessible surfaces of insulation material, such surfaces shall be considered to be covered by metal foil wherever they can be touched by the standard test finger in accordance with IEC 60529.

Creepage distances are given for the highest rated voltage of each line of Table 2. In the case of a lower rated voltage, interpolation is allowed.

For supply circuit terminals, see Annex B.

The values of Table 2 shall also be applicable to control circuits when separated from the supply circuit by, for example, a transformer.

A creepage distance cannot be less than the associated clearance, so the shortest possible creepage distance is equal to the required clearance.

If the control circuit is connected directly to the supply circuit, the values for the supply voltage shall apply.

Conformity shall be checked by linear measurement in accordance with 6.2 of IEC 60664-1:2007.

Table 2 – Minimum creepage distances

Working voltage	Creepage distances in millimetres								
	Basic or supplementary insulation								
	Printed wiring material		Pollution degree						
	Pollution degree								
V r.m.s	1	2	1	2			3		
	a	b	a	Material group			Material group		
	mm	mm	mm	I	II	III	I	II	III
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16
1 250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20
1 600			5,6	8	11	16	20	22	25
2 000			7,5	10	14	20	25	28	32
2 500			10	12,5	18	25	32	36	40
3 200			12,5	16	22	32	40	45	50
4 000			16	20	28	40	50	56	63
5 000			20	25	36	50	63	71	80
6 300			25	32	45	63	80	90	100
8 000			32	40	56	80	100	110	125
10 000			40	50	71	100	125	140	160

NOTE In accordance with IEC 60664-1, the dimensions for creepage distance cannot be specified where permanently conductive pollution is present (Pollution degree 4).

^a Material group I, II, IIIa and IIIb.

^b Material group I, II and IIIa.

6.2.4 Insulation resistance

The insulation resistance shall be not less than the values given in Table 3.

Table 3 – Insulation resistance

Measurement ^a		Resistance
Supply circuit (including control circuits connected to it) with protection provision specified in 6.4.2.2	to welding circuit (including control circuits connected to it)	5,0 MΩ
Supply circuit (including control circuits connected to it) with protection provision different from those specified in 6.4.2.2	to welding circuit (including control circuits connected to it)	2,5 MΩ
Control circuits and exposed conductive parts	to all circuits	2,5 MΩ
Supply circuit of Class II equipment	to accessible surfaces^b	5,0 MΩ
NOTE Due to the design of resistance welding equipment, welding circuit to protective circuit resistance measurement is not required.		
^a Control circuits are tested together with the circuit to which they are galvanically connected. ^b For measurement to accessible non-conductive surfaces, such surfaces shall be considered to be covered by metal foil.		

Any control or auxiliary circuit connected to the protective conductor terminal shall be considered as an exposed conductive part for the purpose of this test.

Conformity shall be checked by the stabilized measurement of the insulation resistance without interference suppression or protection capacitors (see 6.4.2.2) by application of a d.c. voltage of 500 V at room temperature.

During the test, electric components that may be damaged and are not part of the insulation to be tested can be disconnected or short-circuited. Test report shall contain a list of these components with a justification of exclusion by the test.

Test is performed without cooling liquid.

6.2.5 Dielectric strength

The insulation shall withstand the following test voltages without any flashover or breakdown:

- first test of a resistance welding equipment: test voltages given in Table 4;
- repetition of the test of the same resistance welding equipment: test voltage 80 % of the values given in Table 4.

Table 4 – Dielectric test voltages

Maximum rated voltage V r.m.s.	AC dielectric test voltage V r.m.s.				
	All circuits to exposed conductive parts, supply circuit to all circuits except the welding circuit		All circuits except supply circuit to welding circuit	Supply circuit to welding circuit with protection provision different from those specified in 6.4.2.2	Supply circuit to welding circuit with protection provision specified in 6.4.2.2
	Class I equipment	Class II equipment			
Up to 50	250	500	500	–	–
220	1 100	2 200	1 100	1 100	2 200
450	1 875	3 750	1 875	1 875	3 750
700	2 500	5 000	2 500	2 500	5 000
1 000	2 750	5 500	–	2 750	5 500
NOTE 1 The maximum rated voltage is valid for earthed and unearthed systems.					
NOTE 2 In this standard the dielectric strength test of control circuits is limited to any circuit that enters or exits the enclosure apart from the supply circuit and the welding circuit.					
^a For intermediate values, interpolation is allowed on all supply networks (supply circuit) operating outside the range of 220 V to 450 V and on all three-phase, three-wire earthed systems without voltage exemption (see Annex A).					
^b For intermediate values, interpolation is allowed on welding and control circuits.					

The a.c. test voltage shall be of an approximate sine wave-form with a peak value not exceeding 1,45 times the r.m.s. value, having a frequency of approximately 50 Hz or 60 Hz.

The high-voltage transformer shall deliver the prescribed voltage up to the tripping current. Tripping is regarded as a flashover or a breakdown. The tripping current setting can be selected according to the transformer capacitive dispersion current. The maximum permissible setting of the tripping current shall be 100 mA.

For operator's safety, the lowest setting of the tripping current (less than or equal to 10 mA) is recommended.

Alternative test: A d.c. test voltage of 1,4 times the r.m.s. test voltage may be used.

Components or subassemblies shall not be disconnected or short-circuited unless the conditions of a), b) or c) below are met.

- The components or subassemblies are designed and tested to relevant standards that specify a voltage lower than the test voltage level of this standard. These components or subassemblies are not connected between supply and welding circuits and their disconnection or short-circuiting does not prevent a part of that circuit from being tested. Example: fan motors and pump motors.
- The components or subassemblies are completely incorporated within either the supply or the welding circuit and their disconnection does not prevent a part of that circuit from being tested. Example: electronic circuits.
- Interference suppression networks or protection capacitors between the supply or welding circuit and any exposed conductive part conform to the relevant standards.

Control circuits connected to the protective conductor terminal shall not be disconnected during testing and they are then tested as exposed conductive parts.

The test voltage may be raised to the full value slowly at the discretion of the manufacturer.

Resistance welding equipment incorporating a rectifier shall be tested after assembly of the complete resistance welding equipment, with the power rectifier remaining properly connected to the output circuit of the transformer. Rectifiers, their protective devices and other solid-state electronic components or capacitors, may be short-circuited during the test.

Liquid-cooled equipments shall be tested before being filled with the cooling liquid.

Conformity shall be checked by application of the test voltage for

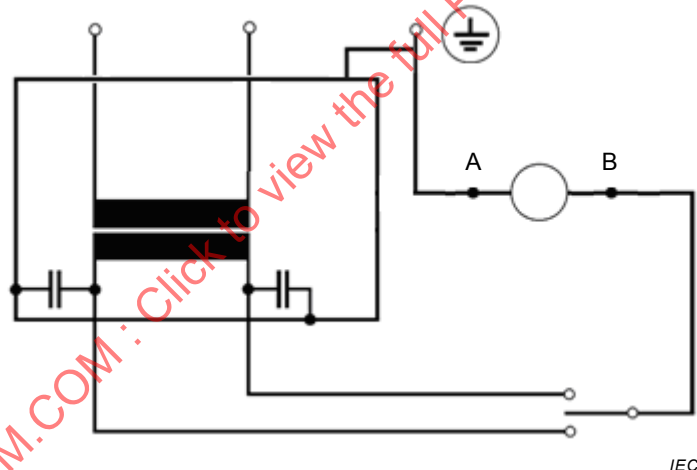
- 1) 60 s (type test);
- 2) 5 s (routine test); or
- 3) 1 s (routine test with the test voltage increased by 20 %).

6.2.6 Welding circuit touch current

In equipment with welding circuit insulated from the protective conductor the touch current between the welding circuit connections and the protective conductor terminal shall not exceed 14,1 mA peak.

Conformity shall be checked by visual inspection and measurement of the touch current with a circuit as shown in Figure 1 at the rated supply voltage(s) and no-load condition.

The measuring network specified in Figure C.1 shall be connected as shown in Figure 1.



Key

A, B Measuring network connections

NOTE For class II equipment, use the PE-terminal of earthed supply network.

Figure 1 – Measurement of welding circuit touch current

6.2.7 Liquid cooling

Coolant-hoses between parts of the input circuit having different polarity shall have a length of at least 0,5 m and a resistance of at least 1 MΩ/m; resistivity of the cooling liquid shall be at least 20 Ωm.

Accessible connections of a cooling-system being in contact with the input circuit shall be provided with a metal part to be connected to the protective conductor.

Compliance is checked by visual inspection and measurement.

6.3 Protection against electric shock in normal service (direct contact)

6.3.1 General

Protection against electric shock in normal service shall consist of one or more provisions that under normal conditions prevent contact with hazardous-live-parts. These provisions include

- basic insulation;
- barriers or enclosures;
- limitation of voltage;
- limitation of steady-state touch current and charge.

More details may be found in IEC 61140.

6.3.2 Rated no-load voltage at the output

6.3.2.1 General

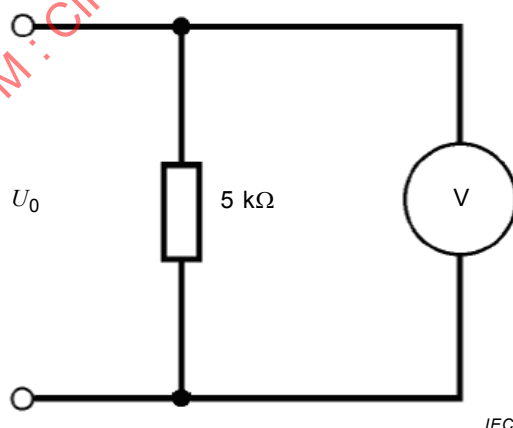
If the welding circuit is accessible during welding process and the welding power source is not fitted with a hazard reducing device in accordance with 6.3.2.3, the rated no-load voltage at the output, at all possible settings, shall not exceed 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c.

If the welding circuit is accessible during welding process and the welding power source is fitted with a hazard reducing device in accordance with 6.3.2.3, the rated no-load voltage at the output, at all possible settings, shall not exceed a.c. 68 V peak and 48 V r.m.s.

Conformity shall be checked by measurement and by analysis of the circuit and/or by failure.

6.3.2.2 Measuring circuits

For measuring r.m.s. values, a true r.m.s. meter shall be used together with a resistor of $5 \pm 5\%$ k Ω , connected across the welding circuit terminals as shown in Figure 2.



Key

U_0	No-load voltage
V	True r.m.s. voltmeter

Figure 2 – Measurement of rms values

6.3.2.3 Hazard reducing device

6.3.2.3.1 General requirements

A hazard reducing device shall reduce the severity of the electric shock that can originate from no-load voltages exceeding a.c. 25 V.

6.3.2.3.2 Voltage reducing device

A voltage reducing device shall have automatically reduced the rated no-load voltage to a level not exceeding a.c. 25 V. The operating time is 0,1 s.

Conformity shall be checked by measuring voltage and operating time.

6.3.2.3.3 Indication of satisfactory operation

A reliable device, for example a signal lamp, shall be provided which indicates that the hazard reducing device is operating satisfactorily. Where a signal lamp is used, it shall light when the voltage has been reduced.

Conformity shall be checked by visual inspection.

6.3.2.3.4 Fail to a safe condition

If the hazard reducing device fails to operate in accordance with 6.3.2.3.1, the voltage at the output terminals shall be reduced to a level not exceeding a.c. 25 V and shall not be reset automatically.

Conformity shall be checked by simulating a fault of the hazard reducing device and measuring the time to reach a safe condition after failure of the hazard reducing device.

6.3.3 Protection provided by barriers or the enclosure

Barriers or enclosures shall prevent access to hazardous-live-parts by providing an adequate degree of protection against electric shock. Barriers or enclosures shall have sufficient mechanical strength, stability and durability to maintain the specified degree of protection, taking account of all relevant influences from the environment and from inside the enclosure.

Resistance welding equipment specifically designed for indoor use shall have a minimum degree of protection of IP20 (except external welding circuit, for example, electrodes) using IEC 60529 test procedures and conditions.

Resistance welding equipment specifically designed for outdoor use shall have a minimum degree of protection of IP23 using IEC 60529 test procedures and conditions.

Conformity shall be checked as follows.

Welding equipment shall be subjected to the appropriate water test without being energized. Immediately after the test, the unit shall be moved to a safe environment and subjected to the insulation resistance and dielectric strength tests.

Where the design or construction allows for the removal of barriers, the opening of enclosures or the removal of parts of enclosures, access to hazardous-live-parts shall only be possible

- by the use of a key or tool;
- after isolation of hazardous-live-parts from the supply circuit where the enclosure would no longer provide protection, restoration of the supply shall become possible only after replacement of barriers or parts of enclosures or after the closing of doors;

- where an intermediate barrier still maintains the required degree of protection, such barrier being removable only by the use of a key or tool.

Conformity shall be checked by visual inspection.

6.3.4 Capacitors

A capacitor provided as part of a resistance welding equipment and connected across supply circuit shall

- a) not contain more than 1 l of flammable liquid;
- b) be designed not to leak during normal service;
- c) be contained within the resistance welding equipment enclosure or other enclosure which conforms to the relevant requirements of this standard.

Conformity shall be checked by visual inspection.

Capacitors shall not cause the resistance welding equipment to exhibit hazardous electrical breakdown or present risk of fire in event of a failure.

Conformity shall be checked by the following test.

Capacitors are shorted before the equipment is switched on then the resistance welding equipment is operated at no-load at its rated input voltage and with an input supply fuse or circuit-breaker with a value between 120 % and 200 % of those specified in the instruction manual, with all or any of the capacitors shorted until

- a) any fuse or overcurrent device in the resistance welding equipment source has operated; or
- b) the supply circuit fuse or circuit-breaker has cleared; or
- c) the input components of the resistance welding equipment reach a steady-state temperature, not higher than that allowed in 7.3. Any fault of electronic components (for example, primary rectifier) is not meant as a failure criteria for this test.

If any undue heating or melting becomes apparent, the resistance welding equipment shall conform to the requirements of b) and c) of 8.1.

There shall be no leakage of liquid during any of the type tests required by this standard.

For interference suppression capacitors or capacitors having internal fusing or a circuit breaker, this test is not required.

6.3.5 Automatic discharge of input capacitors

Each capacitor shall be provided with a means of automatic discharge which shall reduce the voltage across the capacitor to 60 V or less within the time necessary to give access to any current-carrying part connected to the capacitor or an appropriate warning label shall be used. For any plug, which has a voltage due to a capacitor, the access time is considered to be 1 s.

Capacitors having a rated capacitance not exceeding 0,1 μF are not considered to present a risk of electric shock.

Conformity shall be checked by visual inspection and by the following test.

The resistance welding equipment shall be tested at its highest rated supply voltage. The resistance welding equipment shall then be disconnected from the supply and the voltages are measured with instruments that do not significantly affect the values being measured.

6.3.6 Protective conductor current under normal condition

The leakage current in the external protective conductor shall not exceed

- a) 5 mA rms for plug-connected equipment rated up to and including 32 A;
- b) 10 mA rms for plug-connected equipment rated more than 32 A;
- c) 10 mA rms for equipment for permanent connection, without special measures for the protective conductor;
- d) equipment for permanent connection with a reinforced protective conductor may have a leakage current up to 5 % of the rated input current per phase.

The following shall be provided for reinforced protective conductors:

- a connection terminal designed for the connection of a protective conductor measuring at least 10 mm² Cu or 16 mm² Al; or
- a second terminal designed for the connection of a protective conductor of the same cross-section as that of the normal protective conductor.

Conformity shall be checked under the following conditions.

The external protective conductor current shall be measured by inserting an ammeter of negligible impedance (for example, 0,5 Ω) in series with the protective conductor. Measurement of the protective conductor is made with the equipment and power distribution system running in all normal operating modes.

6.3.7 Touch current in normal condition

The touch current for accessible conductive surfaces, not connected to the protective circuit, shall not exceed 0,7 mA peak under normal conditions.

Conformity shall be checked using the configurations as shown in Annex C, without simulating any fault and under the following conditions:

- a) the resistance welding equipment is:
 - isolated from the ground plane;
 - supplied by the highest rated supply voltage;
- b) the welding circuit is in the no-load condition;
- c) interference suppression capacitors are not disconnected.

6.4 Protection against electric shock in case of a fault condition (indirect contact)

6.4.1 General

6.4.1.1 General safety measures

Protection against indirect contact is intended to prevent hazardous situations due to an insulation fault between live parts and exposed conductive parts.

For each circuit or part of electrical equipment at least one measure shall be applied. Suitable measures for the welding circuit are given in 6.4.2.2 and applicability to different type of equipment is given in 6.4.2.2 to 6.4.2.4.

For each circuit or part of the electrical equipment different from the welding circuit, at least one of the measures in accordance with 6.4.1.2 to 6.4.1.3 shall be applied:

- measures to prevent the occurrence of a touch voltage (6.4.1.2); or
- automatic disconnection of the supply before the time of contact with a touch voltage can become hazardous (6.4.1.3).

Where those recommended measures are not practicable, for example, due to the physical or operational conditions, other measures from IEC 60364-4-41 may be used.

If selected measure(s) necessitate(s) coordination with the type of supply and earthing system, the manufacturer can require power supply earthing system information from the user and design the equipment in accordance with that information (for example, using the enquiry form specified in Annex B of IEC 60204-1:2005).

The manufacturer shall specify in the instruction manual the supply earthing system(s) allowed (for example, TN/TT/IT systems) and the relevant required supply characteristics (for example, fuse, circuit-breaker, and/or RCD rating).

NOTE 1 The risk of harmful physiological effects from a touch voltage depends on the value of the touch voltage and the duration of possible exposure.

NOTE 2 For classes of equipment and protective provisions, see IEC 61140.

6.4.1.2 Prevention of the occurrence of a touch voltage

Measures to prevent the occurrence of a touch voltage include the following:

- provision of class II equipment or by equivalent insulation;
- electrical separation.

Protection by provision of class II equipment or by equivalent insulation is intended to prevent the occurrence of touch voltages on the accessible parts through a fault in the basic insulation. This protection is provided by one or more of the following:

- class II electrical devices or apparatus (double insulation, reinforced insulation or by equivalent insulation in accordance with IEC 61140);
- switchgear and controlgear assemblies having total insulation;
- supplementary or reinforced insulation in accordance with 413.2 of IEC 60364-4-41:2005.

Protection by electrical separation is intended to prevent a touch voltage through contact with exposed conductive parts that can be energized by a fault in the basic insulation of the live parts of that circuit. For this type of protection, the requirements of IEC 60364-4-41 apply.

6.4.1.3 Protection by automatic disconnection of supply

This measure consists of the interruption of one or more of the line conductors by the automatic operation of a protective device in case of a fault. This interruption shall occur within a sufficiently short time to limit the duration of a touch voltage to a time within which the touch voltage is not hazardous. Interruption times are given in IEC 60364-4-41.

This measure necessitates co-ordination between

- the type of supply and earthing system;
- the impedance values of the different elements of the protective bonding system;
- the characteristics of the protective devices that detect insulation fault(s);
- the characteristics of fault current (for example, wave shape, frequency content).

Automatic disconnection of the supply of any circuit affected by an insulation fault is intended to prevent a hazardous situation resulting from a touch voltage.

This protective measure comprises both:

- protective bonding of exposed conductive parts;
- and either:

- a) overcurrent protective devices for the automatic disconnection of the supply on detection of an insulation fault in TN systems; or
- b) residual current protective devices to initiate the automatic disconnection of the supply on detection of an insulation fault from a live part to exposed conductive parts or to earth in TT systems, or
- c) insulation monitoring or residual current protective devices to initiate automatic disconnection of IT systems. Except where a protective device is provided to interrupt the supply in the case of the first earth fault, an insulation monitoring device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed conductive parts or to earth. This insulation monitoring device shall initiate an audible and/or visual signal which shall continue as long as the fault persists.

NOTE In large machines, the provision of an earth fault location system can facilitate maintenance.

Where automatic disconnection is provided in accordance with a), and disconnection within the time specified in IEC 60364-4-41 cannot be assured, supplementary bonding shall be provided to prevent a prospective touch voltage from exceeding 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. between simultaneously accessible conductive parts.

In the event of failure, the protective device shall operate to isolate the equipment from the power supply within the time specified in IEC 60364-4-41. Depending on the selected provision, the disconnecting device can be incorporated in the equipment by the manufacturer or provided at the installation. The selection of appropriate disconnecting device type and its characteristics is determined from both equipment parameters (fault current characteristics, equipment additional fault loop impedance) and installation parameters (for example, earthing system type, fault loop impedance, earth connection resistance, etc.). If the disconnecting device is not incorporated in the equipment but provided at installation, the manufacturer shall specify to the user appropriate information to allow proper selection (for example, required RCD type, maximum earth connection resistance, information on the equipment additional fault loop impedance, etc.).

6.4.2 Protective provisions for welding circuit

6.4.2.1 General

To provide protection in the case of failure between input and the output circuits, in contact with the workpieces, one of the provisions described in 6.4.2.2 to 6.4.2.11 shall be adopted. Connection of the protective conductor to the transformer core or frame is required when these parts are accessible by the operator.

The provisions described in 6.4.2.4 to 6.4.2.10 are based on automatic disconnection of the supply (see 6.4.1.3).

If the welding circuit is connected direct to ground (i.e., 6.4.2.4 is applied), execution of the welding process on non-insulated workpieces can generate a current circulation in the protective conductor. Amplitude of this current depends on many factors, for example, including the type of welding current (i.e., a.c. or d.c.), the value of the secondary voltage, the impedance or resistance of the installation protective conductors path where the current circulates. As this stray current can endanger the integrity of the protective conductor, the manufacturer shall inform the user of the equipment under which provisions the equipment is suitable for the welding of non-insulated workpieces without suffering from this danger (for example, installation and verification requirement).

For indirect multi-spot welding with protective provisions according to 6.4.2.3 to 6.4.2.9, the work-piece and backing electrodes shall be insulated from the protective conductor if excessive ground currents likely to endanger the integrity of the protective conductor cannot be avoided.

6.4.2.2 Double or reinforced isolation of the welding circuit

The welding circuit shall be electrically isolated from the supply circuit, and from all other circuits having a voltage higher than the allowable no-load voltage in accordance with 6.3.2 (for example, auxiliary power supply circuits), by double or reinforced insulation in accordance with 6.3.

Between the welding circuit and input circuit (including transformer windings) there shall be insulating material which conforms to the values given in Table 5.

Table 5 – Minimum distance through insulation

Rated supply voltage V r.m.s.	Minimum distance through insulation mm	
	Single layer	Total of three or more separate layers
Up to 440	1,3	0,35
441 to 690	1,5	0,4
691 to 1 000	2,0	0,5

NOTE Requirements given in Table 5 are not applicable to equipment with a secondary circuit connected to the protective conductor or where other provisions from 6.4.2.3 to 6.4.2.9 are employed.

If transformer metallic parts are insulated from ground,

- the welding circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or reinforced insulation in accordance with 6.3 determined by the supply circuit working voltage; or
- the supply circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or reinforced insulation in accordance with 6.3.

If another circuit is connected to the welding circuit, the power of the other circuit shall be supplied by a safety isolating transformer or equivalent means.

If the welding circuit is not connected to the protective conductor, the touch current between the welding outlets and the protective conductor terminal shall not exceed 14 mA peak.

Conformity shall be checked by measurement according to 6.2.6.

6.4.2.3 Metal screen between windings of the supply circuit and the welding circuit

Windings of the supply circuit and the welding circuit shall be insulated by basic insulation to a metal screen between them which is connected to the protective conductor. An example of the structure is shown in Figure 3.

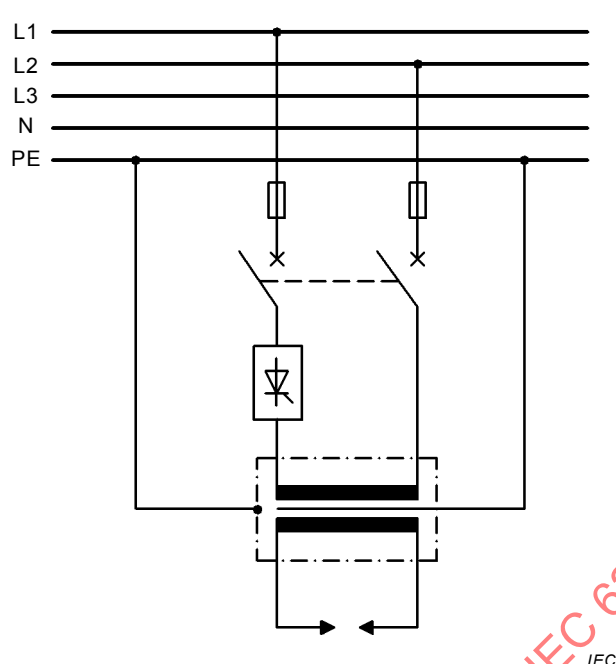


Figure 3 – Example of metal screen between windings of the supply circuit and the welding circuit

The thickness of the insulation between each winding and the screen shall be at least half the values given in Table 5.

If transformer metallic parts are insulated from ground,

- the welding circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or reinforced insulation in accordance with 6.3 determined by the supply-circuit working voltage; or
- the supply circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or reinforced insulation in accordance with 6.3.

If another circuit is connected to the welding circuit, the power of the other circuit shall be supplied by a safety isolating transformer or equivalent means.

If the welding circuit is not connected to the protective conductor, the leakage current between the welding outlets and the protective conductor terminal shall not exceed 10 mA a.c. r.m.s.

Conformity shall be checked by visual inspection and by measurement according to 6.4.2.2.

6.4.2.4 Protective conductor connected direct to welding circuits

If workpieces are not insulated from the protective conductor, the integrity of the mains supply systems protective conductor should be observed.

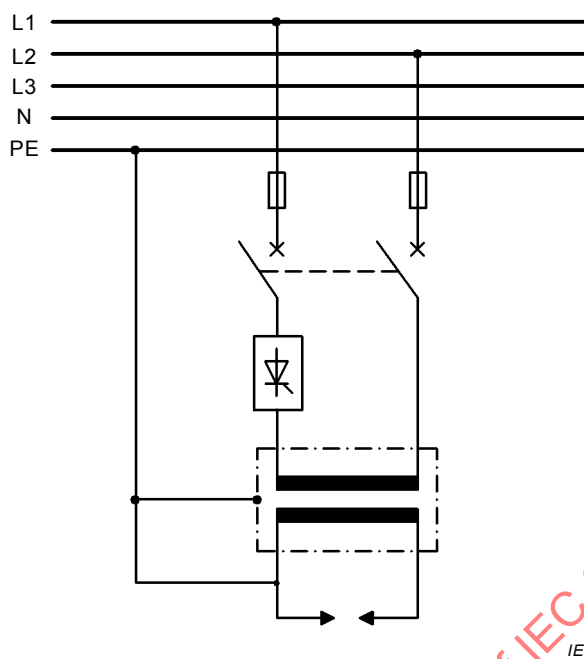


Figure 4 – Example of protective conductor connected directly to the welding circuit (single-spot, a.c. current equipment)

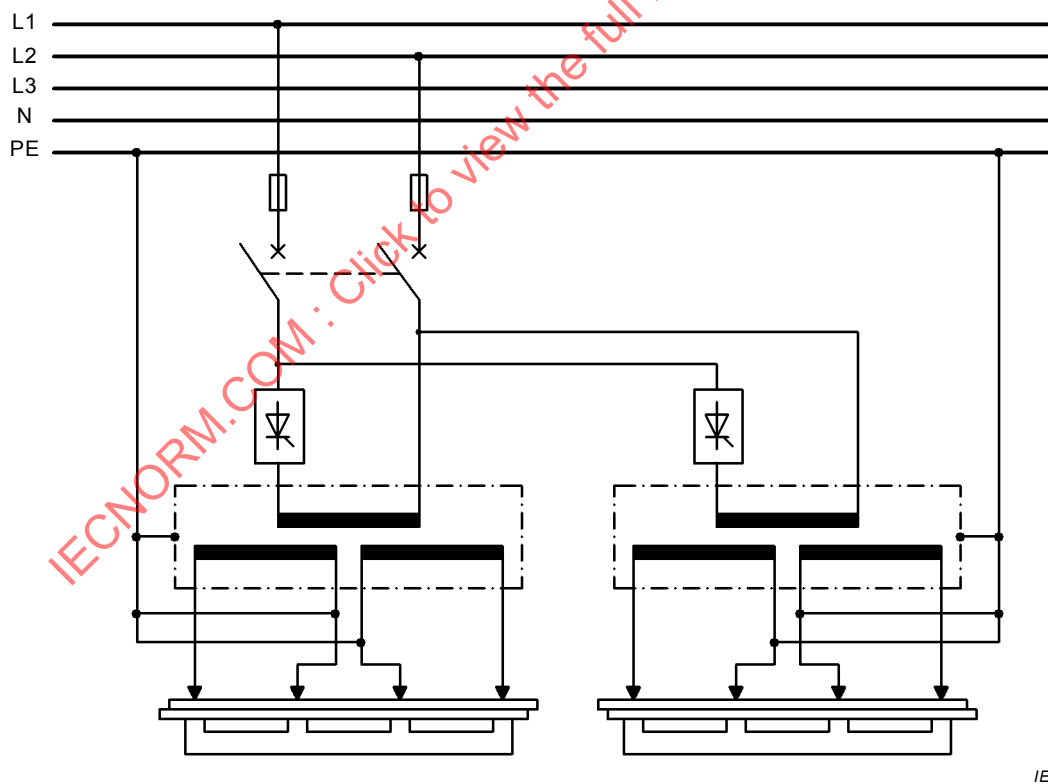
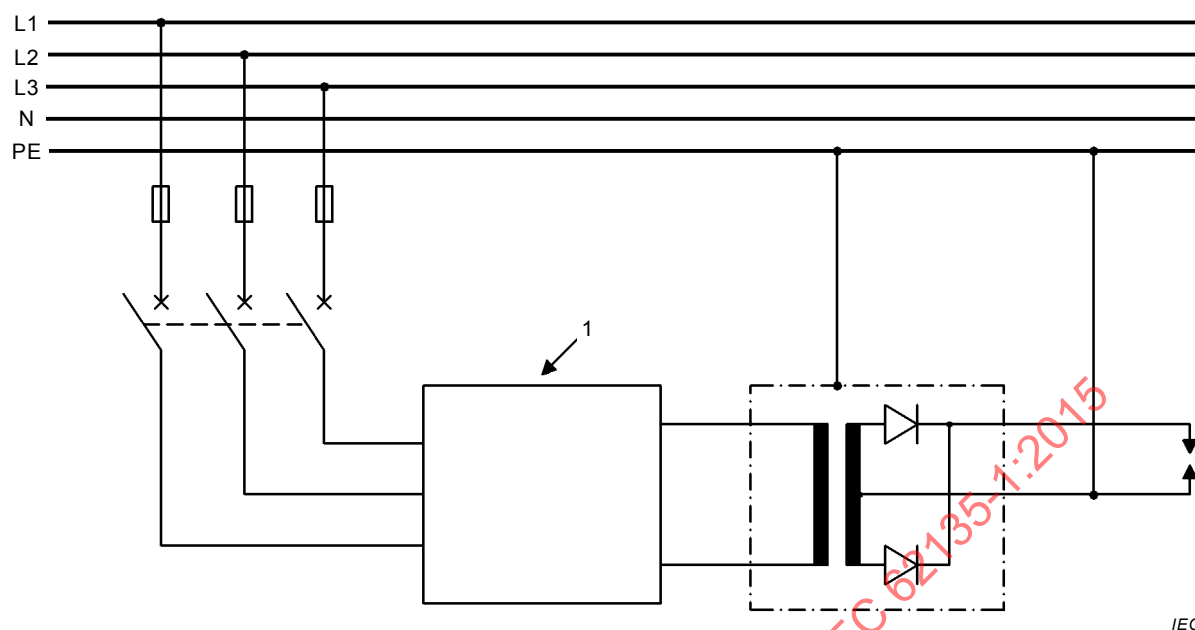


Figure 5 – Example of protective conductor connected directly to welding circuits (multi-spot, a.c. current equipment)



Key

1 Inverter

Figure 6 – Example of protective conductor connected directly to welding circuits (medium-frequency equipment)

Each output circuit including the winding shall be connected direct to the protective conductor according to Figures 4, 5 and 6, unless it causes excessive circulation currents in the protective conductor.

