

# 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**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# 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

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XB**

## CONTENTS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                               | 5  |
| 1 Scope.....                                                                                | 7  |
| 2 Normative references .....                                                                | 7  |
| 3 Terms and definitions.....                                                                | 8  |
| 4 Environmental conditions.....                                                             | 10 |
| 5 Tests .....                                                                               | 10 |
| 5.1 Test conditions .....                                                                   | 10 |
| 5.2 Measuring instruments .....                                                             | 10 |
| 5.3 Type tests .....                                                                        | 11 |
| 5.4 Routine tests .....                                                                     | 11 |
| 6 Protection against electric shock .....                                                   | 11 |
| 6.1 General .....                                                                           | 11 |
| 6.2 Insulation .....                                                                        | 12 |
| 6.2.1 General .....                                                                         | 12 |
| 6.2.2 Clearances .....                                                                      | 12 |
| 6.2.3 Creepage distances.....                                                               | 13 |
| 6.2.4 Insulation resistance.....                                                            | 14 |
| 6.2.5 Dielectric strength .....                                                             | 15 |
| 6.2.6 Liquid cooling .....                                                                  | 16 |
| 6.3 Protection against electric shock in normal service (direct contact) .....              | 16 |
| 6.3.1 General .....                                                                         | 16 |
| 6.3.2 Rated no-load voltage at the output.....                                              | 17 |
| 6.3.3 Protection provided by barriers or the enclosure.....                                 | 17 |
| 6.3.4 Capacitors.....                                                                       | 17 |
| 6.3.5 Automatic discharge of input capacitors.....                                          | 18 |
| 6.3.6 Protective conductor current under normal operation.....                              | 18 |
| 6.4 Protection against electric shock in case of a fault condition (indirect contact) ..... | 19 |
| 6.4.1 General .....                                                                         | 19 |
| 6.4.2 Protective provisions for welding circuit .....                                       | 21 |
| 6.4.3 Internal conductors and connections.....                                              | 33 |
| 6.4.4 Touch current in fault condition.....                                                 | 33 |
| 6.4.5 DC resistance welding equipment operating at mains frequency.....                     | 34 |
| 6.4.6 DC resistance welding equipment operating at medium frequency.....                    | 34 |
| 6.4.7 Continuity of the protective bonding circuit .....                                    | 35 |
| 6.5 Additional user requirements .....                                                      | 35 |
| 6.6 Supply voltage.....                                                                     | 35 |
| 6.7 Conductors of the welding circuit.....                                                  | 35 |
| 7 Thermal requirements.....                                                                 | 35 |
| 7.1 Heating test.....                                                                       | 36 |
| 7.1.1 Test conditions .....                                                                 | 36 |
| 7.1.2 Tolerances of the test parameters .....                                               | 36 |
| 7.1.3 Beginning of the heating test .....                                                   | 36 |
| 7.1.4 Duration of the test.....                                                             | 37 |
| 7.2 Temperature measurement.....                                                            | 37 |
| 7.2.1 Measurements conditions .....                                                         | 37 |
| 7.2.2 Surface temperature sensor .....                                                      | 37 |

|                       |                                                                                                                         |    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.3                 | Resistance .....                                                                                                        | 37 |
| 7.2.4                 | Embedded temperature sensor .....                                                                                       | 38 |
| 7.2.5                 | Determination of the ambient temperature ( $t_a$ ) .....                                                                | 38 |
| 7.2.6                 | Determination of cooling liquid temperature ( $t_a$ ) .....                                                             | 38 |
| 7.2.7                 | Recording of temperatures .....                                                                                         | 38 |
| 7.3                   | Limits of temperature rise .....                                                                                        | 38 |
| 7.3.1                 | Windings .....                                                                                                          | 38 |
| 7.3.2                 | External surfaces .....                                                                                                 | 39 |
| 7.3.3                 | Other components .....                                                                                                  | 40 |
| 8                     | Abnormal operation .....                                                                                                | 40 |
| 8.1                   | General requirements .....                                                                                              | 40 |
| 8.2                   | Stalled fan test .....                                                                                                  | 40 |
| 8.3                   | Cooling system failure .....                                                                                            | 40 |
| 8.4                   | Overload test .....                                                                                                     | 41 |
| 9                     | Provisions against mechanical hazards .....                                                                             | 41 |
| 9.1                   | General .....                                                                                                           | 41 |
| 9.2                   | Risk analysis .....                                                                                                     | 41 |
| 9.2.1                 | General .....                                                                                                           | 41 |
| 9.2.2                 | Ready to use equipment as in delivery state .....                                                                       | 41 |
| 9.2.3                 | Equipment not ready to use as in delivery state .....                                                                   | 41 |
| 9.2.4                 | Equipment not ready to use and designed to be incorporated in a more complex equipment .....                            | 42 |
| 9.3                   | Measures .....                                                                                                          | 42 |
| 9.3.1                 | Minimum measures .....                                                                                                  | 42 |
| 9.3.2                 | Additional measures .....                                                                                               | 42 |
| 9.4                   | Conformity of components .....                                                                                          | 43 |
| 9.5                   | Starting for manual operated equipment .....                                                                            | 43 |
| 10                    | Instructions and markings .....                                                                                         | 44 |
| 10.1                  | Instructions .....                                                                                                      | 44 |
| 10.2                  | Markings .....                                                                                                          | 44 |
| Annex A (informative) | Nominal voltages of supply networks .....                                                                               | 45 |
| Annex B (normative)   | Construction of supply circuit terminals .....                                                                          | 46 |
| Annex C (informative) | Extrapolation of temperature to time of shutdown .....                                                                  | 48 |
| Annex D (informative) | Example of risk analysis and safety level requirement .....                                                             | 49 |
| Annex E (informative) | Indirect contact protection in resistance welding equipment .....                                                       | 53 |
| Bibliography          | .....                                                                                                                   | 60 |
| Figure 1              | – Measurement of leakage current .....                                                                                  | 22 |
| Figure 2              | – Example of metal screen between windings of the supply circuit and the welding circuit .....                          | 23 |
| Figure 3              | – Example of protective conductor connected directly to the welding circuit (single-spot, a.c. current equipment) ..... | 24 |
| Figure 4              | – Example of protective conductor connected directly to welding circuits (multi-spot, a.c. current equipment) .....     | 24 |
| Figure 5              | – Example of protective conductor connected direct to welding circuits (medium-frequency equipment) .....               | 25 |
| Figure 6              | – Example of protective conductor connected to welding circuits through impedances .....                                | 26 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 7 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances ..... | 27 |
| Figure 8 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances ..... | 27 |
| Figure 9 – Example of current operated residual current device (a.c. current equipment) .....           | 28 |
| Figure 10 – Example of current operated residual current device (medium-frequency equipment) .....      | 29 |
| Figure 11 – Example of current operated residual current device and voltage relay .....                 | 30 |
| Figure 12 – Example of current operated residual current device and safety voltage operated relay.....  | 31 |
| Figure 13 – Example of safety voltage operated relay .....                                              | 32 |
| Figure 14 – Measuring network for leakage current.....                                                  | 34 |
| Figure E.1 – Typical fault current .....                                                                | 57 |
| Figure E.2 – Time-to-voltage reference curve .....                                                      | 59 |
| Table 1 – Minimum clearances for overvoltage category III .....                                         | 12 |
| Table 2 – Minimum creepage distances .....                                                              | 14 |
| Table 3 – Insulation resistance .....                                                                   | 15 |
| Table 4 – Dielectric test voltages .....                                                                | 15 |
| Table 5 – Minimum distance through insulation.....                                                      | 21 |
| Table 6 – Continuity of the protective bonding circuit.....                                             | 35 |
| Table 7 – Limits of temperature rise for windings.....                                                  | 39 |
| Table 8 – Limits of temperature rise for external surfaces .....                                        | 39 |
| Table B.1 – Range of conductor dimensions to be accepted by the supply circuit terminals.....           | 46 |
| Table B.2 – Spacing between supply circuit terminals.....                                               | 47 |

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62135-1 has been prepared by IEC technical committee 26: Electric welding.

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 26/377/FDIS | 26/383/RVD       |

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

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

The list of all 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 maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2008

Withdrawn

## 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 standard covers stationary and portable equipment.

It specifies safety requirements for design, manufacture and installation.

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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 62135. 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, *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 60439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

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*

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 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 12100-1, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

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

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

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, together with those given in ISO 669, IEC 60664-1 and IEC 60204-1, 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 It may be a separate unit or part of a complex machine.

NOTE 2 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

[IEV 851-02-09]

#### 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

[IEV 851-02-10]

#### 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 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, 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 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 It is capable of being reset (either manually or automatically) when the temperature falls to the reset value.

### 3.16

#### **supply 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 Transients are disregarded.

NOTE 2 Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

## 4 Environmental conditions

Resistance welding equipment complying with this standard shall be safe to operate under the following service conditions.

- a) At an ambient air temperature from 5 °C to 40 °C at a relative humidity of
  - up to 50 % at 40 °C;
  - up to 90 % at 20 °C.

The ambient air shall be free from excessive amounts of dust, acids, corrosive gases or substances etc. other than those generated by the welding process. These environmental conditions apply to equipment intended for indoor use only.

- b) The 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.
- c) The altitude above sea-level does not exceed 1 000 m.

NOTE Different environmental conditions may be agreed upon between the manufacturer and the purchaser and the resulting welding equipment so marked. 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 0,5 ( $\pm 0,5$  % 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:  $\pm 2$  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.

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 <sup>1</sup> | 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.

NOTE 2

For other pollution degrees and overvoltage categories, see IEC 60664-1.

<sup>1</sup> 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 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  $\mu$ s and an output impedance of less than 500  $\Omega$ .

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.

Table 2 – Minimum creepage distances

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

<sup>a</sup> Material group I, II, IIIa and IIIb.  
<sup>b</sup> 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**

|                                                                                                                                        |           |                                                                     |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Supply circuit</b> (including control circuits connected to it) with protection provision specified in 6.4.2.2                      | <b>to</b> | <b>welding circuit</b> (including control circuits connected to it) | 5 MΩ   |
| <b>Supply circuit</b> (including control circuits connected to it) with protection provision different from those specified in 6.4.2.2 | <b>to</b> | <b>welding circuit</b> (including control circuits connected to it) | 2,5 MΩ |
| <b>Control circuits and exposed conductive parts</b>                                                                                   | <b>to</b> | <b>all circuits</b>                                                 | 2,5 MΩ |

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.

Solid-state electronic components and their protective devices may be short-circuited during the measurement.

### 6.2.5 Dielectric strength

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

- first test of a welding power source: 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 <sup>a</sup><br>V r.m.s. | AC dielectric test voltage                                                                          |                                                       |                                                                                                       |                                                                                  |       |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                | V r.m.s.                                                                                            |                                                       |                                                                                                       |                                                                                  |       |
| All circuits                                   | 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                                                                                                   | -                                                                                | -     |
| 200                                            | 1 000                                                                                               | 2 000                                                 | 1 000                                                                                                 | 1 000                                                                            | 2 000 |
| 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.

<sup>a</sup> For intermediate values, except between 200 V and 450 V, interpolation of the test voltages is allowed. Interpolation of the test voltage between 200 V and 450 V is allowed for equipment designed to be installed on delta corner grounded supply networks only

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 transformer capacitive dispersion current. The maximum permissible setting of the tripping current shall be 100 mA.

NOTE For operator's safety, the lowest setting of the tripping current (less than 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.

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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

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

#### **6.2.6 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 per metre; 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

If the welding circuit is accessible during welding process, 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.

NOTE Ripple-free is conventionally defined for a sinusoidal ripple voltage as a ripple content of not more than 10 % r.m.s.

Voltage measured between any two accessible parts of the equipment shall not exceed the above values. This measurement shall be performed with a 5 k $\Omega$  shunt across the probes of the voltmeter.

### 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 a 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  $\mu\text{F}$  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 operation**

The leakage current in the external protective conductor shall not exceed

- a) 5 mA for plug-connected equipment rated up to and including 32 A;
- b) 10 mA for plug-connected equipment rated more than 32 A;
- c) 10 mA 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 mm<sup>2</sup> Cu or 16 mm<sup>2</sup> 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.

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

### **6.4.1 General**

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 6.4.1.1 to 6.4.1.2 shall be applied:

- measures to prevent the occurrence of a touch voltage (6.4.1.1); or
- automatic disconnection of the supply before the time of contact with a touch voltage can become hazardous (6.4.1.2).

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).

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.

#### **6.4.1.1 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 in accordance with IEC 60439-1;
- supplementary or reinforced insulation in accordance with 413.2 of IEC 60364-4-41.

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 413.5 of IEC 60364-4-41 apply.

#### 6.4.1.2 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 work-pieces, 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 6.4.1.2).

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 work-pieces 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 work-pieces 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<br>V r.m.s. | Minimum distance through insulation<br>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.

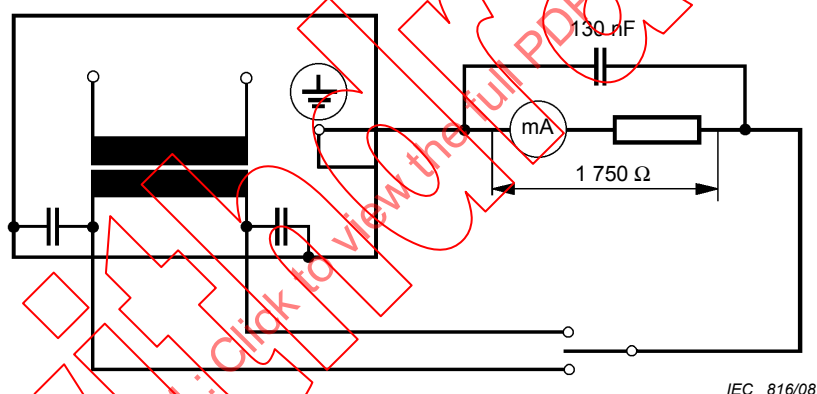
If another circuit is connected to the welding circuit, the power of the other circuit shall be supplied by an safety isolating transformer or equivalent means.

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 measurement of the leakage current with a circuit as shown in Figure 1 at the rated supply voltage and no-load condition.

The measuring circuit shall have a total resistance of  $(1\,750 \pm 250) \, \Omega$  and be shunted by a capacitor so that the time constant of the circuit will be  $(225 \pm 15) \, \mu\text{s}$ .

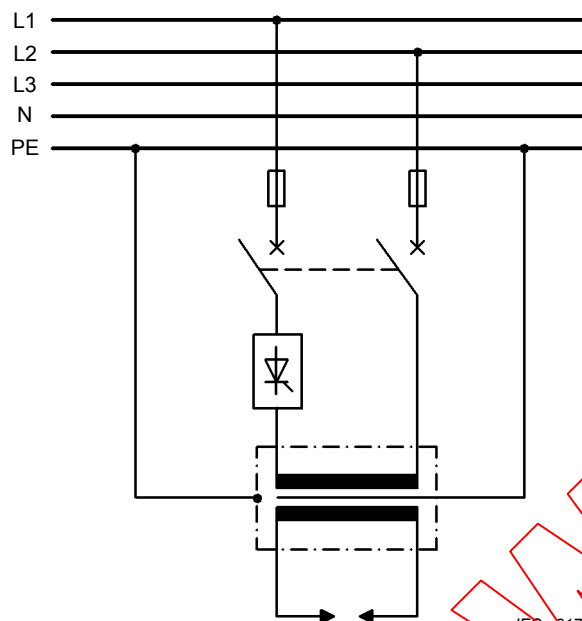
In the case of  $1\,750 \, \Omega$ , the capacitor will be 130 nF.



