

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Live working – Conductive clothing

Travaux sous tension – Vêtements conducteurs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Live working – Conductive clothing

Travaux sous tension – Vêtements conducteurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260.01

ISBN 978-2-8322-8099-7

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

CONTENTS

FOREWORD	6
INTRODUCTION	8
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Requirements	12
4.1 General	12
4.2 Requirements for conductive clothing	12
4.2.1 Design	12
4.2.2 Classification	12
4.2.3 Integrity of the conductive clothing	12
4.2.4 Equipotential bonding	13
4.2.5 Screening efficiency	13
4.2.6 Spark-discharge protection	13
4.3 Mechanical requirements for the outer layer material	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Tear resistance	13
4.3.3 Burst strength	13
4.3.4 Abrasion resistance	13
4.4 Requirements for material	13
4.4.1 General	13
4.4.2 Flame retardancy	14
4.4.3 Electrical resistance	14
4.4.4 Current-carrying capability	14
4.4.5 Shielding efficiency	14
4.4.6 Resistance to cleaning	14
4.5 Specific requirements for component parts	14
4.5.1 Conductive gloves, overshoe socks and socks	14
4.5.2 Conductive footwear	14
4.5.3 Conductive head cover, scarf and helmet	15
4.5.4 Conductive face screen	15
4.5.5 Requirements for garment – Electrical resistance	15
4.6 Marking	15
4.7 Packaging	16
4.8 Instructions for use	16
5 Tests	16
5.1 General	16
5.2 Mechanical tests for the outer layer material	17
5.2.1 Type test	17
5.2.2 Alternative method to mechanical test in cases where outer layer materials have completed the production phase	17
5.3 Tests of the material	17
5.3.1 General	17
5.3.2 Flame-retardancy test	17
5.3.3 Electrical resistance test	23
5.3.4 Current-carrying capability	26

5.3.5	Shielding efficiency	27
5.3.6	Resistance to cleaning	31
5.3.7	Spark-discharge protection	33
5.4	Tests of garment – Measurement of electrical resistance	34
5.4.1	General	34
5.4.2	Type test	34
5.4.3	Alternative method to electrical resistance test in cases where garments have completed the production phase	35
5.5	Tests of the complete conductive clothing	35
5.5.1	General	35
5.5.2	Integrity of the conductive clothing	35
5.5.3	Bonding test	35
5.5.4	Screening efficiency	36
5.6	Tests of the component parts	43
5.6.1	General	43
5.6.2	Type test	43
5.6.3	Alternative methods in cases where component parts have completed the production phase	51
5.7	Marking	51
5.7.1	Presence and correctness of marking	51
5.7.2	Durability of marking	51
5.8	Packaging	51
5.9	Presence and correctness of instructions for use	51
6	Conformity assessment of products having completed the production phase	52
7	Modification	52
Annex A (informative)	Guidelines for the selection of the maximum voltage class of conductive clothing in relation to the nominal voltage of an electric system	53
Annex B (normative)	Suitable for live working; double triangle (IEC 60417-5216:2002-10) ...	54
Annex C (normative)	General procedure for type tests	55
C.1	Tests on the outer layer material	55
C.2	Tests on material	55
C.3	Tests on the conductive garment	55
C.4	Tests on the conductive component parts	56
C.5	Tests on the complete conductive clothing	56
Annex D (normative)	Classification of defects and tests to be allocated	57
Annex E (informative)	Rationale for the classification of defects	60
Annex F (informative)	In-service use and care	63
F.1	General	63
F.2	Care, storage and repair	63
F.2.1	Care	63
F.2.2	Storage	63
F.2.3	Cleaning and washing	63
F.2.4	Patching and repair of conductive fabric	63
F.3	Inspection before use	64
F.3.1	General	64
F.3.2	Conductive clothing	64
F.3.3	Conductive boots and leg straps	64
F.3.4	Conductive socks and gloves	64