If excessive circulation currents appear, one of the measures complying with 6.4.2.5 to 6.4.2.8 can be used.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.

6.4.2.5 Protective conductor connected through impedance

Each output circuit including the winding shall be permanently connected to the protective conductor by an impedance, according to Figure 7, to limit circulation currents.

The impedance shall be so designed that, in the case of failure, the protective device for the input circuit, provided at installation, operates within the time specified in IEC 60364-4-41.

NOTE The impedance while reducing the welding current circulating on the protective conductor under normal conditions also reduces the fault current. While this impedance in TT earthing systems can be negligible, in TN earthing systems the additional impedance can avoid proper operation of overcurrent disconnecting devices (i.e., times specified in IEC 60364-4-41 can be not fulfilled).

The protective impedance device shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the protective device operates.

Conformity shall be checked by visual inspection and according to IEC 60364-6.

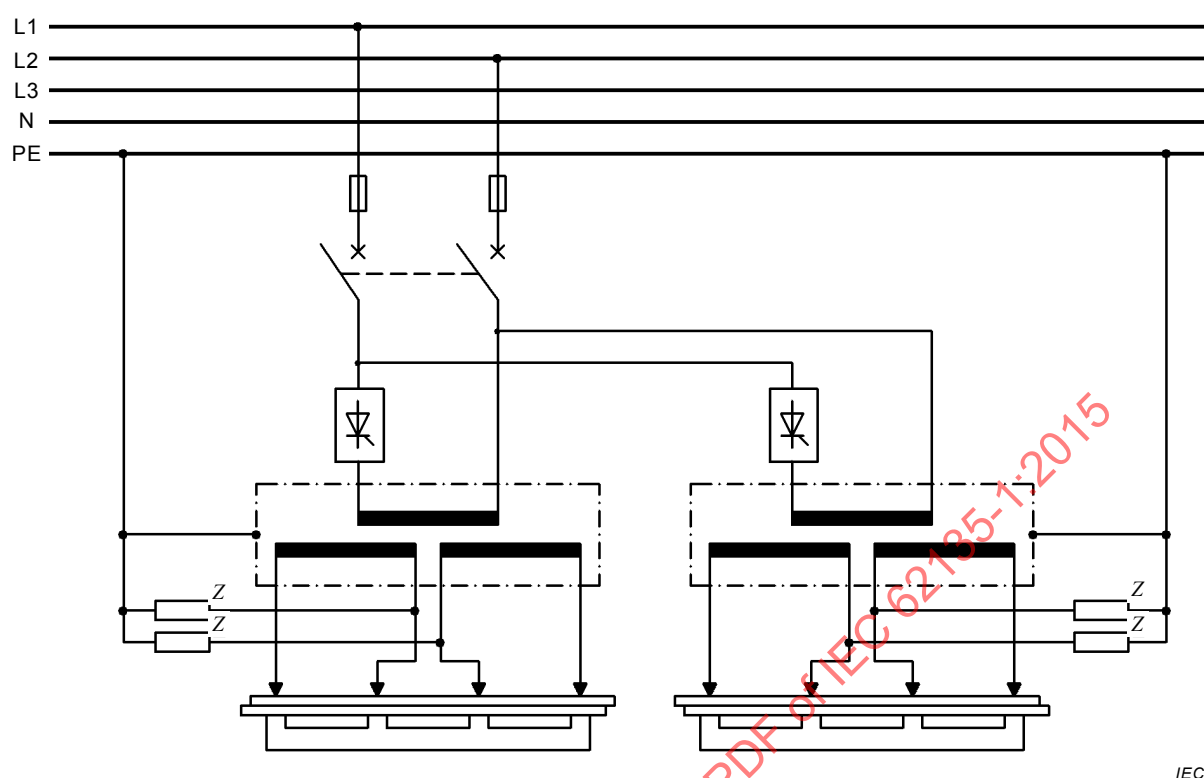


Figure 7 – Example of protective conductor connected to welding circuits through impedances

6.4.2.6 Protective conductor connected through auto-inductances

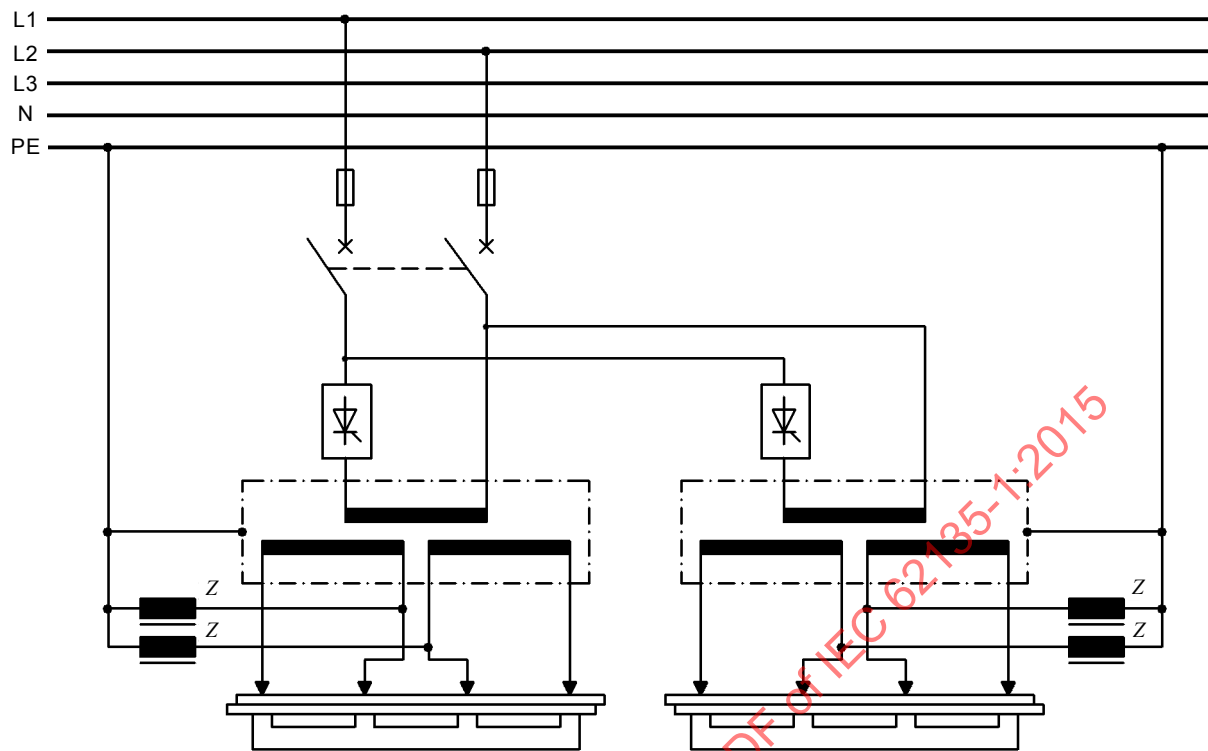
Each output circuit including the winding shall be permanently connected to the protective conductor by a saturable auto-inductance, according to Figure 8 or Figure 9, to limit circulation-currents.

The impedance shall be so designed that, in the case of a failure, the protective device for the input circuit, provided at installation, operates within the time specified in IEC 60364-4-41.

NOTE The impedance while reducing the welding current circulating on the protective conductor under normal condition also reduces the fault current. While this impedance in TT earthing systems can be negligible, in TN earthing systems the additional impedance can avoid proper operation of overcurrent disconnecting devices (i.e., times specified in IEC 60364-4-41 can be not fulfilled).

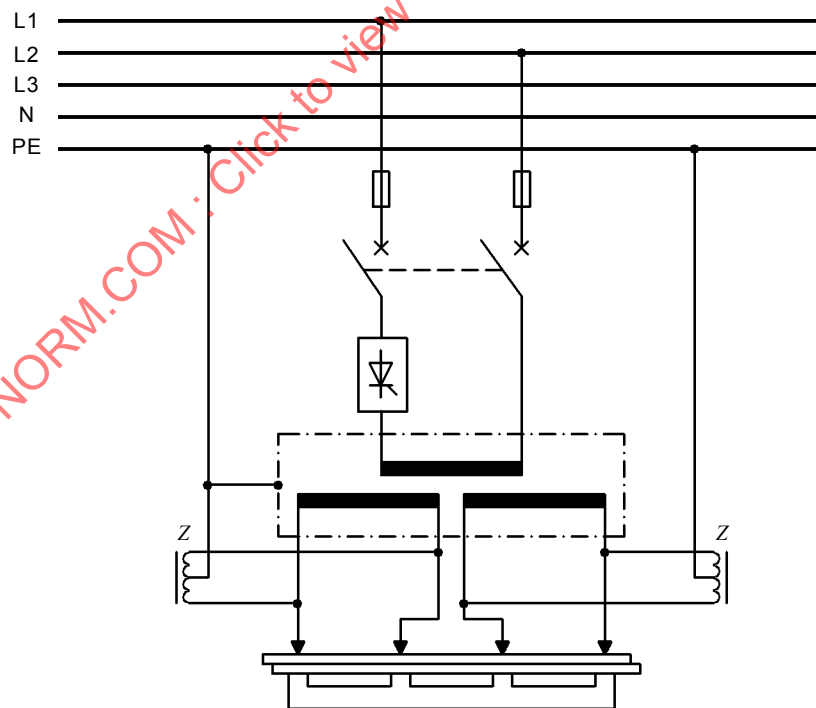
The protective impedance device shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the protective device operates.

Conformity shall be checked by visual inspection and according to IEC 60364-6.



IEC

Figure 8 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances



IEC

Figure 9 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances

6.4.2.7 Current operated residual current device

Each output winding shall be permanently connected to the protective conductor direct or by means of a suitable resistance according to Figure 10 or Figure 11.

The installed residual current device (RCD) shall be an integral part of the equipment.

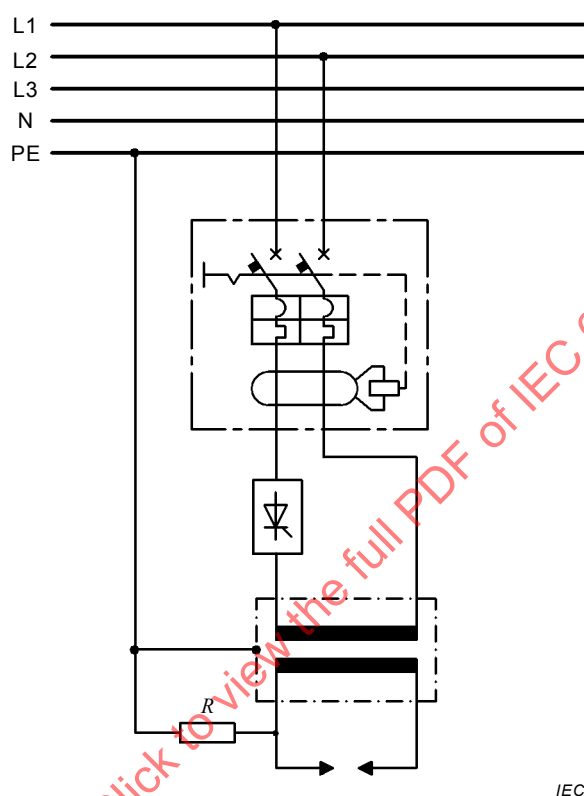
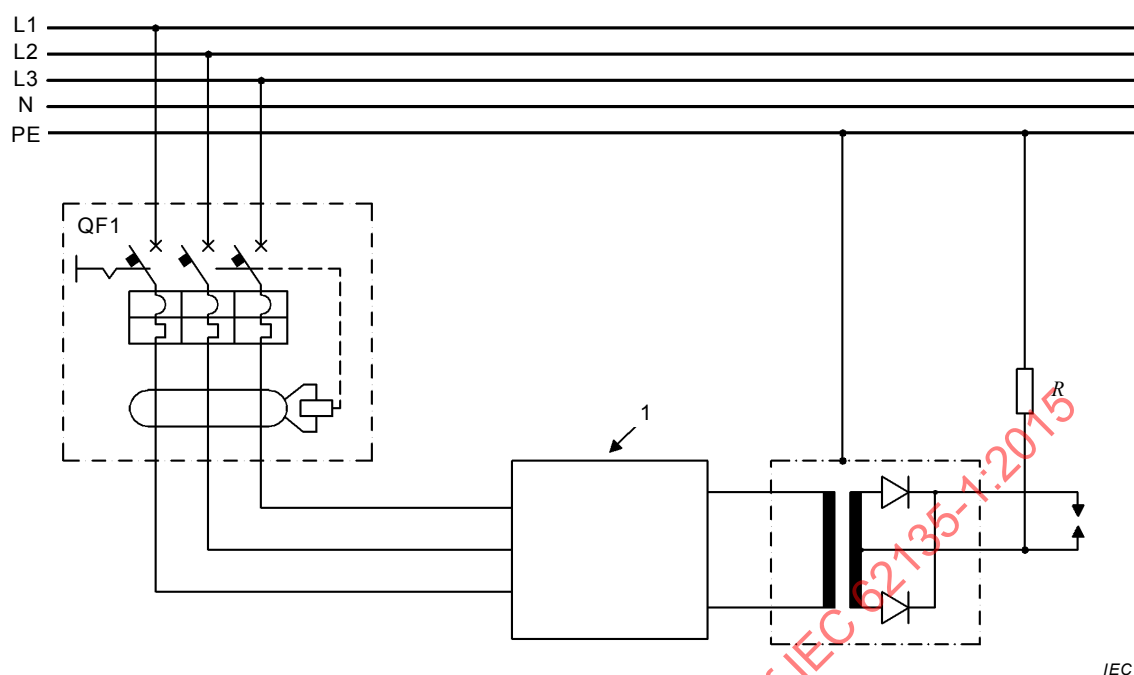


Figure 10 – Example of current operated RCD (a.c. current equipment)



Key

1 Inverter

Figure 11 – Example of current operated RCD (medium-frequency equipment)

RCD type selection shall take care of the possible fault current waveform.

RCD sensitivity selection requires coordination with the installation earth connection; this may be achieved by

- previous measurement in the installation place; or
- requirement in the instruction manual of a maximum allowed value of earth connection resistance; or
- use of a high-sensitivity RCD with a maximum $I_{\Delta n}$ value of 30 mA.

Resistance shall be dimensioned to allow RCD operation for every set-up of the equipment within the time specified in IEC 60364-4-41. The resistance shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the RCD operates.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.

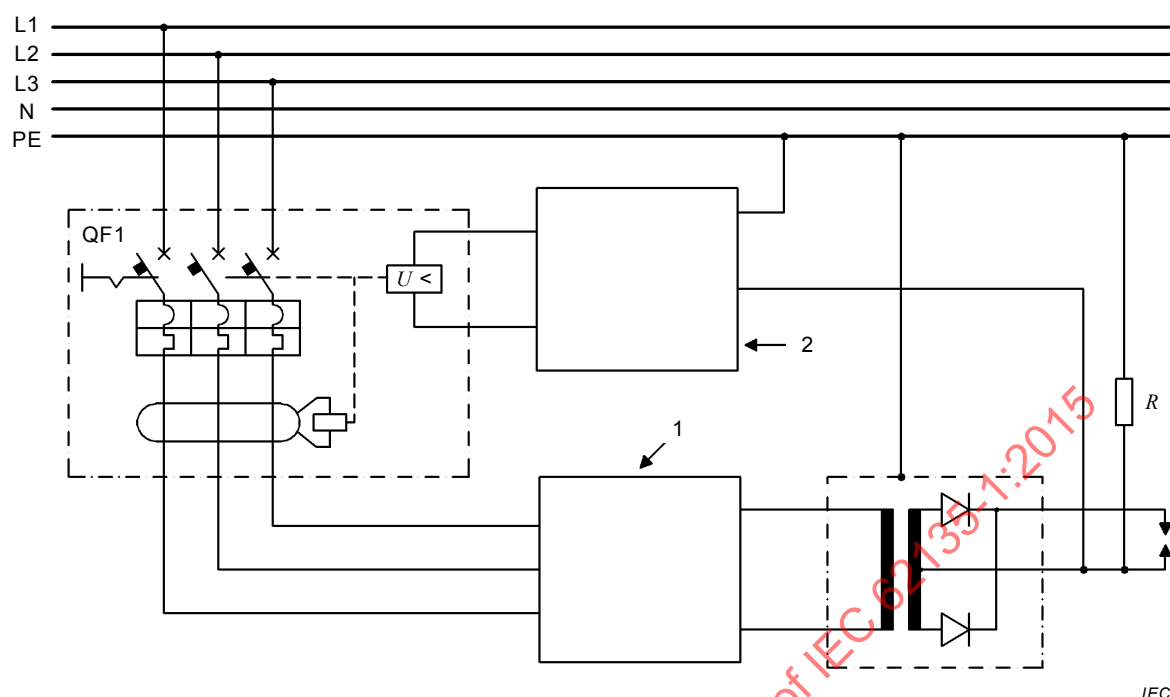
6.4.2.8 Current operated residual current device and voltage relay

Safety is provided by both the residual current device and a voltage relay (see Figure 12). The system is suitable for secondary rectified systems.

The installed RCD and voltage relay shall be an integral part of the equipment.

NOTE If rectifiers are used in the input circuit, a d.c. current component can occur in the case of failure. This can be considered when selecting an earth leakage breaker.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.



Key

- 1 Inverter
- 2 Voltage relay

Figure 12 – Example of current operated residual current device and voltage relay

RCD type selection shall take care of the possible fault current waveform.

RCD sensitivity selection requires coordination with the installation earth connection; this may be achieved by

- previous measurement in the installation place; or
- requirement in the instruction manual of a maximum allowed value of earth connection resistance; or
- use of a high-sensitivity RCD with a maximum $I_{\Delta n}$ value of 30 mA.

Resistance shall be dimensioned to allow RCD operation for every set-up of the equipment within the time specified in IEC 60364-4-41. The resistance shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the RCD operates.

6.4.2.9 Current operated residual current device and safety voltage relay

Safety is provided by both an RCD and a safety voltage relay (see Figure 13).

Each output winding shall be permanently connected to the safety voltage operated relay according to Figure 13. A positive controlled circuit breaker shall be used.

To allow the voltage relay to be safe, it shall be provided with a control circuit assuring the continuity of the connection to the secondary conductor, and assuring detection of possible fault to ground of sensing wires.

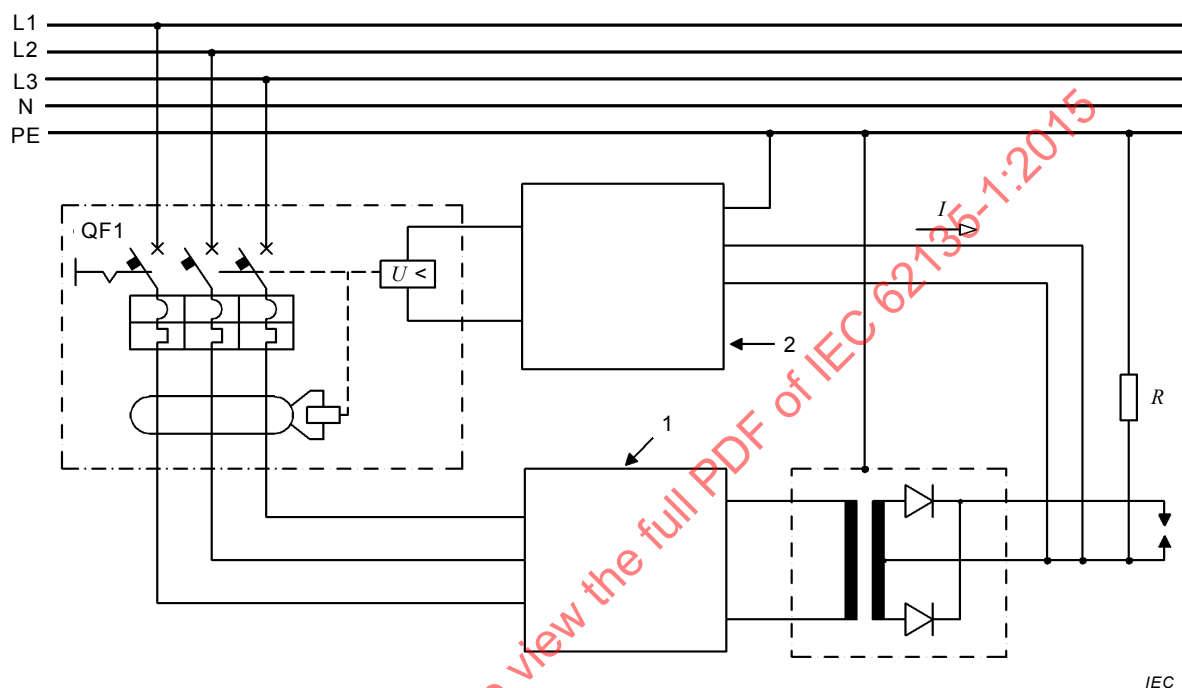
NOTE 1 Example of this type of control circuit is a device injecting a current into a sensing circuit composed of two separate sensing wires, continuously checking the sensing circuit continuity. To ensure correct operation, both sensing wires have to be connected to the same output of the transformer.

Connection to the rectified output is not allowed as a transformer insulation failure may damage the rectifier and avoid correct operation.

The installed RCD and voltage safety relay shall be an integral part of the equipment.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.

NOTE 2 If rectifiers are used in the input circuit, a d.c. current component can occur in the case of a failure. This is considered when selecting a residual current device.



Key

- 1 Inverter
- 2 Safety voltage relay

Figure 13 – Example of current operated residual current device and safety-voltage relay

RCD type selection shall take care of the possible fault current waveform.

RCD sensitivity selection requires coordination with installation earth connection; this may be achieved by

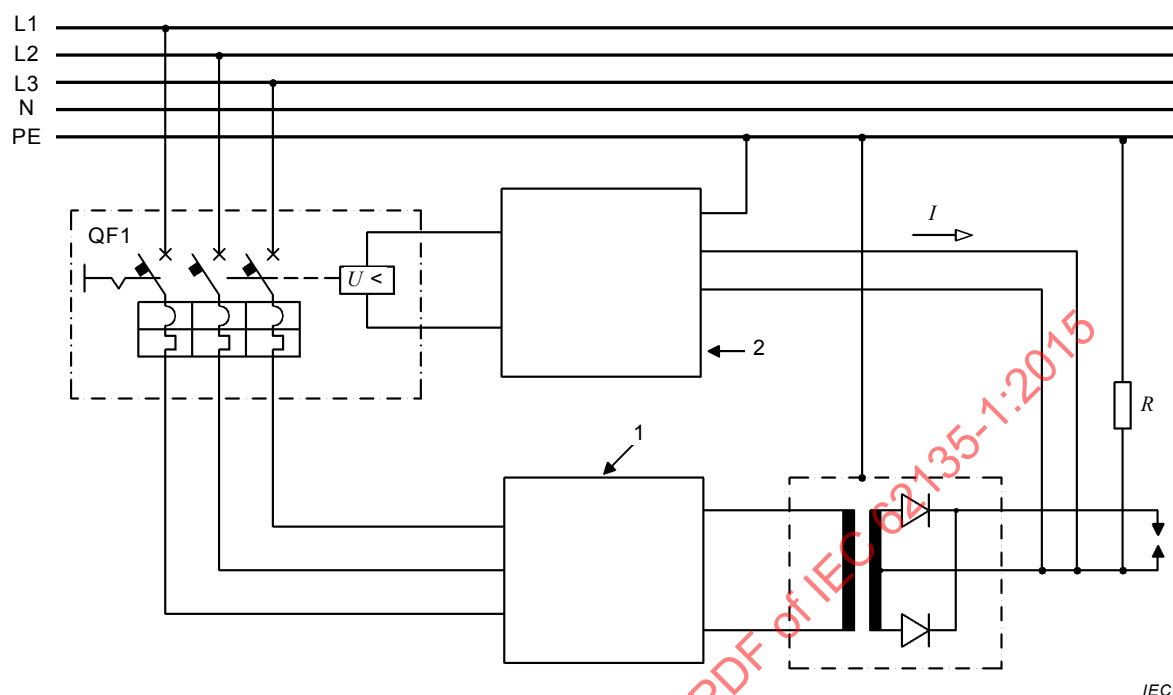
- previous measurement in the installation place; or
- requirement in the instruction manual of a maximum allowed value of earth connection resistance; or
- use of a high-sensitivity RCD with a maximum $I_{\Delta n}$ value of 30 mA.

Resistance shall be dimensioned to allow RCD operation for every set-up of the equipment within the time specified in IEC 60364-4-41. The resistance shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the RCD operates.

6.4.2.10 Safety voltage relay

Safety is provided by a safety voltage relay (see Figure 14).

Each output winding shall be permanently connected to the safety-voltage operated relay according to Figure 14. A positive controlled circuit breaker shall be used.



Key

- 1 Inverter
- 2 Safety voltage relay

Figure 14 – Example of safety voltage relay

To allow the voltage relay to be safe, it shall be provided with a control circuit assuring the continuity of the connection to the secondary conductor, and assuring detecting of possible fault to ground of sensing wires.

NOTE Example of this type of control circuit is a device injecting a current into a sensing circuit composed of two separate sensing wires, continuously checking the sensing circuit continuity. To ensure correct operation, both sensing wires have to be connected to the same output of the transformer.

Connection to the rectified output is not allowed as a transformer insulation failure may damage the rectifier and avoid correct operation.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.

6.4.2.11 Protective measures restricting access to welding circuit

Access to the welding circuit and other conductive parts that can be in contact with the welding circuit is avoided by protecting devices that

- a) prevent access to the welding circuit(s) when the welding transformer(s) failure may be hazardous (for example, are not insulated from supply); and
- b) allow supply of the welding transformer only if the protective measures have become effective.

Insulation of the welding transformer supply shall be performed on all phases by monitored contactor or devices with the same safety level.

The control circuit shall fail safe, resulting in the transformer being switched off and preventing reconnection.

NOTE 1 Protective devices are, for example, fixed guards, interlocked movable guards, photoelectric devices, etc.

NOTE 2 This protective provision is usually employed in large equipment, for example, robot installations.

Design shall take care to avoid possible contact with the welding circuit, through the welding pieces or equipment parts, that does not provide an adequate insulation to the welding circuit, for example, by providing equipotential bonding of these parts.

Conformity shall be checked by visual inspection and operation.

6.4.3 Internal conductors and connections

Internal conductors and connections shall be secured or positioned to prevent accidental loosening, which could cause electrical connection between

- a) the input circuit or any other circuit and the welding circuit so that the output voltage could become higher than the allowable no-load voltage;
- b) the welding circuit and the protective conductor, enclosure, frame or core (only with the provisions of 6.4.2.2 and 6.4.2.3).

Where insulated conductors pass through metallic parts, they shall be provided with bushings of insulating material and the openings shall be smoothly rounded with a radius of at least 1,5 mm.

Bare conductors shall be so fixed that the clearance and creepage distance from each other and from conductive parts is maintained (see 6.2.2 and 6.2.3).

Conductors of different circuits may be laid side by side, may occupy the same duct (for example, conduit, cable trunking system), or may be in the same multiconductor cable provided that the arrangement does not impair the proper functioning of the respective circuits. Where those circuits operate at different voltages, the conductors shall be separated by suitable barriers or shall be insulated for the highest voltage to which any conductor within the same duct can be subjected.

Conformity shall be checked by visual inspection and by measurement.

6.4.4 Touch current in fault condition

For class 1 equipment, except for equipment with permanent connection by a reinforced protective conductor in accordance with IEC 61140, the weighted touch current in case of an external protective conductor failure or disconnection shall not exceed:

- 7 mA peak, in case of test on conductive grippable parts,
- 14,1 mA peak, in case of test on conductive non-grippable parts.