**Figure 1 – Measurement of leakage current**

#### **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.



**Figure 2 – 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,

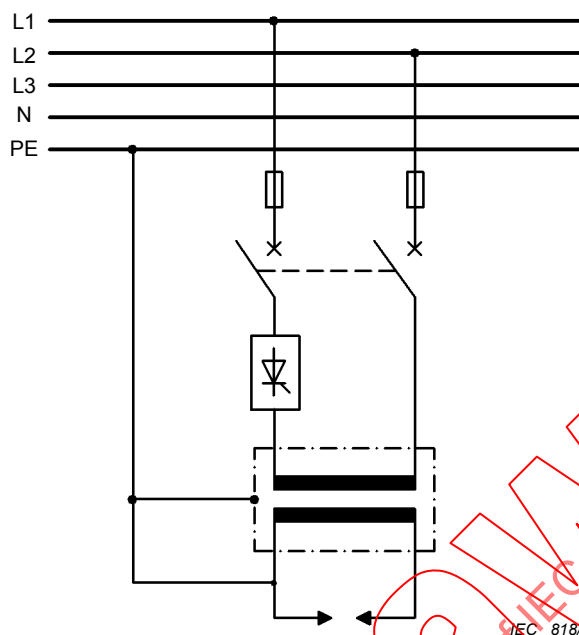
- the welding circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or reinforced insulation in accordance with 6.3 determined by the supply-circuit working voltage; or
- the supply circuit shall be electrically isolated from the transformer metallic parts by double or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

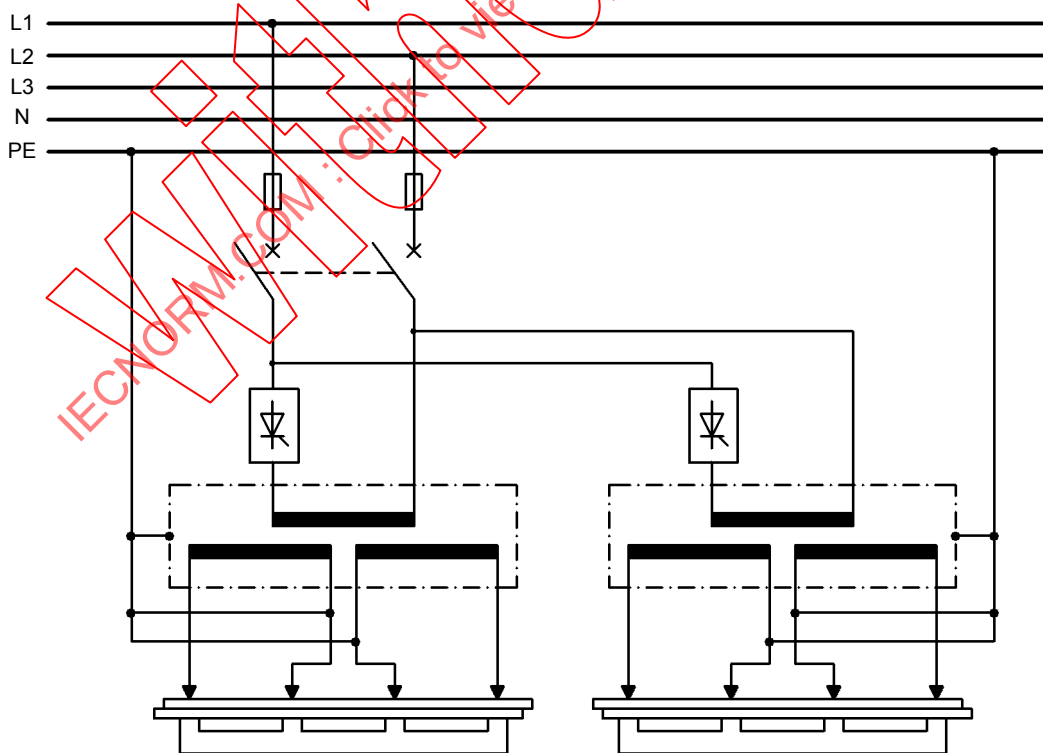
*Conformity shall be checked by visual inspection and by measurement according to 6.4.2.2.*

#### 6.4.2.4 Protective conductor connected direct to welding circuits

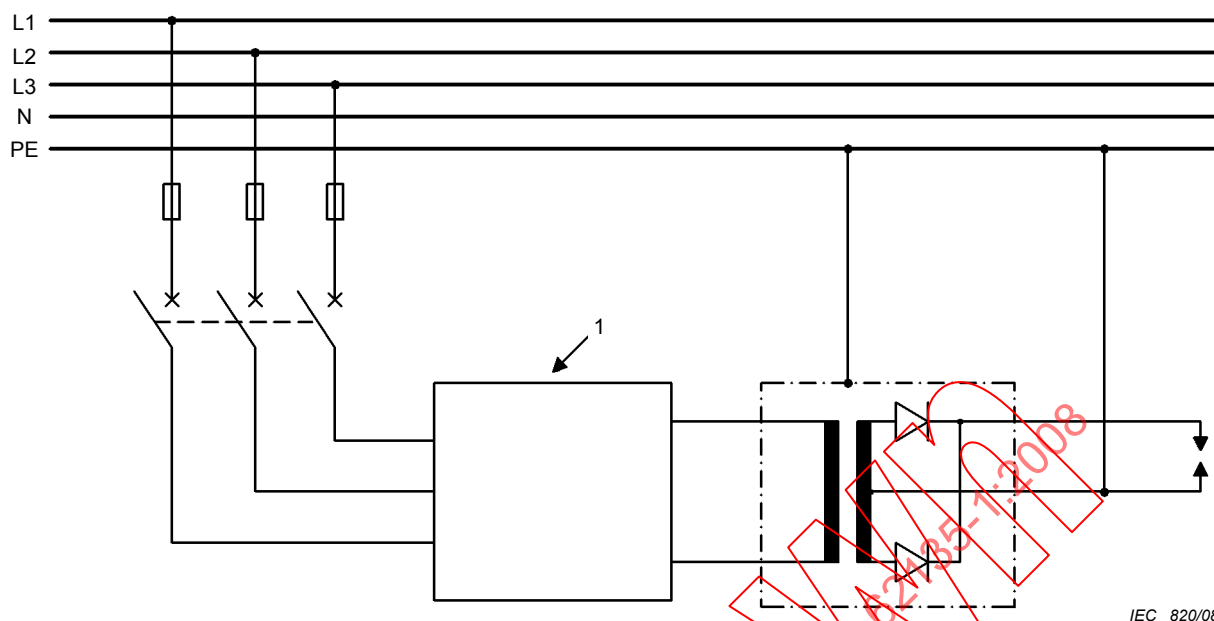


**Figure 3 – Example of protective conductor connected directly to the welding circuit (single-spot, a.c. current equipment)**

NOTE If work-pieces 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 welding circuits (multi-spot, a.c. current equipment)**



IEC 820/08

**Key**

1 Inverter

**Figure 5 – 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 3, 4 and 5, 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**

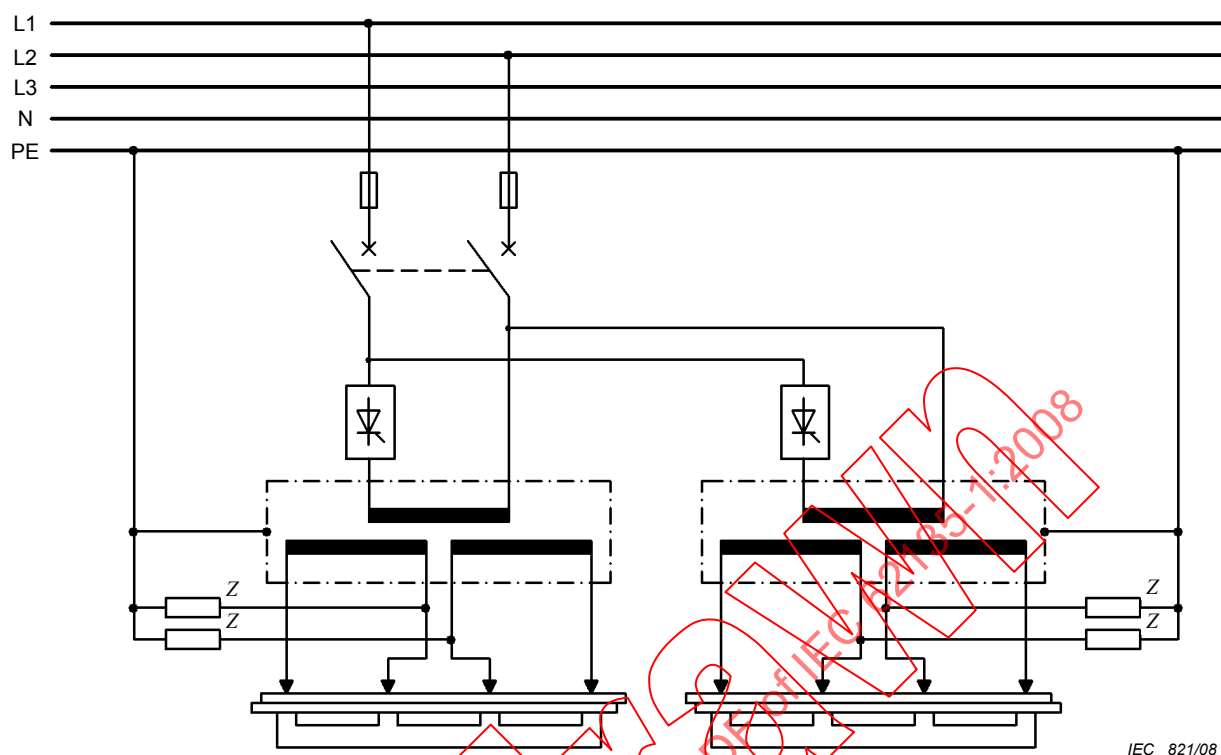
Each output circuit including the winding shall be permanently connected to the protective conductor by an impedance, according to Figure 6, to limit circulation currents.

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 may 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 may 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 6 – Example of protective conductor connected to welding circuits through impedances**

#### 6.4.2.6 Protective conductor connected through auto-inductances

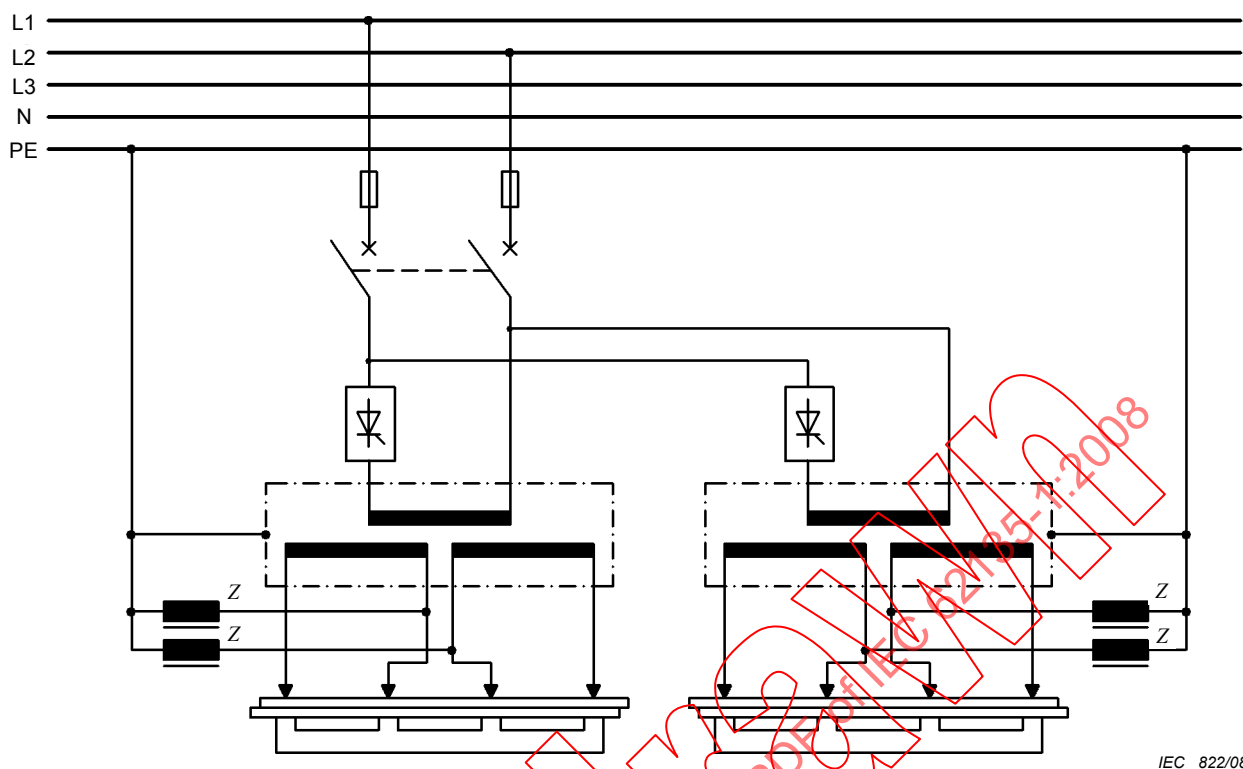
Each output circuit including the winding shall be permanently connected to the protective conductor by an saturable auto-inductance, according to Figure 7 or Figure 8, to limit circulation-currents.

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 may 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 may be not fulfilled).

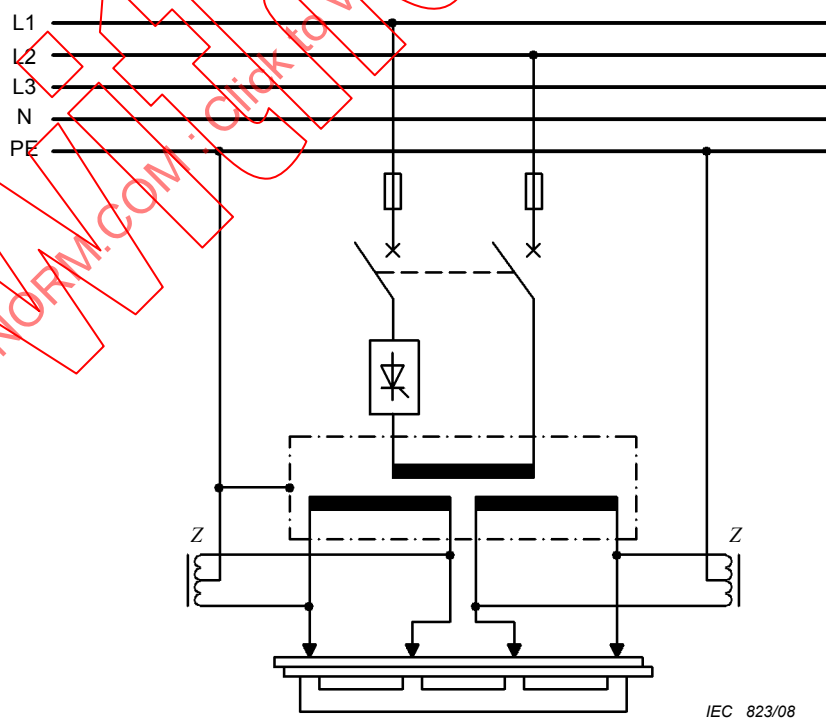
The protective impedance device shall withstand the thermal and electric stresses occurring during the failure before the protective device operates.

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



IEC 822/08

**Figure 7 – Example of protective conductor connected to welding circuits through auto-inductances**



IEC 823/08

**Figure 8 – 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 9 or Figure 10.

The installed residual current device (RCD) shall be an integral part of the equipment. An additional RCD shall be installed in the supply line.

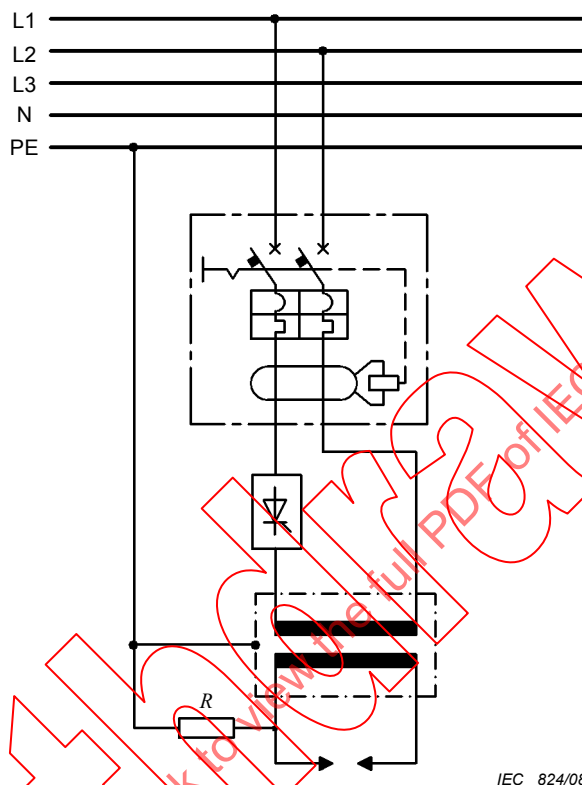
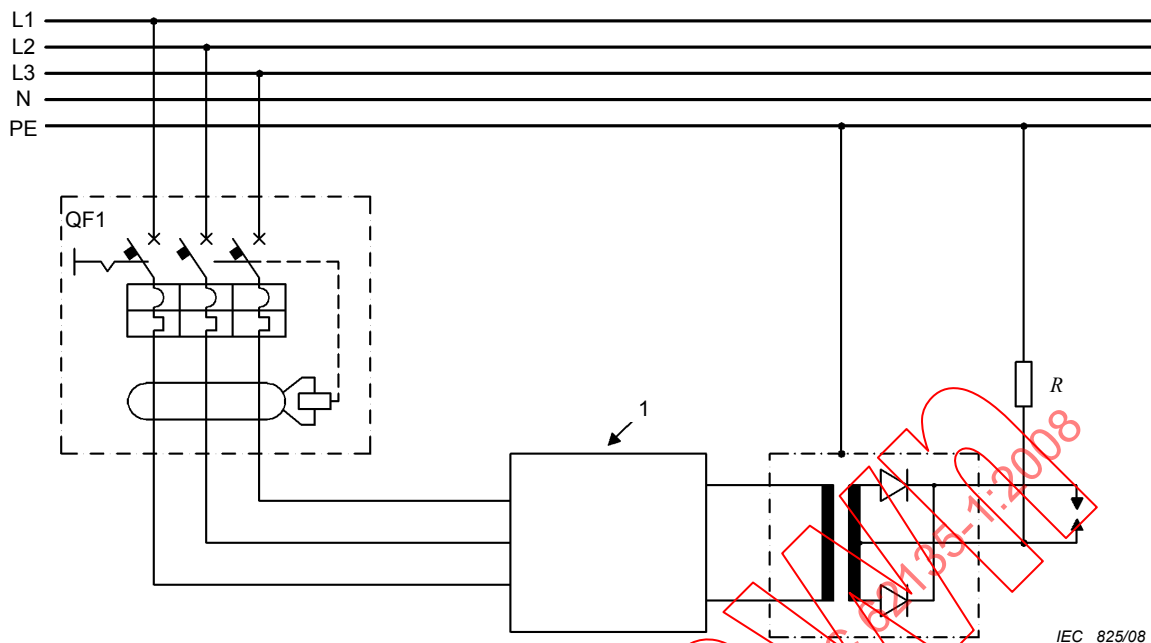


Figure 9 – Example of current operated RCD (a.c. current equipment)