F.4	Non-destructive periodic testing	64
F.4.1	General	64
F.4.2	Time between periodic tests	64
F.4.3	Resistance test	64
F.4.4	Record keeping	65
Annex G (informative)	Face protection	66
G.1	General	66
G.2	Face screen design	66
Annex H (informative)	Example of general arrangement of complete conductive clothing	68
Bibliography		69
Figure 1	– Flame-retardancy test – Test chamber	18
Figure 2	– Flame-retardancy test – Test piece holder and support	20
Figure 3	– Electrical resistance test – Test set-up	24
Figure 4	– Orientation of test pieces for electrical resistance and current-carrying capability tests	25
Figure 5	– Electrical resistance test – Electrical circuit	25
Figure 6	– Shielding efficiency	30
Figure 7	– Screening efficiency of conductive clothing – First method: Test set-up	39
Figure 8	– Screening efficiency of conductive clothing – First method – Details of the measurements	40
Figure 9	– Position of ammeters for screening efficiency test	41
Figure 10	– Second method to check the screening efficiency	42
Figure 11	– Electrical resistance test – Conductive gloves	44
Figure 12	– Electrical resistance test – Conductive overshoe socks and socks	45
Figure 13	– Electrical resistance test – Conductive footwear	47
Figure 14	– Electrical resistance test – Conductive head covers, scarves and face screens	50
Figure B.1	– Symbol for live working with its dimensions (IEC 60417-5216:2002-10)	54
Figure G.1	– Electric field strength as a function of mesh opening radius	67
Figure H.1	– Example of general arrangement of complete conductive clothing	68
Table 1	– Arithmetic mean and maximum resistance of a unit square of the conductive material according to the maximum voltage class of the conductive clothing	26
Table 2	– Minimum shielding efficiency of conductive material according to the maximum voltage class of the conductive clothing	31
Table 3	– Maximum resistance for garment according to the maximum voltage class of the conductive clothing	35
Table 4	– Maximum bonding resistance of the conductive clothing according to its maximum voltage class	36
Table 5	– Maximum phase-to-earth test voltage according to the maximum voltage class of the conductive clothing	37
Table 6	– Minimum screening efficiency of conductive clothing according to the maximum voltage class	42
Table 7	– Parameters of the alternative test and minimum screening efficiency of conductive clothing according to the maximum voltage class	43

Table 8 – Maximum resistance of glove according to the maximum voltage class of the conductive clothing	44
Table 9 – Maximum resistance of overshoe socks and socks according to the maximum voltage class of the conductive clothing	45
Table 10 – Maximum resistance of conductive hood, scarf, helmet and face screen according to the maximum voltage class of the conductive clothing	51
Table A.1 – Designation of maximum use voltage	53
Table C.1 – List of type tests to be carried out on the outer layer material	55
Table C.2 – List of type tests to be carried out on the material	55
Table C.3 – List of type tests to be carried out on the conductive garment	56
Table C.4 – List of type tests to be carried out on the component parts	56
Table C.5 – List of type tests to be carried out on the complete conductive clothing	56
Table D.1 – Classification of defects on the outer layer material and associated requirements and tests	57
Table D.2 – Classification of defects on the conductive material and associated requirements and tests	57
Table D.3 – Classification of defects on the conductive garment and associated requirements and tests	58
Table D.4 – Classification of defects on the conductive component parts and associated requirements and tests	58
Table D.5 – Classification of defects on the complete conductive clothing and associated requirements and tests	59
Table E.1 – Justification for the type of defect	60

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIVE WORKING – CONDUCTIVE CLOTHING

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60895 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2002. This edition constitutes a technical revision.

This 3edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) increase of the use up to 1 000 kV AC and ± 800 kV DC;
- b) introduction of two classes of conductive clothing with different electrical requirements;
- c) revision of the electrical requirements of conductive clothing;
- d) definition of specific resistance values for each component part of the conductive clothing;
- e) introduction of conductive helmet and conductive scarf as *component parts* of conductive clothing;
- f) introduction of mechanical requirements and new tests for fabrics;
- g) update of the cleaning test procedures;

- h) revision of the efficiency test of the conductive clothing to improve the feasibility and repeatability;
- i) preparation of the elements of classification of defects, and general application of IEC 61318:2007;
- j) the normative Annex B for the classification of tests has been replaced by normative Annex C for the general type tests procedure, the normative Annex D for the classification of defects and the informative Annex E providing the justification for the classification of defects;
- k) the normative Annex C on sampling procedure has been deleted (not applicable according to IEC 61318:2007);
- l) modification of the recommended frequency of the periodic tests.

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

FDIS	Report on voting
78/1309/FDIS	78/1312/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.

Terms defined in Clause 3 are given in *italic* print throughout this standard.

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

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

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

INTRODUCTION

This document provides specifications for protective *conductive clothing* currently being used without incident in live work by qualified electrical workers throughout the world. The adequacy of this clothing is established by its *screening efficiency* and the electrical resistance of material and *component parts* of the *conductive clothing*. Based on resistance measurements carried out by manufacturers and utilities of used clothing being successfully worn in the field, differences of up to 1 000 fold have been reported.

The whole set-up and preparation work in very high voltage is made to limit the power of electric arcs during work activities.

When, in the preparation phase of the work, the risk assessment leads to a high probability that there may be electric arcs, due to the short distances or unsuitable equipment insulation, the work is not done.