Conformity shall be checked using the configurations as shown in Annex C under the following conditions:

- 1) the resistance welding equipment is:
 - isolated from the ground plane;
 - supplied by the highest rated supply voltage;
 - not connected to the protective earth except through measurement components;
- 2) the welding circuit is in the no-load condition;
- 3) interference suppression capacitors shall not be disconnected.

6.4.5 DC resistance welding equipment operating at mains frequency

For centre-tap and double-star rectifier or bridge rectifier connections operating at a line frequency of 50 Hz or 60 Hz, the provisions specified in 6.4.2.2 to 6.4.2.11 are applicable.

If provisions specified in 6.4.2.4 to 6.4.2.6 are used, ground connection(s) on the output terminal(s) shall be connected to the transformer secondary.

If provisions specified in 6.4.2.7 to 6.4.2.9 are used, resistance connection on the output terminal shall be connected to the transformer secondary.

If provisions specified in 6.4.2.8 to 6.4.2.10 are used, voltage relay connection(s) on the output terminal shall be directly connected to the transformer secondary.

Connection to rectifier diode(s) output terminal is not allowed as transformer insulation failure can cause failure of rectifier diodes.

6.4.6 DC resistance welding equipment operating at medium frequency

Provisions described in 6.4.2.2 and 6.4.2.3 are applicable without further requirements.

If provisions specified in 6.4.2.4 to 6.4.2.6 are used, ground connection(s) on the output terminal(s) shall be connected to the transformer secondary. Moreover design shall take care of special conditions as described in 6.4.2.1 and Annex F.

If provisions specified in 6.4.2.7 to 6.4.2.9 are used, resistance connection on the output terminal shall be connected to the transformer secondary. Moreover, design shall take care of special conditions as described in 6.4.2.1 and Annex F.

If provisions specified in 6.4.2.8 to 6.4.2.10 are used, voltage relay connection(s) on the output terminal shall be connected direct to the transformer secondary. Moreover, voltage relay shall be suitable for the inverter output waveform.

Connection to rectifier diode(s) output terminal is not allowed as transformer insulation failure can cause failure of rectifier diodes.

6.4.7 Continuity of the protective bonding circuit

The continuity of the protective bonding circuit shall be verified by generating current of at least 10 A at 50 Hz or 60 Hz derived from a PELV source. The tests shall be made between the PE terminal and relevant points which are part of the protective bonding circuit. The test time is 1 s. The measured voltages between the PE terminal and the points of test shall not exceed the values given in Table 6.

Table 6 – Continuity of the protective bonding circuit

Minimum effective protective conductor cross-sectional area of the branch under test mm ²	Maximum measured voltage drop (values are given for a test current of 10 A) V
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
> 6,0	1,0

6.5 Additional user requirements

In special cases a protection against faults of switching devices in the input circuit may be provided. A special agreement between manufacturer and user shall be made in such cases.

6.6 Supply voltage

The rated maximum supply voltage shall not exceed

- a) 300 V r.m.s. between phase and earth for portable hand-held resistance welding equipment with built-in transformers;
- b) 1 000 V r.m.s. between phases for other resistance welding equipment;

unless additional safety provisions are incorporated in the equipment to guarantee the same protection level described in this standard, for example, adequate reaction time and sensitivity of RCD.

Conformity shall be checked by visual inspection.

6.7 Conductors of the welding circuit

Conductors of the welding circuit may be

- a) either rigid, generally bare conductors connected to movable pieces (electrodes, platens) by an appropriate flexible conductor (braided conductors, laminated conductors); or
- b) flexible conductors that are especially designed for this use and can be cooled by a cooling liquid (for example, according to ISO 5828, ISO 8205-1 or ISO 8205-2).

7 Thermal requirements

7.1 Heating test

7.1.1 Test conditions

When placing the measuring devices, the only access permitted shall be through openings with cover plates, inspection doors or easily removable panels provided by the manufacturer. The ventilation in the test area and the measuring devices used shall not interfere with the normal ventilation of the resistance welding equipment or cause abnormal transfer of heat to or from it.

The welding equipment shall be short-circuited according to ISO 669.

The welding equipment is operated at the permanent output current, I_{2p} , in one of the following possible operating conditions:

- a) with pulsed output current, using a pulse current corresponding to the maximum short-circuit current output (I_{2cc}), at the duty factor X calculated to correspond to the permanent output current (I_{2p}), by the formula:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_{2cc})^2}$$

or

- b) with the permanent output current (I_{2p}) at 100 % duty factor.

NOTE 1 Typical resistance welding equipment is operated at a reduced duty factor with high output current. Some welding equipment (i.e. seam welders) are designed to operate at the permanent output current, therefore are tested at this condition.

For liquid cooled equipment the flow rate shall be set up as specified on the rating plate.

In the case of d.c. current equipment operating at medium frequency (inverter equipment), the test shall be carried out at the following operating conditions.

- 1) a load resistor with a resistance value of $100\ \mu\Omega$ shall be installed between the electrodes. The load resistor dimensions and the applied force shall be the same as specified in ISO 669;
- 2) equipment welding current adjustment is set up at maximum value;
- 3) at a welding time according to real operation condition;
- 4) at the duty factor X corresponding to the permanent output current (I_{2p}) considering the equipment output current during the test I_2 , measured using an integration time equal to the pulse duration calculated by the formula:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

NOTE 2 On some types of equipment (i.e. seam welders) the resulting duty factor can be also 100 %.

NOTE 3 As pulse duration setting does not influence the test result it can be freely chosen to match equipment and test instrumentation requirements.

A pulse duration representative of the typical operating condition of the equipment is recommended.

In the case of three-phase d.c. current equipment operating at line frequency (50/60 Hz), the test shall be carried out at the following operating conditions:

- output current is set up to the minimum adjustable value, to obtain the maximum heating condition of the transformers and rectifier. If resulting output current I_2 is lower than permanent output current I_{2p} , current setup is increased to achieve the permanent current I_{2p} ;
- at the duty factor X corresponding to the permanent output current (I_{2p}) considering the equipment output current during the test I_2 , measured using an integration time equal to the pulse duration, calculated by the formula:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

NOTE 4 On some types of equipment (i.e. seam welders) the resulting duty factor can be also 100 %.

NOTE 5 As pulse duration setting does not influence the test result it can be freely chosen to match equipment and test instrumentation requirements.

A pulse duration representative of the typical operating condition of the equipment is recommended.

NOTE 6 Test setup is valid for both equipment with transformers with delta connected primary windings and with wye connected primary windings.

If the transformer has been tested in accordance with ISO 5826, and the thermal rating of the equipment (permanent output current of the equipment, I_{2p}) is lower or equal to the transformer thermal rating, the equipment thermal test can be performed without measuring the transformer temperature rise.

7.1.2 Tolerances of the test parameters

During the last 60 min of the heating test in accordance with 7.1.3, the following tolerances shall be met.

- a) Output current: $\pm 2\%$ of the appropriate output current.

- b) Cooling liquid flow (if applicable): ± 5 % of the rated value.
- c) Supply voltage: ± 5 % of the appropriate rated supply voltage.

7.1.3 Beginning of the heating test

In the case of embedded or surface temperature sensor, the test may be started without the welding equipment having reached a temperature balance with the ambient air or the cooling liquid.

In the case of resistance measurement the test shall be started only when the temperature difference between cooling liquid inlet and outlet is within 1 K (in the case of liquid-cooled welding equipment).

The temperature of the cooling liquid, t_1 , is retained as the initial temperature of the winding whose resistance is being measured.

7.1.4 Duration of the test

The heating test shall be carried out until the rate of the temperature rise does not exceed 2 K/h on any component for a period not less than 60 min.

7.2 Temperature measurement

7.2.1 Measurements conditions

The temperature shall be determined at the end of the load time of the last cycle as follows.

- a) for windings, by surface or embedded temperature sensors or by measurement of the resistance (only input windings);
- b) for other parts, by surface temperature sensors.

7.2.2 Surface temperature sensor

The temperature is measured by a temperature sensor applied to accessible surfaces of windings or other parts in accordance with the conditions stipulated below.

NOTE 1 Typical temperature sensors are thermocouples, resistance thermometers, etc.

Bulb thermometers shall not be used for measuring temperatures of windings and surfaces.

Temperature sensors are placed at accessible spots where the maximum temperature is likely to occur. It is advisable to locate the predictable hot spots by means of a preliminary check.

NOTE 2 The size and spread of hot spots in windings depend on the design of the welding equipment.

Efficient heat transmission between the point of measurement and the temperature sensor shall be ensured, and protection shall be provided for the temperature sensor against the effect of air currents and radiation.

7.2.3 Resistance

This method only applies to input windings. The temperature rise of windings is determined by the increase in their resistance and is obtained for copper by the following formula:

$$t_2 - t_a = \frac{(235 + t_1)(R_2 - R_1)}{R_1} + (t_1 - t_a)$$

where

t_1 is the temperature of the winding at the moment when R_1 is measured ($^{\circ}\text{C}$);

t_2 is the calculated temperature of the winding at the end of the test (°C);

t_a is the ambient air temperature (or the temperature of the cooling liquid) at the end of the test (°C);

R_1 is the initial resistance of the winding (Ω);

R_2 is the resistance of the winding at the end of the test (Ω).

For aluminium, the number 235 in the above formula is replaced by the number 225.

The temperature t_1 shall be within ± 3 K of the ambient air temperature.

Recording of measurement results shall be carried out in the following steps, without delay between them:

- a) stop of the cooling flow (if applicable),
- b) cut off of the current,
- c) record of the resistance R_2 .

7.2.4 Embedded temperature sensor

The temperature is measured by thermocouples or other suitable temperature measuring instruments of comparable size embedded at the hottest parts.

When measuring winding and coil temperatures, the thermocouples are applied directly to the conductors and separated from the metallic circuit only by any integrally applied insulation on the conductors themselves.

A thermocouple applied to the hottest point of a single layer winding is considered as embedded.

7.2.5 Determination of the ambient temperature (t_a)

The ambient air temperature is determined by at least three measuring devices. These are spaced uniformly around the welding equipment, at approximately one-half of its height and 1 m to 2 m from its surface. They are protected from draughts and abnormal heating. The mean value of the temperature readings is adopted as the temperature of the ambient air.

In the case of forced air-cooled welding equipment, the measuring devices are placed where the air enters the cooling system. The mean of the readings taken at equal intervals of time during the last quarter of the duration of the test is adopted as the ambient air temperature.

7.2.6 Determination of cooling liquid temperature (t_a)

The thermometers shall be placed at the cooling liquid inlet of the welding equipment.

For recording the measurement results the average temperature obtained during the last 60 min of the test shall be taken.

7.2.7 Recording of temperatures

Where possible, temperatures are recorded while the equipment is in operation and after shutdown. On those parts where the recording of temperature is not possible while the equipment is in operation, temperatures are taken after shutdown as described below.

Whenever a sufficient time has elapsed between the instant of shutdown and the time of final temperature measurement to permit the temperature to fall, suitable corrections are applied to obtain as nearly as practicable the temperature at the instant of shutdown. This may be done by plotting a curve in accordance with Annex D. A minimum of four temperature readings is

taken within 5 min from shutdown. In cases where successive measurements show an increasing temperature after shutdown, the highest value is taken.

7.3 Limits of temperature rise

7.3.1 Windings

The temperature rise for windings shall not exceed the values given in Table 7, regardless of the method of temperature measurement used, except that the resistance measurement or an embedded temperature sensor shall be used for coils and windings wherever possible.

Table 7 – Limits of temperature rise for windings

Class of insulation	Maximum temperature	Limits of temperature rise for air cooled windings K		
		Windings		
°C	°C	Surface temperature sensor	Resistance	Embedded temperature sensor
105 (A)	150	55	60	65
120 (E)	165	70	75	80
130 (B)	175	75	80	90
155 (F)	190	95	105	115
180 (H)	210	115	125	140
200 (N)	230	130	145	160
220 (R)	250	150	160	180

NOTE 1 Surface temperature sensor means that the temperature is measured with non-embedded sensors at the hottest accessible spot of the outer surface of the windings.

NOTE 2 Normally, the temperature at the surface is the lowest. The temperature determined by resistance measurement gives the average between all temperatures occurring in a winding. The highest temperature occurring in the windings (hot spot) can be measured by embedded temperature sensors.

NOTE 3 Other classes of insulation having higher values than those given in this table are available (see IEC 60085).

NOTE 4 In case of liquid cooled windings the limit of temperature rise is increased by 10 K.

No part shall be allowed to reach any temperature that will damage another part even though that part might conform to the requirements in Table 7.

Further, for tests at other than 100 % duty cycle (duty factor), the temperature occurring during any full cycle shall not exceed the maximum temperatures given in Table 7.

Conformity shall be checked by measurement in accordance with 7.2.

7.3.2 External surfaces

External surface temperature rise limitation is required to avoid risks of burning deriving from contact of hot surfaces with unprotected skin. As different conditions of skin contact apply with different equipment (or part of equipment) types, different limits values are given for different types of equipment.

NOTE 1 Hand-held equipment are designed to be held during operation (i.e. portable welders), hand-guided equipment are designed to be manually moved by the operator but are sustained by appropriate systems (i.e. suspended guns), fixed equipment are not held by the operator during operation (i.e. standard stationary equipment).

The temperature rise for external surfaces that can be touched during equipment operation shall not exceed the values given in Tables 8, 9, and 10.

NOTE 2 Surfaces of automatic equipment (for example, robot equipment) can be inaccessible during equipment operation, but accessible during service. In such a case, additional risk assessment is typically performed.

**Table 8 – Limits of temperature rise
for external surfaces of hand-held equipment**

External surface	Maximum temperature rise	Burn threshold for contact period ^a
	K	s
Uncoated metal enclosures	18	4
Painted metal enclosures	22	4
Plastic enclosures	36	4
Uncoated metal buttons	20	4
Painted metal buttons	24	4
Plastic buttons	40	4
Metal handles	11	60
Plastic handles	20	60
^a Informative values in accordance with ISO 13732-1.		

**Table 9 – Limits of temperature rise for
external surfaces of hand-guided equipment**

External surface	Maximum temperature rise	Burn threshold for contact period ^a
	K	s
Uncoated metal enclosures	29	1
Painted metal enclosures	39	1
Plastic enclosures	53	1
Uncoated metal buttons	20	4
Painted metal buttons	24	4
Plastic buttons	40	4
Metal handles	11	60
Plastic handles	20	60
^a Informative values in accordance with ISO 13732-1.		

Table 10 – Limits of temperature rise for external surfaces of fixed equipment

External surface	Maximum temperature rise	Burn threshold for contact period ^a
	K	s
Uncoated metal enclosures	33	0,5
Painted metal enclosures	45	0,5
Plastic enclosures	59	0,5
Uncoated metal buttons	20	4
Painted metal buttons	24	4
Plastic buttons	40	4
^a Informative values in accordance with ISO 13732-1.		

As some types of equipment are composed of a fixed part (i.e. a power supply) and a hand-held or hand-guided part (i.e. a welding gun), each part shall be tested according the relevant table.

Required values are based on environmental conditions given in Clause 4, if different environmental conditions are agreed between the manufacturer and the purchaser the values have to be reconsidered.

NOTE 3 Maximum temperature rise are defined for a maximum ambient temperature of 40 °C. For example, equipment designed for operation up to 45 °C values are reduced by 5 K.

The limits of Tables 8, 9 and 10 may be exceeded for electrodes as deliberately heated as an integral part of the functioning of the product.

The limits of Tables 8, 9 and 10 may be exceeded for surfaces that are not handles or buttons and are marked with the symbol given in 7.4.2.

The limits of Tables 8, 9 and 10 may be exceeded for surfaces that are located or guarded to prevent unintentional contact during normal operation in accordance with 7.4.3.

Conformity shall be checked by measurement in accordance with 7.2 and visual inspection.

7.3.3 Other components

The maximum temperature of other components shall not exceed their rated maximum temperature, in accordance with the relevant standard. Difference between the temperature of the cooling medium of the component and its maximum value shall be considered.

Rectifier sets can be used in the input or output circuit. The temperature reached by the rectifier elements during the heating test shall not exceed those specified by the manufacturer of the rectifier elements.

NOTE Attention is drawn to the intermittent duty characteristic of rectifier elements.

Conformity shall be checked by temperature measurement during the heating test.

7.4 Protection from thermal hazards in normal service (direct contact)

7.4.1 General

Protection from thermal hazards in normal service shall consist of one or more provisions including:

- identification of hot surfaces;
- thermal insulation;
- barriers;
- supplemental cooling.

7.4.2 Identification of hot surfaces

Where the temperature of a surfaces exceeds the limits of temperature rise given in Tables 8, 9 and 10 by less than 15 K the surface shall be visibly marked and labelled as a hot surface using symbol IEC 60417-5041:



If the above symbol is used on the equipment, the manufacturer shall include in product documentation information regarding required personal thermal protection devices.

7.4.3 Protection provided by insulation or other barriers

Where barriers are provided to prevent contact to hot surfaces, the barrier shall have sufficient mechanical strength, stability and durability to maintain the specified protection, taking into account all relevant influences from the environment.

7.4.4 Protection provided by supplemental cooling

Where supplemental cooling is provided to limit the surface temperature, means shall be provided to remove the source of heat and prevent operation in the event of a failure of the cooling system.

8 Abnormal operation

8.1 General requirements

Resistance welding equipment shall not suffer hazardous electrical breakdown or constitute a fire risk under the conditions of operation of 8.2 to 8.4. These tests are conducted disregarding temperature of any part, or the continued proper functioning of the resistance welding equipment. The only criterion is the continued safety of the resistance welding equipment.

Resistance welding equipment, protected internally by, for example, a circuit-breaker or thermal protection, meets this requirement provided the protection device operates before an unsafe condition occurs.

Conformity shall be checked by the following tests.

- a) Starting from the cold state, the resistance welding equipment is operated in accordance with 8.2 to 8.4.
- b) During the test, the resistance welding equipment shall not emit flames, molten metal or other materials.
- c) Following the test and within 5 min, the resistance welding equipment shall be capable of withstanding a dielectric test in accordance with 6.2.5 b).

8.2 Stalled fan test

Resistance welding equipment, which relies on motor-driven fan(s) for conformity with the tests of Clause 7, is operated at rated supply voltage for a period of 4 h while the fan motor(s) is(are) stalled or disabled, at the test conditions of 7.1.

NOTE The intention of this test is to run the equipment with the fan stationary. The fan can be blocked mechanically or disconnected.

8.3 Cooling system failure

Resistance welding equipment, which relies on liquid cooling system for conformity with the tests of Clause 7, is operated at rated supply voltage for a period of 30 min while the cooling system is disabled, at the test conditions of 7.1.

8.4 Overload test

The resistance welding equipment is operated at 1,2 times the thermal current, in accordance with 7.1.1.

The test is performed

- a) until the equipment thermal protection operates, or for a maximum time of 4 h (for equipment with thermal protection); or
- b) for a maximum time of 4 h (for equipment without thermal protection).

9 Provisions against mechanical hazards

9.1 General

Due to the nature of the process, the shape and size of resistance welding electrodes in contact with the work-piece and the electrode force, approach rate and displacement all differ widely from application to application. This also applies to the electrode support system and associated tooling.

Therefore, detailed protection measures cannot be given in this standard but all mechanical risks shall be shown to have been addressed. To conform to this standard, equipment shall comply with the risk analysis and minimum requirements set out in this standard.

Equipment where electrode motion is manually operated does not require risk analysis. This equipment is:

- manual operated butt welders;
- mechanical operated rocker arm welders;
- manual operated welding guns.

9.2 Risk analysis

9.2.1 General

Apply the procedures outlined in ISO 12100 for identifying hazards and estimating and evaluating risks during relevant phases of the resistance welding equipment life cycle, and for the elimination of hazards or sufficient risk reduction.

As some equipment is ready for use in the delivery state, while other equipment requires further adaptation to the performed process by the customer or final user, the requirements for risk analysis differ for different situations.

9.2.2 Ready-to-use equipment as in delivery state

When welding equipment allows several uses depending on interchangeable tools, and the tools are provided by the manufacturer together with the equipment, this equipment shall be considered ready for use.

The manufacturer shall perform a risk analysis and include safe use in the instruction manual.

The user shall operate the equipment in accordance with the manufacturer's instructions.

9.2.3 Equipment not ready to use as in delivery state

In the case of resistance welding equipment allowing several uses depending on interchangeable tools not provided by equipment manufacturer (for example, projection welding equipment), the manufacturer shall perform the risk analysis on all reasonably

expected conditions given by the use of the tools fitted on the equipment and provisions taken by the manufacturer (for example, two hands safety device, connection ports for light barriers) and

- specify the essential characteristics of tools which may be fitted to the machinery (for example, maximum mass or dimensions requirements);
- include safe use in the instruction manual;
- include a requirement in the instruction handbook to perform an additional risk analysis of the equipment fitted with the interchangeable tool.

Risk deriving from user design tools shall be covered by user risk analysis and measures.

9.2.4 Equipment not ready for use and designed to be incorporated in more complex equipment

In case of equipment not ready for use and intended to be incorporated in other more complex equipment, the manufacturer shall perform limited risk analysis and provide to the integrator (i.e., the manufacturer of the equipment where the component is incorporated) information on which risks have been established and by which measures they have been countered (for example, categories of related control circuits, list of possible hazards already eliminated).

Completion of risk analysis is the task of the integrator.

NOTE Examples of this equipment are robot guns, welding groups with or without control circuitry, equipment similar to complete ones but without start of cycle devices.

9.3 Measures

9.3.1 Minimum measures

All equipment shall be provided with the following features as a minimum:

a) emergency stop device

The following exceptions apply:

- machines in which an emergency stop device would not lessen the risk, either because it would not reduce the stopping time or because it would not enable the special measures required to deal with the risk to be taken;
- hand-held portable machines and hand-guided machines;
- equipment intended to be incorporated in a more complex equipment provided with a connection port, or information on how to realize this function;

b) a restart preventer in the case of power failure and emergency stop operation; this does not apply to equipment intended to be incorporated in a more complex equipment;

c) protection in the case of pneumatic/hydraulic supply system failure which may create a mechanical hazard.

9.3.2 Additional measures

The following measures shall be taken by the manufacturer or customer in accordance with the specification of supply and intended use, where applicable:

- means of releasing trapped parts or persons;
- for projection welding equipment only, a mechanical detent for movable electrode system with a mass exceeding 5 kg or other system having the same safety level (needed for safe maintenance or tooling change);
- device(s) to separately isolate all sources of energy supply (i.e., electric, pneumatic, hydraulic); risk related to operation of these devices shall be addressed (i.e. effects of stored energy);
- control systems category design following risk analysis result;

- any other protection means considered necessary and appropriate (see Annex E).

Realization responsibility in accordance with 9.2.

9.4 Conformity of components

Components which due to failure may increase the risk of a hazard, shall comply with the requirements of this standard or with the requirements of the relevant IEC/ISO standards.

Performance level, appropriate to the hazard, shall be chosen in accordance with ISO 13849-1.

NOTE 1 An IEC component standard is considered relevant only if the component in question falls within its scope.

Evaluation and testing of components shall be carried out as follows.

- a) A component certified by a recognized testing authority for compliance with the requirements of a standard harmonized with the relevant IEC component standard shall be checked for correct application and used in accordance with its rating. It shall be subjected to the applicable tests of this standard as part of the equipment with the exception of those tests which are part of the relevant IEC component standard.
- b) A component which is not certified for compliance with a relevant standard as above, shall be checked for correct application and used in accordance with its specified rating. It shall be subjected to the tests required by this standard, as part of the equipment, and to the applicable tests required by the component standard, under the conditions arising in the equipment.

NOTE 2 The applicable test for compliance with a component standard is, in general, carried out separately. The number of test samples is, in general, the same as that required in the component standard.

- c) Where no relevant component standard exists, or where components are used in circuits not in accordance with their specified ratings, the components shall be tested under the conditions arising in the equipment. The number of samples required for test is, in general, the same as that required by an equivalent standard.

9.5 Starting for manual operated equipment

It shall be possible to start the resistance welding equipment only by voluntary actuation of a device provided for the purpose. When the work-piece is too big to allow the operator's hands to reach the electrode working area or it is held with both hands, or the operator needs to use both hands to hold or operate the equipment, the cycle may be started by means of

- a foot pedal,
- a single-hand button or similar.

When it is not possible to hold or load the work-piece without any risks, it is necessary to provide adequate protections according to the work to be done. Example of protections are:

- adjust the distance between the electrodes to the minimum value (5 mm to 10 mm);
- movable or immovable safety guards (for example, grids or screens);
- safety devices without contact (for example, photoelectric), this device may as well start the cycle;
- presence detector with contact.

If no protections can be used, the cycle has to be started by means of

- concomitant push buttons.

Where equipment has several starting controls and the operators can therefore put each other in danger, additional devices (for example, enabling devices or selectors allowing only one

part of the starting mechanism to be actuated at any one time) shall be fitted to rule out such risks.

10 Instructions and markings

10.1 Instructions

Each resistance welding equipment shall be delivered with instructions which shall include the following (as applicable):

- a) general description;
- b) lifting and storage instructions, for example, by fork lift or crane;
- c) correct methods of handling and precautions to be taken;
- d) an explanation for all indications, markings and graphical symbols;
- e) information for selection and connection to the supply network (for example, suitable earthing system(s) TT/TN/IT, fuse, circuit-breaker and/or RCD rating);
- f) correct operational use relating to the resistance welding equipment (for example, cooling requirement, location, device, indicators);
- g) welding capability, mechanical characteristics, limitations of duty and explanation of thermal protection if relevant;
- h) limitations of use (for example, environmental conditions);
- i) basic guidelines regarding protection against personal hazards for operators and persons in the work area (for example, fumes, noise, hot metal and sparks, EMF);
- j) maintenance (preventive and routine instructions);
- k) adequate circuit diagram together with a list of essential parts;
- l) information on auxiliary outlets (for example, plug for lighting or electric tools);
- m) installation and commissioning;
- n) information that the manufacturer's instructions cover the equipment in the as-delivery state, and of the necessity to perform risk analysis on the user's responsibility if he does not respect the manufacturer's instructions.

Other useful information may also be given, for example, the class of insulation, pollution degree, efficiency, degree of protection provided by the enclosure, etc.

Conformity shall be checked by reading the instructions.

10.2 Markings

Each resistance welding equipment shall be clearly and indelibly marked as defined in ISO 669 (rating plate).

10.3 Marking of terminals

The terminal for the external protective conductor shall be marked with the symbol  (IEC 60417-5019).

Optionally the following may be added:

- a) the letters: **PE**
or
- b) the twin colours: green and yellow.

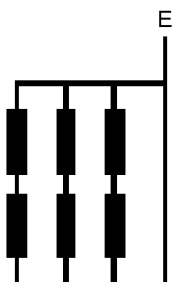
Additionally, three-phase equipment terminals shall be clearly marked in accordance with IEC 60445 or other relevant component standards. The identifying marking notation shall be located on or adjacent to the corresponding terminal.

Conformity shall be checked by visual inspection.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2015

Annex A (informative)

Nominal voltages of supply networks

Voltage line-to-neutral derived from nominal voltages a.c. or d.c. up to and including	Nominal voltages presently in the world			
	Three-phase four- wire systems with earthed neutral	Three-phase three- wire systems Earthed or unearthed (E)	Single-phase two- wire systems a.c. or d.c.	Single-phase three- wire systems a.c. or d.c.
V				
50			12,5 24 25 30 42 48	30-60
100	66/115	66	60	
150	120/208 ^a , 127/220	115, 120, 127	100 ^b , 110, 120	100-200 ^b , 110-220, 120-240
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	200 ^b , 220, 230, 240, 260, 277	220	220-440
600	347/600, 380/660, 400/690, 417/720, 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	480	480-960
1 000		660, 690, 720, 830, 1 000	1 000	–
NOTE 1 Values taken from Table B.2 of IEC 60664-1:2007.				
NOTE 2 “E” means “earthed”.				
^a Common practice of the United States of America and Canada.				
^b Common practice of Japan.				

Annex B (normative)

Construction of supply circuit terminals

B.1 Size of terminals

The terminals shall be dimensioned in accordance with the maximum permanent input current I_{1p} and it shall be possible to connect flexible conductors with cross-sectional areas as given in Table B.1. These values are based on wire rated at 60 °C.

**Table B.1 – Range of conductor dimensions
to be accepted by the supply circuit terminals**

Input permanent current A	Range of cross-sectional area of the conductor mm ²		
10	1,5	to	2,5
16	1,5	to	4
25	2,5	to	6
35	4	to	10
50	6	to	16
63	10	to	25
80	16	to	35
100	25	to	50
125	35	to	70
160	50	to	95
200	70	to	120
250	95	to	150
315	120	to	240
400	150	to	300

Alternative cross-section ranges are permitted if the manufacturer indicates in the instructions the type and size of wire to be used.

Conformity shall be checked by calculation and measurement.

B.2 Spacings between supply circuit terminals

Terminals shall be designed as follows.

The spacing between the supply terminals shall be not less than the values specified in Table B.2. Barriers or means for retaining all the conductor strands (for example, pressure type connectors) shall prevent strands of conductors, or lugs from contacting strands of conductors, or lugs connected to adjacent terminals, and shall maintain the spacing provided.

Table B.2 – Spacing between supply circuit terminals

Range of voltage V r.m.s.	Minimum spacing between live parts mm	
	With barrier	Without barrier
Up to 150	6,3	12,5
151 to 300		
301 to 600	9,5	25
601 to 1 000		

The clearances in Table 1 may be used, when barriers envelop the insulation of the supply circuit conductors and prevent strands of conductors from reducing the clearances.

Conformity shall be checked by measurement of the spacings as in IEC 60664-1.

B.3 Connections at the terminals

Connections at the terminals shall be made by means of screws, nuts or other equivalent means.

The terminal screws or nuts shall not be used to secure other parts or to connect other conductors.