### Key

1 Inverter

**Figure 10 – 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.

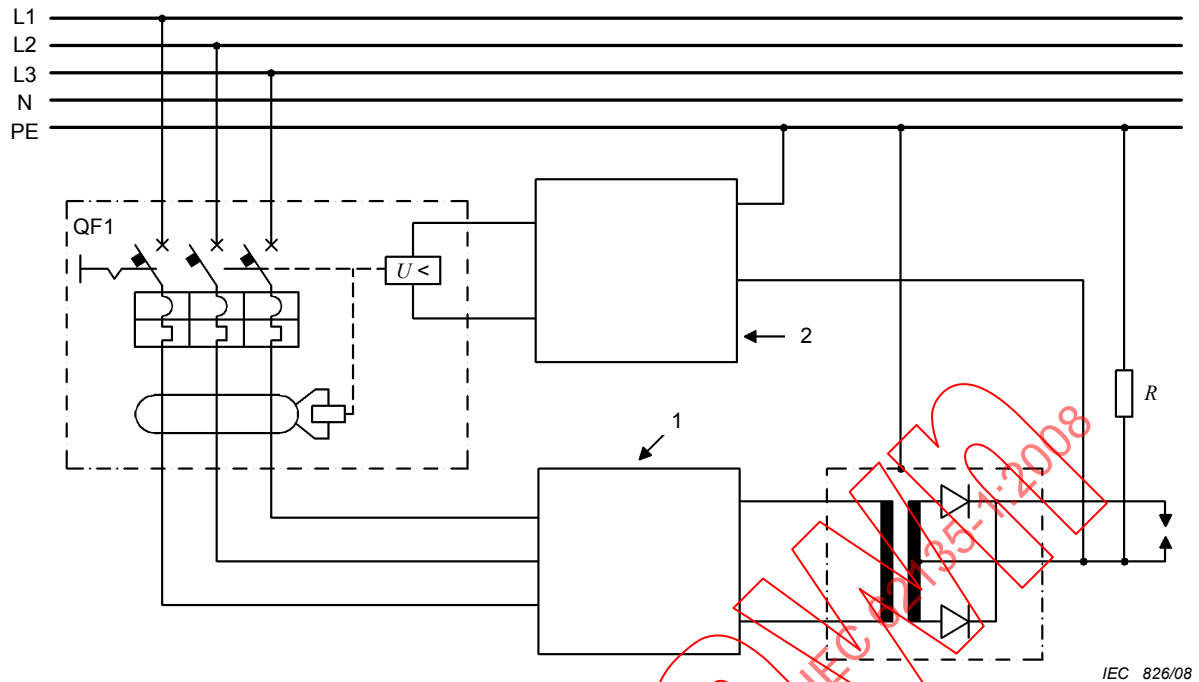
#### 6.4.2.8 Current operated residual current device and voltage relay

Safety is provided by both the residual current device and a voltage relay (see Figure 11). 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 may occur in the case of failure. This should be considered when selecting an earth leakage breaker.

*Conformity shall be checked by visual inspection and operation.*



**Key**

- 1 Inverter
- 2 Voltage relay

**Figure 11 – 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 voltage-operated safety relay**

Safety is provided by both an RCD and a safety voltage relay (see Figure 12).

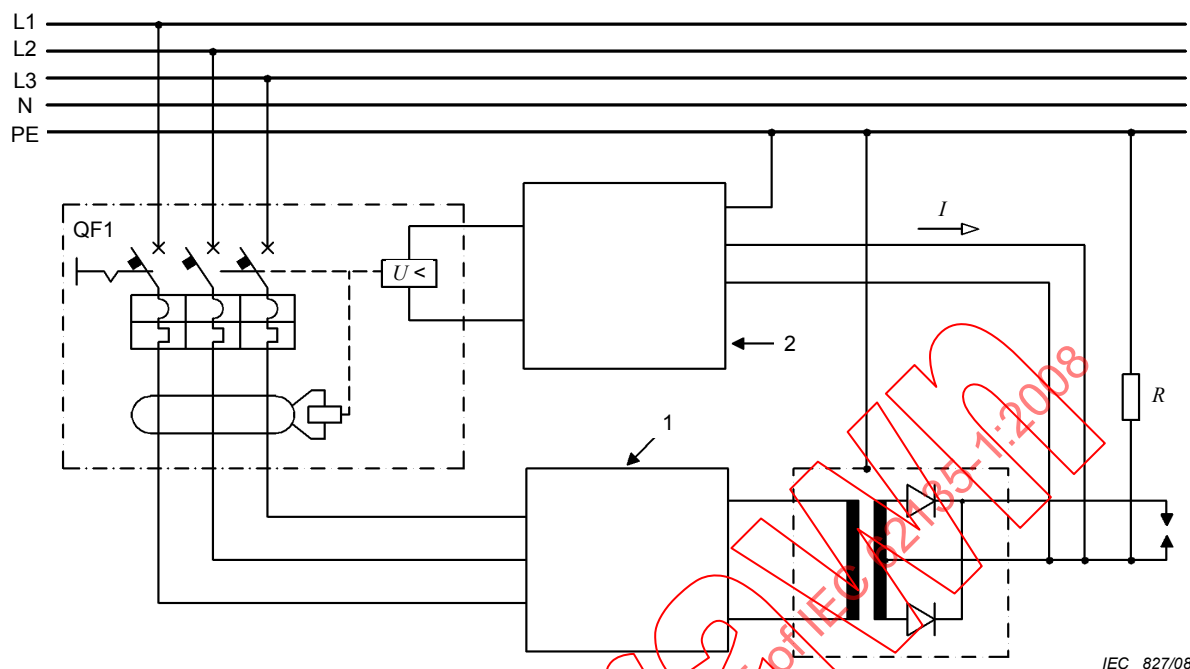
Each output winding shall be permanently connected to the safety voltage operated relay according to Figure 12. A positive controlled circuit breaker shall be used.

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.

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 If rectifiers are used in the input circuit, a d.c. current component may occur in the case of a failure. This should be considered when selecting a residual current device.



#### Key

- 1 Inverter
- 2 Safety voltage relay

**Figure 12 – Example of current operated residual current device and safety-voltage operated 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

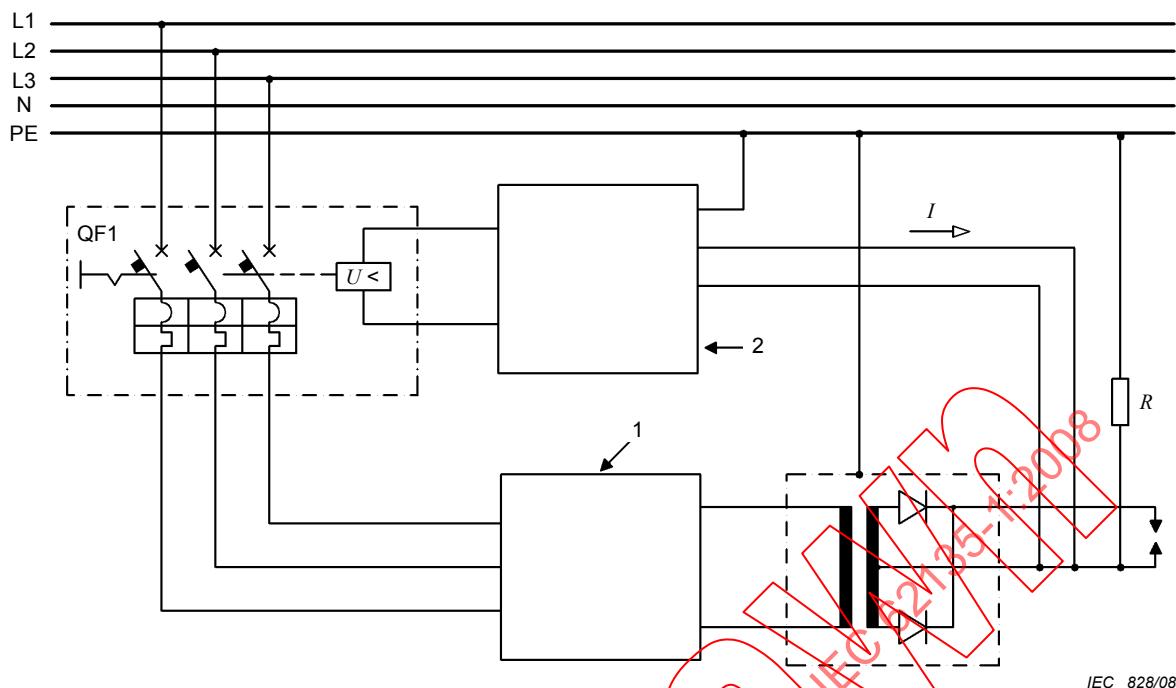
- previous measurement in the installation place; or
- requirement in the instruction manual of a maximum allowed value of earth connection resistance; or
- use of a high-sensitivity RCD with a maximum  $I_{\Delta n}$  value of 30 mA.

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 Voltage-operated safety relay

Safety is provided by 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.



**Key**

- 1 Inverter
- 2 Safety voltage relay

**Figure 13 – Example of safety-voltage operated 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 or sensing wires.

*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.*

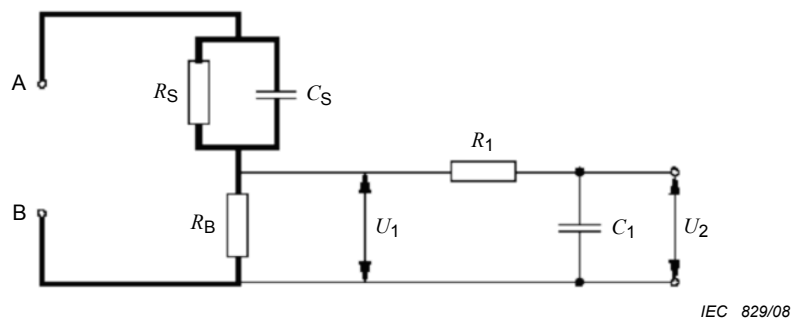
#### **6.4.4 Touch current in fault condition**

For class 1 equipment, the weighted touch current in case of the loss of external protective conductor connection shall not exceed 10 mA peak, except for equipment with permanent connection by a reinforced protective conductor.

Conformity shall be checked using the measuring circuit as shown in Figure 14. Terminal B shall be connected to the supply line protective conductor, and terminal A shall be connected to equipment protective conductor terminal.

The resistance welding equipment is under the following conditions:

- isolated from the ground plane;
- supplied by the highest rated supply voltage;
- not connected to the protective earth except through measurement components;
- the output circuit is in the no-load condition;
- interference suppression capacitors shall not be disconnected.



**Key**

|       |                |       |                 |
|-------|----------------|-------|-----------------|
| A, B  | Test terminals | $C_S$ | 0,22 $\mu$ F    |
| $R_S$ | 1 500 $\Omega$ | $R_1$ | 10 000 $\Omega$ |
| $R_B$ | 500 $\Omega$   | $C_1$ | 0,022 $\mu$ F   |

$$\text{Weighted touch current} = \frac{U_2}{500} \text{ (peak value)}$$

**Figure 14 – Measuring network for leakage current**

NOTE Caution! A qualified person should perform this test. The protective conductor is disabled for this test. The body of the EUT may present hazardous voltage. For maximum safety, a test transformer for isolation may be used. See IEC 60990.

#### 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.

NOTE 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 E.

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 E.

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.

NOTE 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<br>mm <sup>2</sup> | Maximum measured voltage drop (values are given for a test current of 10 A)<br>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

- 300 V r.m.s. between phase and earth for portable hand-held resistance welding equipment with built-in transformers;
- 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

- either rigid, generally bare conductors connected to movable pieces (electrodes, platens) by an appropriate flexible conductor (braided conductors, laminated conductors); or
- 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

- a) with the maximum short-circuit current output ( $I_{2cc}$ ), at a welding time according to real operation condition, at the duty factor corresponding to the permanent output current ( $I_{2p}$ ), or
- b) with the permanent output current ( $I_{2p}$ ) at 100 % duty factor.

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.

- a) 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.
- b) Equipment welding current adjustment is set up at maximum value.
- c) At a welding time according to real operation condition.
- d) At the duty factor corresponding to the permanent output current ( $I_{2p}$ ) considering the equipment output current during the test, measured using an integration time equal to the pulse duration.

#### 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):  $\pm 5\%$  of the rated value.
- c) Supply voltage:  $\pm 5\%$  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 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 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 (°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  $\pm 3$  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 C. 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<br><br>°C | Limits of temperature rise for air cooled windings<br>K |            |                             |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
|                     |                               | Windings                                                |            |                             |
|                     |                               | Surface temperature sensor                              | Resistance | Embedded temperature sensor |
| 105 (A)             | 140                           | 55                                                      | 60         | 60                          |
| 120 (E)             | 155                           | 70                                                      | 75         | 75                          |
| 130 (B)             | 165                           | 75                                                      | 85         | 85                          |
| 155 (F)             | 190                           | 95                                                      | 105        | 110                         |
| 180 (H)             | 220                           | 115                                                     | 130        | 135                         |
| 200                 | 235                           | 130                                                     | 145        | 155                         |
| 220 (C)             | 250                           | 150                                                     | 160        | 175                         |

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 Table 7 are available (see IEC 60085).

NOTE 4 In case of liquid cooled windings the limit of temperature rise should be increased of 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

The temperature rise for external surfaces which are required to be touched by user to operate the equipment (intentional contact) shall not exceed the values given in Table 8.

**Table 8 – Limits of temperature rise for external surfaces**

| External surface                             | Limits of temperature rise<br>K |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Bare metal enclosures                        | 25                              |
| Accessible metallic welding circuit surfaces | 30                              |
| Painted metal enclosures                     | 35                              |
| Non-metallic enclosures                      | 45                              |
| Metal handles                                | 10                              |
| Non-metallic handles                         | 30                              |

The temperature rise for external surfaces which does not require to be touched by user to operate the equipment but can be unintentionally touched by operator shall not exceed the values given in Table 8 increase by 15 K.

NOTE Automatic equipment (for example, robot equipment) where the surfaces are not accessible is not included.

Previous values can be increased by 15 K if the equipment is specified for use with personal protective devices (for example, gloves, protection dresses).

*Conformity shall be checked by measurement in accordance with 7.2.*

### **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.*

## **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 welding power source 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 may 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

The risk of personal injuries to operators or to bystanders shall be established and evaluated in accordance with ISO 14121-1.

General design measures shall be in accordance with ISO 12100-1 and ISO 12100-2.

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 D).

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 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 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 must 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) a foot pedal;
- b) 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:

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

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

- g) 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.*

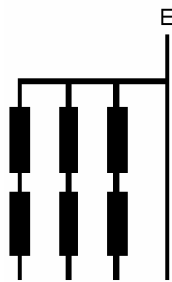
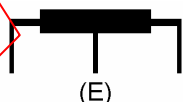
### 10.2 Markings

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

## 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 world wide                                                                     |                                                                                                |                                                                                                  |                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                           | Three-phase four-wire systems                                                                             | Three-phase three-wire systems                                                                 | Single-phase two-wire systems                                                                    | Single-phase three-wire systems                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                           | With earthed neutral<br> | Unearthed<br> | AC or d.c.<br> | AC or d.c.<br> |
| V                                                                                                                                                                                                                                                                         | V                                                                                                         | V                                                                                              | V                                                                                                | V                                                                                                 |
| 50                                                                                                                                                                                                                                                                        | –                                                                                                         | –                                                                                              | 12,5; 24; 25; 30; 42; 48                                                                         | 30 - 60                                                                                           |
| 100                                                                                                                                                                                                                                                                       | 66/115                                                                                                    | 66                                                                                             | 60                                                                                               | –                                                                                                 |
| 150                                                                                                                                                                                                                                                                       | 120/208; 127/220                                                                                          | 115; 120; 127                                                                                  | 110; 120                                                                                         | 110 - 220; 120 - 240                                                                              |
| 300                                                                                                                                                                                                                                                                       | 220/380; 230/400; 240/415; 260/440; 277/480                                                               | 220; 230; 240; 260; 277; 347; 380; 400; 415; 440; 480;                                         | 220                                                                                              | 220 - 440                                                                                         |
| 600                                                                                                                                                                                                                                                                       | 347/600; 380/660; 400/690; 417/720; 480/830                                                               | 500; 577; 600                                                                                  | 480                                                                                              | 480 - 960                                                                                         |
| 1 000                                                                                                                                                                                                                                                                     | –                                                                                                         | 660; 690; 720; 830; 1 000                                                                      | 1 000                                                                                            | –                                                                                                 |
| <p>NOTE 1 Values taken from Table B.1 of IEC 60664-1.</p> <p>NOTE 2 In columns 2 and 5, the lower value is the voltage line-to-neutral, while the higher value is the voltage line-to-line.</p> <p>NOTE 3 In columns 3 and 4 the values are the voltage line-to-line.</p> |                                                                                                           |                                                                                                |                                                                                                  |                                                                                                   |

## 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<br>A | Range of cross-sectional area of the conductor<br>mm <sup>2</sup> |    |     |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----|-----|
| 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<br>V r.m.s. | Minimum spacing between live parts<br>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**

(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.

## Annex D (informative)

### Example of risk analysis and safety level requirement

#### D.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.

#### D.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.

#### D.3 General measures

- a) Reduced closing or clamping speed (for example, 10 mm/sec).
- 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.