This approach is dictated by the fact that the electric arcs produced by high-voltage installations have very significant thermal and electrical effects, which are hardly attenuated by protective clothing worn by operators.

If protection against electric arc value is required by agreements between customer and manufacturer, it is possible to perform tests on the fabric and/or on the *garment* complete with accessories using the reference standards already published on this topic by IEC TC 78.

This document has been prepared according to the requirements of IEC 61477, where applicable.

The bibliography provides a list of papers of international level that were used during the development of this edition of IEC 60895.

The product covered by this document may have an impact on the environment during some or all stages of its life cycle. These impacts can range from slight to significant, be of short-term or long-term duration, and occur at the global, regional or local level.

This document does not include requirements and test provisions for the manufacturers of the product, or recommendations to the users of the product for environmental improvement. However, all parties intervening in its design, manufacture, packaging, distribution, use, maintenance, repair, reuse, recovery and disposal are invited to take account of environmental considerations.

LIVE WORKING – CONDUCTIVE CLOTHING

1 Scope

This document is applicable to *conductive clothing*, worn during live working (especially bare-hand working) on AC and DC electrical installations, to provide electrical continuity between all parts of the clothing and a reduction of electric field inside the clothing.

This document is applicable to *conductive clothing* assembled from a conductive *garment* (jackets and trousers or coveralls forming a one-piece *garment*) and from conductive *component parts* (gloves, hoods or helmets, shoes or boots, overshoe socks and socks) in electrical systems with nominal voltage up to 1 000 kV AC and up to ± 800 kV DC.

This document does not indicate values of protection from the effects of the electric arc, because any value indicated would not guarantee the necessary protection from the effects of electric arcs, or the operator would need to wear very heavy and rigid conductive clothing, which would not allow the execution of the work in safety.

The products designed and manufactured according to this document contribute to the safety of the users provided they are used by persons trained for the work, in accordance with the live working methods and the instructions for use.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60212:2010, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 61318, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

IEC 61477, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*

ISO 3175 (all parts), *Textiles – Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments*

ISO 6330, *Textiles – Domestic washing and drying procedures for textile testing*

ISO 12947-1, *Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 1: Martindale abrasion testing apparatus*

ISO 12947-2, *Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 2: Determination of specimen breakdown*

ISO 13937-2, *Textiles – Tear properties of fabrics – Part 2: Determination of tear force of trouser-shaped test specimens (Single tear method)*

ISO 13938-1, *Textiles – Bursting properties of fabrics – Part 1: Hydraulic method for determination of bursting strength and bursting distension*

ISO 15797, *Textiles – Industrial washing and finishing procedures for testing of workwear*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

component part

additional element of the complete *conductive clothing* such as glove, sock, scarf, head cover, face screen, and footwear worn in addition to the main *garment* and bonded to it

3.2

conductive clothing

clothing made of natural or synthetic material(s) with integral interwoven conductive fibres or layers used to provide electrical continuity between all parts of the clothing and a reduction of the electric field inside the clothing

Note 1 to entry: The term *conductive clothing* includes conductive jacket, trousers, coverall (one-piece clothing), gloves, hood, overshoe socks and socks.

Note 2 to entry: *Conductive footwear* and conductive helmet are *component parts* used in conjunction with the *conductive clothing*.

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.8]

3.3

conductive element

metallic thread or non-metallic conductive substance used to make conductive material

3.4

conductive face screen

protective device made of conductive solid or meshed material affording protection to the face of the worker, or portion thereof, from an electric field

SEE: Figure H.1

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.9]

3.5

conductive footwear

protective footwear made with a conductive sole

SEE: Figure H.1

Note 1 to entry: The *conductive footwear* may have a conductive strap for connecting the *conductive clothing*.

Note 2 to entry: *Conductive footwear* may also provide a certain mechanical protection.

3.6**conductive glove**

component part for the protection of hands

SEE: Figure H.1

3.7**conductive head cover**

part of clothing, either as a separate item or integrated into a complete *garment*, that covers the head

SEE: Figure H.1

Note 1 to entry: For example, a *conductive head cover* can be a conductive hood or a conductive helmet.

3.8**conductive material**

material composed of metallic threads or non-metallic conductive substances and natural or synthetic threads closely woven, knitted, or layered

3.9**conductive overshoe sock****conductive sock**

sock made of *conductive material*, worn over shoe or boot

SEE: Figure H.1

3.10**equipotential bonding**

provision of electric connections between conductive parts, intended to achieve equipotentiality

SEE: Figure H.1

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-13-19]

3.11**equipotential bonding lead**

flexible conductive connection used by the worker to connect the *conductive clothing* to another conductive part to create *equipotential bonding*

Note 1 to entry: An *equipotential bonding lead* is not an earthing device.