Conformity shall be checked by visual inspection

B.4 Construction of the terminals

Conductors or their lugs shall be clamped between metallic parts and shall not be able to escape when the clamping means are tightened.

Live parts that can turn and reduce the spacing shall not rely on friction between mounting surfaces to prevent turning. A suitable lock washer, properly applied, shall be acceptable. Leads or busbars that are secured by other means need not have a lock washer.

Iron or steel, plain or plated, shall not be used for current-carrying parts.

Conformity shall be checked by visual inspection and by the temporary connection of conductors with the minimum and maximum cross-sectional area specified.

B.5 Fixing of the terminals

The terminals shall be securely fixed so that they cannot work loose when the clamping means are tightened or loosened. Further, if friction alone is relied on to prevent turning or shifting of the terminals on the supporting surface, the spacings shall not be reduced below the values of Table B.2 by shifting or turning. A pressure terminal connector need not be prevented from turning provided no spacings less than those required result when the terminals are turned 30° towards each other, or towards other uninsulated parts of opposite polarity, or towards grounded metal parts.

Conformity shall be checked by visual inspection and by tightening and loosening 10 times the clamping means holding a conductor of the maximum cross-sectional area specified.

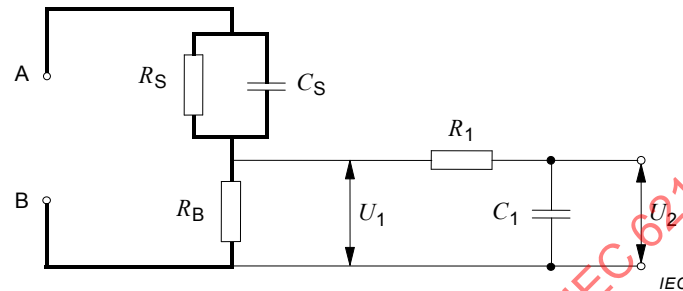
The test shall be repeated using a conductor of the minimum cross-sectional area specified.

Annex C (normative)

Touch current measurement in fault condition

For measuring the touch current in fault condition, the measuring network in accordance with Figure C.1 and the appropriate configurations in Figures C.2 and C.3 shall be used with an appropriate measuring device.

Caution! An expert shall perform this test. The protective conductor is disabled for this test.



Key

A, B	Test terminals	C_S	0,22 μF
R_S	1 500 Ω	R_1	10 000 Ω
R_B	500 Ω	C_1	0,022 μF
U_1	r.m.s. voltage	U_2	peak voltage
Weighted touch current (perception/reaction)		$= \frac{U_2}{500}$ (peak value)	

Figure C.1 – Measuring network for weighted touch current

For three-phase equipment, touch current in fault condition is measured with the switches (I) and (n) in the closed position and switch (e) in the open position. The measurement is then repeated with each of the switches (I) and (n) opened one by one, with the other switches closed, except switch (e). The measurements are similar for single-phase equipment, except that they shall be repeated for each position of the polarity switch (p). Diagrams for touch current measurement with switches are shown in Figures C.2 and C.3.

The manufacturer shall identify the configuration (TN, TT, star IT, etc.) to which its equipment is intended to be connected in its final application. The equipment under test shall be tested to those identified configurations or the worst-case configuration.

The use of isolating transformer (T) is optional. When not used, safety precautions shall be taken to protect the test operator from any hazardous voltage on the enclosure and other accessible conductive parts of the equipment.

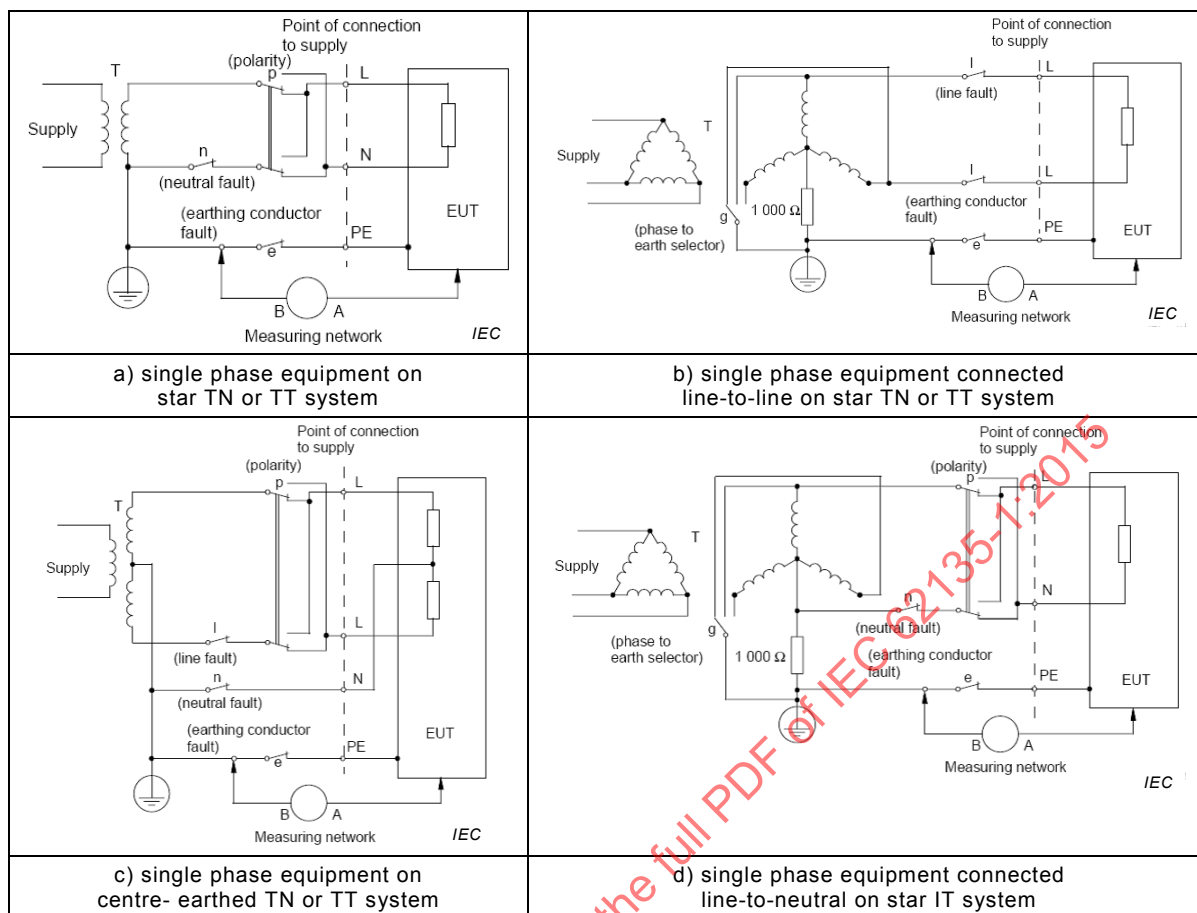


Figure C.2 – Diagram for touch current measurement on fault condition at operating temperature for single-phase connection of appliances other than those of class II

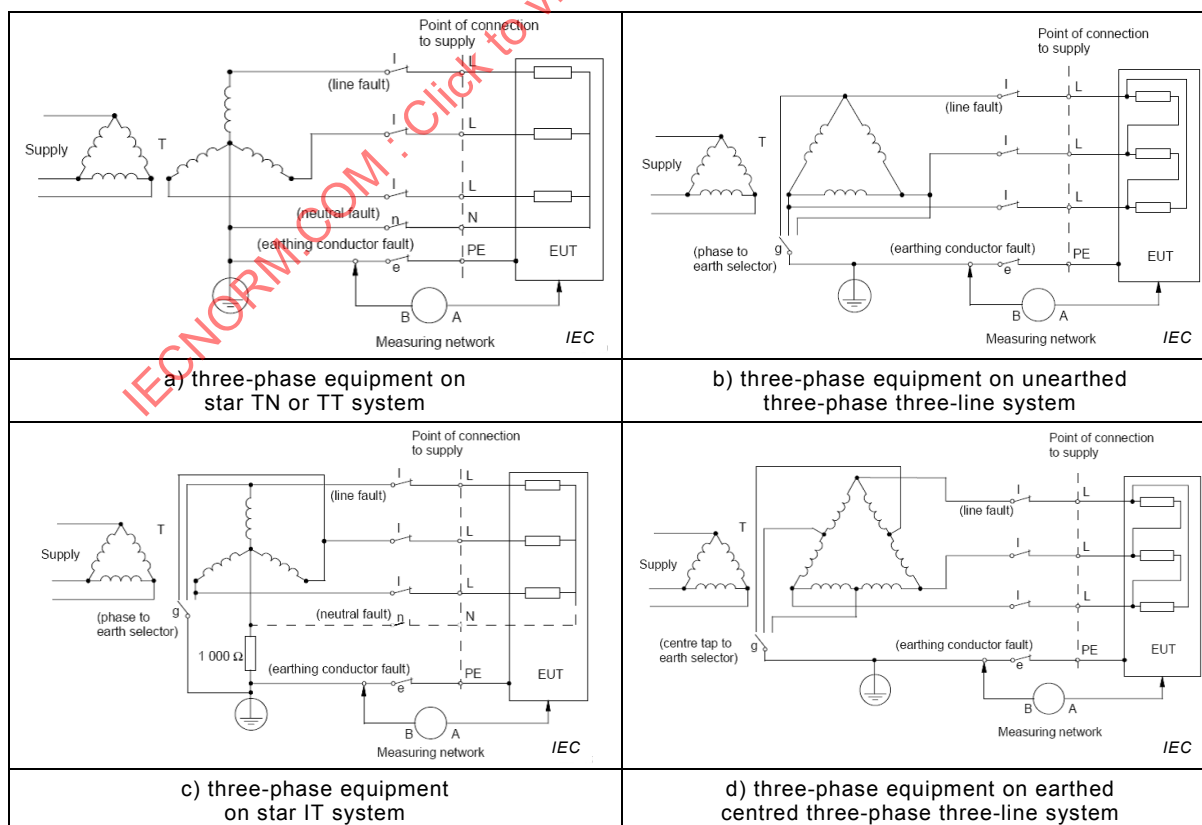


Figure C.3 – Diagram for touch current measurement on fault condition for three-phase four-wire system connection of appliances other than those of class II

Annex D

(informative)

Extrapolation of temperature to time of shutdown

When the temperature at the instant of shutdown cannot be recorded, it is necessary to use an extrapolation to obtain this temperature. The procedure for such extrapolation is as follows:

- a) the time is marked at the instant of shutdown;
- b) successive temperature readings are taken, and the elapsed time from shutdown noted for each;
- c) a minimum of four readings is taken for each temperature to be extrapolated;
- d) using logarithmic/linear graph paper, the readings are plotted so that the temperature is against the logarithmic scale, and the time from shutdown against the linear scale. A straight line extending back to $t = 0$ will give the extrapolated temperature at shutdown.

Alternative

A mathematical regression analysis can be used as an alternative to the graphical method. If a linear regression is chosen, then the logarithms of the temperatures are used with the linear values of the reading times from the instant of shutdown. The regression analysis is solved for the time $t = 0$ and the antilogarithm taken to find the true temperature.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2015

Annex E (informative)

Example of risk analysis and safety level requirement

E.1 General

This annex describes possible mechanical hazards on resistance welding equipment. Corresponding to the type of equipment, hazards vary. The hazards are evaluated on the basis of ISO 14121-1 and ISO 13849-1 and examples given for measures to be taken. These measures should be looked upon as one possible solution out of many.

Hazards due to sparks and splatters are not dealt with in this annex.

E.2 Monitored hazards

The following hazards on resistance welding equipment are monitored:

- a) squeezing of parts of the body between the electrodes or electrode wheels;
- b) squeezing of parts of the body between upper and lower platen;
- c) squeezing by accidentally dropping of tools from upper platen or the clamping device;
- d) squeezing between work piece and clamping device;
- e) squeezing by retraction of electrode wheels.

E.3 General measures

The following general measures are taken:

- a) reduced closing or clamping speed (for example, 10 mm/s).
- b) reduced opening gap between tools or electrodes or clamping devices.
- c) force reduction until gap is closed to an extent where no part of the body can enter (i.e., 6 mm between work piece and clamping device).
- d) necessity to hold welding gun or work piece with both hands.

E.4 Typical hazards by type of equipment

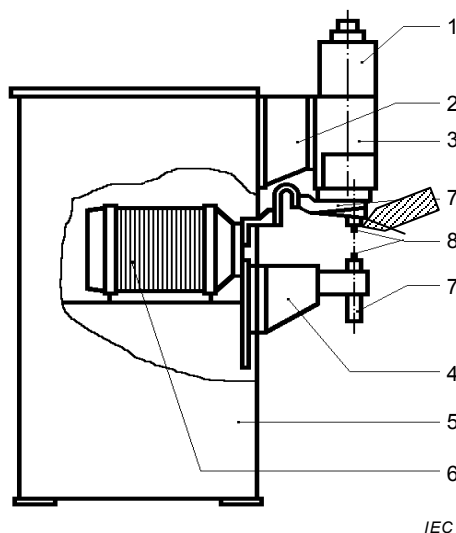
E.4.1 General

Hazardous areas are indicated by means of an arrow (see Figures E.1 to E.5). Machine elements are identified by the following numbering.

1 force generation system	6 transformer	11 electrode wheel
2 upper arm	7 electrode holder	12 handle
3 welding head	8 electrode	13 finger deflector
4 lower arm	9 platen	14 guiding protective bar
5 frame	10 wheel head	

E.4.2 Spot welding

E.4.2.1 Mounted machine



NOTE Numbers are defined in E.4.1.

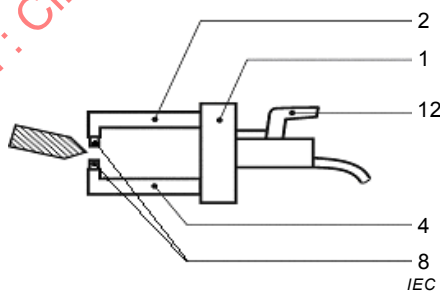
Figure E.1 – Structure of a mounted machine

Hazard 2a

Result of risk evaluation category B or 1.

Additional measures, where applicable: operated by one or two push-button(s), light barrier

E.4.2.2 Hand-held welding gun



NOTE Numbers are defined in E.4.1.

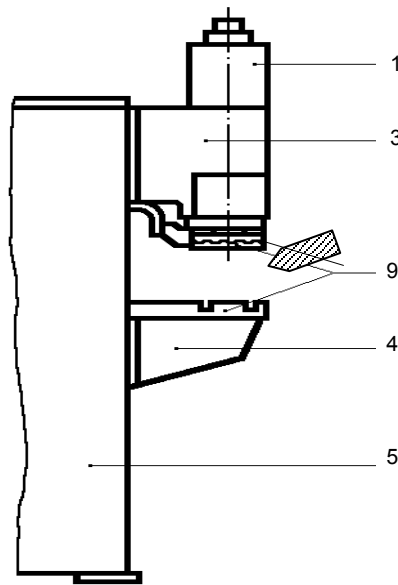
Figure E.2 – Structure of a hand-held welding gun

Hazard 2a whilst maintaining or changing electrodes

Result of risk evaluation: category B

Additional measures where applicable: trigger lock for work on electrodes

E.4.3 Projection welding



IEC

NOTE Numbers are defined in E.4.1.

Figure E.3 – Structure of projection welding machinery

Hazard: 2a, 2b, 2c, 2d

Result risk evaluation

Category 3 or possibly 2 at small tool weight and/or low welding force (due to severity of possible injury).

Additional measures:

Operation start by two push buttons, self-supervising, light barrier self-supervising, movable protection shield.

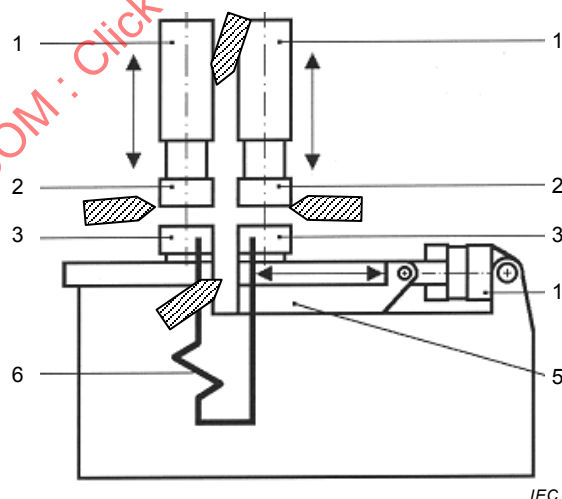
On this equipment a special protection system for the set-up mode may be necessary.

IEC

Figure E.4 – Structure of seam welding machinery

Result of risk evaluation: category 2 or 3.

E.4.5 Butt welding



IFC

Figure E.5 – Structure of butt welding machinery

Result of risk evaluation: category 2 or 3.

Additional measures: operation start by means of two push-buttons, light barrier, movable shield.

Annex F (informative)

Indirect contact protection in resistance welding equipment

F.1 Protection against indirect contact by automatic disconnection of the supply

F.1.1 General

Protection against indirect contact prevent risk arising when a person touches a metal part of the equipment (exposed conductive part) with an insulation fault. The following Figures F.1 to F.3 explain in principal possible protective measures against electric shock.

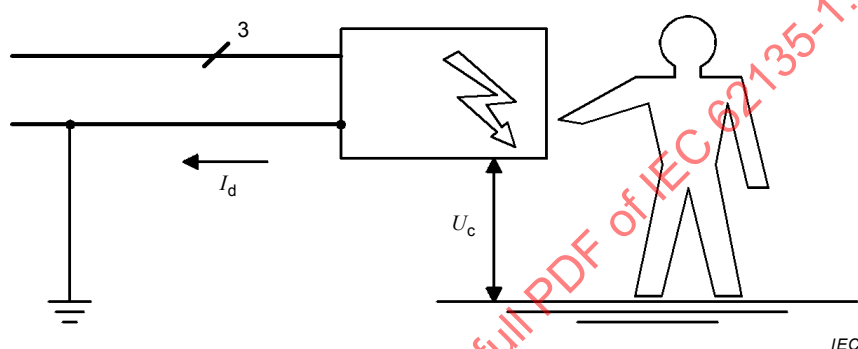


Figure F.1 – Principle illustration of insulation fault

Automatic disconnection of the supply is the most common solution used for protection against indirect contact. It is achieved by the removal of a touch voltage, appearing on the occurrence of an insulation fault, before the time of contact with a touch voltage can become hazardous.

Maximum disconnecting time for installations are defined by IEC 60364-4-41.

The type of disconnection device is selected depending on the type of earthing system of the installation. IEC 60364-4-41 describes the main earthing systems and defines their protection rules; in this annex only TN and TT systems are considered.

In TN and TT systems, an insulation fault between a live conductor and the equipment exposed conductive parts caused current flow to earth. In both cases, the touch voltage usually exceeds the maximum permissible values and requires an automatic disconnection of supply.

This protection provision requires the presence of a protective bonding circuit, connected to all exposed conductive parts that allow detection of the fault.

F.1.2 TN system

The neutral point of the voltage source (supply transformer) is earthed and the equipment protective conductor is connected direct to it.

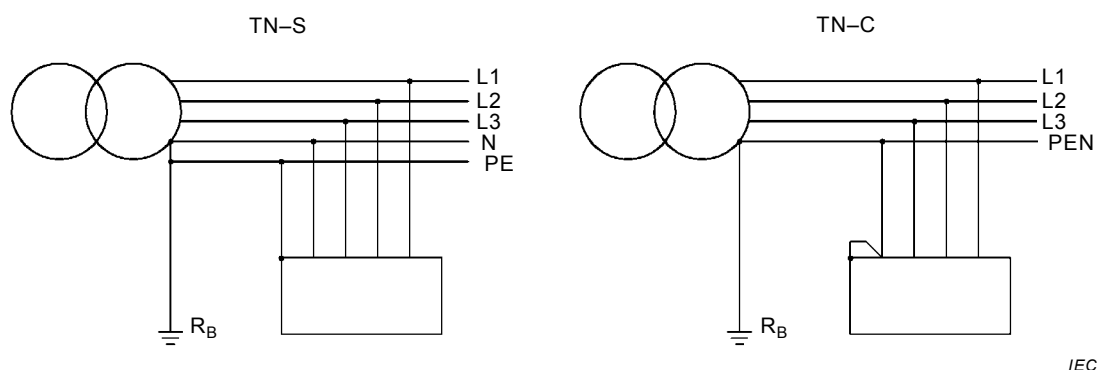


Figure F.2 – Illustrations of TN systems

Two main types of TN system exist:

- TN-S where equipment exposed conductive parts are connected to the voltage source earthed neutral by PE (protective conductor and neutral are separate);
- TN-C where equipment exposed conductive parts are connected to the earthed neutral by PEN (protective conductor combined with the neutral conductor).

In the TN system, the fault current is equivalent to a short circuit. The current is high as limited only by the fault-loop impedance; therefore, the circuit can be disconnected by an overcurrent protective device (circuit-breaker thermal or magnetic protection, fuses).

For circuits which supply class I hand-held equipment or portable equipment, the maximum disconnecting time is 0,4 s (for equipment operating on network having a nominal voltage to earth of 230 V).

An higher disconnection time up to 5 s is permitted for stationary equipment under special conditions.

The ability of an overcurrent protective device to provide protection for indirect contact is verified at the installation design stage by calculating the fault currents for all the distribution circuits and verifying that the disconnection device operate in a sufficient time with that current.

If due to long cables or low conductor cross-section the fault current is too low to properly operate the overcurrent protection device, an additional RCD is used.

This RCD may be separate residual current device or be combined with circuit-breakers.

This solution is not applicable in installation with a TN-C earthing system, where the protective conductor and the neutral one are the same.

F.1.3 TT systems

The neutral point of the voltage source (supply transformer) is earthed by an electrode separate from that used for the equipment.

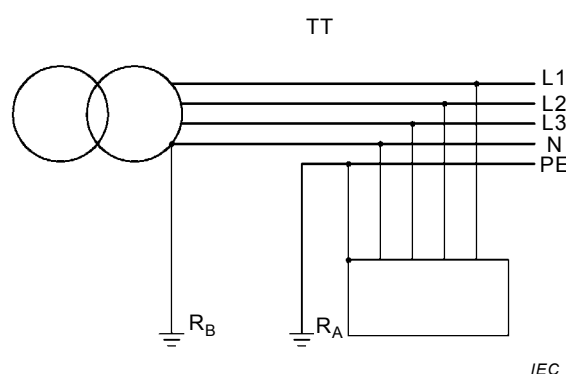


Figure F.3 – Illustrations of TT systems

In the TT system, the fault current is low as limited by the earth resistance, so cannot be detected and cleared by standard overcurrent protective devices. Therefore, different disconnection devices are provided in the installation, usually an RCD.

IEC 60364-4-41 specifies that the ability of an RCD to provide protection for indirect contact is assured selecting an RCD sensitivity lower than a value derived from measured installation earth connection resistance (R_a), by the formula:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_a}$$

This assures sufficient protection as the device operates with a fault current generating a 50 V touch voltage. A fault with a lower current will generate a touch voltage lower than 50 V, a fault with higher current will be detected and insulated by RCD in a shorter time.

RCDs have a tripping time that is defined by IEC standards and related to the ratio between the fault current and the sensitivity value.

IEC 60364-4-41 requires that de-energizing by the RCDs shall occur in less than 1 s.

The tripping times of RCDs are generally lower than those required in the majority of situations.

In order to increase availability of electrical power, the use of several RCDs ensures time and current discrimination on tripping.

F.2 Automatic disconnection of supply in single phase a.c. current equipment

F.2.1 TN system

As described above, overcurrent protective device are usually used as disconnecting device for indirect contact protection.

Resistance welding equipment are characterized by very high instantaneous current compared to the continuous equivalent current. Therefore high setting of circuit-breaker trip current or use of delayed fuses (type aM) are required, while fuses used in installation for short-circuit protection are usually of gG type.

The installation design shall take care of this providing sufficient low fault loop impedance to assure that the circuit-breaker or fuses operate in case of fault within the specified time (for example, using supply and PE cables with a sufficient cross-section).

If the required conditions cannot be met, an additional residual current device is used (apart from installation with a TN-C earthing system). In this situation, the following considerations regarding use of RCD in TT systems apply.

F.2.2 TT systems

As described above, residual-current devices are usually used as disconnecting devices for indirect contact protection.

The operation capability of an RCD depends on the fault current waveform. IEC 60755 defines three types of RCD depending on the characteristics of the fault current.

In the case of fault between the input circuit and the welding circuit in typical single-phase a.c. equipment, the fault current is sinusoidal; therefore types AC, A and B RCDs are appropriate.

Anyway, other circuit faults can generate a different fault waveform that requires a different RCD selection.

Only the manufacturer knows the possible fault current waveform of its equipment and can incorporate the device in the equipment or specify which type of RCD is capable of assuring proper operation.

F.3 Automatic disconnection of supply in d.c. current equipment operating at medium frequency (inverter equipment)

F.3.1 TN system

All the considerations above for a.c. single-phase equipment apply also to d.c. current equipment operating at medium frequency; moreover, other important factors have to be considered.

The most common fault is between the inverter output to ground, typically by a fault in the welding transformer insulation. This type of fault requires additional consideration described below.

The touch voltage in case of fault is higher than in network frequency fault as the protective conductor impedance is higher at the inverter frequency (typically 1 kHz to 20 kHz).

The fault current may be limited in time by the inverter as it is present only when the equipment execute the welding process (i.e., when the welding transformer is supplied).

Additionally, it has to be considered that the fault current amplitude may be limited by

- the current supplied by the inverter may be electronically limited to a maximum permissible value (for example, by the welding current adjustment);
- the protective conductor impedance (it is higher than 50 Hz impedance value as the fault current have frequency components of 1 kHz to 20 kHz).

These fault current times and amplitude limitations can avoid the circuit-breaker or fuse operation in case of fault.

It shall also be considered that the reduction of the fault current time and magnitude correspond to a reduced touch voltage therefore to a reduced risk.

The inverter can provide a protection against short circuits between phases at the output that interrupt the supply of current to the transformer. In TN systems this device does not protect

persons against indirect contact under all circumstances. In fact, the impedance of the fault at the inverter frequency may limit the current to a value that is below the inverter's protection threshold.

F.3.2 TT systems

F.3.2.1 General

As described above, residual-current device are usually used as disconnecting device for indirect contact protection.

In the case of fault between the input circuit and the welding circuit of typical inverter equipment, the fault current is non-sinusoidal. It is composed of the inverter switching frequency and the d.c. bus voltage to ground frequency (typically 1 000 Hz and 150 Hz).

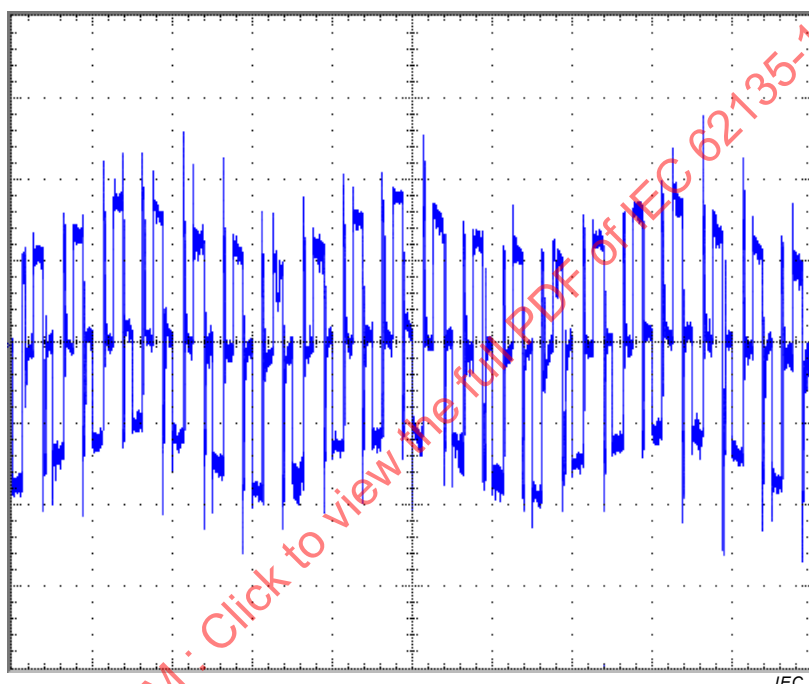


Figure F.4 – Typical fault current

Frequency content of the fault current depends on many factors, including inverter switching frequency, type of inverter input stage and equipment welding current adjustment.

The complex shape of the fault current (see Figure F.4) requires the use of a type A or B RCD suitable for the frequency content of the fault current.

Anyway other circuit faults generate different fault waveforms that can require different RCD selection; for example, d.c. bus to earth fault generates a fault current that requires type B RCD.

Only the manufacturer knows the possible fault current waveform of its equipment (i.e., its frequency content) and can incorporate the device in the equipment or specify which type of RCD is capable of assuring proper operation.

The inverter can provide a protection against short circuits between phases at the output that interrupt the supply of current to the transformer. In TT systems this device does not protect persons against indirect contact as the impedance of the fault at the inverter frequency is very high and limit the current to a value that is far below the inverter's protection threshold (the fault current may be of a few amps).

F.3.2.2 RCD sensitivity, break time and operating frequency

The patho-physiological effects of electrical current flowing in the body depend on its magnitude and duration. RCD are typically designed for network frequency operation and provide current related operating time that are defined by IEC standards based on patho-physiological effects.

RCD sensitivity is expressed as the rated residual operating current, $I_{\Delta n}$. Preferred values have been defined by IEC, making it possible to divide RCDs into three groups according to their $I_{\Delta n}$ value:

- high sensitivity (HS): 6 mA – 10 mA – 30 mA;
- medium sensitivity (MS): 0,1 A – 0,3 A – 0,5 A – 1 A;
- low sensitivity (LS): 3 A – 10 A – 30 A.

High sensitivity (HS) is most often used for additional direct-contact protection. The other sensitivities (MS and LS) are usually used for protection against indirect contacts. RCD are also used in installations for fire protection and protection of the equipment.