#### D.4 Typical hazards by type of equipment

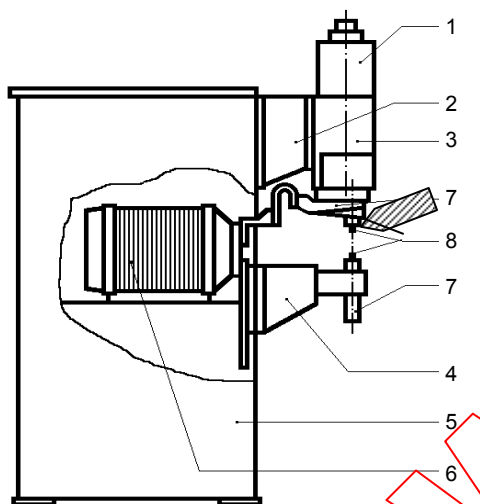
##### D.4.1 Introduction

Hazardous areas are indicated by means of an arrow. 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      |                           |

## D.4.2 Spot welding

### D.4.2.1 Mounted machine



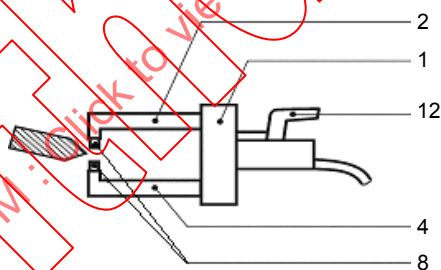
IEC 830/08

Hazard 2a

Result of risk evaluation category B or 1.

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

### D.4.2.2 Hand-held welding gun



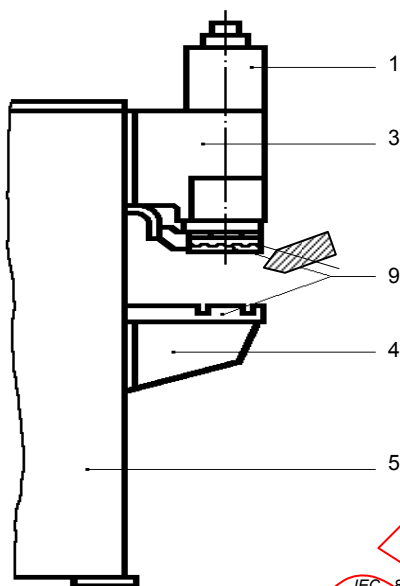
IEC 831/08

Hazard 2a whilst maintaining or changing electrodes

Result of risk evaluation: category B

Additional measures where applicable: trigger lock for work on electrodes

### D.4.3 Projection welding



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

Result risk evaluation

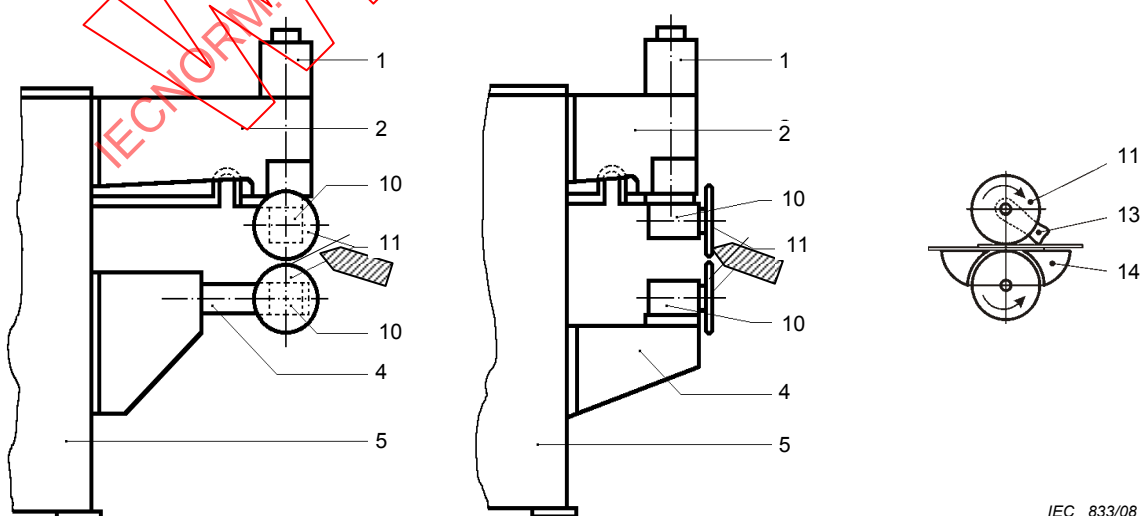
Category 3 or possibly 2 at small tool weight and/or low welding force (due to severity of possible injury).

Additional measures:

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

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

### D.4.4 Seam welding

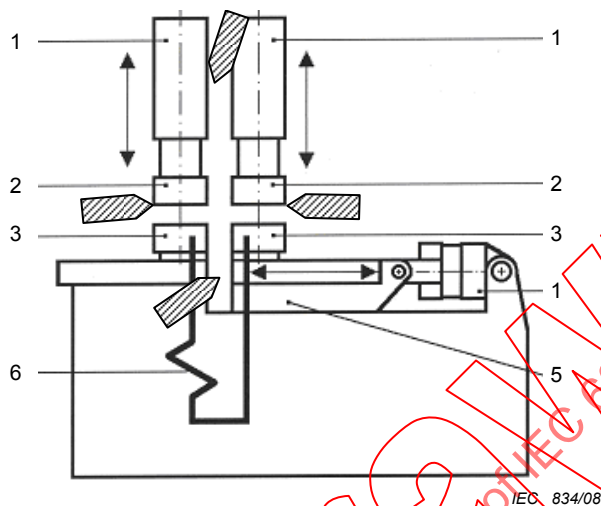


Hazard 2a, 2e

Result of risk evaluation: category 2 or 3.

Additional measures: installation of a movable (up and down) finger deflector (13) on the retracting side (held in position by its own weight) and a guiding protective bar (14).

#### D.4.5 Butt welding



Hazard 2c, 2d

Result of risk evaluation: category 2 or 3.

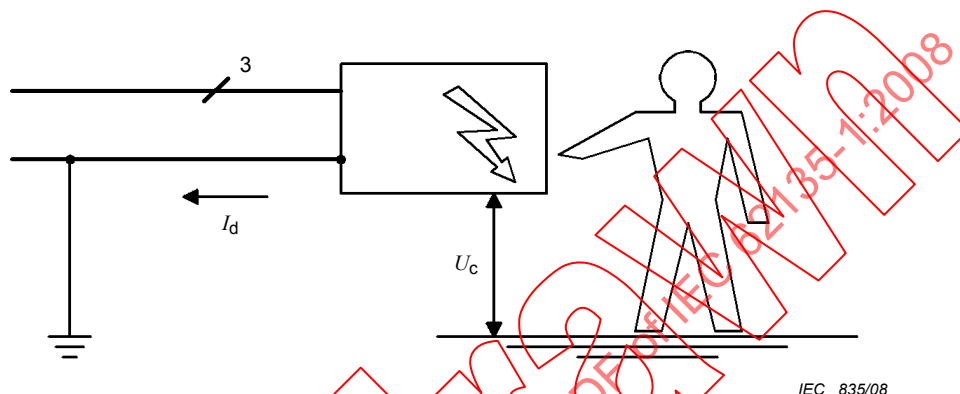
Additional measures: operation start by means of two push-buttons, light barrier, movable shield.

## Annex E (informative)

### Indirect contact protection in resistance welding equipment

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

Protection against indirect contact prevent risk arising when a person touches a metal part of the equipment (exposed conductive part) with an 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.

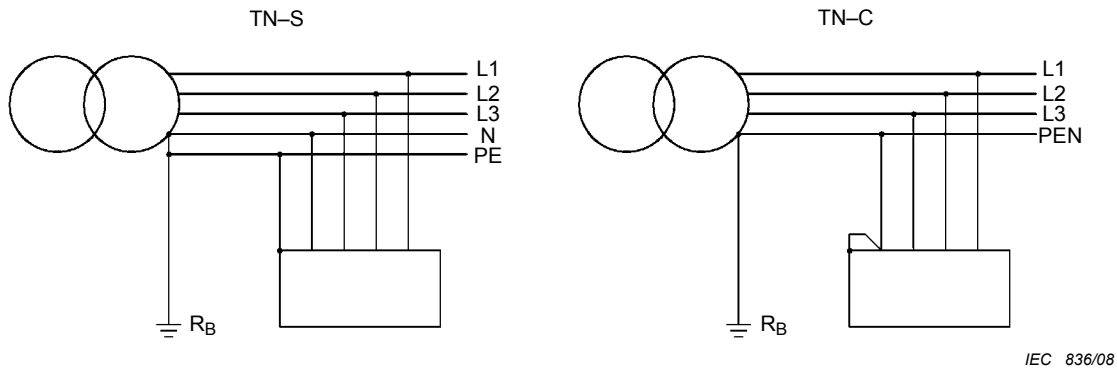
The type of disconnection device is selected depending on the type of earthing system of the installation. IEC 60364 describes the main earthing systems and defines their protection rules; in this annex only TN and TT systems are considered.

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.

##### E.1.1 TN system

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



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.

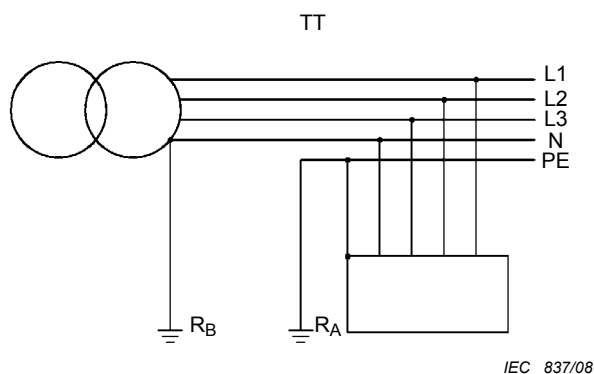
If due to long cables or low conductor cross-section the fault current is too low to properly operate the overcurrent protection device, an additional RCD is used.

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.

### E.1.2 TT systems

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



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 must 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.

## E.2 Automatic disconnection of supply in single phase ac current equipment

### E.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.

## **E.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.

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

### **E.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 1-20 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 1-20 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.

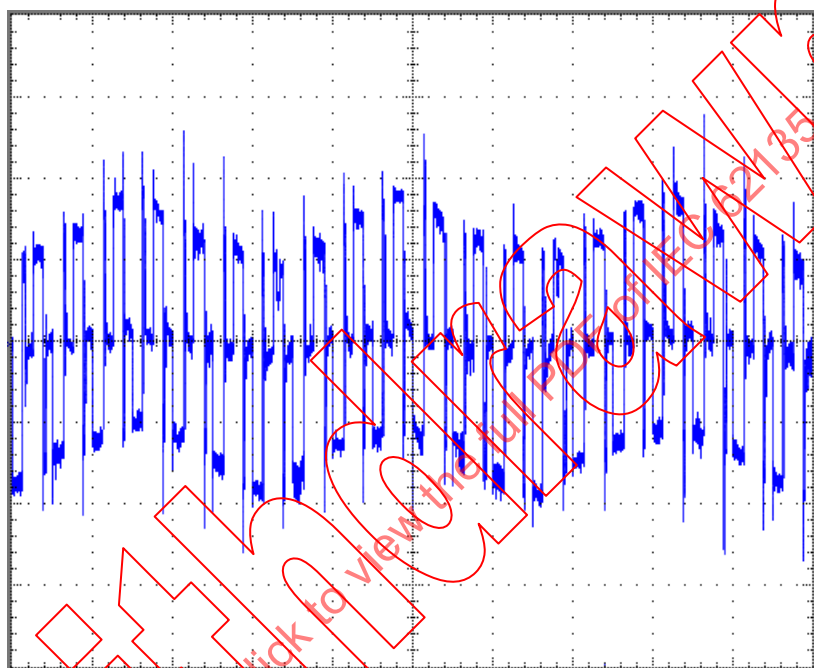
The inverter can provide a protection against short circuits between phases at the output that interrupt the supply of current to the transformer. In TN systems this device does not protect

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.

### E.3.2 TT systems

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).



IEC 838/08

**Figure E.1 – 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 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).

### E.3.2.1 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 – 10 – 30 mA
- Medium sensitivity (MS): 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 A
- Low sensitivity (LS): 3 – 10 – 30 A

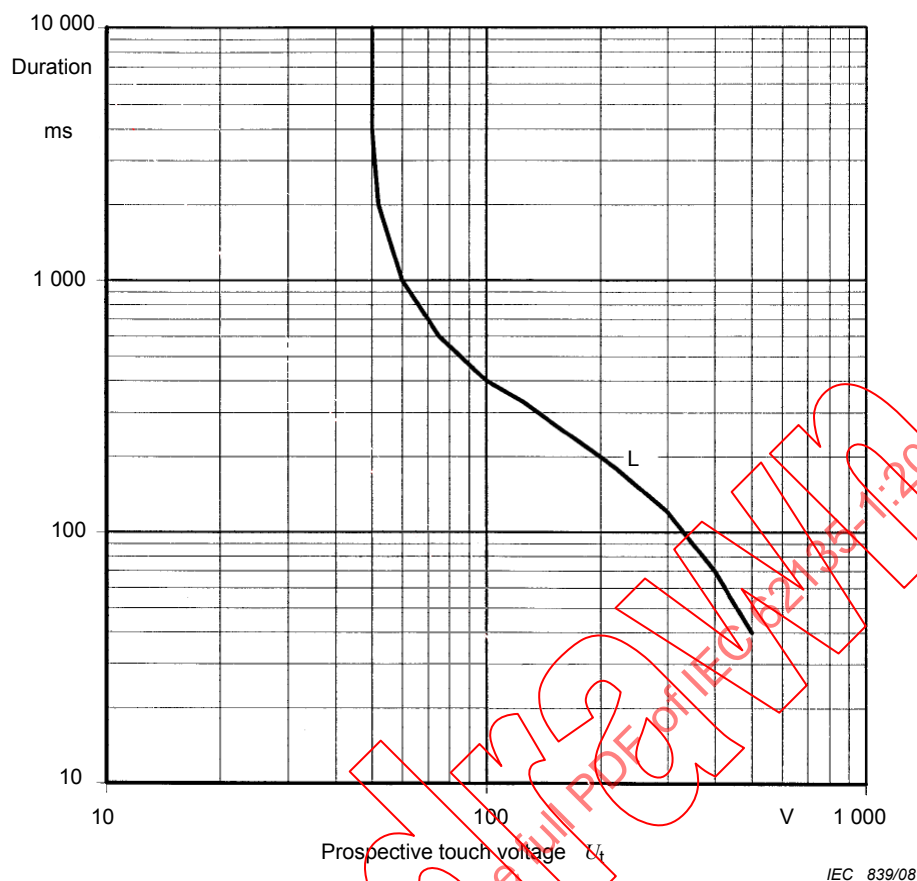
High sensitivity (HS) is most often used for additional direct-contact protection. The other sensitivities (MS and LS) are usually used for protection against indirect contacts. RCD are also used in installations for fire protection and protection of the equipment.

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 and are provided in IEC/TR 61200-413, together with an explanation of the derivation of the requirements.



**Figure E.2 – 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.

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, *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 supply*

IEC 61201, *Extra-low voltage (ELV) – Limit values*

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2008

# Withdrawn

## SOMMAIRE

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                           | 65 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                | 67 |
| 2 Références normatives .....                                                                | 67 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                | 68 |
| 4 Conditions environnementales .....                                                         | 70 |
| 5 Essais .....                                                                               | 70 |
| 5.1 Conditions d'essais .....                                                                | 70 |
| 5.2 Instruments de mesure .....                                                              | 70 |
| 5.3 Essais de type .....                                                                     | 71 |
| 5.4 Essais individuels de série .....                                                        | 71 |
| 6 Protection contre les chocs électriques .....                                              | 71 |
| 6.1 Généralités .....                                                                        | 71 |
| 6.2 Isolement .....                                                                          | 72 |
| 6.2.1 Généralités .....                                                                      | 72 |
| 6.2.2 Distances dans l'air .....                                                             | 72 |
| 6.2.3 Lignes de fuite .....                                                                  | 73 |
| 6.2.4 Résistance d'isolement .....                                                           | 74 |
| 6.2.5 Rigidité diélectrique .....                                                            | 75 |
| 6.2.6 Liquide de refroidissement .....                                                       | 76 |
| 6.3 Protection contre les chocs électriques en service normal (contact direct) .....         | 77 |
| 6.3.1 Généralités .....                                                                      | 77 |
| 6.3.2 Tension à vide assignée à la sortie .....                                              | 77 |
| 6.3.3 Protection procurée par les barrières ou l'enveloppe .....                             | 77 |
| 6.3.4 Condensateurs .....                                                                    | 78 |
| 6.3.5 Décharge automatique des condensateurs sur l'alimentation .....                        | 78 |
| 6.3.6 Conducteur du courant de protection en fonctionnement normal .....                     | 79 |
| 6.4 Protection contre les chocs électriques en cas de défaut (contact indirect) .....        | 79 |
| 6.4.1 Généralités .....                                                                      | 79 |
| 6.4.2 Mesures de protection pour le circuit de soudage .....                                 | 81 |
| 6.4.3 Conducteurs internes et connexions .....                                               | 94 |
| 6.4.4 Courant de contact en cas de défaut .....                                              | 94 |
| 6.4.5 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à la fréquence du réseau ..... | 95 |
| 6.4.6 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à moyenne fréquence .....      | 95 |
| 6.4.7 Continuité du circuit de protection .....                                              | 96 |
| 6.5 Exigences additionnelles de l'utilisateur .....                                          | 96 |
| 6.6 Tension d'alimentation .....                                                             | 96 |
| 6.7 Conducteurs du circuit de soudage .....                                                  | 96 |
| 7 Exigences thermiques .....                                                                 | 97 |
| 7.1 Essai d'échauffement .....                                                               | 97 |
| 7.1.1 Conditions d'essai .....                                                               | 97 |
| 7.1.2 Tolérances des paramètres d'essai .....                                                | 97 |
| 7.1.3 Début de l'essai d'échauffement .....                                                  | 97 |
| 7.1.4 Durée de l'essai .....                                                                 | 98 |
| 7.2 Mesurage de la température .....                                                         | 98 |