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.6, modified – The definition has been modified to fit the specific application.]

3.12**garment**

main body of the clothing, either one piece or consisting of jacket and trousers

SEE: Figure H.1

3.13**screening efficiency**

base 10 logarithm of the ratio of the total current injected into the *conductive clothing* and the body to the current flowing only in the body

3.14**shielding efficiency**

base 10 logarithm of the ratio of a voltage without the *conductive material* to the voltage measured at the spot with *conductive material*

3.15

test piece

part of fabric or other part of *conductive material* used for the tests

4 Requirements

4.1 General

The following requirements have been prepared in order that the products covered by this document are designed and manufactured to contribute to the safety of the users, provided they are used by persons skilled for live working, in accordance with safety method of work and the instructions for use.

4.2 Requirements for conductive clothing

4.2.1 Design

The *conductive clothing* shall constitute an electrically continuous assembly for the worker.

The *conductive clothing* can be made of a single *conductive material* layer, or it can be made of a multilayer. In case of a multilayer, the outer layer material of the *conductive clothing* may be conductive or non-conductive, but at least one layer shall be conductive.

If press studs, zip fasteners, hooks and eyes or any other method of fastening are used in the assembly of the complete *conductive clothing*, the electrical conductivity of the clothing should not be impaired.

The bonding lead shall be capable of withstanding the anticipated electrical and mechanical stresses. The design of the *equipotential bonding lead* should be such that it does not interfere with the emergency procedures, for example, in case of a fall.

If the *garment* is made up of more than one piece (for example, separate jacket or trousers), the method of attachment (bonding) of the individual pieces shall be electrically continuous. The overlap of the individual *component parts* shall be such as to ensure that the body of the worker is totally covered.

4.2.2 Classification

The *conductive clothing* covered by this document shall be designated as follows:

- by maximum voltage as class 1 (800 kV AC / ± 600 kV DC) or class 2 (1000 kV AC / ± 800 kV DC);
- by the maximum nominal AC and DC voltage at which the *conductive clothing* can be used (according to the test conditions for *screening efficiency*).

Guidance for the selection of maximum voltage class (AC and DC) is given in Annex A.

NOTE The maximum voltage class 1 corresponds in general criteria to the *conductive clothing* of IEC 60895:2002 (up to 800 kV AC and ± 600 kV DC).

4.2.3 Integrity of the conductive clothing

The *conductive clothing* shall be assembled with all its *component parts*. All the connection systems according to the design shall work properly. All the *component parts* shall not be damaged or deteriorated in normal use, and shall be controlled as specified in 5.5.2. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.2.4 Equipotential bonding

All the *component parts* of the complete *conductive clothing* shall be designed to be electrically bonded, and shall be controlled as specified in 5.5.3. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 4.

4.2.5 Screening efficiency

The *conductive clothing* shall attenuate the electric field. The attenuation of the *conductive clothing* is determined by *screening efficiency*. This requirement shall be controlled as specified in 5.5.4 and shall respect Table 6 or Table 7.

4.2.6 Spark-discharge protection

To reduce the effect of direct spark discharges, the spacing between any individual adjacent *conductive elements* in the *conductive material* shall not exceed 5 mm under all normal wearing conditions including stretching (such as at the elbows or knees). This requirement shall be controlled as specified in 5.3.7.

This requirement is not applicable to the face screen component.

4.3 Mechanical requirements for the outer layer material

4.3.1 General

The outer layer (conductive or non-conductive – see 4.2.1) of the *garment* and the *component parts* shall have the properties given in 4.3.2 to 4.3.4.

The mechanical characteristics of the conductive helmet and *conductive footwear*, if any, are not covered by this document.

4.3.2 Tear resistance

When the outer layer of the *conductive clothing* is made of woven material, it shall have a tear resistance of at least 15 N (for density higher than 220 g/m²) or at least 10 N (for density within 150 g/m² and 220 g/m²) in the machine and the cross directions tested according to ISO 13937-2. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.3.3 Burst strength

When the outer layer of the *conductive clothing* is made of knitted material, it shall have a burst strength of at least 1 300 kPa when using an area of $(7,3 \pm 0,1)$ cm² and a test procedure according to ISO 13938-1. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.3.4 Abrasion resistance

The outer layer material of the *conductive clothing* shall at least resist up to 25 000 abrasion rubs tested according to ISO 12947-2, with an abrasion load of 12 kPa. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.4 Requirements for material

4.4.1 General

The material used to manufacture the *conductive clothing* or the *component parts* shall have the properties given in 4.4.2 to 4.4.6.