When the RCD is used for protection against indirect contact, its sensitivity is not directly related to current flowing into the body but selected according to installation earth connection resistance.

The current flowing through the human body depends mainly on environmental conditions and on the touch voltage.

The current flowing through the human body is influenced also by the frequency, as the body impedance is highly frequency dependant.

When an RCD is used for indirect contact protection, it has to disconnect the supply within a time that is related to the prospective touch voltage. The reference curves used by IEC 60364-4-41 are derived from IEC 60479 series together with an explanation of the derivation of the requirements.

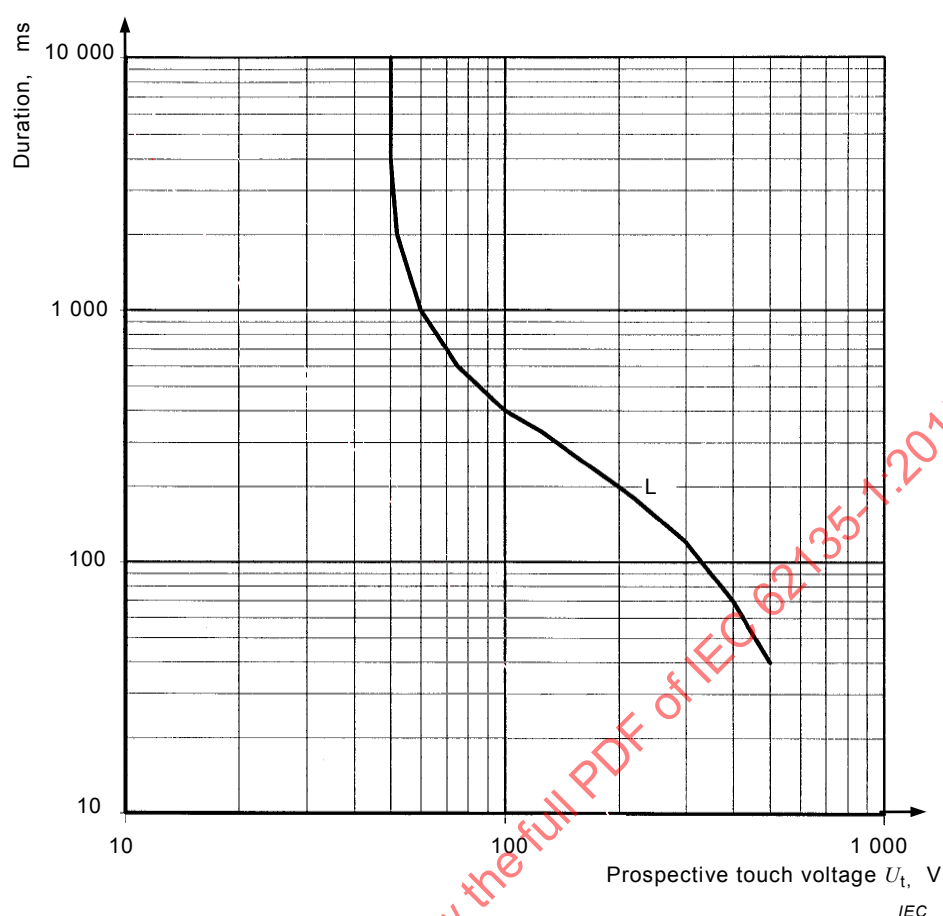


Figure F.5 – Time-to-voltage reference curve

IEC 60364-4-41 provides means of compliance based on the selection of RCD sensitivity corresponding to a fault current generating a 50 V touch voltage and allowing a maximum disconnection time of 1 s. This satisfies the requirement for any value of touch voltage and fault current. Time-to-voltage reference curve is shown in Figure F.5

In order to prevent undesired tripping, an RCD may be protected against high-frequency currents with low-pass filters; therefore, an RCD device may present low sensitivity (or increased break time) to fault currents on inverter resistance welding equipment. The frequency content of the fault current is, therefore, a most important factor.

Standards specify that type B RCD shall operate with frequencies up to 1 kHz; therefore, the use of this device satisfies the requirement for inverter resistance welding equipment operating up to 1 kHz.

The ability of other RCD types or equipment operating at higher frequencies shall be verified case by case as different RCDs present different sensitivity and operation time.

Bibliography

IEC 60050-851:2008, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 851: Electric welding*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60990, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC/TR 61200-413, *Electrical installation guide – Part 413: Protection against indirect contact – Automatic disconnection of supply²*

IEC/TS 61201, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 62135-2, *Resistance welding equipment – Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements*

ISO 5826, *Resistance welding equipment – Transformers – General specifications applicable to all transformers*

ISO 5828, *Resistance welding equipment – Secondary connecting cables with terminals connected to water-cooled lugs – Dimensions and characteristics*

ISO 8205-1, *Water-cooled secondary connection cables for resistance welding – Part 1: Dimensions and requirements for double-conductor connection cables*

ISO 8205-2, *Water-cooled secondary connection cables for resistance welding – Part 2: Dimensions and requirements for single-conductor connection cables*

ISO 12100, *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*

ISO 13732-1, *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces*

ISO 13732 (all parts), *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces*

ISO 14121-1, *Safety of machinery – Risk assessment – Part 1: Principles*

² This publication was withdrawn.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	74
1 Domaine d'application	76
2 Références normatives	76
3 Termes et définitions	77
4 Conditions d'environnement	79
5 Essais	80
5.1 Conditions d'essai	80
5.2 Instruments de mesure	80
5.3 Essais de type	80
5.4 Essais individuels de série	80
6 Protection contre les chocs électriques	81
6.1 Généralités	81
6.2 Isolement	81
6.2.1 Généralités	81
6.2.2 Distances d'isolement dans l'air	81
6.2.3 Lignes de fuite	83
6.2.4 Résistance d'isolement	85
6.2.5 Rigidité diélectrique	85
6.2.6 Courant de contact du circuit de soudage	87
6.2.7 Liquide de refroidissement	88
6.3 Protection contre les chocs électriques en service normal (contact direct)	88
6.3.1 Généralités	88
6.3.2 Tension à vide assignée à la sortie	88
6.3.3 Protection procurée par les barrières ou l'enveloppe	90
6.3.4 Condensateurs	90
6.3.5 Décharge automatique des condensateurs sur l'alimentation	91
6.3.6 Courant du conducteur de protection en condition normale	91
6.3.7 Courant de contact en condition normale	92
6.4 Protection contre les chocs électriques en condition de défaut (contact indirect)	92
6.4.1 Généralités	92
6.4.2 Mesures de protection pour le circuit de soudage	94
6.4.3 Conducteurs internes et connexions	106
6.4.4 Courant de contact en condition de défaut	106
6.4.5 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à la fréquence du réseau	107
6.4.6 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à moyenne fréquence	107
6.4.7 Continuité du circuit de liaison de protection	107
6.5 Exigences additionnelles de l'utilisateur	108
6.6 Tension d'alimentation	108
6.7 Conducteurs du circuit de soudage	108
7 Exigences thermiques	108
7.1 Essai d'échauffement	108
7.1.1 Conditions d'essai	108
7.1.2 Tolérances des paramètres d'essai	110

7.1.3	Début de l'essai d'échauffement	110
7.1.4	Durée de l'essai.....	110
7.2	Mesurage de la température	110
7.2.1	Conditions de mesurage	110
7.2.2	Capteurs de température en surface	110
7.2.3	Résistance	111
7.2.4	Capteur de température incorporé	111
7.2.5	Détermination de la température de l'air ambiant (t_a).....	112
7.2.6	Détermination de la température du liquide de refroidissement (t_a).....	112
7.2.7	Enregistrement des températures	112
7.3	Limites d'échauffement	112
7.3.1	Enroulements	112
7.3.2	Surfaces externes.....	113
7.3.3	Autres composants	115
7.4	Protection contre les dangers thermiques en service normal (contact direct).....	115
7.4.1	Généralités	115
7.4.2	Identification des surfaces chaudes	115
7.4.3	Protection procurée par l'isolation ou autres barrières	116
7.4.4	Protection procurée par le refroidissement supplémentaire	116
8	Fonctionnement anormal	116
8.1	Exigences générales.....	116
8.2	Essai de ventilateur bloqué	116
8.3	Défaut du système de refroidissement	116
8.4	Essai de surcharge	117
9	Dispositions contre les dangers mécaniques	117
9.1	Généralités	117
9.2	Analyse de risque	117
9.2.1	Généralités	117
9.2.2	Matériel prêt à être utilisé dans l'état de livraison	117
9.2.3	Matériel non prêt à être utilisé dans les conditions de livraison	118
9.2.4	Matériel non prêt à être utilisé et conçu pour être incorporé dans un matériel plus complexe	118
9.3	Mesures.....	118
9.3.1	Mesures minimales	118
9.3.2	Mesures additionnelles	118
9.4	Conformité des composants	119
9.5	Démarrage pour les matériels fonctionnant manuellement	119
10	Instructions et marquages	120
10.1	Instructions	120
10.2	Marquages.....	121
10.3	Marquage des bornes	121
Annexe A (informative)	Tensions nominales des réseaux d'alimentation	122
Annexe B (normative)	Construction des bornes de raccordement du circuit d'alimentation	123
B.1	Dimensions des bornes.....	123
B.2	Distances entre les bornes du circuit d'alimentation	123
B.3	Raccordement aux bornes	124
B.4	Construction des bornes	124
B.5	Fixation des bornes	124

Annexe C (normative) Mesure du courant de contact en condition de défaut.....	126
Annexe D (informative) Extrapolation de température par rapport au temps de coupure.....	129
Annexe E (informative) Exemple d'analyse de risque et exigence de niveau de sécurité.....	130
E.1 Généralités	130
E.2 Dangers surveillés	130
E.3 Mesures générales	130
E.4 Dangers typiques par type de matériel	130
E.4.1 Introduction	130
E.4.2 Soudage par point	131
E.4.3 Soudage par bossage	132
E.4.4 Soudage à la molette	133
E.4.5 Soudage en bout	133
Annexe F (informative) Protection contre un contact indirect dans le matériel de soudage par résistance.....	135
F.1 Protection contre un contact indirect par coupure automatique de l'alimentation	135
F.1.1 Généralités	135
F.1.2 Système TN.....	135
F.1.3 Systèmes TT	136
F.2 Coupure automatique de l'alimentation des matériels à courant alternatif monophasés	137
F.2.1 Système TN.....	137
F.2.2 Systèmes TT	138
F.3 Coupure automatique de l'alimentation dans les matériels à courant continu fonctionnant à fréquence moyenne (matériel à onduleur)	138
F.3.1 Système TN.....	138
F.3.2 Systèmes TT	139
Bibliographie.....	142
Figure 1 – Mesure du courant de contact du circuit de soudage	88
Figure 2 – Mesurage des valeurs efficaces	89
Figure 3 – Exemple d'écran métallique entre les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage	96
Figure 4 – Exemple de conducteur de protection connecté directement au circuit de soudage (matériel de soudage monopoint, courant alternatif)	97
Figure 5 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de soudage multipoints, courant alternatif)	97
Figure 6 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de moyenne fréquence)	98
Figure 7 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des impédances	99
Figure 8 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances	100
Figure 9 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances	100
Figure 10 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel (matériel à courant alternatif)	101
Figure 11 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel (matériel à moyenne fréquence)	102

Figure 12 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension.....	103
Figure 13 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension de sécurité.....	104
Figure 14 – Exemple de relais de tension de sécurité	105
Figure C.1 – Réseau de mesure du courant de contact pondéré	126
Figure C.2 – Diagramme de mesure du courant de contact en condition de défaut à la température de fonctionnement pour la connexion monophasée des appareils autres que ceux de la classe II	127
Figure C.3 – Diagramme de mesure du courant de contact en condition de défaut pour connexion de système triphasé à quatre fils des appareils autres que ceux de la classe II	128
Figure E.1 – Structure d'une machine montée.....	131
Figure E.2 – Structure d'un pistolet de soudage tenu à la main	131
Figure E.3 – Structure d'une machine de soudage par bossage	132
Figure E.4 – Structure d'une machine de soudage à la molette	133
Figure E.5 – Structure d'une machine de soudage en bout.....	133
Figure F.1 – Illustration de principe de défaut d'isolement.....	135
Figure F.2 – Illustrations de systèmes TN	136
Figure F.3 – Illustrations de systèmes TT	137
Figure F.4 – Courant de défaut typique.....	139
Figure F.5 – Courbe de référence temps – tension.....	141
Tableau 1 – Distances minimales d'isolement dans l'air pour les surtensions de catégorie III	82
Tableau 2 – Lignes de fuite minimales	84
Tableau 3 – Résistance d'isolement.....	85
Tableau 4 – Tensions d'essai diélectrique.....	86
Tableau 5 – Distance minimale à travers l'isolation	95
Tableau 6 – Continuité du circuit de liaison de protection.....	108
Tableau 7 – Limites d'échauffement pour les enroulements	113
Tableau 8 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel tenu à la main	114
Tableau 9 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel guidé à la main.....	114
Tableau 10 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel fixe	114
Tableau B.1 – Plage de dimensions des conducteurs à introduire dans les bornes du circuit d'alimentation	123
Tableau B.2 – Distances entre les bornes du circuit d'alimentation	124

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIELS DE SOUDAGE PAR RÉSISTANCE –

Partie 1: Exigences de sécurité pour la conception, la fabrication et l'installation

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62135-1 a été établie par le comité d'études 26 de l'IEC: Soudage électrique.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- les lignes de fuite pour le degré de pollution 4 ne sont plus valables (voir le Tableau 2);
- les exigences relatives à l'isolement pour le matériel de classe II sont définies (voir le Tableau 3);

- la limite inférieure de restriction d'interpolation de la tension d'essai diélectrique est modifiée à 220 V et l'interpolation des circuits de commande et de soudage est clarifiée (voir le Tableau 4);
- la température maximale pour les systèmes d'isolation est revue conformément à l'actuelle édition de l'IEC 60085 (voir le Tableau 7);
- le marquage des bornes est défini (voir 10.3);
- le tableau des tensions nominales des réseaux d'alimentation est modifié: les valeurs du Tableau B.2 de l'IEC 60664-1:2007 sont prises en compte à la place des valeurs du Tableau B.1, référencées dans la précédente édition pour le matériel à connecter aux systèmes mis à la terre et non mis à la terre. Cette modification influence les exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement dans l'air pour certaines caractéristiques assignées de tension d'alimentation (voir l'Annexe A);
- les informations relatives au courant de contact en cas de défaut et les procédures de mesure sont clarifiées (voir 6.4.4 et l'Annexe C);
- le courant de contact du circuit de soudage est défini (voir 6.2.6);
- les informations relatives au courant de contact en condition normale sont clarifiées et déplacées dans la partie protection contre les chocs électriques en service normal (voir 6.3.7);
- les conditions d'essai d'échauffement sont clarifiées (voir 7.1.1);
- la limite d'échauffement de la surface externe est modifiée (voir 7.3.2).

La présente version bilingue (2016-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-05.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 26/558/FDIS et 26/570/RVD.

Le rapport de vote 26/570/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

La liste de toutes les parties de la série IEC 62135, publiées sous le titre général *Matériels de soudage par résistance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

Le contenu du corrigendum de février 2016 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MATÉRIELS DE SOUDAGE PAR RÉSISTANCE –

Partie 1: Exigences de sécurité pour la conception, la fabrication et l'installation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62135 s'applique aux matériels de soudage par résistance et aux procédés connexes et comprend les stations de soudage simples et multiples qui peuvent être alimentées manuellement ou automatiquement et/ou mises en route.

La présente partie de l'IEC 62135 s'applique aux matériels fixes et portables.

La présente partie de l'IEC 62135 spécifie les exigences de sécurité électrique pour la conception, la fabrication et l'installation. Elle ne couvre pas toutes les exigences de sécurité non électrique (par exemple, bruit, vibrations).

La présente partie de l'IEC 62135 ne comprend pas les exigences relatives à la compatibilité électromagnétique (CEM) qui sont incluses dans l'IEC 62135-2.

Pour être en complète conformité avec la présente Norme, il convient d'évaluer tous les risques relatifs à la sécurité impliqués dans le chargement, l'alimentation, le fonctionnement et le déchargement du matériel, le cas échéant, et il convient d'observer les exigences des normes qui leur sont liées.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60204-1:2005, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

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

IEC 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

IEC 60417-DB:2011¹, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

IEC 60445, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

¹ "DB" fait référence à la base de données en ligne de l'IEC.

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emboîtement ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

ISO 669, *Soudage par résistance – Matériel de soudage par résistance – Exigences mécaniques et électriques*

ISO 13849-1, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans l'ISO 669, l'IEC 60664-1 et l'IEC 60204-1, s'appliquent.

3.1

matériel pour le soudage par résistance et les procédés connexes

matériel associé avec la réalisation des procédés de soudage par résistance ou les procédés connexes consistant par exemple en une source de courant, des électrodes, de l'outillage et des matériels de commande associés

Note 1 à l'article: Il peut s'agir d'une unité séparée ou d'une partie d'une machine complexe.

Note 2 à l'article: Le terme "équipement de soudage par résistance" est utilisé dans le texte qui suit.

3.2

procédés connexes au soudage par résistance

procédés réalisés sur des machines comparables aux matériels de soudage par résistance considérés comme connexes au soudage par résistance, par exemple le brasage par résistance, le brasage fort ou le chauffage

3.3

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée, afin de vérifier si ces dispositifs satisfont aux exigences de la norme concernée

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-12-05]

3.4

essai individuel de série

essai effectué sur chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait aux exigences de la norme concernée ou à des critères spécifiés

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-12-06]

3.5

circuit de soudage

matériau conducteur par lequel le courant de soudage est destiné à passer

3.6

circuit de commande

circuit servant à commander le fonctionnement du matériel de soudage et/ou à la protection des circuits de puissance

3.7

valeur conventionnelle

valeur normalisée utilisée pour la mesure d'un paramètre en vue de comparaison, étalonnage, essai, etc.

Note 1 à l'article: Les valeurs conventionnelles ne s'appliquent pas nécessairement au cours d'une opération de soudage.

3.8

valeur assignée

valeur assignée, généralement par le fabricant, pour une condition de fonctionnement spécifique d'un composant, système ou matériel

3.9

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

3.10

matériel tenu à la main

matériel de soudage par résistance avec un transformateur interne ou externe, qui est prévu pour être tenu à la main pendant son utilisation, qu'il soit suspendu ou non

3.11

matériel portable

matériel de soudage par résistance qui peut être connecté à différents réseaux d'alimentation au moyen de prises

3.12

matériel fixe

matériel de soudage par résistance connecté de manière permanente au réseau d'alimentation

3.13

groupe de matériau

matériaux classés en quatre groupes selon les valeurs de leur indice de résistance au cheminement (IRC)

Note 1 à l'article: Les groupes sont comme suit:

Matériau du groupe I	600	≤	IRC	
Matériau du groupe II	400	≤	IRC	< 600
Matériau du groupe IIIa	175	≤	IRC	< 400
Matériau du groupe IIIb	100	≤	IRC	< 175

Les valeurs IRC ci-dessus font référence à des valeurs en conformité avec l'IEC 60112.

Note 1 à l'article: Pour les matériaux inorganiques isolants, par exemple, le verre ou la céramique, qui ne cheminent pas, il n'est pas nécessaire, dans le cadre de la coordination de l'isolement, que les lignes de fuite soient plus grandes que leurs distances d'isolement associées.

3.14

équilibre thermique

état atteint lorsque l'échauffement constaté d'une partie quelconque du matériel de soudage ne dépasse pas 2 K/h

3.15**protection thermique**

système destiné à assurer la protection de l'ensemble ou d'une partie d'un matériel de soudage contre les températures excessives résultant de certaines conditions de surcharge thermique

Note 1 à l'article: Elle peut être réarmée (soit manuellement, soit automatiquement) lorsque la température redescend à la valeur de réenclenchement.

3.16**circuit d'alimentation**

matériau conducteur dans la source de soudage par lequel le courant d'alimentation circule intentionnellement

3.17**examen visuel général**

examen à l'œil nu destiné à vérifier qu'il n'y a pas de désaccord apparent par rapport aux termes de la norme concernée

3.18**tension de travail**

plus grande valeur efficace de la tension en courant alternatif ou continu à travers n'importe quelle isolation particulière qui peut se produire quand le matériel est alimenté à la tension assignée

Note 1 à l'article: Les transitoires ne sont pas pris en compte.

Note 2 à l'article: Les conditions en circuit ouvert et les conditions en fonctionnement normal sont toutes deux prises en considération.

4 Conditions d'environnement

Les matériels de soudage par résistance destinés à une utilisation à l'intérieur et conformes à la présente Norme doivent être sûrs pour fonctionner dans les conditions d'environnement suivantes:

- a) plage de températures de l'air ambiant:
en fonctionnement: de 5 °C à 40 °C;
- b) humidité relative de l'air:
jusqu'à 50 % à 40 °C;
jusqu'à 90 % à 20 °C.
- c) air ambiant, exempt de quantités anormales de poussière, acides, gaz corrosifs ou substances, etc., autres que ceux générés par le procédé de soudage.
- d) altitude au-dessus du niveau de la mer jusqu'à 1 000 m;
- e) la température du fluide de refroidissement n'excède pas:
 - 1) dans le cas d'un liquide: 30 °C à l'entrée;
 - 2) dans le cas de l'air ambiant: 40 °C.

NOTE Différentes conditions d'environnement peuvent être convenues entre le fabricant et l'acheteur et le matériel de soudage qui en résulte est marqué en conséquence. Des exemples de ces conditions sont: utilisation extérieure, altitude différente, température différente du fluide de refroidissement, forte humidité, fumées corrosives inhabituelles, vapeur, vapeur d'huile excessive, vibration anormale ou choc, poussière excessive, conditions de bord de mer ou à bord d'un navire inhabituelles.

5 Essais

5.1 Conditions d'essai

Les essais doivent être réalisés sur un matériel de soudage par résistance neuf, sec et complètement assemblé à une température de l'air ambiant entre 10 °C et 40 °C. Il est recommandé que les essais thermiques soient réalisés à 40 °C. Les matériels de soudage par résistance refroidis par liquide doivent être soumis à l'essai dans les conditions spécifiées par le fabricant pour ce qui est du liquide.

5.2 Instruments de mesure

La précision des instruments de mesure doit être comme indiquée ci-dessous.

- a) les instruments de mesure électrique: classe 1 ($\pm 1\%$ de la pleine échelle de lecture), sauf pour la mesure de la résistance d'isolement et la rigidité diélectrique quand la précision des instruments n'est pas spécifiée, mais doit être prise en compte pour la mesure;
- b) les instruments de mesure du courant de soudage: classe 5;
- c) les instruments de mesure de la température: ± 2 K.

5.3 Essais de type

Sauf spécification contraire, les essais de la présente Norme sont des essais de type.

Les matériels de soudage par résistance doivent être soumis à l'essai avec tous les matériels auxiliaires montés pouvant affecter les résultats des essais.

Tous les essais de type doivent être réalisés sur le même matériel de soudage par résistance sauf quand il est spécifié qu'un essai peut être réalisé sur un autre matériel de soudage par résistance.

Une des conditions de conformité est que les essais de type donnés ci-dessous doivent être réalisés dans l'ordre suivant:

- a) examen visuel général, voir 3.17;
- b) résistance d'isolement, voir 6.2.4 (vérification préliminaire);
- c) protection procurée par l'enveloppe, voir 6.3.3;
- d) résistance d'isolement, voir 6.2.4;
- e) rigidité diélectrique, voir 6.2.5;
- f) examen visuel général, voir 3.17.

Les autres essais inclus dans la présente Norme et non énumérés ici peuvent être réalisés dans n'importe quel ordre commode.

5.4 Essais individuels de série

Tous les essais individuels de série doivent être réalisés sur chaque matériel de soudage par résistance. L'ordre suivant est recommandé:

- a) examen visuel général, voir 3.17;
- b) continuité du circuit de protection, voir 6.4.7;
- c) rigidité diélectrique, voir 6.2.5;
- d) tension à vide, voir 6.3.2;
- e) essai pour s'assurer que les valeurs minimale et maximale assignées de sortie sont conformes à l'ISO 669;

f) examen visuel général, voir 3.17.

6 Protection contre les chocs électriques

6.1 Généralités

Les parties sous tension dangereuses ne doivent pas être accessibles et les parties conductrices accessibles ne doivent pas être sous tension dangereuse

- soit sous conditions normales (pour utilisation prévue en fonctionnement et absence de défaut); ou
- sous condition de panne unique.

Les exigences pour les dispositions de protection à prendre en condition normale sont données en 6.3.

Les exigences pour les dispositions de protection à prendre en condition de défaut sont données en 6.4.

6.2 Isolement

6.2.1 Généralités

La majorité des matériels de soudage par résistance tombent dans les surtensions de catégorie III conformément à l'IEC 60664-1. Tous les matériels de soudage par résistance doivent être conçus pour être utilisés dans des conditions d'environnement de pollution de degré 3 au minimum.

La conception du matériel de refroidissement par liquide doit considérer comme possible la condensation qui peut exiger des conditions différentes.

Les composants ou les sous-ensembles avec des distances d'isolement dans l'air ou des lignes de fuite correspondant au degré de pollution 2 sont autorisés, s'ils sont complètement revêtus, empotés ou moulés conformément à l'IEC 60664-3.

Les matériels conçus avec un isolement basé sur les valeurs de tension entre phase et neutre doivent être équipés d'un avertissement stipulant qu'un tel matériel doit être utilisé seulement dans un système d'alimentation qui est soit triphasé, soit un système à quatre fils avec un neutre à la terre ou un système monophasé, à trois fils, avec un neutre à la terre.

6.2.2 Distances d'isolement dans l'air

Pour l'isolation principale ou l'isolation supplémentaire et renforcée, les distances minimales d'isolement dans l'air doivent être en conformité avec l'IEC 60664-1, telles qu'elles sont résumées dans le Tableau 1 pour les surtensions de catégorie III.

Tableau 1 – Distances minimales d'isolement dans l'air pour les surtensions de catégorie III

Tension ^a	Isolation principale ou supplémentaire					Isolation renforcée				
	Tension assignée d'essai de choc	Tension d'essai alternative	Degré de pollution			Tension assignée d'essai de choc	Tension d'essai alternative	Degré de pollution		
			2	3	4			2	3	4
			Distance d'isolement dans l'air					Distance d'isolement dans l'air		
V eff.	Crête V	V eff.	mm			Crête V	V eff.	mm		
50	800	566	0,2	0,8	1,6	1 500	1 061	0,5	0,8	1,6
100	1 500	1 061	0,5			2 500	1 768	1,5		
150	2 500	1 768	1,5			4 000	2 828	3		
300	4 000	2 828	3			6 000	4 243	5,5		
600	6 000	4 243	5,5			8 000	5 657	8		
1 000	8 000	5 657	8			12 000	8 485	14		
NOTE 1 Valeurs issues des Tableaux F.1 et F.2 de l'IEC 60664-1:2007.										
NOTE 2 Pour d'autres degrés de pollution ou de catégories de surtension, voir l'IEC 60664-1.										
^a Voir Annexe A pour la valeur de la tension.										

Pour le dimensionnement des distances d'isolement dans l'air aux surfaces accessibles non conductrices, de telles surfaces doivent être considérées comme étant recouvertes par une feuille métallique partout où elles peuvent être touchées par le doigt d'essai normalisé conformément à l'IEC 60529.

Les distances d'isolement dans l'air ne doivent pas être interpolées.

Pour les bornes du circuit d'alimentation voir l'Annexe B.

Les distances d'isolement dans l'air entre les parties des matériels de soudage par résistance (par exemple, les circuits ou les composants) qui sont protégées par un moyen de limitation de la surtension (par exemple, varistance métal-oxyde) peuvent être assignées selon la catégorie de surtension I (voir l'IEC 60664-1).

Les valeurs du Tableau 1 doivent aussi s'appliquer aux circuits de commande quand ils sont séparés du circuit d'alimentation, par exemple, par un transformateur.

Si le circuit de commande est directement connecté au circuit d'alimentation, les valeurs de la tension d'alimentation doivent être appliquées.

La conformité doit être vérifiée par mesure selon 6.2 de l'IEC 60664-1:2007 ou quand ce n'est pas possible, en soumettant le matériel de soudage à un essai de choc en utilisant les tensions données dans le Tableau 1.

Pour l'essai de choc, au moins trois impulsions de chaque polarité à la tension donnée dans le Tableau 1 sont appliquées à un intervalle d'au moins 1 s entre les impulsions en utilisant un générateur avec une sortie en forme d'onde de 1,2/50 µs et une impédance de moins de 500 Ω.

En variante, une tension d'essai en courant alternatif, comme indiquée au Tableau 1, peut être appliquée pendant trois cycles ou une tension en courant continu sans ondulation dont la

valeur est égale à la tension de choc peut être appliquée trois fois pendant 10 ms, pour chaque polarité.

Le matériel doit supporter les tensions d'essai sans aucun contournement ni claquage.

6.2.3 Lignes de fuite

Pour l'isolation principale ou supplémentaire, les lignes de fuite minimales doivent être conformes à l'IEC 60664-1, comme résumé au Tableau 2.

Les lignes de fuite pour l'isolation double ou renforcée doivent être deux fois celles déterminées pour l'isolation principale.

Afin de déterminer les lignes de fuite par rapport aux surfaces accessibles non conductrices, de telles surfaces doivent être considérées comme étant recouvertes d'une feuille métallique à tout endroit où elles peuvent être touchées par le doigt d'épreuve normalisé conforme à l'IEC 60529.

Les lignes de fuite sont données pour la tension assignée la plus élevée de chaque ligne du Tableau 2. Dans le cas de tensions assignées plus faibles, les interpolations sont autorisées.

Pour les bornes du circuit d'alimentation, voir l'Annexe B.

Les valeurs du Tableau 2 doivent s'appliquer également aux circuits de commande lorsqu'ils sont séparés du circuit d'alimentation, par exemple, par un transformateur.