|       |                                                                                                                                     |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.1 | Conditions de mesurage .....                                                                                                        | 98  |
| 7.2.2 | Capteurs de température en surface .....                                                                                            | 98  |
| 7.2.3 | Résistance .....                                                                                                                    | 98  |
| 7.2.4 | Capteur de température incorporé .....                                                                                              | 99  |
| 7.2.5 | Détermination de la température de l'air ambiant ( $t_a$ ) .....                                                                    | 99  |
| 7.2.6 | Détermination de la température du liquide de refroidissement ( $t_a$ ) .....                                                       | 99  |
| 7.2.7 | Enregistrement des températures .....                                                                                               | 99  |
| 7.3   | Limites d'accroissement de la température .....                                                                                     | 100 |
| 7.3.1 | Enroulements .....                                                                                                                  | 100 |
| 7.3.2 | Surfaces externes .....                                                                                                             | 100 |
| 7.3.3 | Autres composants .....                                                                                                             | 101 |
| 8     | Fonctionnement anormal .....                                                                                                        | 101 |
| 8.1   | Exigences générales .....                                                                                                           | 101 |
| 8.2   | Essai de ventilateur bloqué .....                                                                                                   | 102 |
| 8.3   | Défaut du système de refroidissement .....                                                                                          | 102 |
| 8.4   | Essai de surcharge .....                                                                                                            | 102 |
| 9     | Dispositions contre les risques mécaniques .....                                                                                    | 102 |
| 9.1   | Généralités .....                                                                                                                   | 102 |
| 9.2   | Analyse de risque .....                                                                                                             | 103 |
| 9.2.1 | Généralités .....                                                                                                                   | 103 |
| 9.2.2 | Matériel prêt à être utilisé dans l'état de livraison .....                                                                         | 103 |
| 9.2.3 | Matériel non prêt à être utilisé dans les conditions de livraison .....                                                             | 103 |
| 9.2.4 | Matériel non prêt à être utilisé et conçu pour être incorporé dans un matériel plus complexe .....                                  | 103 |
| 9.3   | Mesures .....                                                                                                                       | 104 |
| 9.3.1 | Mesures minimales .....                                                                                                             | 104 |
| 9.3.2 | Mesures additionnelles .....                                                                                                        | 104 |
| 9.4   | Conformité des composants .....                                                                                                     | 104 |
| 9.5   | Démarrage pour les matériels fonctionnant manuellement .....                                                                        | 105 |
| 10    | Instructions et marquage .....                                                                                                      | 105 |
| 10.1  | Instructions .....                                                                                                                  | 105 |
| 10.2  | Marquage .....                                                                                                                      | 106 |
|       | Annexe A (informative) Tensions nominales des réseaux d'alimentation .....                                                          | 107 |
|       | Annexe B (normative) Construction des bornes de raccordement du circuit d'alimentation .....                                        | 108 |
|       | Annexe C (informative) Extrapolation de température par rapport au temps de coupure .....                                           | 111 |
|       | Annexe D (informative) Exemple d'analyse de risque et exigence de niveau de sécurité .....                                          | 112 |
|       | Annexe E (informative) Protection contre un contact indirect dans le matériel de soudage par résistance .....                       | 116 |
|       | Bibliographie .....                                                                                                                 | 123 |
|       | Figure 1 – Mesurage du courant de fuite .....                                                                                       | 83  |
|       | Figure 2 – Exemple d'écran métallique entre les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage .....               | 83  |
|       | Figure 3 – Conducteur de protection connecté directement au circuit de soudage (matériel de soudage mono point, courant c.a.) ..... | 84  |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 4 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de soudage multi points courant c.a.)..... | 85  |
| Figure 5 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de moyenne fréquence) .....                | 85  |
| Figure 6 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des impédances .....                                   | 86  |
| Figure 7 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto- inductances .....                            | 87  |
| Figure 8 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances .....                             | 88  |
| Figure 9 – Exemple de dispositif résiduel différentiel (matériel de courant c.a.) .....                                                          | 89  |
| Figure 10 – Exemple de dispositif résiduel différentiel (matériel de moyenne fréquence) .....                                                    | 90  |
| Figure 11 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension.....                                                      | 91  |
| Figure 12 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de sécurité de tension.....                                          | 92  |
| Figure 13 – Exemple de relais fonctionnant sur la tension de sécurité.....                                                                       | 93  |
| Figure 14 – Réseau de mesure du courant de fuite .....                                                                                           | 95  |
| Figure E.1 – Défaut de courant typique .....                                                                                                     | 120 |
| Figure E.2 – Courbe de référence temps-tension.....                                                                                              | 122 |
| Tableau 1 – Distances minimales dans l'air pour les surtensions de catégorie III .....                                                           | 72  |
| Tableau 2 – Lignes de fuite minimales .....                                                                                                      | 74  |
| Tableau 3 – Résistance d'isolement .....                                                                                                         | 75  |
| Tableau 4 – Tensions d'essai diélectrique.....                                                                                                   | 75  |
| Tableau 5 – Distance minimale à travers l'isolation .....                                                                                        | 82  |
| Tableau 6 – Continuité du circuit de protection .....                                                                                            | 96  |
| Tableau 7 – Limites de températures pour les enroulements.....                                                                                   | 100 |
| Tableau 8 – Limites d'accroissement des températures des surfaces externes .....                                                                 | 101 |
| Tableau B.1 – Plage de dimensions des conducteurs à introduire dans les bornes du circuit d'alimentation .....                                   | 108 |
| Tableau B.2 – Distances entre les bornes du circuit d'alimentation .....                                                                         | 109 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MATÉRIELS DE SOUDAGE PAR RÉSISTANCE –

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

## AVANT-PROPOS

- 1) Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62135-1 a été préparée par le comité d'études 26 de la CEI: Soudage électrique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 26/377/FDIS | 26/383/RVD      |

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

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

La liste de toutes les publications de la série CEI 62135, présentées sous le titre général *Matériels de soudage par résistance*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62135-1:2008

Withdrawn

## MATÉRIELS DE SOUDAGE PAR RÉSISTANCE –

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

#### 1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 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.

Cette norme s'applique aux matériels fixes et portables.

Elle spécifie les exigences de sécurité pour leur conception, fabrication et installation.

Pour être en complète conformité avec cette norme, il convient que tous les risques impliqués dans le chargement, l'alimentation, le fonctionnement et le déchargement du matériel, si applicable, soient évalués et il convient que les exigences des normes qui leur sont liées soient observées.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par leur référencement dans ce texte, constituent des dispositions de cette partie de la CEI 62135. 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).

CEI 60204-1, *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

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

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

CEI 60439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

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

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

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

CEI 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 5828, *Équipements de soudage par résistance – Câbles de raccordement secondaires avec extrémités raccordées à des plages refroidies par eau – Dimensions et caractéristiques*

ISO 8205-1, *Câbles secondaires refroidis par eau pour le soudage par résistance – Partie 1: dimensions et exigences pour câbles à deux conducteurs*

ISO 8205-2, *Câbles secondaires refroidis par eau pour le soudage par résistance – Partie 2: dimensions et exigences pour câbles à un conducteur*

ISO 12100-1, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

ISO 12100-2, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 2: Principes techniques*

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

ISO 14121-1, *Sécurité des machines – Appréciation du risque – Partie 1: Principes*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans l'ISO 669, la CEI 60664-1 et la CEI 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 Il peut s'agir d'une unité séparée ou d'une partie d'une machine complexe.

NOTE 2 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 prescriptions de la norme concernée

[VEI 851-02-09]

#### 3.4

##### **essai individuel de série**

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

[VEI 851-02-10]

#### 3.5

##### **circuit de soudage**

matériau conducteur par lequel le courant de soudage doit passer

**3.6****circuit de commande**

circuit servant à commander le fonctionnement de la source 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 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 manipulé 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) 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 références à des valeurs en conformité avec la CEI 60112.

NOTE 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 de la source de courant de soudage ne dépasse pas 2 K/h

**3.15****protection thermique**

système destiné à assurer la protection d'une partie, et donc de la totalité, d'une source de courant de soudage contre les températures excessives résultant de certaines conditions de surcharge thermique

NOTE 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 grandes valeurs efficaces 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 Les transitoires ne sont pas pris en compte.

NOTE 2 Les conditions en circuit à vide et fonctionnant en conditions normales sont toutes deux prises en considération.

## **4 Conditions environnementales**

Les matériels de soudage par résistance conformes à cette norme doivent être surs pour fonctionner dans les conditions de service suivantes:

- a) A une température d'air ambiant de 5 °C à 40 °C à une humidité relative de
  - jusqu'à 50 % à 40 °C;
  - jusqu'à 90 % à 20 °C.

L'air ambiant doit être exempt de trop de poussière, acides, gaz corrosifs ou substances etc. autres que ceux générés par le procédé de soudage. Ces conditions environnementales s'appliquent aux matériels prévus uniquement pour un usage interne.

- b) La température du fluide de refroidissement ne doit pas excéder

- 1) dans le cas d'un liquide: 30 °C à l'entrée;
- 2) dans le cas de l'air ambiant: 40 °C.

- c) L'altitude au dessus du niveau de la mer ne doit pas excéder 1 000 m.

NOTE Différentes conditions environnementales peuvent être convenues entre le fabricant et l'acheteur et le matériel de soudage qui en résultera sera marqué selon. Des exemples de ces conditions sont: utilisation extérieure, altitude différente, température du fluide de refroidissement différente, 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.

## **5 Essais**

### **5.1 Conditions d'essais**

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 essayés dans les conditions spécifiées par le fabricant.

### **5.2 Instruments de mesure**

La précision des instruments de mesure doit être ainsi qu'il suit.

- a) Les instruments de mesure électrique: classe 0,5 ( $\pm 0,5$  % de la pleine échelle de lecture), sauf pour la mesure de l'isolation 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:  $\pm 2$  K.

### 5.3 Essais de type

Sauf spécification contraire, les essais de cette norme sont des essais de type.

Les matériels de soudage par résistance doivent être essayés 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 apportée 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 cette norme et non listés 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 d'entrée 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 opération et absence de défaut),  
ou
- sous condition de défaut simple

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 selon la CEI 60664-1. Tous les matériels de soudage par résistance doivent être conçus pour être utilisés dans des conditions environnementales de pollution de degré 3 au minimum.

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

Les composants ou les sous assemblages avec des distances dans l'air ou des lignes de fuite correspondent au degré de pollution 2 sont autorisés, s'ils sont complètement recouverts, renfermés ou moulés selon la CEI 60664-3.

Les matériels conçus avec un isolement basé sur les valeurs entre la ligne et le neutre doivent être équipés d'un avertissement 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 dans l'air

Pour l'isolation principale ou supplémentaire et l'isolation renforcée, les distances minimales dans l'air doivent être en conformité avec la CEI 60664-1, telle qu'elle est résumée dans le Tableau 1 pour les surtensions de catégorie III.

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

| Tension <sup>1</sup> | Isolation principale ou supplémentaire |                             |                     |     |     | Isolation renforcée                   |                             |                     |     |     |
|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----|-----|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----|-----|
|                      | Tension assignée d'essai en impulsion  | Tension d'essai alternative | Degré de pollution  |     |     | Tension assignée d'essai en impulsion | Tension d'essai alternative | Degré de pollution  |     |     |
|                      |                                        |                             | 2                   | 3   | 4   |                                       |                             | 2                   | 3   | 4   |
|                      |                                        |                             | Distance dans l'air |     |     |                                       |                             | Distance 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 la CEI 60664-1.

NOTE 2 pour d'autres degrés de pollution ou de catégories de surtension, voir la CEI 60664-1.

<sup>1</sup> Voir Annexe A pour la valeur de la tension.

Pour le dimensionnement des distances 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 standard selon la CEI 60529.

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

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

Les distances dans l'air entre les parties des matériels de soudage par résistance (par exemple les circuits électroniques ou les composants) qui sont protégés par un moyen de limitation de la surtension (par exemple varistance métal-oxyde) peuvent être conçues selon la catégorie de surtension I (voir la CEI 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 courant d'alimentation, les valeurs de la tension fournie doivent être appliquées.

*La conformité doit être contrôlée* par mesure selon le 6.2 de la CEI 60664-1 ou quand ce n'est pas possible, en soumettant le matériel de soudage à un essai d'impulsions en utilisant les tensions données dans le Tableau 1.

Pour l'essai d'impulsion, un minimum de trois impulsions de chaque polarité à la tension donnée dans le Tableau 1 sont appliqués 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  $\mu$ s et une impédance de moins de 500  $\Omega$ .

En variante, une tension d'essai en courant alternatif, comme indiqué 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 d'impulsion peut être appliquée trois fois pendant 10 ms, pour chaque polarité.

L'équipement doit supporter les tensions d'essai sans aucun contournement ni claquage.

### 6.2.3 Lignes de fuite

Pour l'isolation principale ou supplémentaire et pour l'isolation renforcée, les lignes de fuite minimales doivent être conformes à la CEI 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 la CEI 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 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 associée dans l'air, la ligne de fuite la plus courte possible est donc égale à la distance dans l'air prescrite.

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

*La conformité doit être vérifiée* par mesurage linéaire, conformément à 6.2 de la CEI 60664-1.

**Tableau 2 – Lignes de fuite minimales**

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

<sup>a</sup> Matériau de groupe I, II, IIIa et IIIb.  
<sup>b</sup> Matériau de groupe 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**

|                                                                                                                                                                           |                |                                                                                       |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Circuit d'alimentation</b> (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés) avec les dispositions de protection spécifiées en 6.4.2.2.                      | par rapport au | <b>circuit de soudage</b> (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés) | 5 MΩ   |
| <b>Circuit d'alimentation</b> (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 | <b>circuit de soudage</b> (y compris les circuits de commande qui lui sont raccordés) | 2,5 MΩ |
| <b>Circuits de commande et parties conductrices exposées</b>                                                                                                              | par rapport à  | <b>tous les circuits</b>                                                              | 2,5 MΩ |

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.

Les composants électroniques à semi-conducteurs et leurs dispositifs de protection peuvent être court-circuités pendant les mesurages.

### 6.2.5 Rigidité diélectrique

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

- premier essai d'une source de courant de soudage: tensions d'essai indiquées au Tableau 4;
- répétition de l'essai sur la même source de courant de soudage: tension d'essai égale à 80 % des valeurs indiquées au Tableau 4.

**Tableau 4 – Tensions d'essai diélectrique**

| Tension assignée maximale <sup>a</sup><br>V eff. | Tension d'essai diélectrique CA<br>V eff. |                                                                                                                                                         |                                                                                   |                                                                                                                                         |                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | Tous circuits                             | 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 disposition de protection différentes de celles spécifiées en 6.4.2.2 | Entre le circuit d'alimentation et le circuit de soudage avec les disposition de protection spécifiées en 6.4.2.2 |
|                                                  |                                           | Matériel de classe I                                                                                                                                    | Matériel de classe II                                                             |                                                                                                                                         |                                                                                                                   |
| Jusqu'à 50                                       |                                           | 250                                                                                                                                                     | 500                                                                               | 500                                                                                                                                     | -                                                                                                                 |
| 200                                              |                                           | 1 000                                                                                                                                                   | 2 000                                                                             | 1 000                                                                                                                                   | 2 000                                                                                                             |
| 450                                              |                                           | 1 875                                                                                                                                                   | 3 750                                                                             | 1 875                                                                                                                                   | 3 750                                                                                                             |
| 700                                              |                                           | 2 500                                                                                                                                                   | 5 000                                                                             | 2 500                                                                                                                                   | 5 000                                                                                                             |
| 1 000                                            |                                           | 2 750                                                                                                                                                   | 5 500                                                                             | -                                                                                                                                       | 2 750                                                                                                             |

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

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

<sup>a</sup> Pour les valeurs intermédiaires, excepté entre 200 V et 450 V, l'interpolation des tensions d'essai est permise. L'interpolation des tensions d'essai entre 200 V et 450 V est permise pour les sources destinées à être installées uniquement sur des réseaux d'alimentation à la terre en coude delta.

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 prescrite 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.

NOTE Pour la sécurité de l'opérateur, le réglage le plus faible possible du courant de déclenchement (inférieur 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.

- a) Les composants ou sous-ensembles sont conçus et essayés 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 d'essayer une partie du circuit. Exemples: moteurs de ventilateurs et moteurs de pompes.
- b) Les composants ou sous-ensembles sont complètement incorporés soit dans le circuit d'alimentation soit dans les circuits de soudage et leur déconnexion n'empêche pas d'essayer 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 conductrice de protection ne doivent pas être déconnectés pendant l'essai et ils doivent alors être essayés comme des parties conductrices accessibles.

A 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 essayés 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 essayés avant d'avoir été remplis avec le liquide de refroidissement.

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

- a) 60 s (essais de type);
- b) 5 s (essais individuel de série); ou
- c) 1 s (essais individuels de série avec tension d'essai augmentée de 20 %).

#### **6.2.6 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 par mètre; 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 de base;
- des barrières ou des enveloppes;
- une limitation de la tension;
- une limitation du courant de contact constant et la charge.

Plus de détails peuvent être trouvés dans la CEI 61140.

#### **6.3.2 Tension à vide assignée à la sortie**

Si le circuit de soudage est accessible pendant le processus de soudage, 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. lissé.

NOTE Le courant lissé est conventionnellement défini comme une tension sinusoïdale ne contenant pas plus de 10 % eff.