4.4.2 Flame retardancy

The material used in *conductive clothing* or in *component parts* shall not ignite and continue to burn when exposed to an ignition source, and shall be controlled as specified in 5.3.2. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.4.3 Electrical resistance

This quality can be considered as a basic element which determines the current-carrying capability and the spark-discharge properties of the material.

The only direct consequence for a worker of the correct value of electrical resistance is the low potential difference between two points of the clothing in contact with the skin, which is thus an element of comfort, and shall be controlled as specified in 5.3.3. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 1.

4.4.4 Current-carrying capability

During the worker's transition to the work position (from the metallic structure of the tower or from the ground in an aerial device) and at the moment of the connection to the live conductor, capacitive currents flow through the clothing. It is necessary for the clothing to be able to conduct the currents. It shall be controlled as specified in 5.3.4. There shall be no damage to the material. This requirement applies to both maximum voltage classes.

4.4.5 Shielding efficiency

The material used for the *conductive clothing* or the *component parts* shall attenuate the electric field. The attenuation of the material is determined by *shielding efficiency*, defined in 3.14. It shall be controlled as specified in 5.3.5. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 2.

4.4.6 Resistance to cleaning

Repeated cleaning shall not deteriorate the properties of electrical resistance, *shielding efficiency* and flame-retardancy properties of the *conductive clothing*. It shall be controlled as specified in 5.3.6. This requirement applies to both maximum voltage classes.

These requirements do not apply to *conductive materials* which are not made of fabric.

4.5 Specific requirements for component parts

4.5.1 Conductive gloves, overshoe socks and socks

The maximum resistance value of *conductive gloves*, when measured using the specified electrodes, shall be according to 5.6.2.1. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 8.

The maximum resistance value of *conductive overshoe socks* and socks, when measured using the specified electrodes, shall be according to 5.6.2.2. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 9.

4.5.2 Conductive footwear

The maximum resistance value, when measured using the specified electrodes, shall be according to 5.6.2.3.

4.5.3 Conductive head cover, scarf and helmet

To provide the worker with a full screening effect, the head and neck shall be covered with *conductive material*. This can be achieved by a *conductive hood* or by a conductive helmet with a scarf and by a *conductive face screen*.

Component parts used for screening the head shall allow for free movement of the head.

Provisions shall be made for an effective and efficient electrical bonding between any head cover, scarf and the total *garment*.

The maximum resistance value, when measured using the specified electrodes, shall be according to 5.6.2.4. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 10.

The mechanical characteristics of the conductive helmet or other type of *conductive head cover*, if any, are not covered by this document.

4.5.4 Conductive face screen

For *conductive clothing* of maximum voltage class 1 if no *conductive face screen* is provided, protective flaps, conductive visor or the shape of the hood shall ensure face protection. *Conductive clothing* of maximum voltage class 2 shall always be used in conjunction with a *conductive face screen*. Further information can be found in Annex G.

Component parts used for screening the face shall allow for free movement of the head.

Provisions shall be made for an effective and efficient electrical bonding between *conductive face screen* and the total *garment*, according to 5.6.2.4. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 10.

NOTE Other types of face screen, not examined in this document, can be used for *conductive clothing* of class 1 in order to respect national regulations related to the reduction of the value of the electric field.

4.5.5 Requirements for garment – Electrical resistance

The *garment* shall not have high values of electrical resistance to facilitate the *screening efficiency* and improve operator comfort. It shall be controlled as specified in 5.4.2. This requirement shall respect the value for each maximum voltage class shown in Table 3.

4.6 Marking

Each *garment* and *component part* shall carry, as a minimum, the following permanent items of marking:

- name or trade mark of the manufacturer;
- type reference and size (in accordance with ISO standards);
- year of manufacture;
- maximum voltage class of the *conductive clothing*;
- maximum nominal AC and DC voltage at which the *conductive clothing* can be used;
- symbol IEC 60417-5216:2002-10 – Suitable for live working; double triangle (see Annex B) attached by sewing, adhesion or other suitable means or printed;

NOTE The exact ratio of the height of the figure to the base of the triangle is 1,43:1. For the purpose of convenience, this ratio can be between the values of 1,4 and 1,5.

- number of the relevant IEC standard immediately adjacent to the symbol (IEC 60895).

Markings shall be clearly visible and legible to a person with normal or corrected vision without additional magnification.

Other characteristics or information not needed at the work location, like the year of publication of the standard, storage conditions, shall be attached to the product item by other means, such as coded information (bar codes, microchips, etc.), or shall be attached to its packaging.

4.7 Packaging

The *conductive material* may become oxidized when stored in the ambient air conditions. The manufactured clothing shall be packaged for shipment in such a way that oxidation is retarded. If the parts of clothing are to be issued by the user separately, individual packaging of parts should be requested by the user. For example, the *conductive clothing* may be packaged inside an airtight plastic bag with tissue paper protecting the *conductive clothing* from contact with the plastic bag.