Une ligne de fuite ne peut pas être inférieure à la distance d'isolement dans l'air associée, la ligne de fuite la plus courte possible est donc égale à la distance d'isolement dans l'air requise.

Si le circuit de commande est directement raccordé au circuit d'alimentation, les valeurs de la tension d'alimentation doivent s'appliquer.

La conformité doit être vérifiée par mesurage linéaire, selon 6.2 de l'IEC 60664-1:2007.

Tableau 2 – Lignes de fuite minimales

Tension de travail	Lignes de fuite en millimètres								
	Isolation principale ou supplémentaire								
	Matériau des cartes imprimées		Degré de pollution						
	Degré de pollution								
V eff.	1	2	1	2			3		
	a	b	a	Groupe de matériau			Groupe de matériau		
	mm	mm	mm	I mm	II mm	III mm	I mm	II mm	III mm
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16
1 250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20
1 600			5,6	8	11	16	20	22	25
2 000			7,5	10	14	20	25	28	32
2 500			10	12,5	18	25	32	36	40
3 200			12,5	16	22	32	40	45	50
4 000			16	20	28	40	50	56	63
5 000			20	25	36	50	63	71	80
6 300			25	32	45	63	80	90	100
8 000			32	40	56	80	100	110	125
10 000			40	50	71	100	125	140	160

NOTE Conformément à l'IEC 60664-1, les dimensions des lignes de fuite ne peuvent pas être spécifiées en cas de présence permanente de pollution conductrice (Degré de pollution 4).

a Groupes de matériau I, II, IIIa et IIIb.

b Groupes de matériau I, II et IIIa.

6.2.4 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure aux valeurs données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Résistance d'isolement

Mesure ^a			Résistance
Circuit d'alimentation (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés) avec les dispositions de protection spécifiées en 6.4.2.2	par rapport au	circuit de soudage (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés)	5,0 MΩ
Circuit d'alimentation (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés) avec des dispositions de protection différentes de celles spécifiées en 6.4.2.2	par rapport au	circuit de soudage (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés)	2,5 MΩ
Circuits de commande et parties conductrices accessibles	par rapport à	tous les circuits	2,5 MΩ
Circuit d'alimentation de matériel de classe II	par rapport aux	surfaces accessibles ^b	5,0 MΩ
NOTE Etant donnée la conception du matériel de soudage par résistance, la mesure de la résistance du circuit de soudage par rapport à celle du circuit de protection n'est pas exigée.			
^a Les circuits de commande sont soumis à l'essai avec le circuit auquel ils sont galvaniquement connectés.			
^b Pour les mesures par rapport aux surfaces accessibles non conductrices, de telles surfaces doivent être considérées comme étant recouvertes par une feuille métallique.			

Tout circuit de commande ou circuit auxiliaire relié à la borne du conducteur de protection doit, pour cet essai, être considéré comme une partie conductrice accessible.

La conformité doit être vérifiée par mesurage stabilisé de la résistance d'isolement sans condensateurs d'antiparasitage ou de protection (voir 6.4.2.2), par application d'une tension continue égale à 500 V, à la température ambiante.

Pendant l'essai, les composants électriques susceptibles d'être endommagés et ne faisant pas partie de l'isolement à soumettre à l'essai peuvent être déconnectés ou court-circuités. Le rapport d'essai doit contenir une liste de ces composants et la justification de leur exclusion de l'essai.

L'essai est réalisé sans liquide de refroidissement.

6.2.5 Rigidité diélectrique

L'isolation doit supporter les tensions d'essai suivantes sans contournement ni claquage:

- premier essai d'un matériel de soudage par résistance: tensions d'essai indiquées au Tableau 4;
- répétition de l'essai sur le même matériel de soudage par résistance: tension d'essai égale à 80 % des valeurs indiquées au Tableau 4.

Tableau 4 – Tensions d'essai diélectrique

Tension assignée maximale V eff.	Tension d'essai diélectrique CA V eff.				
Circuits d'alimentation ^a , de soudage ^b ou de commande ^b	Entre tous les circuits et les parties conductrices accessibles, entre le circuit d'alimentation et tous les autres circuits sauf le circuit de soudage		Entre tous les circuits, sauf le circuit d'alimentation, et le circuit de soudage	Entre le circuit d'alimentation et le circuit de soudage avec les dispositions de protection différentes de celles spécifiées en 6.4.2.2	Entre le circuit d'alimentation et le circuit de soudage avec les dispositions de protection spécifiées en 6.4.2.2
	Matériel de classe I	Matériel de classe II			
Jusqu'à 50	250	500	500	-	-
220	1 100	2 200	1 100	1 100	2 200
450	1 875	3 750	1 875	1 875	3 750
700	2 500	5 000	2 500	2 500	5 000
1 000	2 750	5 500	-	2 750	5 500

NOTE 1 La tension assignée maximale est valable pour les systèmes mis à la terre ou non.

NOTE 2 L'essai de rigidité diélectrique des circuits de commande est limité dans la présente Norme à tous les circuits qui entrent ou sortent de l'enveloppe, autres que le circuit d'alimentation et le circuit de soudage.

^a Pour les valeurs intermédiaires, les interpolations sont autorisées sur tous les réseaux d'alimentation (circuit d'alimentation) fonctionnant hors de la plage de 220 V à 450 V et sur tous les systèmes mis à la terre triphasés, à trois fils sans exemption de tension (voir l'Annexe A).

^b Pour les valeurs intermédiaires, les interpolations sont autorisées sur les circuits de soudage et de commande.

La tension d'essai en courant alternatif doit être de forme sensiblement sinusoïdale avec une valeur de crête ne dépassant pas 1,45 fois la valeur efficace, et d'une fréquence d'environ 50 Hz ou 60 Hz.

Le transformateur haute tension doit délivrer la tension spécifiée jusqu'au courant de déclenchement. Le déclenchement est considéré comme un contournement ou claquage. Le réglage du courant de déclenchement peut être choisi selon le courant de dispersion capacitif du transformateur. Le réglage maximal permis du courant de déclenchement doit être de 100 mA.

Pour la sécurité de l'opérateur, le réglage le plus faible possible du courant de déclenchement (inférieur ou égal à 10 mA) est recommandé.

Essai en variante: Une tension d'essai en courant continu égale à 1,4 fois la tension d'essai efficace peut être utilisée.

Les composants ou sous-ensembles ne doivent pas être déconnectés ou court-circuités sauf si les conditions de a), b) ou c) ci-dessous sont remplies.

- Les composants ou les sous-ensembles sont conçus et soumis à l'essai conformément aux normes appropriées qui spécifient une tension plus faible que le niveau de tension d'essai de la présente Norme. Ces composants ou sous-ensembles ne sont pas connectés entre le circuit d'alimentation et le circuit de soudage et leur déconnexion ou mise en court-circuit n'empêche pas de soumettre à l'essai une partie du circuit. Exemples: moteurs de ventilateurs et moteurs de pompes.
- Les composants ou les sous-ensembles sont complètement incorporés soit dans le circuit d'alimentation soit dans les circuits de soudage et leur déconnexion n'empêche pas de soumettre à l'essai une partie du circuit. Exemple: circuits électroniques.

- c) Les circuits destinés à éliminer les parasites ou les condensateurs destinés à la protection entre le circuit d'alimentation ou le circuit de soudage et toutes les parties conductrices accessibles qui sont conformes aux normes appropriées.

Les circuits de commande connectés à une borne du conducteur de protection ne doivent pas être déconnectés pendant l'essai et ils sont alors soumis à l'essai comme des parties conductrices accessibles.

À la discrétion du fabricant, la tension d'essai peut être portée lentement à sa pleine valeur.

Les matériels de soudage par résistance incorporant un redresseur doivent être soumis à l'essai après l'assemblage complet du matériel de soudage par résistance, avec le redresseur de puissance restant correctement connecté au circuit de sortie du transformateur. Les redresseurs, leurs systèmes de protection et les autres composants électroniques à semi-conducteur ou les condensateurs peuvent être court-circuités pendant l'essai.

Les matériels refroidis par liquide doivent être soumis à l'essai avant d'être remplis avec le liquide de refroidissement.

La conformité doit être vérifiée par application de la tension d'essai pendant

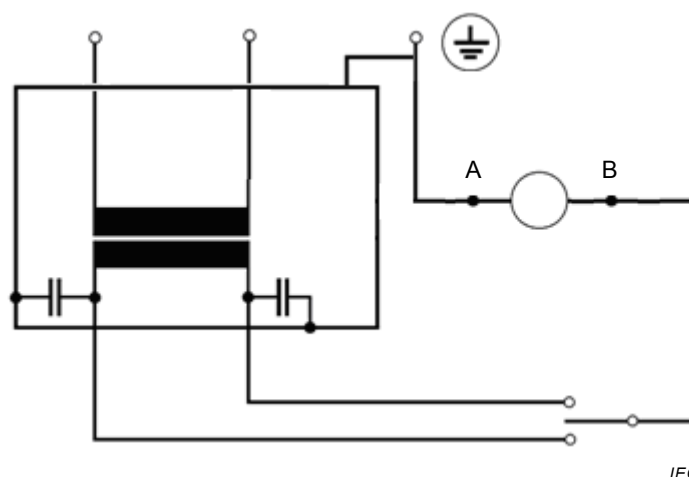
- 1) 60 s (essai de type);
- 2) 5 s (essai individuel de série); ou
- 3) 1 s (essai individuel de série avec tension d'essai augmentée de 20 %).

6.2.6 Courant de contact du circuit de soudage

Dans le cas d'un matériel avec un circuit de soudage isolé du conducteur de protection, le courant de contact entre les connexions du circuit de soudage et la borne du conducteur de protection ne doit pas dépasser 14,1 mA de crête.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et mesurage du courant de contact avec un circuit tel que celui de la Figure 1 à la(les) tension(s) d'alimentation assignée(s) et en fonctionnement à vide.

Le réseau de mesure spécifié à la Figure C.1 doit être connecté tel qu'indiqué à la Figure 1.



Légende

A, B Connexions du réseau de mesure

NOTE Dans le cas d'un matériel de classe II, utiliser la borne du conducteur de protection (PE) du réseau d'alimentation mis à la terre.

Figure 1 – Mesure du courant de contact du circuit de soudage

6.2.7 Liquide de refroidissement

Les tuyaux de refroidissement entre les différentes parties du circuit d'alimentation ayant des polarités différentes doivent avoir une longueur d'au moins 0,5 m et une résistance d'au moins 1 MΩ/m; la résistance du système de refroidissement doit être d'au moins 20 Ωm.

Les connexions accessibles d'un système de refroidissement en contact avec le circuit d'alimentation doivent être réalisées avec une partie métallique à connecter au conducteur de protection.

La conformité est vérifiée par examen visuel et mesurage.

6.3 Protection contre les chocs électriques en service normal (contact direct)

6.3.1 Généralités

La protection contre les chocs électriques en service normal doit consister en une ou plusieurs des dispositions qui empêchent le contact avec les parties sous tension dangereuses en conditions normales. Ces dispositions comprennent

- l'isolation principale;
- des barrières ou des enveloppes;
- une limitation de la tension;
- une limitation du courant de contact constant et de la charge.

Plus de détails peuvent être trouvés dans l'IEC 61140.

6.3.2 Tension à vide assignée à la sortie

6.3.2.1 Généralités

Si le circuit de soudage est accessible pendant le procédé de soudage et si le matériel de soudage par résistance n'est pas équipé d'un dispositif réducteur de dangers selon 6.3.2.3, la

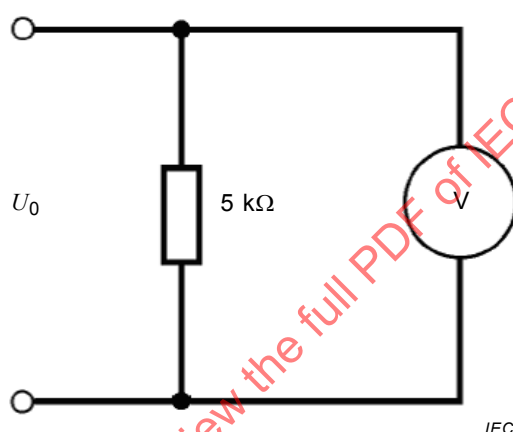
tension à vide assignée à la sortie, pour tous les réglages possibles, ne doit pas excéder 25 V c.a. eff. ou 60 V c.c. sans ondulation.

Si le circuit de soudage est accessible au cours du procédé de soudage et si le matériel de soudage par résistance est équipé d'un dispositif réducteur de dangers selon 6.3.2.3, la tension à vide assignée à la sortie, pour tous les réglages possibles, ne doit pas excéder 68 V c.a. de crête et 48 V eff.

La conformité doit être vérifiée par mesurage et par analyse du circuit et/ou par défaut.

6.3.2.2 Circuit de mesurage

Pour mesurer les valeurs efficaces, un voltmètre efficace vrai doit être utilisé avec une résistance de $5 \pm 5 \%$ k Ω , connecté aux bornes du circuit de soudage comme indiqué à la Figure 2.



Légende

U_0 Tension à vide

V Voltmètre efficace vrai

Figure 2 – Mesurage des valeurs efficaces

6.3.2.3 Dispositif de réduction de dangers

6.3.2.3.1 Exigences générales

Un dispositif réducteur de dangers doit réduire la sévérité du choc électrique susceptible d'être provoqué par des tensions à vide excédant 25 V c.a.

6.3.2.3.2 Dispositif de réduction de la tension

Un dispositif de réduction de la tension doit avoir réduit automatiquement la tension à vide assignée à un niveau n'excédant pas 25 V c.a. Le temps de fonctionnement est de 0,1 s.

La conformité doit être vérifiée par mesure de la tension et du temps de fonctionnement.

6.3.2.3.3 Indicateur de fonctionnement correct

Un dispositif fiable, par exemple un voyant lumineux, doit être fourni pour indiquer que le dispositif réducteur de dangers fonctionne correctement. Lorsqu'un voyant lumineux est utilisé, il doit s'allumer une fois que la tension a diminué.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel.

6.3.2.3.4 Passage d'une condition de défaut à une condition de sécurité

Si le dispositif réducteur de dangers ne fonctionne pas selon 6.3.2.3.1, la tension aux bornes de sortie doit être réduite à un niveau n'excédant pas 25 V c.a. et ne doit pas être réarmée automatiquement.

La conformité doit être vérifiée en simulant un défaut du dispositif réducteur de dangers et en mesurant le temps nécessaire pour atteindre une condition de sécurité après le défaut du dispositif réducteur de dangers.

6.3.3 Protection procurée par les barrières ou l'enveloppe

Les barrières ou enveloppes doivent empêcher l'accès aux parties dangereuses sous tension en fournissant un degré de protection efficace contre les chocs électriques. Les barrières ou enveloppes doivent avoir une résistance mécanique suffisante, une stabilité et maintenir durablement le degré de protection spécifié, en tenant compte de toutes les influences significatives de l'environnement et de l'intérieur de l'enveloppe.

Les matériels de soudage par résistance conçus spécifiquement pour un usage à l'intérieur doivent avoir un degré de protection minimal de IP20 (sauf le circuit de soudage externe, par exemple, les électrodes) en utilisant les conditions et procédures d'essai de l'IEC 60529.

Le matériel de soudage par résistance spécifiquement conçu pour un usage externe doit avoir un degré de protection minimal IP23 en utilisant les conditions et procédures d'essai de l'IEC 60529.

La conformité doit être vérifiée comme suit.

Un matériel de soudage par résistance doit être soumis à un essai à l'eau approprié sans être sous tension. Immédiatement après l'essai, l'unité doit être mise dans un environnement sécurisé et soumise à des essais de résistance d'isolement et de rigidité diélectrique.

Quand la construction ou la conception permet l'enlèvement des barrières, l'ouverture des enveloppes ou l'enlèvement de parties d'enveloppes, l'accès aux parties dangereuses sous tension doit seulement être possible

- par l'utilisation d'une clef ou d'un outil;
- après l'isolation des parties dangereuses sous tension du circuit d'alimentation où l'enveloppe ne sert plus de protection, le rétablissement de l'alimentation doit devenir possible seulement après la remise en place des barrières ou parties d'enveloppes ou après fermeture des portes;
- quand une barrière intermédiaire maintient encore le degré de protection exigé, cette barrière ne pouvant être enlevée que par utilisation d'une clef ou d'un outil.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel.

6.3.4 Condensateurs

Un condensateur fourni comme partie d'un matériel de soudage par résistance et connecté aux bornes du circuit d'alimentation

- a) ne doit pas contenir plus de 1 l de liquide inflammable;
- b) doit être conçu pour ne pas fuir en service normal;
- c) doit être contenu à l'intérieur de l'enveloppe du matériel de soudage par résistance ou autre enveloppe qui satisfait aux exigences applicables de la présente Norme.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel.

Les condensateurs ne doivent pas soumettre le matériel de soudage par résistance à des claquages électriques dangereux ou à des risques d'incendie en cas de défaut.

La conformité doit être vérifiée par l'essai suivant.

Les condensateurs sont mis en court-circuit avant que le matériel ne soit mis sous tension, ensuite le matériel de soudage par résistance est mis en fonctionnement à vide à sa tension d'alimentation assignée, avec un fusible ou disjoncteur d'alimentation d'une valeur entre 120 % et 200 % de celle spécifiée dans le manuel d'instruction, avec tous les condensateurs ou un des condensateurs court-circuités jusqu'à

- a) la fusion d'un fusible ou déclenchement du dispositif contre les surintensités dans le matériel de soudage par résistance; ou
- b) la fusion du fusible du circuit d'alimentation ou déclenchement du disjoncteur; ou
- c) l'obtention sur les composants d'alimentation du matériel de soudage par résistance, de températures constantes inférieures ou égales à celles permises en 7.3. Tout défaut d'un composant électronique (par exemple, redresseur primaire) ne signifie pas un critère de défaillance pour cet essai.

Si un échauffement ou une fusion devient apparent(e), le matériel de soudage par résistance doit être conforme aux exigences de b) et c) de 8.1.

Il ne doit pas y avoir de fuite de liquide au cours des essais de type requis par la présente Norme.

Pour les condensateurs d'antiparasitage ou les condensateurs ayant un fusible intégré ou un disjoncteur, cet essai n'est pas exigé.

6.3.5 Décharge automatique des condensateurs sur l'alimentation

Chaque condensateur doit être muni d'un moyen de décharge automatique qui doit réduire la tension aux bornes du condensateur à une valeur inférieure ou égale à 60 V dans le temps nécessaire pour donner accès à toute partie conductrice connectée au condensateur, ou alors un affichage d'avertissement approprié doit être utilisé. Pour toute fiche de prise de courant mise sous tension par l'intermédiaire d'un condensateur, le temps d'accès est considéré comme étant de 1 s.

Les condensateurs de capacité assignée inférieure à 0,1 μF ne sont pas considérés comme entraînant un risque de choc électrique.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et par l'essai suivant.

Le matériel de soudage par résistance doit être soumis à l'essai à sa tension assignée d'alimentation la plus élevée. Le matériel de soudage par résistance doit alors être déconnecté du réseau et les tensions sont mesurées au moyen d'instruments n'ayant pas d'influence notable sur les valeurs à mesurer.

6.3.6 Courant du conducteur de protection en condition normale

Le courant de fuite dans le conducteur de protection externe ne doit pas dépasser

- a) 5 mA eff. pour les matériels connectés par prise de valeur assignée jusqu'à et y compris 32 A;
- b) 10 mA eff. pour les matériels connectés par prise de valeur assignée de plus de 32 A;
- c) 10 mA eff. pour les matériels connectés de manière fixe, sans mesures spéciales pour le conducteur de protection;

- d) les matériels connectés de manière fixe avec un conducteur de protection renforcée peuvent avoir un courant de fuite jusqu'à 5 % du courant d'alimentation assigné par phase.

Ce qui suit doit équiper le conducteur de protection renforcée:

- une borne de connexion conçue pour la connexion d'un conducteur de protection mesurant au moins 10 mm² de Cu ou 16 mm² d'Al; ou
- une seconde borne conçue pour la connexion d'un conducteur de protection de la même section que celle du conducteur de protection normale.

La conformité doit être vérifiée dans les conditions suivantes.

Le conducteur de protection externe doit être mesuré en insérant un ampèremètre d'impédance négligeable (par exemple, 0,5 Ω) en série avec le conducteur de protection. Le mesurage du conducteur de protection est réalisé avec le matériel et le système de distribution de courant fonctionnant dans tous les modes de fonctionnement normal.

6.3.7 Courant de contact en condition normale

Le courant de contact pour les surfaces accessibles conductrices, sans connexion au circuit de protection, ne doit pas excéder 0,7 mA de crête en condition normale.

La conformité doit être vérifiée à l'aide des configurations indiquées à l'Annexe C, sans simuler de défaut et dans les conditions suivantes:

- a) le matériel de soudage par résistance est:
 - isolé du plan de masse;
 - alimenté par la tension d'alimentation assignée la plus élevée;
- b) le circuit de soudage est en condition à vide;
- c) les condensateurs d'antiparasitage ne sont pas déconnectés.

6.4 Protection contre les chocs électriques en condition de défaut (contact indirect)

6.4.1 Généralités

6.4.1.1 Mesures de sécurité générales

La protection contre le contact indirect est destinée à éviter les situations dangereuses dues à un défaut d'isolement entre les parties sous tension et les parties conductrices accessibles.

Pour chaque circuit ou partie de matériel électrique au moins une mesure doit être appliquée. Des mesures pertinentes pour le circuit de soudage sont données en 6.4.2.2 et l'applicabilité à différents types de matériels est donnée de 6.4.2.2 à 6.4.2.4.

Pour chaque circuit ou partie de matériel électrique différente du circuit de soudage, au moins une des mesures selon 6.4.1.2 à 6.4.1.3 doit être appliquée:

- mesures pour éviter la possibilité d'un courant de contact (6.4.1.2); ou
- coupure automatique de l'alimentation avant que le temps de contact avec une tension de contact ne puisse devenir dangereux (6.4.1.3).

Quand ces mesures recommandées ne sont pas réalisables, par exemple, à cause de conditions physiques ou opérationnelles, d'autres mesures de l'IEC 60364-4-41 peuvent être utilisées.

Si la ou les mesures sélectionnées nécessitent une coordination avec le type d'alimentation et le système de mise à la terre, le fabricant peut exiger de l'utilisateur des informations sur le

système de mise à la terre de l'alimentation et concevoir le matériel selon ces informations (par exemple, en utilisant le formulaire d'enquête de l'Annexe B de l'IEC 60204-1:2005).

Le fabricant doit indiquer dans le manuel d'instruction le ou les systèmes de mise à la terre de l'alimentation (par exemple, systèmes TN/TT/IT) et les caractéristiques pertinentes d'alimentation requises (par exemple, fusible, disjoncteur et/ou caractéristiques assignées du DDR).

NOTE 1 Le risque d'effets physiologiques nuisibles d'une tension de contact dépend de la valeur de la tension de contact et de la durée d'une exposition possible.

NOTE 2 Pour les classes de matériel et les dispositions de protection, voir l'IEC 61140.

6.4.1.2 Prévention de la probabilité d'une tension de contact

Les mesures pour éviter la probabilité d'une tension de contact comprennent ce qui suit:

- disposition du matériel de classe II ou par une isolation équivalente;
- séparation électrique.

La protection par disposition d'un matériel de classe II ou par une isolation équivalente est prévue pour éviter la probabilité de tensions de contact sur les parties accessibles lors d'un défaut dans l'isolation principale. Cette protection est assurée par une ou plusieurs des propositions suivantes:

- systèmes électriques ou appareil de classe II (double isolation, isolation renforcée ou par une isolation équivalente conformément à l'IEC 61140);
- ensembles d'appareillages ayant une isolation totale;
- isolation supplémentaire ou renforcée selon 413.2 de l'IEC 60364-4-41:2005.

La protection par séparation électrique est destinée à éviter une tension de contact par un contact avec des parties conductrices accessibles qui peuvent être mises sous tension par un défaut dans l'isolation principale des parties sous tension de ce circuit. Pour ce type de protection, les exigences de l'IEC 60364-4-41 s'appliquent.

6.4.1.3 Protection par coupure automatique de l'alimentation

Cette mesure consiste en une interruption d'un ou de plusieurs conducteurs de ligne par le fonctionnement automatique d'un dispositif de protection en cas de défaut. Cette interruption doit se produire dans un temps suffisamment court pour limiter la durée d'une tension de contact à un temps tel que la tension de contact ne soit pas dangereuse. Des temps d'interruption sont donnés dans l'IEC 60364-4-41.

Cette mesure exige une coordination entre

- le type d'alimentation et le système de mise à la terre;
- les valeurs d'impédance des différents éléments du système de liaison de protection;
- les caractéristiques des dispositifs de protection qui détectent le(s) défaut(s) d'isolement;
- les caractéristiques du courant de défaut (par exemple, forme d'onde, fréquences).

La coupure automatique de l'alimentation de n'importe quel circuit affecté par un défaut d'isolement est prévue pour éviter une situation dangereuse résultant d'une tension de contact.

Cette mesure de protection comprend les deux points suivants:

- liaison de protection des parties conductrices accessibles;
- et soit:

- a) des dispositifs de protection contre les surintensités pour la coupure automatique de l'alimentation sur la détection d'un défaut d'isolement dans les systèmes TN; soit
- b) des dispositifs de protection à courant différentiel résiduel pour provoquer la coupure automatique de l'alimentation sur détection d'un défaut d'isolement d'une partie sous tension des parties conductrices accessibles ou de la terre dans les systèmes TT; soit
- c) des dispositifs de surveillance de l'isolation ou de protection à courant différentiel résiduel pour provoquer la coupure automatique des systèmes IT. Excepté quand un dispositif de protection est fourni pour interrompre l'alimentation dans le cas d'un premier défaut à la terre, un dispositif de surveillance de l'isolation doit être fourni pour indiquer la probabilité d'un premier défaut d'une partie sous tension à des parties conductrices accessibles ou à la terre. Le dispositif de surveillance de l'isolation doit provoquer un signal sonore et/ou visuel qui doit se poursuivre aussi longtemps que le défaut persiste.

NOTE Pour les grandes machines, la disposition d'un système de localisation de défaut à la terre peut faciliter la maintenance.

Quand une coupure automatique est fournie selon a), et que la déconnexion dans un temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41 ne peut être assurée, une liaison supplémentaire doit être fournie pour éviter qu'une tension de contact présumée n'excède 50 V c.a. ou 120 V c.c. sans ondulation entre des parties conductrices accessibles simultanément.

Dans l'éventualité d'un défaut, le dispositif de protection doit agir pour isoler le matériel de la source d'alimentation dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41. Selon la disposition choisie, le dispositif de coupure peut être incorporé dans le matériel par le fabricant ou fourni au niveau de l'installation. La sélection d'un type de dispositif de coupure approprié et ses caractéristiques sont déterminées à la fois par les paramètres du matériel (caractéristiques du courant de défaut, défaut additionnel de la boucle d'impédance du matériel) et par les paramètres d'installation (par exemple, type de système de mise à la terre, défaut de boucle d'impédance, résistance de la connexion à la terre, etc.). Si le dispositif de coupure n'est pas incorporé dans le matériel mais fourni au niveau de l'installation, le fabricant doit spécifier à l'utilisateur les informations appropriées pour permettre une sélection correcte (par exemple, type de DDR requis, résistance de connexion à la terre maximale, information sur le défaut additionnel de la boucle d'impédance du matériel, etc.).

6.4.2 Mesures de protection pour le circuit de soudage

6.4.2.1 Généralités

Pour assurer la protection dans le cas d'un défaut entre les circuits d'alimentation et de sortie, en contact avec les pièces à souder, une des dispositions décrites de 6.4.2.2 à 6.4.2.101 doit être adoptée. La connexion du conducteur de protection au noyau ou à la carcasse du transformateur est exigée quand ces parties sont accessibles à l'opérateur.

Les dispositions décrites de 6.4.2.4 à 6.4.2.10 sont basées sur une coupure automatique de l'alimentation (voir 6.4.1.3).

Si le circuit de soudage est directement connecté à la terre (c'est-à-dire que 6.4.2.4 est appliqué), l'exécution du procédé de soudage sur des pièces à souder non isolées peut générer une circulation de courant dans le conducteur de protection. L'amplitude de ce courant dépend de nombreux facteurs, par exemple, comprenant le type de courant de soudage (c'est-à-dire courant alternatif ou courant continu), la valeur de la tension de sortie, l'impédance ou la résistance des chemins des conducteurs de protection de l'installation dans lesquels le courant circule. Comme ces courants vagabonds peuvent compromettre l'intégrité du conducteur de protection, le fabricant doit informer l'utilisateur du matériel des dispositions selon lesquelles le matériel est approprié au soudage des pièces à souder non isolées sans augmentation du danger (par exemple, exigences d'installation et de vérification).

Pour le soudage indirect multipoints avec des dispositions de protection selon 6.4.2.3 à 6.4.2.9, la pièce à souder et les électrodes envers doivent être isolées du conducteur de

protection si des courants de terre excessifs susceptibles de compromettre l'intégrité du conducteur de protection ne peuvent être évités.

6.4.2.2 Isolation double ou renforcée du circuit de soudage

Le circuit de soudage doit être électriquement isolé du circuit d'alimentation, et de tous les autres circuits ayant une tension supérieure à la tension autorisée à vide selon 6.3.2 (par exemple, circuits d'alimentation auxiliaires), par une isolation double ou renforcée selon 6.3.

Entre le circuit de soudage et le circuit d'alimentation (y compris les enroulements du transformateur), il doit y avoir un matériau isolant conforme aux valeurs données dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Distance minimale à travers l'isolation

Tension d'alimentation assignée V eff.	Distance minimale à travers l'isolation mm	
	Une seule couche	Total de trois couches séparées ou plus
Jusqu'à 440	1,3	0,35
441 à 690	1,5	0,4
691 à 1 000	2,0	0,5

NOTE Les exigences du Tableau 5 ne sont pas applicables au matériel avec un circuit de soudage connecté au conducteur de protection ou quand d'autres dispositions de 6.4.2.3 à 6.4.2.9 sont prises.