La tension mesurée entre deux parties accessibles quelles qu'elles soient ne doit pas excéder les valeurs ci-dessus. Ce mesurage doit être réalisé avec un shunt de 5 k $\Omega$  entre les bornes du voltmètre.

#### **6.3.3 Protection procurée par les barrières ou l'enveloppe**

Les barrières et enveloppes doivent empêcher l'accès aux parties dangereuses sous tension en fournissant un degré de protection efficace contre les chocs électriques. Les barrières et 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 la CEI 60529.

Le matériel de soudage par résistance spécifiquement conçu pour un usage externe doit avoir un degré de protection minimal IP23 en utilisant les procédures d'essai et les conditions de la CEI 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 soumis à des essais d'isolation et de résistance diélectrique.

Quand la construction ou la conception permet l'enlèvement des barrières, l'ouverture des enveloppes ou l'enlèvement de parties de l'enveloppe, 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 servirait plus de protection, restauration 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 doit

- a) ne pas contenir plus de 1 l de liquide inflammable;
- b) être conçu pour ne pas fuir en service normal;
- c) être contenu à l'intérieur du matériel de soudage par résistance ou dans une 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 risques électriques ou 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 en route donc le matériel de soudage par résistance est mis sous tension d'alimentation assignée, à vide 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. Toute faute 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 fuite de liquide au cours des essais de type prescrits 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. 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  $\mu\text{F}$  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 est mis en fonctionnement sous la tension assignée d'alimentation la plus élevée. Le matériel de soudage par résistance est alors 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 Conducteur du courant de protection en fonctionnement normal**

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

- a) 5 mA pour les matériels connectés par prise jusqu'à 32 A;
- b) 10 mA pour les matériels connectés par prise de plus de 32 A;
- c) 10 mA 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 renforcée mesurant au moins 10 mm<sup>2</sup> de Cu ou 16 mm<sup>2</sup> 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  $\Omega$ ) 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.

## **6.4 Protection contre les chocs électriques en cas de défaut (contact indirect)**

### **6.4.1 Généralités**

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

Pour chaque circuit ou partie d'équipement 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 matériel est donnée de 6.4.2.2 à 6.4.2.4.

Pour chaque circuit ou partie d'équipement électrique différente du circuit de soudage, au moins une des mesures conformément à 6.4.1.1 et 6.4.1.2 doit être appliquée:

- mesures pour éviter la possibilité d'un courant de contact (6.4.1.1); ou
- déconnexion automatique de l'alimentation avant le que le temps de contact avec une tension de contact puisse devenir dangereuse (6.4.1.2)

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

Si les mesures sélectionnées nécessitent une coordination avec le type d'alimentation et le système de mise à la terre, le fabricant peut exiger des informations sur le système d'alimentation de la puissance à l'utilisateur et concevoir le matériel selon cette information (par exemple en utilisant le formulaire d'enquête de l'Annexe B de la CEI 60204-1).

Le fabricant doit indiquer dans le manuel d'instruction le(s) système(s) de mise à la terre de l'alimentation (par exemple systèmes TN/TT/IT) et les caractéristiques pertinentes d'alimentation (par exemple fusible, coupe-circuit, et/ou le réglage du différentiel).

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 la CEI 61140.

#### **6.4.1.1 Prévention de la probabilité d'un courant de contact**

Les mesures pour éviter la probabilité d'un courant 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 courants de contact sur les parties accessibles lors d'un défaut dans l'isolation de base. Cette protection est assurée par un ou plus des propositions suivantes:

- systèmes électriques ou appareil de classe II (double isolation, isolation renforcée ou par une isolation équivalente selon la CEI 61140);
- assemblages de systèmes de commutation et de commande ayant une isolation totale selon la CEI 60439-1;
- isolation supplémentaire ou renforcée selon 413.2 de la CEI 60364-4-41.

La protection par séparation électrique est destinée à éviter un courant de contact par un contact avec des parties conductrices exposées qui peuvent être mises sous tension par un défaut dans l'isolation de base des parties sous tension de ce circuit. Pour ce type de protection, les exigences de 413.5 de la CEI 60364-4-41 s'appliquent.

#### **6.4.1.2 Protection par déconnexion automatique de l'alimentation**

Cette mesure consiste en une interruption d'une ou plusieurs lignes de conducteurs par l'opération automatique d'un moyen de protection en cas de défaut. Cette interruption doit se produire dans un temps suffisamment court pour limiter la durée d'un courant de contact à un temps tel que le courant de contact ne soit pas dangereux. Des temps d'interruption sont donnés dans la CEI 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 régulateur de la tension de protection;
- les caractéristiques des moyens de protection qui détectent le(s) défaut(s) d'isolation;
- les caractéristiques du courant de défaut (par exemple: forme d'onde, fréquences).

La déconnexion automatique de l'alimentation de n'importe quel circuit affecté par un défaut d'isolation est prévu pour éviter une situation dangereuse résultant d'un courant de contact.

Cette mesure de protection comprend les deux points suivants:

- protection contre le collage aux parties conductrices exposées;

– et soit:

- a) des moyens de protection de surtension pour la déconnexion automatique de l'alimentation sur la détection d'un défaut d'isolation dans les systèmes TN; soit
- b) des moyens de protection du courant résiduels pour provoquer la déconnexion automatique de l'alimentation sur détection d'un défaut d'isolation d'une partie sous tension des parties conductrices exposées ou de la terre dans les systèmes TT; soit
- c) des moyens de protection assurant un suivi de l'isolation ou du courant résiduel pour provoquer la déconnexion des systèmes IT. Excepté quand un moyen de protection est fourni pour interrompre l'alimentation dans le cas d'un premier défaut de terre, un moyen de suivre l'isolation doit être fourni pour indiquer la probabilité d'un premier défaut d'une parties sous tension à des parties conductrices exposées ou à la terre. Le moyen de suivi de l'isolation doit provoquer un signal audible et/ou visuel qui doit se poursuivre aussi longtemps que le défaut persiste.

NOTE Pour les grandes machines, la disposition d'un système de positionnement d'un défaut de terre peut faciliter la maintenance.

Quand une déconnexion automatique est fournie conformément a a), et que la déconnexion dans un temps spécifié dans la CEI 60364-4-41 ne peut être assurée, une régulation supplémentaire doit être fournie pour éviter une future tension de contact excédant 50 V c.a. ou 120 V c.c. lissé entre des parties conductrices accessibles simultanément.

Dans l'éventualité d'un défaut le moyen de protection doit agir pour isoler le matériel de la source d'alimentation dans le temps spécifié dans la CEI 60364-4-41. Selon la disposition choisie, le moyen de déconnexion doit être incorporé dans le matériel par le fabricant ou fourni à l'installation. La sélection d'un type de moyen de déconnexion approprié et ses caractéristiques est déterminé à la fois par les paramètres du matériel (caractéristiques du courant de défaut, défaut additionnel de la boucle d'impédance du matériel) et des 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 moyen de déconnexion n'est pas incorporé dans le matériel mais fourni à l'installation, le fabricant doit spécifier à l'utilisateur les informations appropriées pour permettre une sélection correcte (par exemple type de différentiel 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 en 6.4.2.2 jusqu'à 6.4.2.11 doit être adoptée. La connexion du conducteur de protection au noyau ou à la carcasse du transformateur est seulement obligatoire quand ces parties sont accessibles à l'opérateur.

Les dispositions décrites du 6.4.2.4 à 6.4.2.10 sont basées sur une déconnexion automatique de l'alimentation (voir 6.4.1.2).

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 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 CA ou CC), la valeur de la tension secondaire, l'impédance ou la résistance des conducteurs protecteurs de l'isolation dans lesquels le courant circule. Comme ces courants vagabonds peuvent mettre en danger l'intégrité du conducteur de protection, le fabricant doit informer l'utilisateur du matériel des dispositions sous lesquelles le matériel est convenable pour le soudage des pièces à souder non isolées sans augmentation du danger (par exemple exigences d'installation et vérification).

Pour le soudage indirect multi-points 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 pouvant sans doute mettre en danger l'intégrité du conducteur de protection ne peuvent être évités.

#### 6.4.2.2 Isolement double ou renforcé 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 conformément au 6.3.2 (par exemple circuits d'alimentation auxiliaires), par un isolement double ou renforcé selon 6.3.

Entre les enroulements des circuits d'alimentation et du circuit de soudage (y inclus 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<br>V eff. | Distance minimale à travers l'isolation<br>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 secondaire connecté au conducteur de protection ou quand d'autres dispositions du 6.4.2.3 au 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 conformément au 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 conformément au 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 fuite entre les sorties de soudage et la borne du conducteur de protection ne doit pas excéder 10 mA CA eff.

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et mesurage du courant de fuite par un circuit à circuit tel que montré en Figure 1 à la tension d'alimentation assignée et en fonctionnement à vide.*

Le circuit de mesurage doit avoir une résistance totale de  $(1\,750 \pm 250) \, \Omega$  et être shunté par un condensateur de telle manière que le temps constant du circuit soit  $(225 \pm 15) \, \mu\text{s}$ .

Dans le cas de  $1\,750 \, \Omega$ , le condensateur sera de 130 nF.

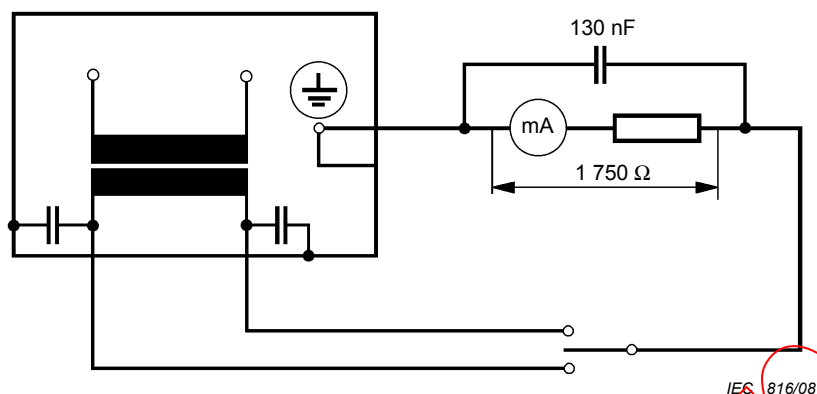


Figure 1 – Mesurage du courant de fuite

#### 6.4.2.3 Ecran 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.

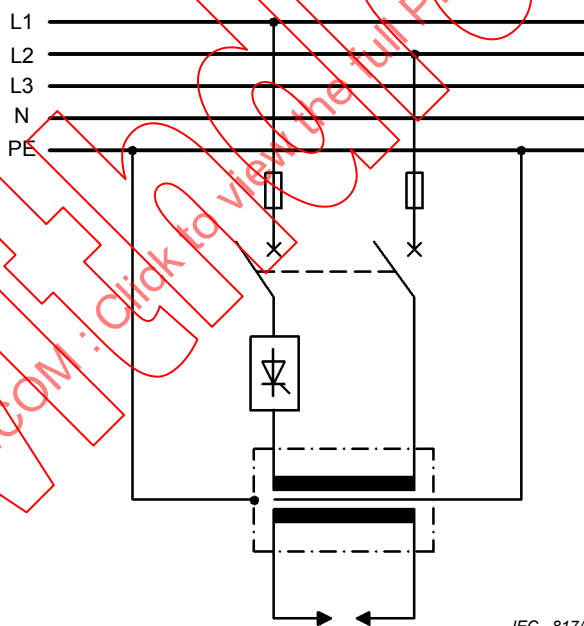


Figure 2 – Exemple d'écran métallique entre les enroulements du circuit d'alimentation et le circuit de soudage

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,

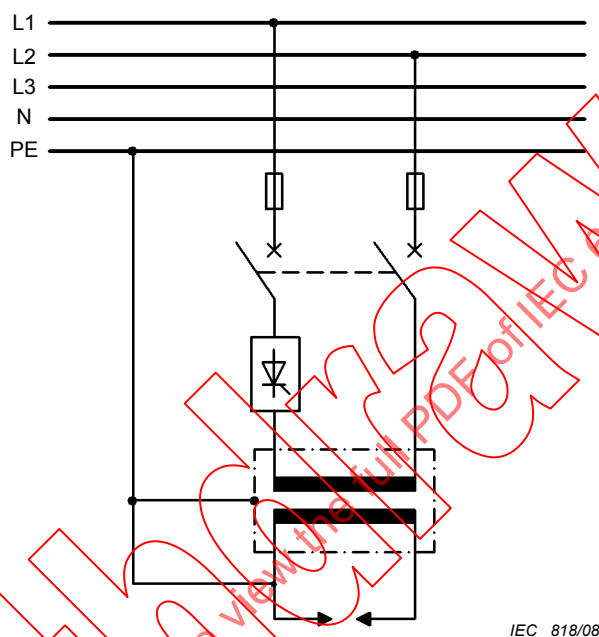
- le circuit de soudage doit être isolé électriquement des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée conformément au 6.3 déterminée par la tension d'alimentation de travail; ou
- le circuit d'alimentation doit être électriquement isolé des parties métalliques du transformateur par une isolation double ou renforcée conformément au 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 fuite entre les sorties de soudage et la borne du conducteur de protection ne doit pas excéder 10 mA CA eff.

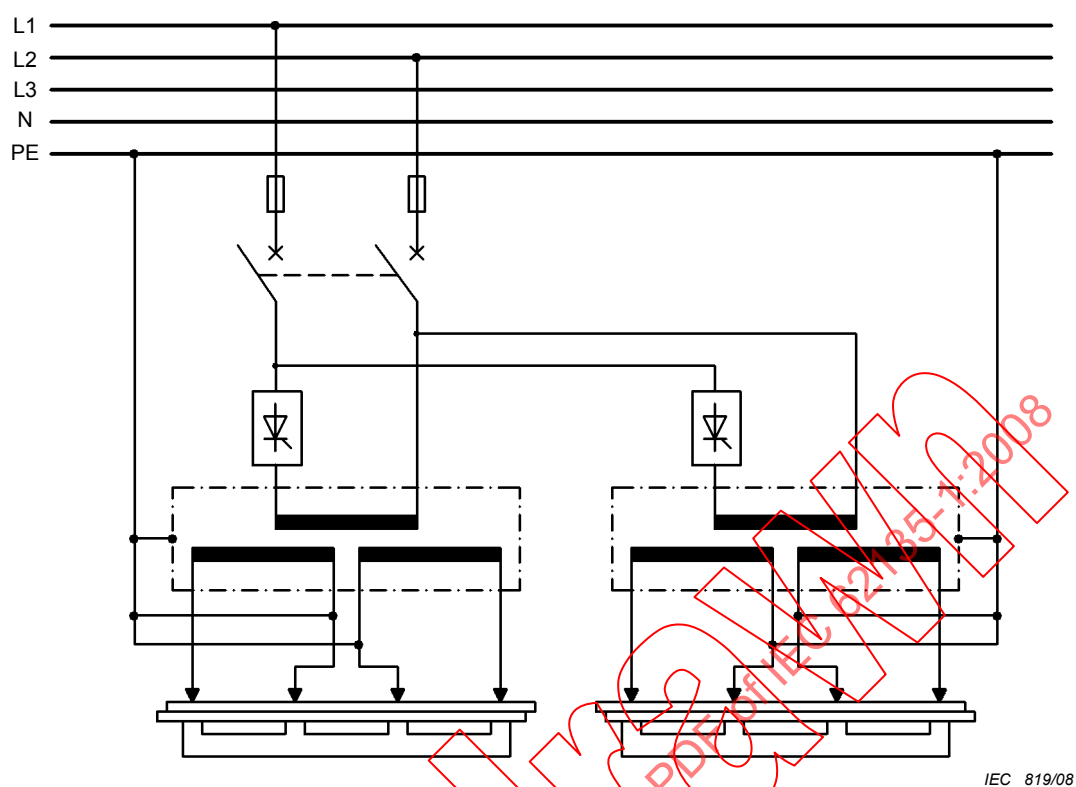
*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et mesurage conformément au 6.4.2.2.*

#### 6.4.2.4 Conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage

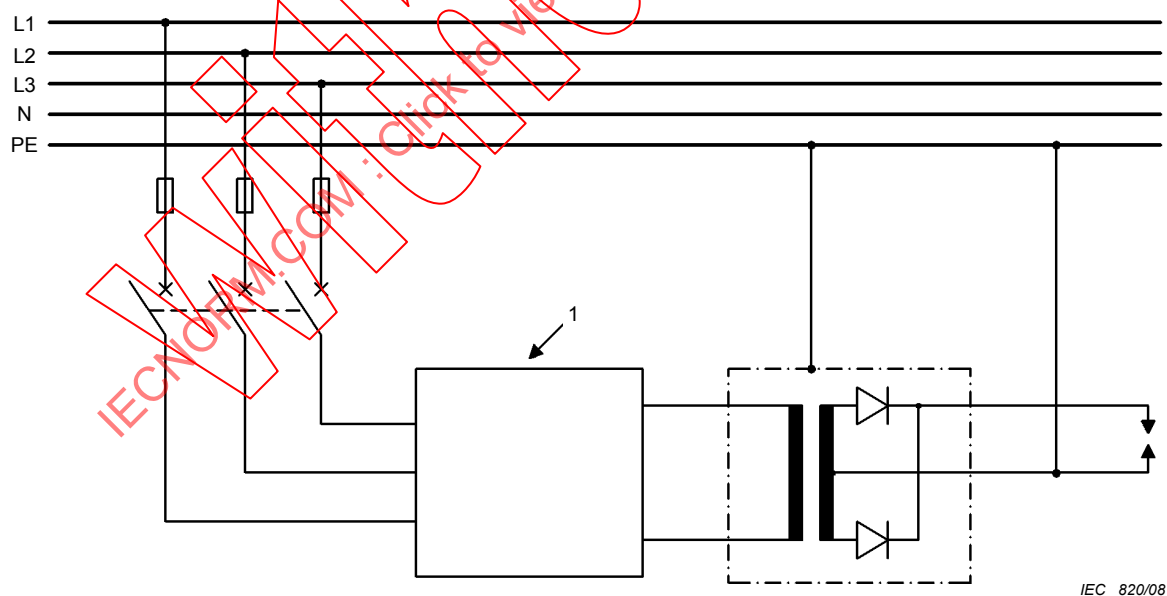


**Figure 3 – Conducteur de protection connecté directement au circuit de soudage  
(matériel de soudage mono point, courant c.a.)**

NOTE Si les pièces à souder ne sont pas isolées du conducteur de protection, l'intégrité du conducteur de protection du système d'alimentation principal devrait être examinée.