4.8 Instructions for use

Each *garment* and *component part* shall come with the manufacturer's instructions for use and care. These instructions shall be prepared in accordance with the general provisions of IEC 61477 and shall include, as a minimum:

- information about the phase-to-earth voltage used for the *screening efficiency* test (see 5.5.4) and declaration about the resulting maximum nominal AC and DC voltage at which the *conductive clothing* can be used;
- recommendations for cleaning, storage and periodic testing.

Moreover, for each *component part*, the following shall be specified:

- the name of the manufacturer and the references of the *garment* and other *component parts* with which it was tested;
- the indication "Where this product is used in combination with a conductive *garment* and *component parts* of different manufacturers to assemble a complete *conductive clothing*, it is the responsibility of the user to test the whole assembly for its integrity, bonding resistance and *screening efficiency*".

Additional information is given in Annex F.

5 Tests

5.1 General

This document provides testing provisions to demonstrate compliance of the product to the requirements of Clause 4. These testing provisions are primarily intended to be used as type tests for validation of the design input.

Whenever any significant change is introduced in the *conductive material* or pattern of the *garment* or component part, type tests shall be repeated.

Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.) are specified within the test subclauses for the purpose of *conductive materials*, conductive *garments*, complete *conductive clothing* and components having completed the production phase.

Annex C presents the general procedure for type tests.

5.2 Mechanical tests for the outer layer material

5.2.1 Type test

These tests shall apply to *test pieces* of the material used in the manufacturing of the outer layer of the *conductive clothing*.

The woven material shall be tested according to ISO 13937-2 on five *test pieces* for the tear resistance and ISO 12947-1 and ISO 12947-2 on three *test pieces* for abrasion resistance, with an abrasion load parameter of 12 kPa. The knitted material shall be tested according to ISO 13938-1 on five *test pieces* for the burst strength and ISO 12947-1 and ISO 12947-2 on three *test pieces* for abrasion resistance with an abrasion load parameter of 12 kPa.

The dimensions of the different *test pieces* and the orientation of cut in the material are specified in the standards defined above.

5.2.2 Alternative method to mechanical test in cases where outer layer materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the mechanical test for the outer layer material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the outer layer material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3 Tests of the material

5.3.1 General

These tests shall apply to *test pieces* of the material used in the manufacturing of *conductive clothing*.

For the conductive helmet or the *conductive face screen*, the test shall be carried out on a piece of the *conductive material* of prescribed dimensions for performing the tests.

The resistance to cleaning and spark-discharge protection test does not apply to *conductive materials* which are not made of fabric.

5.3.2 Flame-retardancy test

5.3.2.1 Type test

5.3.2.1.1 Principle of test

Ignition of a rectangular *test piece*, vertically hung, by a standard ignition source according to prescribed conditions constitutes the principle of the test, which includes the measurement of the burned area and classification of the tested material according to the results.

5.3.2.1.2 Test apparatus

5.3.2.1.2.1 General

The test equipment shall consist of

- a test chamber,
- a *test piece* holder,
- accessories.

An alternative test according to the ISO 15025:2012 will be inserted in cases where the proposed climatic chamber cannot be found. The decision of which test is to be used will be made by agreement between the customer and the supplier.

5.3.2.1.2.2 Test chamber

The test chamber (see Figure 1) shall be made of steel plate not less than $(1,5 \pm 0,25)$ mm thick. The interior walls of the chamber shall be painted matt black.