Si les parties métalliques du transformateur sont isolées de la terre,

- le circuit de soudage doit être isolé électriquement des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée selon 6.3 déterminée par la tension d'alimentation de travail; ou
- le circuit d'alimentation doit être électriquement isolé des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée selon 6.3.

Si un autre circuit est connecté au circuit de soudage, l'énergie de l'autre circuit doit être fournie par un transformateur d'isolement de sécurité ou des moyens équivalents.

Si le circuit de soudage n'est pas connecté au conducteur de protection, le courant de contact entre les sorties de soudage et la borne du conducteur de protection ne doit pas excéder 14 mA de crête.

La conformité doit être vérifiée par mesurage selon 6.2.6.

6.4.2.3 Écran métallique entre les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage

Les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage doivent être isolés par une isolation principale constituée d'un écran métallique entre eux auquel est connecté le conducteur de protection. Un exemple de la structure est représenté à la Figure 3.

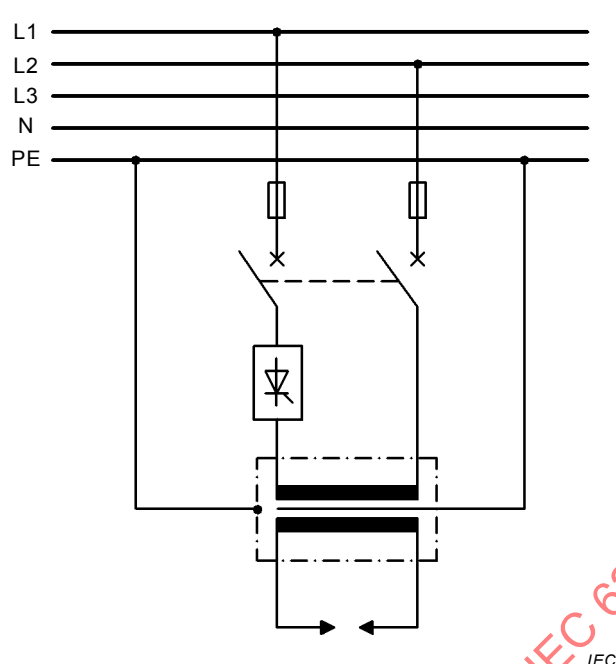


Figure 3 – Exemple d'écran métallique entre les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage

L'épaisseur de l'isolation entre chaque enroulement et l'écran doit être au moins la moitié des valeurs données dans le Tableau 5.

Si les parties métalliques du transformateur sont isolées de la terre,

- le circuit de soudage doit être isolé électriquement des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée selon 6.3 déterminée par la tension d'alimentation de travail; ou
- le circuit d'alimentation doit être électriquement isolé des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée selon 6.3.

Si un autre circuit est connecté au circuit de soudage, l'énergie de l'autre circuit doit être fournie par un transformateur d'isolement de sécurité ou des moyens équivalents.

Si le circuit de soudage n'est pas connecté au conducteur de protection, le courant de contact entre les sorties de soudage et la borne du conducteur de protection ne doit pas excéder 10 mA à valeur efficace à courant alternatif.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et mesurage selon 6.4.2.2.

6.4.2.4 Conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage

Si les pièces à souder ne sont pas isolées du conducteur de protection, il convient d'examiner l'intégrité du conducteur de protection du système d'alimentation principal.

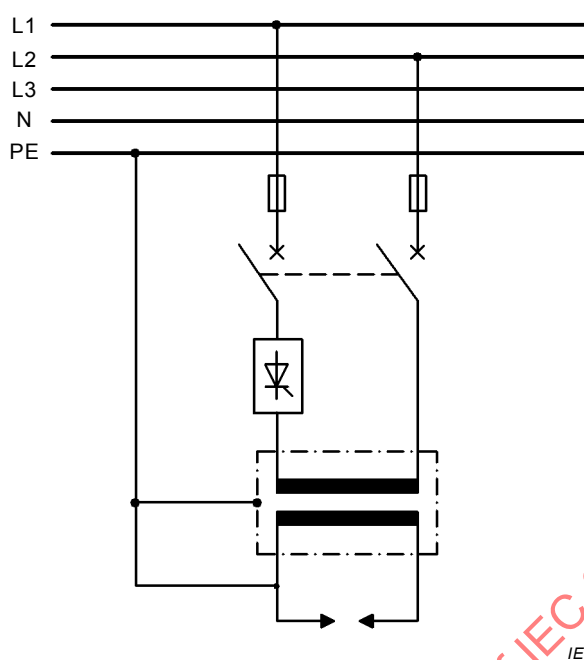


Figure 4 – Exemple de conducteur de protection connecté directement au circuit de soudage (matériel de soudage monopoint, courant alternatif)

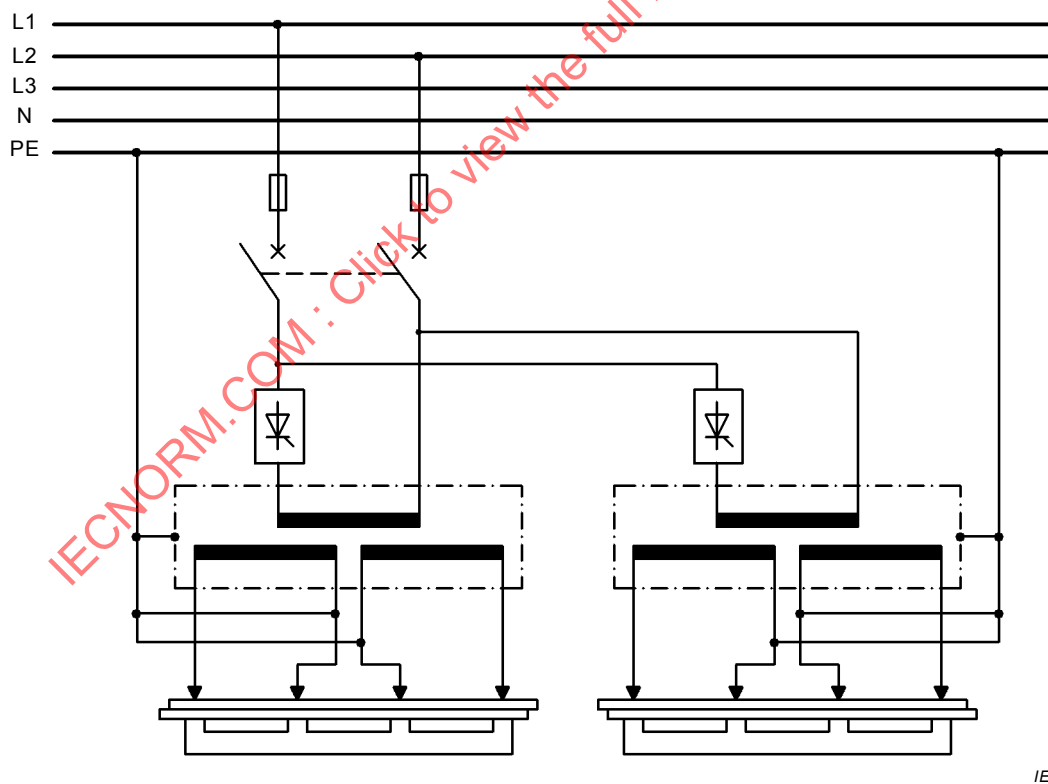
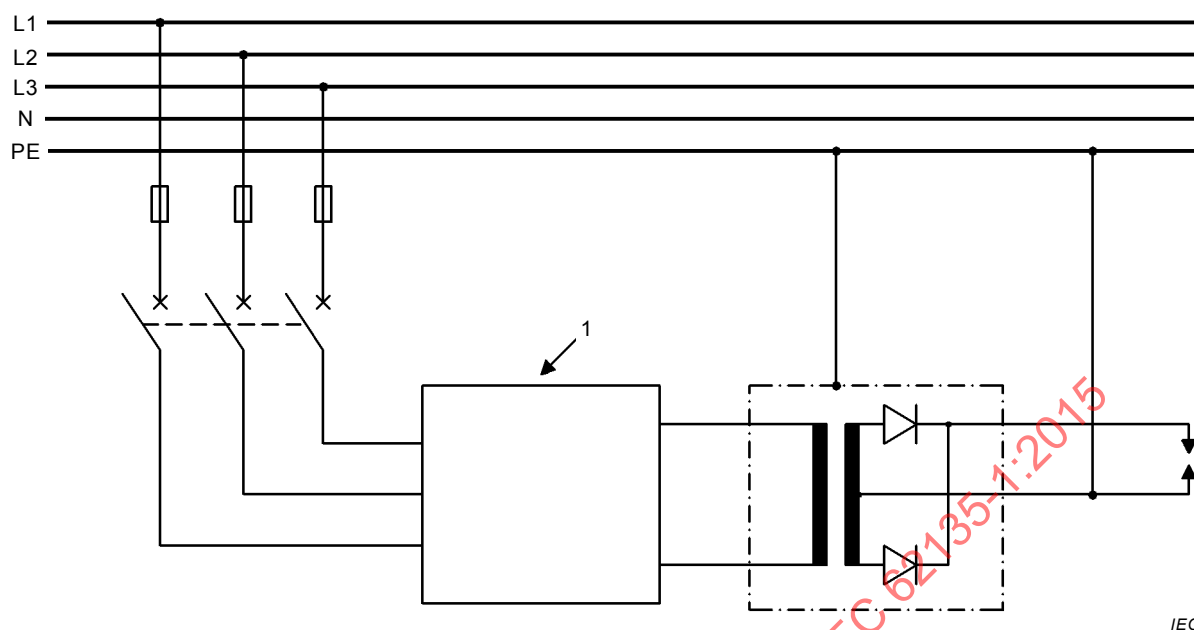


Figure 5 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de soudage multipoints, courant alternatif)



Légende

1 Onduleur

Figure 6 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de moyenne fréquence)

Chaque circuit de sortie, y compris l'enroulement, doit être connecté directement au conducteur de protection tel qu'indiqué sur les Figures 4, 5 et 6 à moins que cela ne cause une circulation excessive de courants dans le conducteur de protection.

Si une circulation excessive de courants apparaît, une des mesures selon 6.4.2.5 à 6.4.2.8 peut être utilisée.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.

6.4.2.5 Conducteur de protection connecté à travers une impédance

Chaque circuit de sortie, y compris l'enroulement, doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection par une impédance, selon la Figure 7, pour limiter la circulation de courants.

L'impédance doit être conçue de telle manière que, dans le cas d'un défaut, le dispositif de protection du circuit d'alimentation, fourni lors de l'installation, agisse dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41.

NOTE L'impédance pendant qu'elle réduit le courant de soudage circulant dans le conducteur de protection en condition normale, réduit aussi le courant de défaut. Alors que cette impédance peut être négligeable dans les systèmes de mise à la terre TT, dans les systèmes de mise à la terre TN l'impédance additionnelle peut empêcher un fonctionnement correct des dispositifs déconnexion en surcharge de courant (c'est-à-dire que les temps spécifiés dans l'IEC 60364-4-41 peuvent ne pas être remplis).

Le dispositif d'impédance de protection doit résister aux contraintes thermiques et électriques se produisant pendant le défaut avant que le dispositif de protection ne fonctionne.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et conformément à l'IEC 60364-6.

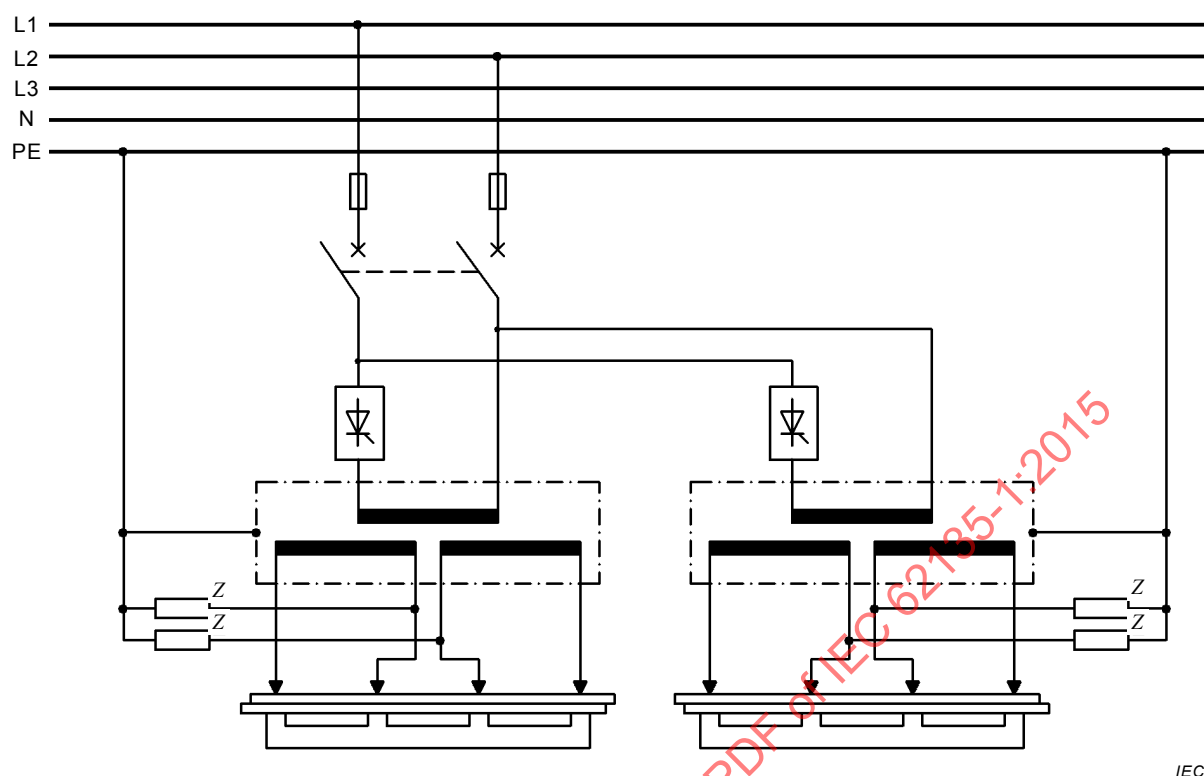


Figure 7 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des impédances

6.4.2.6 Conducteur de protection connecté à travers des auto-inductances

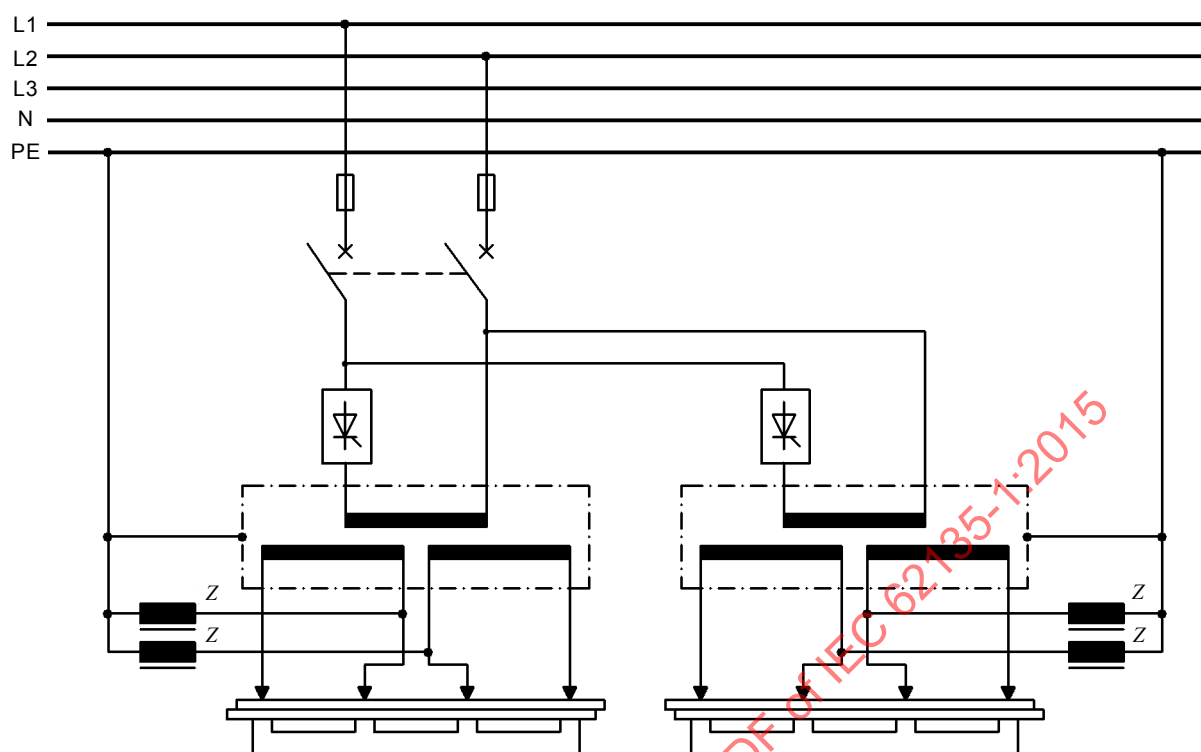
Chaque circuit de sortie, y compris l'enroulement, doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection par une auto-inductance saturable, selon la Figure 8 ou la Figure 9, pour limiter la circulation de courants.

L'impédance doit être conçue de telle manière que, dans le cas d'un défaut, le dispositif de protection du circuit d'alimentation, fourni lors de l'installation, agisse dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41.

NOTE L'impédance pendant qu'elle réduit le courant de soudage circulant dans le conducteur de protection en condition normale, réduit aussi le courant de défaut. Alors que cette impédance peut être négligeable dans les systèmes de mise à la terre TT, dans les systèmes de mise à la terre TN l'impédance additionnelle peut empêcher un fonctionnement correct des dispositifs de coupure en surcharge de courant (c'est-à-dire que les temps spécifiés dans l'IEC 60364-4-41 peuvent ne pas être remplis).

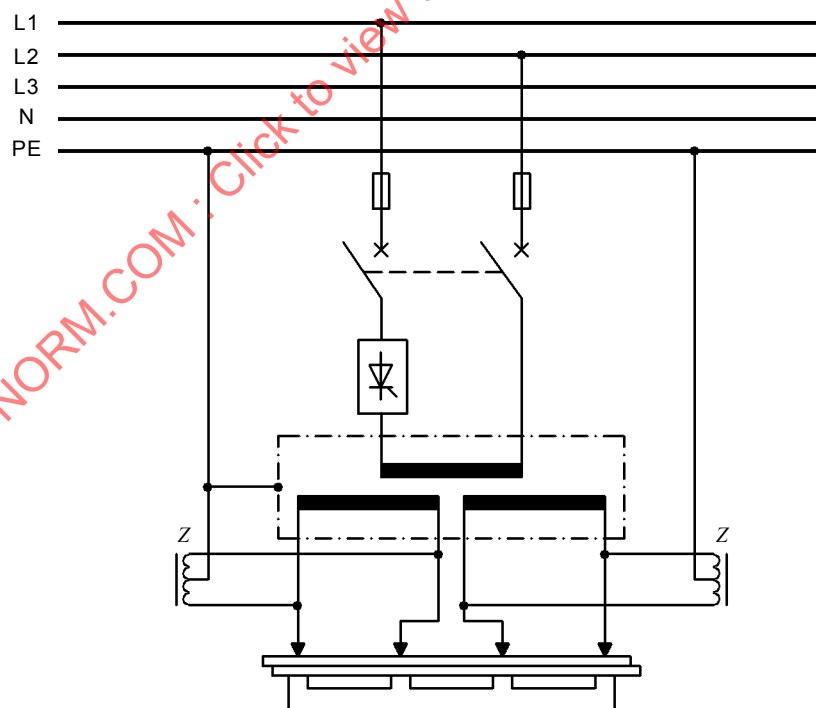
Le dispositif d'impédance de protection doit résister aux contraintes thermiques et électriques se produisant pendant le défaut avant que le dispositif de protection ne fonctionne.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et conformément à l'IEC 60364-6.



IEC

Figure 8 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances



IEC

Figure 9 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances

6.4.2.7 Dispositif à courant différentiel résiduel (DDR)

Chaque enroulement de sortie doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection directement ou au moyen d'une résistance de mise à la terre appropriée selon la Figure 10 ou la Figure 11.

Le dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) installé doit être une partie intégrante du matériel.

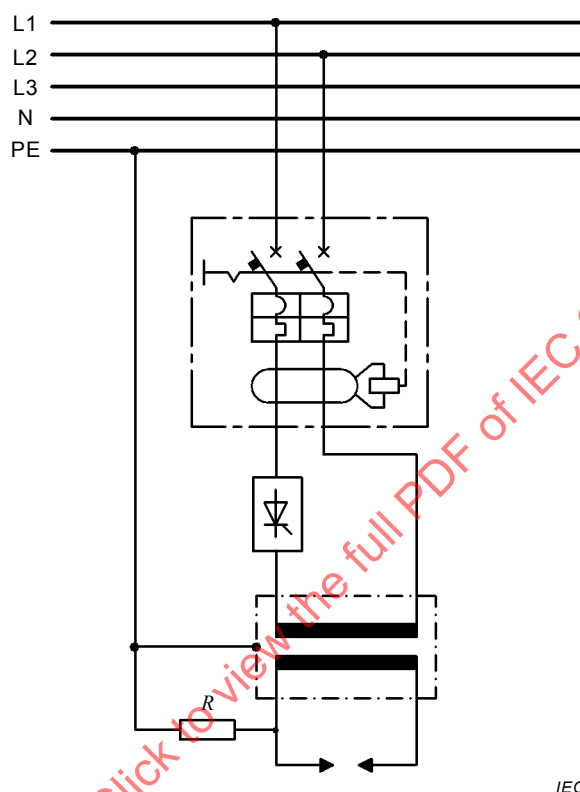
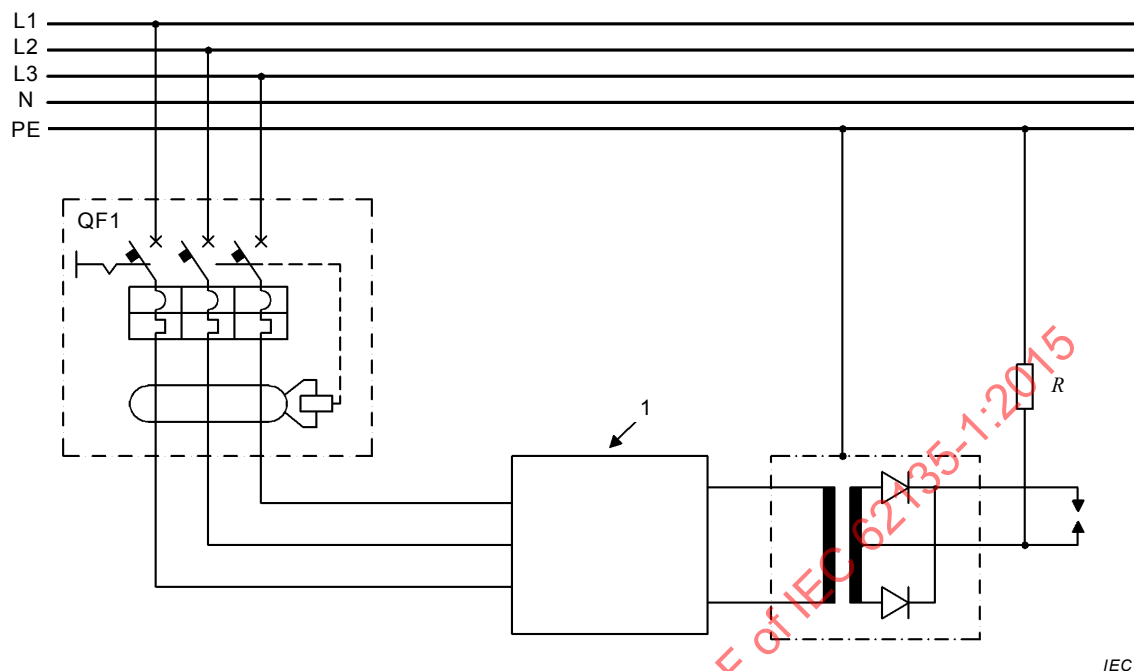


Figure 10 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel
(matériel à courant alternatif)



Légende

1 Onduleur

**Figure 11 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel
(matériel à moyenne fréquence)**

Le choix du type de DDR doit être fait selon la forme d'onde possible du courant de défaut.

La sélection de la sensibilité du DDR exige une coordination avec la connexion à la terre de l'installation; ceci peut être réalisé par

- un mesurage préalable sur le lieu d'installation; ou
- une exigence dans le manuel d'instruction d'une valeur maximale autorisée de la résistance de la connexion à la terre; ou
- en utilisant un DDR de haute sensibilité avec une valeur maximale $I_{\Delta n}$ de 30 mA.

La résistance de mise à la terre doit être choisie pour permettre le fonctionnement du DDR pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41. La résistance de mise à la terre doit résister aux contraintes thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le DDR ne fonctionne.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.

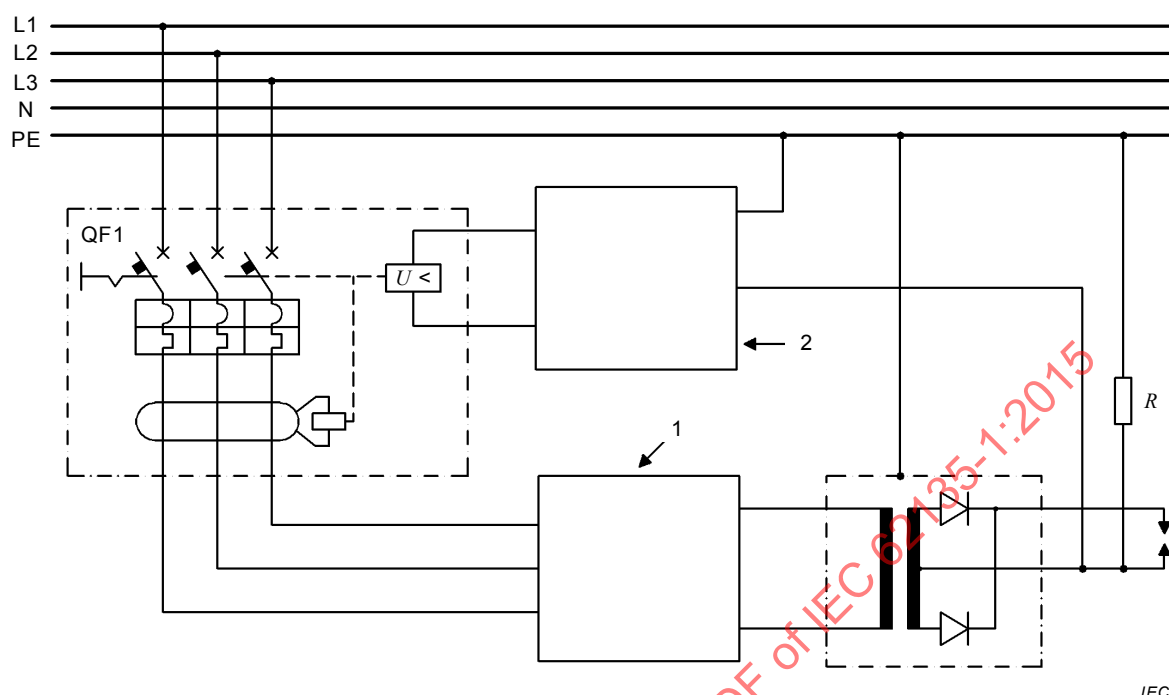
6.4.2.8 Dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension

La sécurité est assurée à la fois par le dispositif à courant différentiel résiduel et un relais de tension (voir Figure 12). Le système est approprié pour les systèmes redressés secondaires.

Le DDR installé et le relais de tension doivent être une partie intégrante du matériel.

NOTE Si des redresseurs sont utilisés sur le circuit d'alimentation, une composante de courant continu peut apparaître en cas de défaut. Cela peut être pris en considération lors du choix d'un disjoncteur de fuite à la terre.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.



Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension

Figure 12 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension

Le choix du type de DDR doit être fait selon la forme d'onde possible du courant de défaut.

La sélection de la sensibilité du DDR exige une coordination avec la connexion à la terre de l'installation; ceci peut être réalisé par

- un mesurage préalable sur le lieu d'installation; ou
- une exigence dans le manuel d'instruction d'une valeur maximale autorisée de la résistance de la connexion à la terre; ou
- en utilisant un DDR de haute sensibilité avec une valeur maximale $I_{\Delta n}$ de 30 mA.

La résistance de mise à la terre doit être choisie pour permettre le fonctionnement du DDR pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41. La résistance de mise à la terre doit résister aux contraintes thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le DDR ne fonctionne.

6.4.2.9 Dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension de sécurité

La sécurité est assurée à la fois par un DDR et un relais de tension de sécurité (voir Figure 13).

Chaque enroulement de sortie doit être connecté de manière permanente au relais de tension de sécurité selon la Figure 13. Un disjoncteur à commande positive doit être utilisé.

Pour permettre au relais de tension d'être à sécurité, il doit être équipé d'un circuit de commande assurant la continuité de la connexion à l'enroulement secondaire du transformateur et détectant un possible défaut à la terre des fils de détection.