**Figure 4 – Exemple de conducteur de protection connecté directement aux circuits de soudage (matériel de soudage multi points courant c.a.)**



#### Légende

1 Onduleur

**Figure 5 – 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 3, 4 et 5 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 conformément à 6.4.2.5 à 6.4.2.8 peut être utilisée

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et un fonctionnement.*

#### 6.4.2.5 Conducteur de protection connecté à travers une impédance

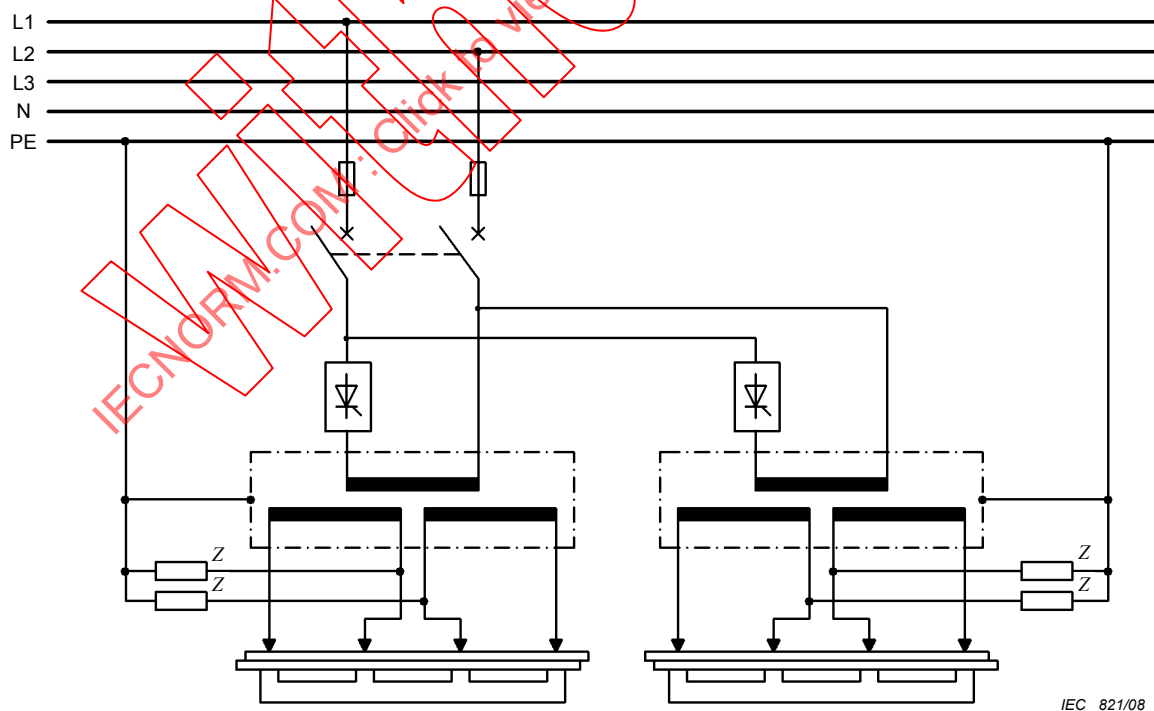
Chaque circuit de sortie y compris l'enroulement doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection par une impédance, selon la Figure 6, pour limiter la circulation de courants.

L'impédance doit être conçue de telle manière que, dans le cas d'un défaut, le moyen de protection du circuit d'alimentation, fourni lors de l'installation, agisse dans le temps spécifié de la CEI 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 juste éviter une opération de moyens de déconnexions en surcharge de courant (c'est-à-dire que les temps spécifiés dans la CEI 60364-4-41 peuvent ne pas être remplis).

Le système d'impédance de protection doit comprendre les résistances thermiques et électriques se produisant pendant le défaut avant que le système de protection opère.

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et selon la CEI 60364-6.*



**Figure 6 – 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

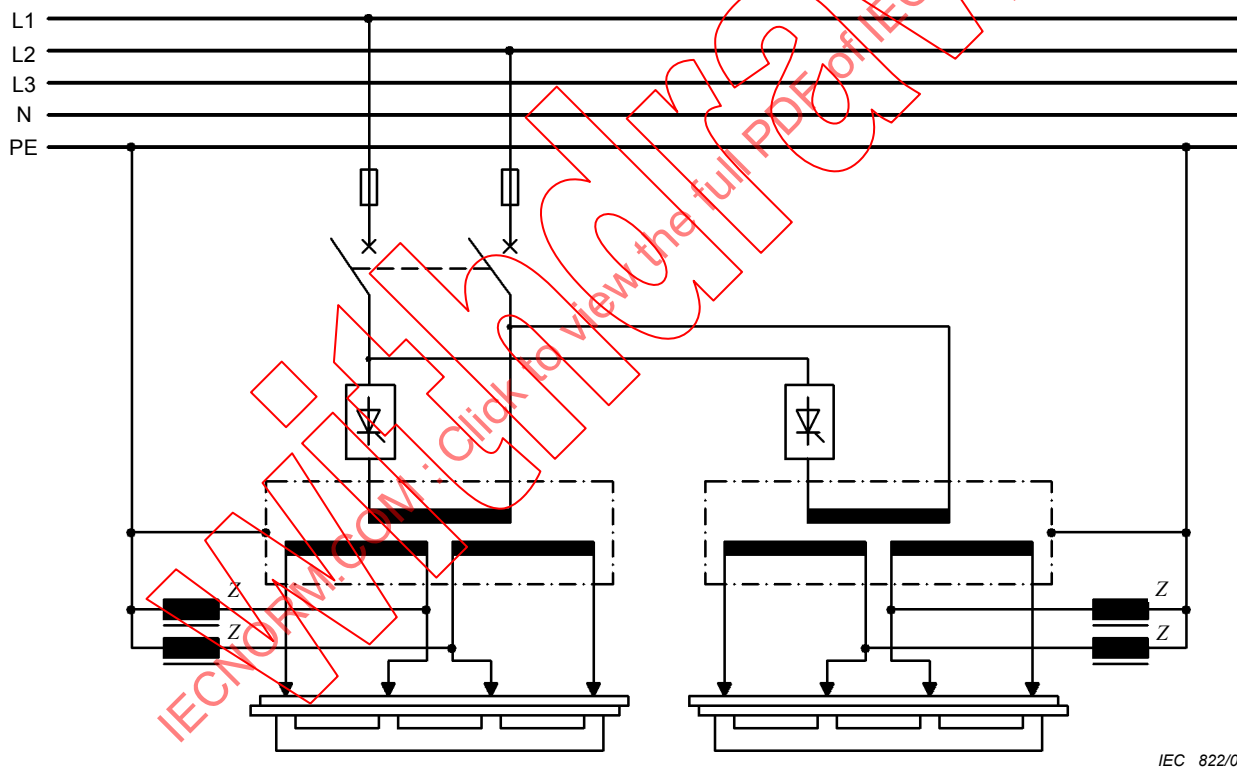
Chaque circuit de sortie y compris l'enroulement doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection par une auto-inductance saturable, selon la Figure 7 ou la Figure 8, pour limiter la circulation de courants.

L'impédance doit être conçue de telle manière que, dans le cas d'un défaut, le moyen de protection du circuit d'alimentation, fourni lors de l'installation, agisse dans le temps spécifié dans la CEI 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 juste éviter une opération de moyens de déconnexions en surcharge de courant (c'est-à-dire que les temps spécifiés dans la CEI 60364-4-41 peuvent ne pas être remplis).

Le système d'impédance de protection doit comprendre les résistances thermiques et électriques se produisant pendant le défaut avant que le système de protection opère

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et selon la CEI 60364-6.*



IEC 822/08

**Figure 7 – Exemple de conducteur de protection connecté aux circuits de soudage à travers des auto-inductances**



#### 6.4.2.7 Dispositif à courant différentiel résiduel (RCD)

Chaque enroulement doit être connecté de manière permanente au conducteur de protection directement ou au moyen d'une résistance appropriée selon la Figure 9 ou la Figure 10.

Le RCD installé doit être une partie intégrale du matériel. Un RCD supplémentaire doit être installé sur la ligne d'alimentation.

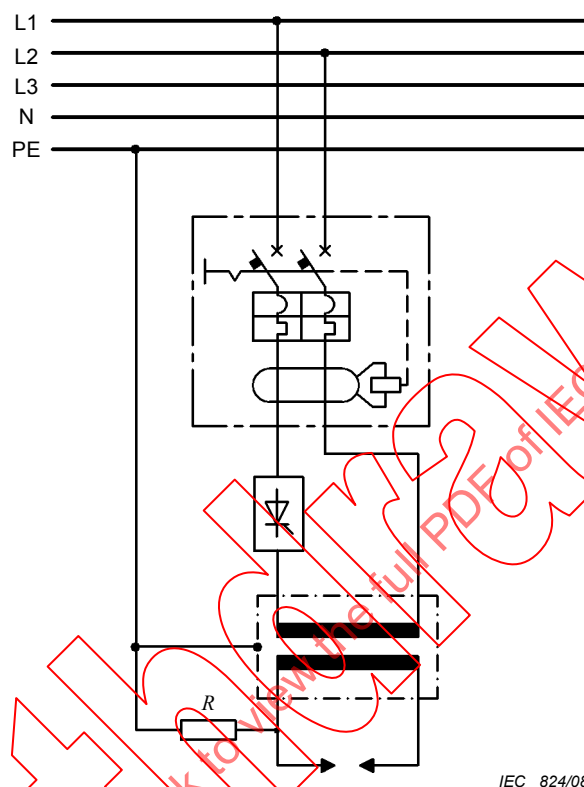
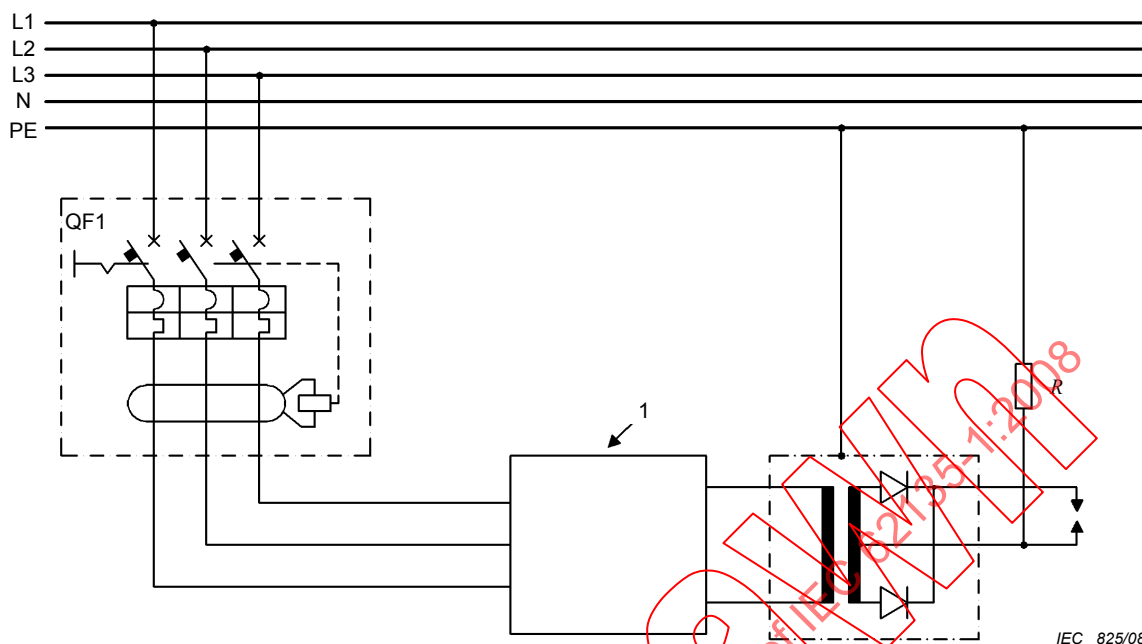


Figure 9 – Exemple de dispositif résiduel différentiel (matériel de courant c.a.)



#### Légende

1 Onduleur

**Figure 10 – Exemple de dispositif résiduel différentiel (matériel de moyenne fréquence)**

Le choix du type de RCD doit être fait selon la forme d'onde du possible courant de défaut.

La sélection de sensibilité du RCD exige une coordination avec l'installation de la connexion de terre; 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 de terre; ou
- en utilisant un différentiel de haute sensibilité avec une valeur maximale  $I_{\Delta n}$  de 30 mA.

La résistance doit être dimensionnée pour permettre le fonctionnement du différentiel pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans la CEI 60364-4-41. La résistance doit comprendre les résistances thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le différentiel agisse.

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.*

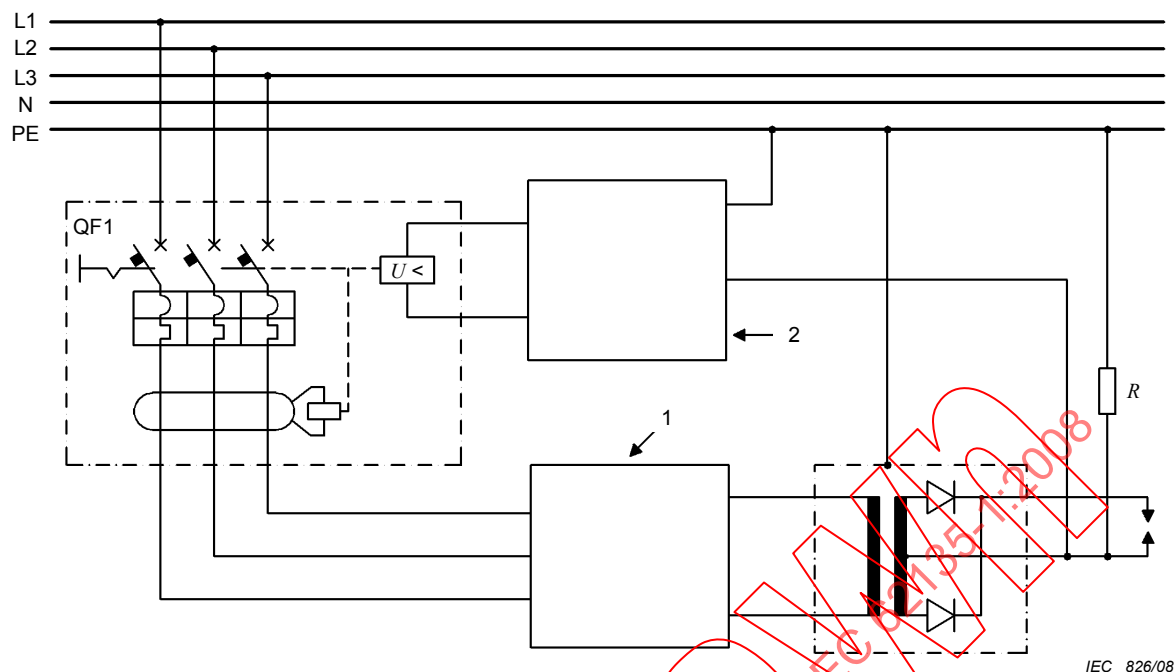
#### 6.4.2.8 Dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension

La sécurité est obtenue à la fois par un dispositif à courant différentiel résiduel et un relais de tension (voir Figure 11). Le système est approprié pour les systèmes redressés secondaires.

Le RCD installé et le relais de tension doivent être une partie intégrale 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 doit être pris en considération dans le choix du disjoncteur de fuite à la terre.

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.*



#### Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension

**Figure 11 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de tension**

Le choix du type de RCD doit être fait selon la forme d'onde du possible courant de défaut.

La sélection de sensibilité du RCD exige une coordination avec l'installation de la connexion de terre; 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 de terre; ou
- en utilisant un différentiel de haute sensibilité avec une valeur maximale  $I_{\Delta n}$  de 30 mA.

La résistance doit être dimensionnée pour permettre le fonctionnement du différentiel pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans la CEI 60364-4-41. La résistance doit comprendre les résistances thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le différentiel agisse.

#### 6.4.2.9 Dispositif à courant différentiel résiduel et relais de sécurité de tension

La sécurité est assurée à la fois par le RCD et le relais de sécurité de tension (voir Figure 12).