Dimensions in millimetres

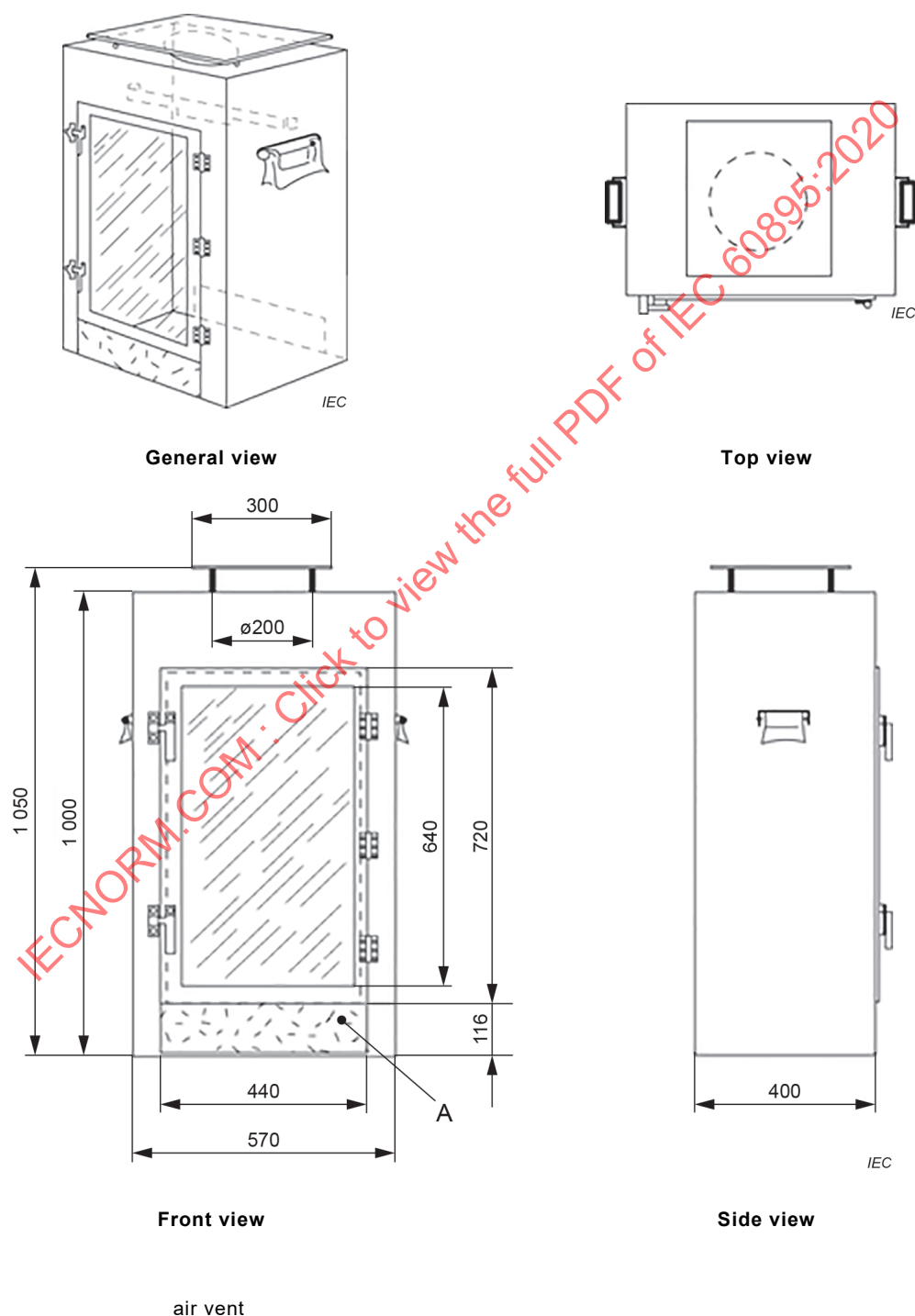


Figure 1 – Flame-retardancy test – Test chamber

The chamber shall be composed of

- a) a steel box (570 ± 5) mm wide $\times$ (400 ± 5) mm deep $\times$ $(1\,000 \pm 5)$ mm high, with one air vent in the lower part of the front and back faces. These air vents shall measure (116 ± 5) mm in height and (440 ± 5) mm in length;
- b) a glass door above the front air vent;
- c) a (300 ± 5) mm $\times$ (300 ± 5) mm steel deflector plate above the top of the chamber, which is penetrated by a (200 ± 5) mm diameter hole;
- d) a support for the *test piece* holder (see Figure 2a). The lower part of the *test piece* holder shall be placed (110 ± 5) mm above the base of the chamber.

5.3.2.1.2.3 Test piece holder

The *test piece* holder (see Figure 2a and Figure 2b) shall be composed of

- a) a support on which two (5 ± 1) mm thick bars, spaced (150 ± 5) mm apart, are fixed;
- b) two thick holding (removable) bars held on the two fixed bars with clips.

The support and all the bars shall be made of metal.

The shape and size of all bars shall be such that the *test piece* is well supported. Figure 2b illustrates the shape of the test bars for a fabric or similar material *test piece*. When the *test piece* is too rigid to adapt to this shape of the bars, the removable bar can be made flat, provided that the resulting assembly supports the *test piece* properly (e.g. by use of additional clips or screws).

5.3.2.1.3 Accessories

Accessories include

- a) a standard ignition linen specimen: whitened, not dressed, composed of (67 ± 1) % polyester, (33 ± 1) % cotton [$(110 \pm 1,1)$ g/m²];
- b) clips;
- c) a weighing scale (0,001 g precision);
- d) a pattern for *test piece* cutting;
- e) tracing paper;
- f) a mirror of approximately (250 ± 10) mm $\times$ (300 ± 10) mm, placed in a corner of the chamber, used to observe the burning on the rear of the *test piece*.