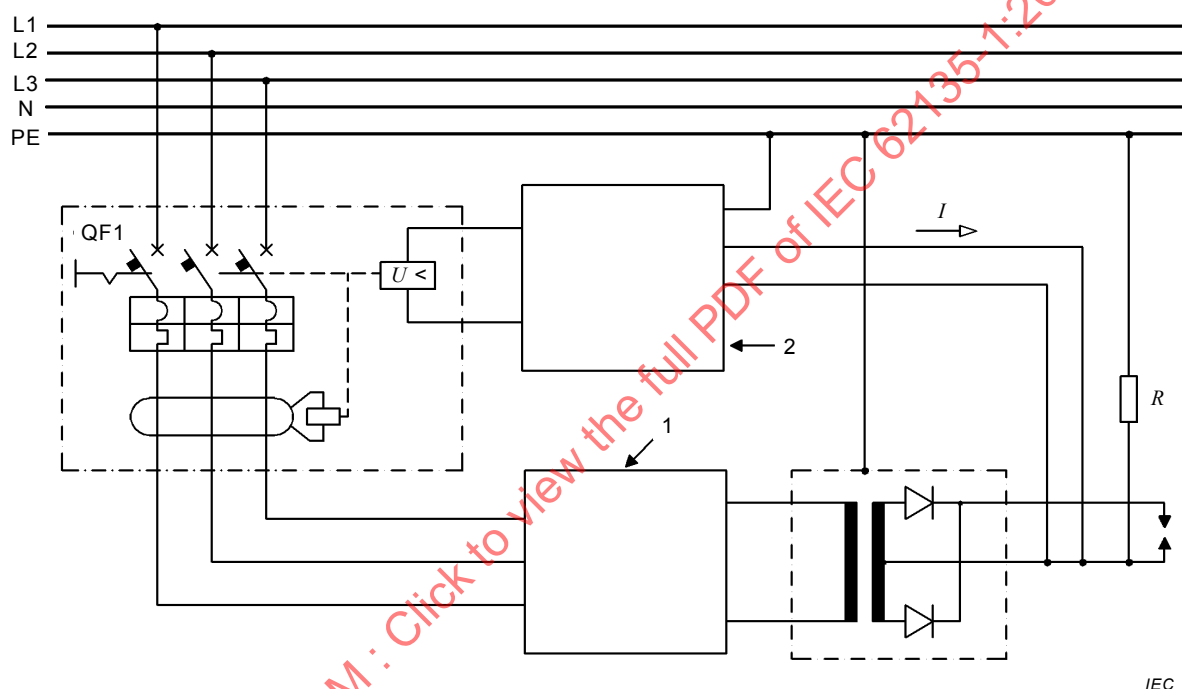
NOTE 1 Ce type de circuit de commande peut être par exemple un dispositif d'injection de courant dans un circuit de détection composé de deux fils de détection séparés, vérifiant en continu la continuité du circuit de détection. Pour garantir le bon fonctionnement, il faut que les fils de détection soient connectés à la même sortie du transformateur.

La connexion à la sortie redressée n'est pas autorisée car une défaillance de l'isolation du transformateur peut endommager le redresseur et empêcher le fonctionnement correct.

Le DDR installé et le relais de tension de sécurité doivent être une partie intégrante du matériel.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.

NOTE 2 Si des redresseurs sont utilisés sur le circuit d'alimentation, une composante de courant continu peut apparaître en cas de défaut. Cela est pris en considération lors du choix d'un dispositif à courant résiduel.



Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension de sécurité

Figure 13 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension de sécurité

Le choix du type de DDR doit être fait selon la forme d'onde possible du courant de défaut.

La sélection de la sensibilité du DDR exige une coordination avec la connexion à la terre de l'installation; ceci peut être réalisé par

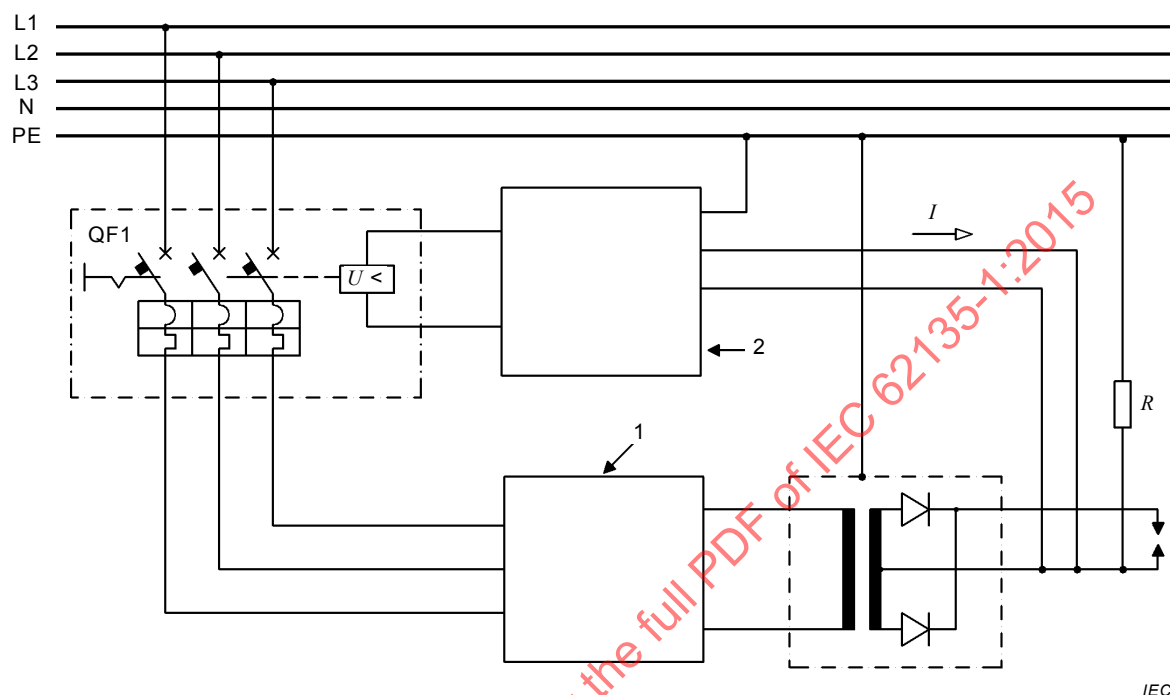
- un mesurage préalable sur le lieu d'installation; ou
- une exigence dans le manuel d'instruction d'une valeur maximale autorisée de la résistance de la connexion à la terre; ou
- en utilisant un DDR de haute sensibilité avec une valeur maximale $I_{\Delta n}$ de 30 mA.

La résistance de mise à la terre doit être choisie pour permettre le fonctionnement du DDR pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans l'IEC 60364-4-41. La résistance de mise à la terre doit résister aux contraintes thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le DDR ne fonctionne.

6.4.2.10 Relais de tension de sécurité

La sécurité est assurée par un relais de tension de sécurité (voir Figure 14).

Chaque enroulement de sortie doit être connecté de manière permanente au relais de tension de sécurité selon la Figure 14. Un disjoncteur à commande positive doit être utilisé.



Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension de sécurité

Figure 14 – Exemple de relais de tension de sécurité

Pour permettre au relais de tension d'être en sécurité, il doit être équipé d'un circuit de commande assurant la continuité de la connexion à l'enroulement secondaire du transformateur, et assurant la détection d'un possible défaut à la terre des fils de détection.

NOTE Ce type de circuit de commande peut être par exemple un dispositif d'injection de courant dans un circuit de détection composé de deux fils de détection séparés, vérifiant en continu la continuité du circuit de détection. Pour garantir le bon fonctionnement, il faut que les fils de détection soient connectés à la même sortie du transformateur.

La connexion à la sortie redressée n'est pas autorisée car une défaillance de l'isolation du transformateur peut endommager le redresseur et empêcher le fonctionnement correct.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.

6.4.2.11 Mesures de protection réduisant l'accès au circuit de soudage

L'accès au circuit de soudage et autres parties conductrices qui peuvent être en contact avec le circuit de soudage est évité par des dispositifs de protection pour

- a) éviter l'accès au(x) circuit(s) de soudage quand un défaut du ou des transformateurs de soudage peut être dangereux (par exemple, non isolé de l'alimentation); et
- b) permettre l'alimentation du transformateur de soudage seulement si les mesures de protection sont devenues effectives.

L'isolation de l'alimentation du transformateur de soudage doit être réalisée sur toutes les phases par un contacteur contrôlé ou des dispositifs ayant le même niveau de sécurité.

Le circuit de commande doit être à sécurité intrinsèque, donnant lieu à la déconnexion du transformateur et évitant une reconnexion.

NOTE 1 Les dispositifs de protection sont par exemple des protecteurs fixes, des protecteurs mobiles verrouillés, des dispositifs photoélectriques, etc.

NOTE 2 Cette disposition de protection est généralement employée sur les gros matériels, par exemple des installations robotisées.

La conception doit veiller à éviter un contact possible avec le circuit de soudage à travers les pièces à souder ou des parties de matériel qui n'assurent pas une isolation appropriée au circuit de soudage, par exemple, en fournissant des liaisons équipotentielles de ces parties.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.

6.4.3 Conducteurs internes et connexions

Les conducteurs internes et les connexions doivent être fixés ou positionnés pour éviter des relâchements accidentels, susceptibles de causer un contact électrique entre

- a) le circuit d'alimentation ou n'importe quel autre circuit et le circuit de soudage de sorte que la tension de sortie puisse devenir plus élevée que la tension à vide admissible;
- b) le circuit de soudage et le conducteur de protection, l'enveloppe, le châssis ou le noyau (seulement avec les dispositions de 6.4.2.2 et 6.4.2.3).

Lorsque les conducteurs isolés traversent des parties métalliques, des manchons en matériau isolant doivent être prévus et les arêtes des ouvertures doivent être usinées avec un rayon d'au moins 1,5 mm.

Les conducteurs nus doivent être fixés de telle sorte que les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite entre eux et par rapport aux parties conductrices soient maintenues (voir 6.2.2 et 6.2.3).

Les conducteurs de différents circuits peuvent être positionnés côte à côte, peuvent occuper le même conduit (par exemple, la même canalisation, le même système de câblage), ou peuvent être dans les mêmes câbles multiconducteurs pourvu que la disposition n'altère pas le bon fonctionnement des circuits respectifs. Quand de tels circuits fonctionnent à des tensions différentes, les conducteurs doivent être séparés par des barrières appropriées ou doivent être isolés en fonction de la tension la plus élevée à laquelle chacun des conducteurs dans le même conduit peut être soumis.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel et par mesurage.

6.4.4 Courant de contact en condition de défaut

Pour les matériels de classe 1, excepté pour les matériels avec une connexion permanente par un conducteur de protection renforcé conformément à l'IEC 61140, le courant de contact pondéré en cas de défaillance ou de déconnexion du conducteur de protection extérieur ne doit pas excéder:

- 7 mA de crête, en cas d'essai sur des parties conductrices préhensibles,
- 14,1 mA de crête, en cas d'essai sur des parties conductrices non préhensibles.

La conformité doit être vérifiée en utilisant les configurations indiquées à l'Annexe C dans les conditions suivantes:

- 1) le matériel de soudage par résistance est:

- isolé du plan de masse;
 - alimenté par la tension d'alimentation assignée la plus élevée;
 - non connecté à la terre de protection sauf à travers des composants de mesure;
- 2) le circuit de soudage est en condition à vide;
- 3) les condensateurs d'antiparasitage ne doivent pas être déconnectés.

6.4.5 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à la fréquence du réseau

Pour les connexions de redresseurs à prise centrale et en double étoile ou de redresseurs à pont fonctionnant à la fréquence de ligne de 50 Hz ou 60 Hz, les dispositions spécifiées de 6.4.2.2 à 6.4.2.11 sont applicables.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.4 à 6.4.2.6 sont utilisées, la ou les connexions à la terre sur la ou les bornes de sortie doivent être connectées à l'enroulement secondaire du transformateur.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.7 à 6.4.2.9 sont utilisées, la connexion de la résistance sur la borne de sortie doit être connectée à l'enroulement secondaire du transformateur.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.8 à 6.4.2.10 sont utilisées, la ou les connexions du relais de tension sur la borne de sortie doivent être directement connectées à l'enroulement secondaire du transformateur.

La connexion à la borne de sortie de la (des) diode(s) de redressement n'est pas autorisée car une défaillance de l'isolation du transformateur peut causer une défaillance des diodes de redressement.

6.4.6 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à moyenne fréquence

Les dispositions décrites en 6.4.2.2 et 6.4.2.3 sont applicables sans autres exigences.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.4 à 6.4.2.6 sont utilisées, la ou les connexions à la terre sur la ou les bornes de sortie doivent être connectées à l'enroulement secondaire du transformateur. De plus, la conception doit tenir compte des conditions spéciales décrites en 6.4.2.1 et dans l'Annexe F.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.7 à 6.4.2.9 sont utilisées, la connexion de la résistance sur la borne de sortie doit être connectée à l'enroulement secondaire du transformateur. De plus, la conception doit tenir compte des conditions spéciales décrites en 6.4.2.1 et dans l'Annexe F.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.8 à 6.4.2.10 sont utilisées, la ou les connexions du relais de tension sur la borne de sortie doivent être directement connectées à l'enroulement secondaire du transformateur. De plus, le relais de tension doit être adapté à la forme d'onde de sortie de l'onduleur.

La connexion à la borne de sortie de la (des) diode(s) de redressement n'est pas autorisée car une défaillance de l'isolation du transformateur peut causer une défaillance des diodes de redressement.

6.4.7 Continuité du circuit de liaison de protection

La continuité du circuit de liaison de protection doit être vérifiée en injectant un courant d'au moins 10 A à 50 Hz ou 60 Hz dérivé de la source TBTS. Les essais doivent être réalisés entre la borne du conducteur de protection (PE) et les points significatifs qui font partie du circuit de liaison de protection. La durée de l'essai est de 1 s. Les tensions mesurées entre la borne PE et les points d'essai ne doivent pas excéder les valeurs données dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Continuité du circuit de liaison de protection

Section minimale effective du conducteur de protection de la branche en essai mm ²	Chute de tension maximale mesurée (valeurs données pour un courant d'essai de 10 A) V
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
> 6,0	1,0

6.5 Exigences additionnelles de l'utilisateur

Dans des cas spéciaux, une protection contre les défauts des dispositifs de coupure dans le circuit d'alimentation peut être installée. Un accord spécial entre le fabricant et l'utilisateur doit être conclu dans ces cas.

6.6 Tension d'alimentation

La tension d'alimentation assignée maximale ne doit pas excéder

- a) 300 V eff. entre phase et terre pour les matériels de soudage par résistance tenus à la main avec transformateurs intégrés;
- b) 1 000 V eff. entre phases pour les autres matériels de soudage par résistance;

à moins que des dispositions additionnelles de sécurité ne soient incorporées dans le matériel pour garantir le même niveau de protection que celui décrit dans la présente Norme, par exemple, temps de réaction approprié et sensibilité du DDR.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel.

6.7 Conducteurs du circuit de soudage

Les conducteurs du circuit de soudage peuvent être

- a) soit rigides, généralement des conducteurs nus connectés à des pièces mobiles (électrodes, plateaux) par un conducteur flexible approprié (conducteurs tressés, conducteurs laminés); soit
- b) des conducteurs flexibles qui sont spécifiquement conçus pour cet usage et peuvent être refroidis par un liquide de refroidissement (par exemple, en conformité avec l'ISO 5828, l'ISO 8205-1 ou l'ISO 8205-2).

7 Exigences thermiques

7.1 Essai d'échauffement

7.1.1 Conditions d'essai

Pour placer des appareils de mesure, les seuls accès autorisés doivent être des ouvertures avec des plaques à couvercles, des portes d'inspection ou des panneaux aisément démontables fournis par le fabricant. La ventilation dans la zone d'essai et les appareils de mesure utilisés ne doivent pas interférer avec la ventilation normale du matériel de soudage par résistance ou causer un transfert anormal de chaleur vers ou en provenance du matériel.

Le matériel de soudage doit être court-circuité en conformité avec l'ISO 669.

Le matériel de soudage fonctionne au courant permanent de sortie, I_{2p} , dans l'une des conditions de fonctionnement possibles suivantes:

- a) avec courant de sortie pulsé, utilisant un courant d'impulsion correspondant au courant de court-circuit maximal en sortie (I_{2cc}) au facteur de marche X calculé pour correspondre au courant permanent de sortie (I_{2p}), par la formule:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_{2cc})^2}$$

ou

- b) avec le courant permanent de sortie (I_{2p}) à 100 % du facteur de marche.

NOTE 1 Le matériel typique de soudage par résistance est mis en fonctionnement à un facteur de marche réduit avec un courant de sortie élevé. Certains matériels de soudage (c'est-à-dire les matériels de soudage à la molette) sont conçus pour fonctionner au courant permanent de sortie, et sont donc soumis à l'essai dans ces conditions.

Pour les matériels refroidis par liquide, le débit doit être spécifié sur la plaque signalétique.

Dans le cas de matériel à courant continu fonctionnant à moyenne fréquence (matériel avec onduleur), l'essai doit être réalisé dans les conditions de fonctionnement suivantes.

- 1) une résistance de charge avec une valeur de résistance de $100 \mu\Omega$ doit être installée entre les électrodes. Les dimensions de la résistance de charge et la force appliquée doivent être les mêmes que celles spécifiées dans l'ISO 689;
- 2) l'ajustement du courant de soudage du matériel est réglé à la valeur maximale;
- 3) avec un temps de soudage selon les conditions réelles de fonctionnement;
- 4) au facteur de marche X correspondant au courant permanent de sortie (I_{2p}) en considérant le courant de sortie du matériel pendant l'essai I_2 , mesuré en utilisant un temps d'intégration égal à la durée d'impulsion, calculé par la formule:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

NOTE 2 Sur certains types de matériels (c'est-à-dire les matériels de soudage à la molette), le facteur de marche résultant peut aussi être de 100 %.

NOTE 3 Dans la mesure où le réglage de la durée d'impulsion n'influence pas les résultats des essais, il peut être choisi librement pour satisfaire aux exigences relatives au matériel et à l'instrumentation d'essai.

Il est recommandé de choisir une durée d'impulsion représentative de la condition de fonctionnement typique du matériel.

Dans le cas de matériel à courant continu triphasé fonctionnant à la fréquence de ligne (50 Hz/60 Hz), l'essai doit être réalisé dans les conditions de fonctionnement suivantes:

- le courant de sortie est réglé à la valeur minimale ajustable, pour obtenir la condition d'échauffement maximal des transformateurs et du redresseur; si le courant de sortie résultant I_2 est inférieur au courant permanent de sortie I_{2p} , le réglage du courant est augmenté pour atteindre le courant permanent I_{2p} ;
- au facteur de marche X correspondant au courant permanent de sortie (I_{2p}) en considérant le courant de sortie du matériel pendant l'essai I_2 , mesuré en utilisant un temps d'intégration égal à la durée d'impulsion, calculé par la formule:

$$X = \frac{(I_{2p})^2}{(I_2)^2}$$

NOTE 4 Sur certains types de matériels (c'est-à-dire les matériels de soudage à la molette), le facteur de marche résultant peut aussi être de 100 %.

NOTE 5 Dans la mesure où le réglage de la durée d'impulsion n'influence pas les résultats des essais, il peut être choisi librement pour satisfaire aux exigences relatives au matériel et à l'instrumentation d'essai.

Il est recommandé de choisir une durée d'impulsion représentative de la condition de fonctionnement typique du matériel.

NOTE 6 Le réglage d'essai est valable pour les matériels avec des transformateurs à enroulements primaires connectés en triangle et à enroulements primaires couplés en étoile.

Si le transformateur a été soumis à essai conformément à l'ISO 5826, et si les caractéristiques assignées thermiques du matériel (courant permanent de sortie du matériel, I_{2p}) sont inférieures ou égales aux caractéristiques assignées thermiques du transformateur, l'essai thermique du matériel peut être réalisé sans mesurer l'échauffement du transformateur.

7.1.2 Tolérances des paramètres d'essai

Pendant les 60 dernières min de l'essai d'échauffement selon 7.1.3, les tolérances suivantes doivent être remplies.

- a) Courant de sortie: $\pm 2 \%$ du courant de sortie approprié.
- b) Débit du liquide de refroidissement (le cas échéant): $\pm 5 \%$ de la valeur assignée.
- c) Tension d'alimentation: $\pm 5 \%$ de la valeur appropriée de la tension d'alimentation assignée.

7.1.3 Début de l'essai d'échauffement

Dans le cas de capteurs de température incorporés ou en surface, l'essai peut commencer sans que le matériel de soudage ait atteint une température équilibrée avec l'air ambiant ou le liquide de refroidissement.

Dans le cas de mesure de la résistance, l'essai ne doit commencer que quand la différence de température entre l'entrée et la sortie du liquide de refroidissement est inférieure à 1 K (dans le cas d'un matériel de soudage refroidi par un liquide).

La température du liquide de refroidissement, t_1 , est retenue comme température initiale de l'enroulement dont la résistance est mesurée.

7.1.4 Durée de l'essai

L'essai d'échauffement doit être réalisé jusqu'à ce que le taux d'échauffement n'excède pas 2 K/h sur n'importe quel composant pendant une période d'au moins 60 min.

7.2 Mesurage de la température

7.2.1 Conditions de mesurage

La température doit être déterminée à la fin du temps de charge du dernier cycle comme suit:

- a) pour les enroulements, par capteurs de température en surface ou incorporés ou par mesurage de la résistance (seulement pour les enroulements d'alimentation);
- b) pour les autres parties, par capteurs de température en surface.

7.2.2 Capteurs de température en surface

La température est mesurée par un capteur de température appliqué sur les surfaces accessibles des enroulements ou des autres parties en conformité avec les conditions stipulées ci-dessous.

NOTE 1 Des capteurs de température typiques sont les thermocouples, les thermomètres à résistance, etc.

Les thermomètres à bulbe ne doivent pas être utilisés pour mesurer les températures des enroulements et des surfaces.

Les capteurs de température sont placés aux points accessibles où les températures maximales sont susceptibles de se produire. Il est conseillé de situer la prévision des points chauds au moyen d'un contrôle préliminaire.

NOTE 2 La dimension et la répartition des points chauds dans les enroulements dépendent de la conception du matériel de soudage.

On doit assurer une transmission de chaleur efficace entre le point de mesure et le capteur de température, ce dernier devant être protégé contre les effets des courants d'air et des radiations.

7.2.3 Résistance

Cette méthode s'applique seulement aux enroulements d'alimentation. L'échauffement des enroulements est déterminé par l'augmentation de leur résistance et est obtenu pour le cuivre par la formule suivante:

$$t_2 - t_a = \frac{(235 + t_1)(R_2 - R_1)}{R_1} + (t_1 - t_a)$$

où

t_1 est la température de l'enroulement au moment où R_1 est mesurée (°C);

t_2 est la température calculée de l'enroulement à la fin de l'essai (°C);

t_a est la température de l'air ambiant (ou la température du liquide de refroidissement) à la fin de l'essai (°C);

R_1 est la résistance initiale de l'enroulement (Ω);

R_2 est la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai (Ω).

Pour l'aluminium, le nombre 235 dans la formule ci-dessus est remplacé par le nombre 225.

La température t_1 doit être dans les ± 3 K de la température de l'air ambiant.

L'enregistrement des résultats des mesures doit être réalisé selon les étapes suivantes, sans retard entre elles:

- arrêt du débit de refroidissement (le cas échéant);
- arrêt du courant;
- enregistrement de la résistance R_2 .

7.2.4 Capteur de température incorporé

La température est mesurée au moyen de thermocouples ou d'autres instruments de mesure de température adaptés de taille comparable incorporés dans les parties les plus chaudes.

Lors de la mesure des températures d'enroulements ou de bobines, les thermocouples sont placés directement sur les conducteurs et séparés du circuit métallique seulement par une isolation quelconque appliquée intégralement sur les conducteurs eux-mêmes.

Un thermocouple placé au point le plus chaud d'un enroulement monocouche est considéré comme incorporé.

7.2.5 Détermination de la température de l'air ambiant (t_a)

La température de l'air ambiant est déterminée par au moins trois dispositifs de mesure. Ceux-ci sont espacés uniformément autour du matériel de soudage, à peu près à sa hauteur et à une distance de 1 m à 2 m de sa surface. Ils sont protégés contre les courants d'air et échauffements anormaux. La valeur moyenne de la lecture faite est adoptée comme température de l'air ambiant.

Dans le cas de matériel de soudage à ventilation forcée, les dispositifs de mesure sont placés à l'entrée de l'air dans le système de refroidissement. La moyenne des lectures faites à intervalles réguliers pendant le dernier quart de la durée de l'essai est adoptée comme température de l'air ambiant.

7.2.6 Détermination de la température du liquide de refroidissement (t_a)

Les thermomètres doivent être placés à l'entrée du liquide de refroidissement du matériel de soudage.

Pour l'enregistrement des résultats des mesures, la moyenne des températures obtenues pendant les 60 dernières min de l'essai doit être prise.

7.2.7 Enregistrement des températures

Dans la mesure du possible, les températures sont enregistrées alors que le matériel est en fonctionnement et après coupure. Pour les éléments pour lesquels l'enregistrement des températures n'est pas possible pendant que le matériel est en fonctionnement, les températures sont mesurées après coupure, comme décrit ci-après.

Chaque fois qu'il s'est écoulé, entre le moment de la coupure et le moment où la température finale est mesurée, un temps suffisant pour que la température ait baissé, les corrections nécessaires sont apportées, de façon à obtenir une température aussi proche que possible de celle du moment de la coupure. Cela peut être fait en traçant une courbe selon l'Annexe D. Un minimum de quatre lectures de températures est à faire dans un délai de 5 min après la coupure. Dans le cas où les mesures successives font apparaître un échauffement après coupure, la valeur la plus élevée est retenue.

7.3 Limites d'échauffement

7.3.1 Enroulements

L'échauffement des enroulements ne doit pas dépasser les valeurs données au Tableau 7, quelle que soit la méthode de mesure des températures utilisée, sauf que la mesure par résistance ou par capteur de température incorporé doit être utilisée pour les bobines et les enroulements à chaque fois que c'est possible.

Tableau 7 – Limites d'échauffement pour les enroulements

Classe d'isolation	Température maximale	Limites d'échauffement pour les enroulements refroidis par air		
		K		
		Enroulements		
°C	°C	Capteur de température de surface	Résistance	Capteur de température incorporé
105 (A)	150	55	60	65
120 (E)	165	70	75	80
130 (B)	175	75	80	90
155 (F)	190	95	105	115
180 (H)	210	115	125	140
200 (N)	230	130	145	160
220 (R)	250	150	160	180
NOTE 1 Capteur de température de surface signifie que la température est mesurée au moyen de capteurs non incorporés au point le plus chaud accessible à la surface externe des enroulements.				
NOTE 2 Normalement, la température à la surface est la plus faible. La température mesurée par résistance donne la valeur moyenne de toutes les températures apparaissant dans un enroulement. La température la plus élevée apparaissant dans les enroulements (point chaud) peut être mesurée au moyen de capteurs de température incorporés.				
NOTE 3 D'autres classes d'isolation ayant des valeurs plus élevées que celles indiquées dans le présent tableau existent (voir IEC 60085).				
NOTE 4 Dans le cas d'enroulements refroidis par un liquide, la limite d'échauffement est augmentée de 10 K.				

Aucune partie ne doit atteindre une température qui provoque un dommage sur une autre partie, même si cette partie peut être conforme aux exigences du Tableau 7.

De plus, pour les essais avec un facteur de marche autre que 100 %, la température atteinte pendant tout cycle complet ne doit pas dépasser les températures maximales données au Tableau 7.

La conformité doit être vérifiée par mesurage, selon 7.2.

7.3.2 Surfaces externes

Une limite d'échauffement des surfaces externes est requise pour éviter les risques de brûlure suite à un contact entre des surfaces chaudes et la peau non protégée. Comme les conditions de contact entre la peau et le matériel sont différentes selon les différents types de matériels (ou parties de matériel), les valeurs limites indiquées sont différentes selon les différents types de matériels.

NOTE 1 Les matériels tenus à la main sont conçus pour être tenus en fonctionnement (c'est-à-dire les matériels de soudage portables), les matériels guidés à la main sont conçus pour être déplacés manuellement par l'opérateur, mais sont tenus par des systèmes appropriés (c'est-à-dire des pistolets tenus), les matériels fixes ne sont pas tenus par l'opérateur en fonctionnement (c'est-à-dire matériel fixe normal).

L'échauffement des surfaces externes susceptibles d'être touchées lorsque le matériel fonctionne ne doit pas excéder les valeurs indiquées dans les Tableaux 8, 9 et 10.

NOTE 2 Les surfaces des matériels automatiques (par exemple, les matériels robotisés) peuvent être inaccessibles lorsque le matériel fonctionne, mais accessibles en service. Dans ce cas, on effectue généralement une appréciation du risque supplémentaire.

Tableau 8 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel tenu à la main

Surface externe	Échauffement maximal K	Seuil de brûlure pendant la période de contact ^a s
Enveloppes métalliques non couvertes	18	4
Enveloppes métalliques peintes	22	4
Enveloppes en plastique	36	4
Boutons métalliques non couverts	20	4
Boutons métalliques peints	24	4
Boutons en plastique	40	4
Poignées métalliques	11	60
Poignées en plastiques	20	60
^a Valeurs informatives conformément à l'ISO 13732-1.		

Tableau 9 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel guidé à la main

Surface externe	Échauffement maximal K	Seuil de brûlure pendant la période de contact ^a s
Enveloppes métalliques non couvertes	29	1
Enveloppes métalliques peintes	39	1
Enveloppes en plastique	53	1
Boutons métalliques non couverts	20	4
Boutons métalliques peints	24	4
Boutons en plastique	40	4
Poignées métalliques	11	60
Poignées en plastique	20	60
^a Valeurs informatives conformément à l'ISO 13732-1.		

Tableau 10 – Limites d'échauffement des surfaces externes du matériel fixe

Surface externe	Échauffement maximal K	Seuil de brûlure pendant la période de contact ^a s
Enveloppes métalliques non couvertes	33	0,5
Enveloppes métalliques peintes	45	0,5
Enveloppes en plastique	59	0,5
Boutons métalliques non couverts	20	4
Boutons métalliques peints	24	4
Boutons en plastique	40	4
^a Valeurs informatives conformément à l'ISO 13732-1.		

Comme certains types de matériels sont constitués d'une partie fixe (c'est-à-dire une source d'alimentation) et d'une partie tenue à la main ou guidée à la main (c'est-à-dire un pistolet de soudage), chaque partie doit être soumise à l'essai selon le tableau applicable.