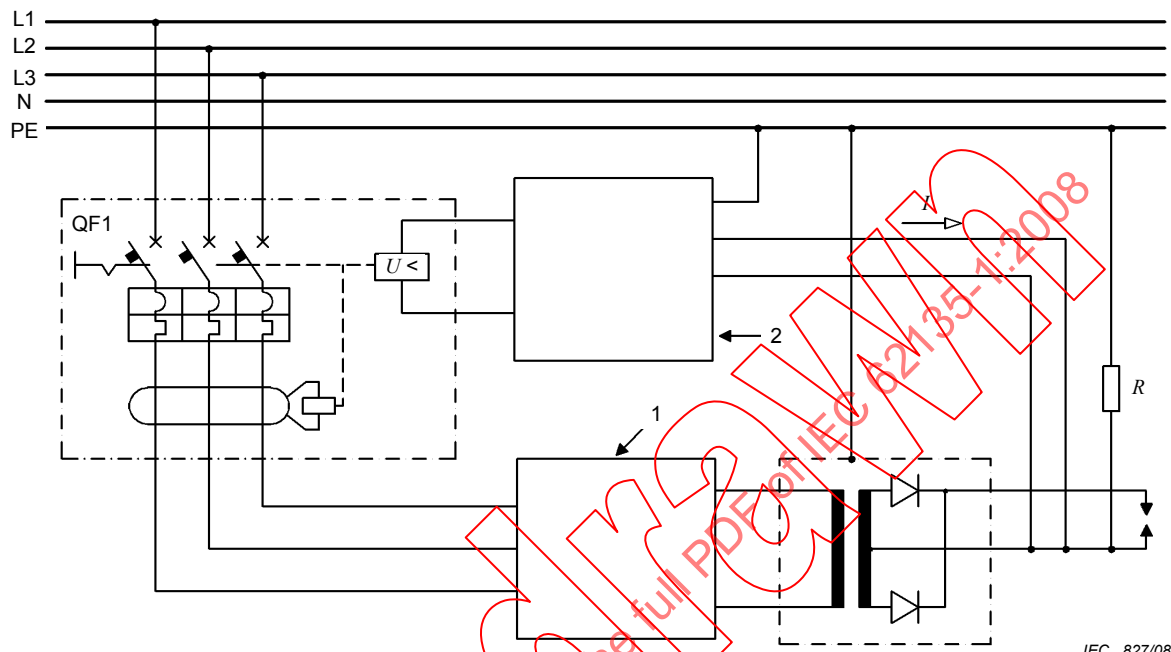
Chaque enroulement de sortie doit être connecté de manière permanente au relais de tension de sécurité conformément à la Figure 12. Un disjoncteur à commande positive doit être utilisé.

Pour permettre au relais de tension d'être de sécurité, il doit être équipé d'un circuit de commande assurant la continuité de la connexion au conducteur secondaire et détectant un possible défaut de terre des fils de sondage.

Le RCD installé et le relais de sécurité de tension doivent être une partie intégrale du matériel.

*La conformité doit être vérifiée par examen visuel et fonctionnement.*

NOTE Si des redresseurs sont utilisés sur le circuit d'alimentation, une composante de courant continu peut apparaître en cas de défaut. Cela doit être pris en considération dans le choix du disjoncteur de fuite à la terre.



#### Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension de sécurité

**Figure 12 – Exemple de dispositif à courant différentiel résiduel et relais de sécurité de tension**

Le choix du type de RCD doit être fait selon la forme d'onde du possible courant de défaut.

La sélection de sensibilité du différentiel exige une coordination avec l'installation de la connexion de terre; ceci peut être réalisé par

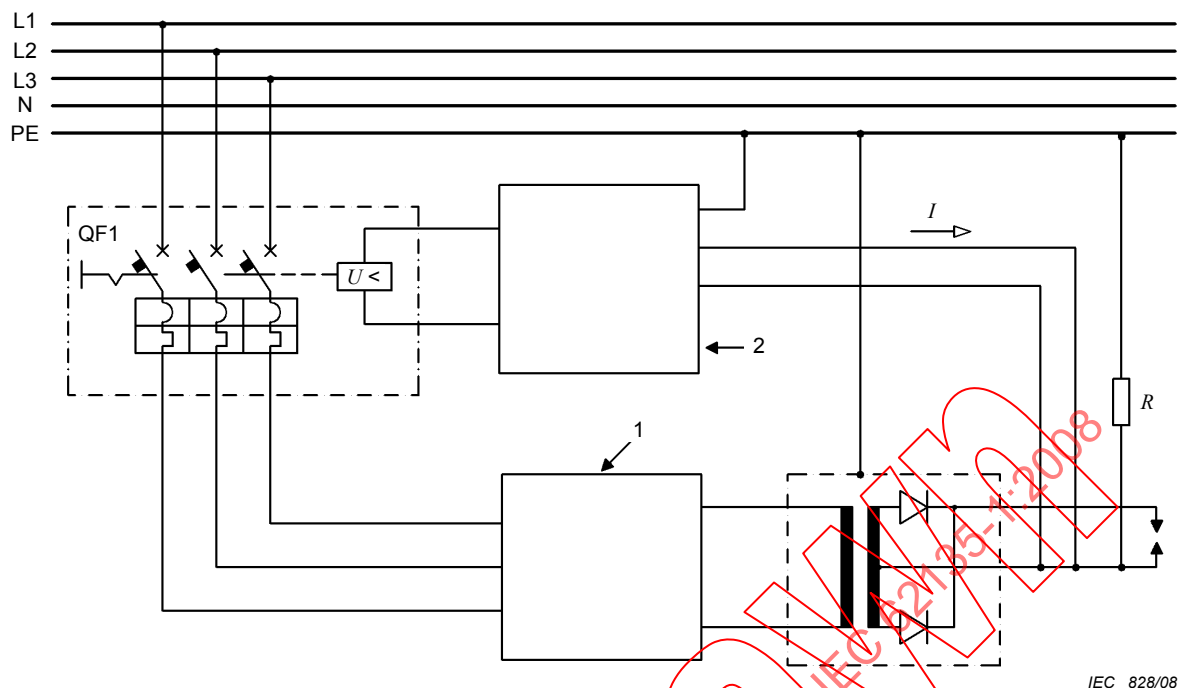
- un mesurage préalable sur le lieu d'installation; ou
- une exigence dans le manuel d'instruction d'une valeur maximale autorisée de la résistance de la connexion de terre; ou
- en utilisant un différentiel de haute sensibilité avec une valeur maximale  $I_{\Delta n}$  de 30 mA.

La résistance doit être dimensionnée pour permettre le fonctionnement du RCD pour chaque réglage du matériel dans le temps spécifié dans la CEI 60364-4-41. La résistance doit comprendre les résistances thermiques et électriques se produisant en cas de défaut avant que le RCD agisse.

#### 6.4.2.10 Relais de sécurité actionné par la tension

La sécurité est assurée par un relais de tension de sécurité (voir Figure 13).

Chaque enroulement doit être connecté de manière permanente au relais fonctionnant sur la tension de sécurité selon la Figure 13. Un disjoncteur de circuit à contrôle positif doit être utilisé.



#### Légende

- 1 Onduleur
- 2 Relais de tension de sécurité

**Figure 13 – Exemple de relais fonctionnant sur la tension de sécurité**

Pour permettre au relais de tension d'être sûr, il doit être fourni avec un contrôle de circuit assurant la continuité de la connexion au conducteur secondaire, et assurant la détection d'un possible défaut de terre des fils de sondage.

*La conformité est 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 évitée par des moyens de protection pour

- a) éviter l'accès au(x) circuit(s) de soudage quand un défaut du(des) transformateur(s) 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 moyens ayant le même niveau de sécurité.

Le circuit de contrôle doit se mettre en sécurité sur défaut, résultant en un déclenchement du transformateur et évitant une reconnexion.

NOTE 1 Les mesures de protection sont par exemple des barrières fixes, des barrières mobiles fermables, des moyens 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 ne fournissent 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 mis en sécurité et positionnés pour éviter des relâchements accidentels, qui pourraient causer un contact électrique entre

- a) le circuit d'alimentation ou n'importe quel autre circuit et le circuit de soudage pour que la tension de sortie devienne plus grande que la tension à vide admissible;
- b) le circuit de soudage et le conducteur de protection, l'enveloppe, le châssis ou le cœur. (seulement avec les dispositions du 6.4.2.2 et du 6.4.2.3).

Lorsque les conducteurs isolés traversent des parties métalliques, des manchons en matériau isolant doivent être prévus ou bien les arêtes des ouvertures doivent être usinées avec un rayon non inférieur à 1,5 mm.

Les conducteurs nus doivent être fixés de telle sorte que les distances d'isolement dans l'air et 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 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 plus forte tension à laquelle chacun des câbles du même conduit peut être soumis.

*La conformité doit être vérifiée* par examen visuel et par mesurage.

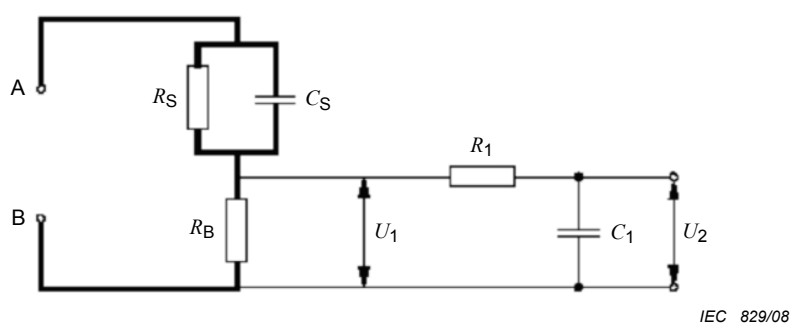
#### **6.4.4 Courant de contact en cas de défaut**

Pour les matériels de classe 1, le courant de contact pondéré en cas de perte du conducteur de protection extérieur ne doit pas excéder 10 mA en crête, excepté pour les matériels avec une connexion permanente par un conducteur de protection renforcé.

*La conformité doit être vérifiée* en utilisant le circuit de mesurage montré sur la Figure 14. La borne B doit être connectée à la ligne d'alimentation du conducteur de protection, la borne A doit être connectée à la borne du conducteur de protection du matériel.

Le matériel de soudage par résistance est dans les conditions suivantes:

- isolé du plan mis à la terre;
- alimenté par la plus forte tension d'alimentation assignée;
- non connecté à la terre de protection sauf à travers des composants de mesure;
- le circuit de sortie est en condition à vide;
- les condensateurs de suppression d'interférences ne doivent pas être déconnectés.



#### Légende

|       |                |       |                 |
|-------|----------------|-------|-----------------|
| A, B  | Bornes d'essai | $C_S$ | 0,22 $\mu$ F    |
| $R_S$ | 1 500 $\Omega$ | $R_1$ | 10 000 $\Omega$ |
| $R_B$ | 500 $\Omega$   | $C_1$ | 0,022 $\mu$ F   |

Courant de contact pondéré (perception, réaction et dégagement) =  $\frac{U_2}{500}$  (valeur de crête)

**Figure 14 – Réseau de mesure du courant de fuite**

NOTE Attention! Une personne qualifiée est nécessaire pour réaliser cet essai. Le conducteur de protection est débranché pour cet essai. Le corps de l'unité en essai peut présenter une tension dangereuse. Pour une sécurité maximale, un transformateur d'essai pour l'isolation peut être utilisé. Voir la CEI 60990.

#### 6.4.5 Matériel de soudage par résistance en c.c. fonctionnant à la fréquence du réseau

Pour les redresseurs à branchement centre et en double étoile ou les redresseurs à pont les connexions fonctionnant à la fréquence de la 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, les connexions de terre sur les bornes de sortie doivent être connectées au transformateur secondaire.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.7 à 6.4.2.9 sont utilisées, les résistances de connexion sur les bornes de sortie doivent être connectées au transformateur secondaire.

Si les dispositions spécifiées en 6.4.2.8 à 6.4.2.10 sont utilisées, le(s) connecteur(s) du relais de tension sur la borne de sortie doi(ven)t être directement connectée(s) au transformateur secondaire.

NOTE La connexion à la borne de sortie de la diode 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 nouvelles exigences.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.4 à 6.4.2.6 sont utilisées, les connexions de terre sur les bornes de sortie doivent être connectées au transformateur secondaire. De plus la conception doit tenir compte des conditions spéciales décrites en 6.4.2.1 et dans l'Annexe E.

Si les dispositions spécifiées de 6.4.2.7 à 6.4.2.9 sont utilisées, les résistances de connexion sur les bornes de sortie doivent être connectées au transformateur secondaire. De plus la conception doit tenir compte des conditions spéciales décrites en 6.4.2.1 et dans l'Annexe E.

Si les dispositions spécifiées en 6.4.2.8 à 6.4.2.10 sont utilisées, le(s) connecteur(s) du relais de tension sur la borne de sortie doit(ven)t être directement connecté(e)s au transformateur secondaire. De plus le relais de tension doit être adapté à la forme d'onde de sortie de l'onduleur.

NOTE La connexion à la borne de sortie de la diode 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 protection

La continuité du circuit 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 sont réalisés entre la borne de protection externe (PE) et les points significatifs qui font partie du circuit de protection. La durée du test est 1 s. La tension mesurée entre la borne PE et les points d'essai ne doit pas excéder les valeurs données dans le Tableau 6.

**Tableau 6 – Continuité du circuit de protection**

| Section minimale effective du conducteur de protection de la branche en essai<br>mm <sup>2</sup> | Chute de tension maximale mesurée (valeurs données pour un courant d'essai de 10 A)<br>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 systèmes d'interruption dans le circuit d'alimentation peut être installée. Un agrément spécial entre le fabricant et l'utilisateur doit être établi dans certains 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 portables 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 cette norme, par exemple temps de réaction approprié et sensibilité du différentiel.

*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 barres conductrices connectées 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 systèmes de mesure, les seuls accès autorisés doivent être les ouvertures à couvercles plats, des portes d'inspection ou des panneaux aisément démontables fournis par le fabricant. La ventilation dans la zone d'essai et les systèmes 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 lui ou en provenant.

Le matériel de soudage doit être court-circuité en conformité avec l'ISO 669.

Le matériel de soudage fonctionne

- a) avec le courant de sortie en court-circuit maximal ( $I_{2cc}$ ) au facteur de marche correspondant selon un cycle de temps selon les conditions de fonctionnement réelles; au facteur de marche correspondant au courant permanent de sortie ( $I_{2p}$ ), ou
- b) avec le courant de sortie permanent ( $I_{2p}$ ) à 100 % du facteur de marche.

Pour les matériels refroidis par liquide, le débit doit être spécifié sur la plaque signalétique.

Dans le cas de matériel en courant c.c. fonctionnant à moyenne fréquence (matériel avec onduleur) l'essai doit être réalisé dans les conditions suivantes de fonctionnement.

- 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 669.
- 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 correspondant au courant de sortie permanent ( $I_{2p}$ ) en considérant le courant de sortie du matériel pendant l'essai, mesuré en utilisant un temps d'intégration égal à la durée de la pulsation.

#### 7.1.2 Tolérances des paramètres d'essai

Pendant les 60 dernières minutes 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 (si applicable):  $\pm 5$  % 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'augmentation de température n'excède pas 2 K/h sur n'importe quel composant pour 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 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 La dimension et la répartition des points chauds dans les enroulements dépendent de la conception du matériel de soudage.

Il faut assurer une bonne efficacité de la transmission de chaleur entre le point de mesure et le capteur de température, et le capteur de température doit 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'augmentation de température des enroulements est déterminée par l'augmentation de leur résistance et est obtenue 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 ( $\Omega$ );

$R_2$  est la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai ( $\Omega$ ).

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  $\pm 3$  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.

- a) Arrêt du débit de refroidissement (si applicable).
- b) Arrêt du courant.
- c) 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 noyés 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 mesurage. Ceux-ci sont espacés uniformément autour de la source de courant, à peu près à sa mi-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 minutes de l'essai doit être prise.

#### 7.2.7 Enregistrement des températures

Dans la mesure du possible, les températures sont enregistrées alors que la source de courant de soudage est en fonctionnement et après coupure. Pour les éléments pour lesquels l'enregistrement des températures n'est pas possible pendant que l'équipement est en fonctionnement, les températures se mesurent 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 relevant une courbe conformément à l'annexe C. Un minimum de quatre lectures de températures doit être fait dans un délai de 5 min après la coupure. Dans le cas où les mesures successives feraient apparaître une élévation de température après coupure, la valeur la plus élevée est retenue.

### 7.3 Limites d'accroissement de la température

#### 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. La mesure par résistance ou par thermocouple incorporé doit être utilisée pour les bobines et les enroulements à chaque fois que c'est possible.

**Tableau 7 – Limites de températures pour les enroulements**

| Classe d'isolation<br><br>°C | Température maximale<br><br>°C | Limites de l'échauffement pour les enroulements refroidis par air<br>K |            |                                    |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------|
|                              |                                | Enroulements                                                           |            |                                    |
|                              |                                | Capteurs de température de surface                                     | Résistance | Capteurs de température incorporés |
| 105 (A)                      | 140                            | 55                                                                     | 60         | 60                                 |
| 120 (E)                      | 155                            | 70                                                                     | 75         | 75                                 |
| 130 (B)                      | 165                            | 75                                                                     | 85         | 85                                 |
| 155 (F)                      | 190                            | 95                                                                     | 105        | 110                                |
| 180 (H)                      | 220                            | 115                                                                    | 130        | 135                                |
| 200                          | 235                            | 130                                                                    | 145        | 155                                |
| 220 (C)                      | 250                            | 150                                                                    | 160        | 175                                |

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 extérieure des enroulements.

NOTE 2 Normalement, la température à la surface est la plus faible alors que la méthode de 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 températures limites plus élevées que celles indiquées dans le Tableau 7 existent (voir CEI 60085).

NOTE 4 Dans le cas d'enroulements refroidis par un liquide, il convient d'augmenter la limite d'accroissement de température de 10 K.

Aucune partie ne doit atteindre une température qui provoquerait 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, conformément à 7.2.

#### 7.3.2 Surfaces externes

Les échauffements des surfaces externes que l'utilisateur doit toucher pour faire fonctionner le matériel (contact intentionnel) ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 8.