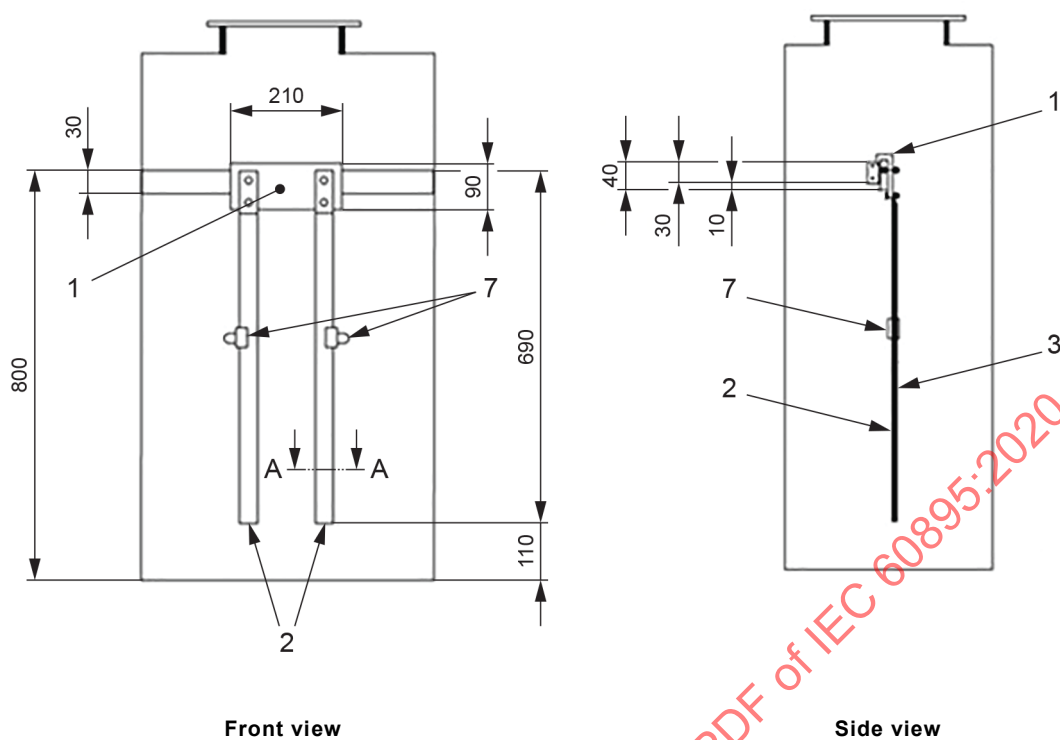


Figure 2a – Support for the test piece holder

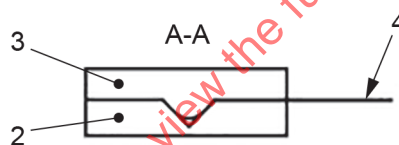


Figure 2b – Shape of the test piece holder for fabric test pieces or similar material

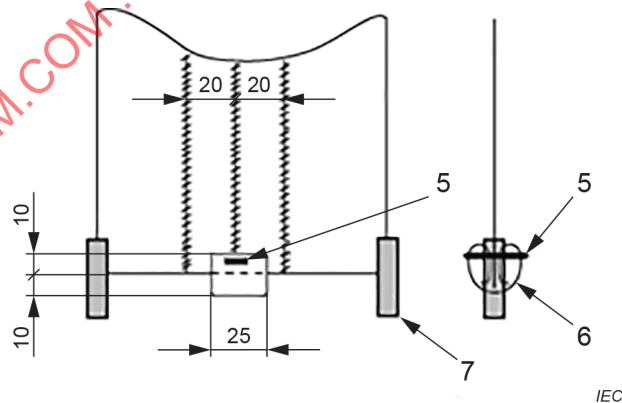


Figure 2c – Folding of the ignition specimen

Key

- | | | | |
|---|---------------|---|--------------------------|
| 1 | support | 5 | fastener |
| 2 | fixed bar | 6 | ignition specimen |
| 3 | removable bar | 7 | clips for fixing 2 and 3 |
| 4 | test piece | | |

Figure 2 – Flame-retardancy test – Test piece holder and support

5.3.2.1.4 Test pieces

5.3.2.1.4.1 Shape and dimensions

Rectangular *test pieces* shall have dimensions of (150 ± 5) mm $\times$ (300 ± 5) mm after being attached to the *test piece* holder.

For knitted material (for example, socks and gloves) the manufacturer shall provide flat *test pieces* with the above dimensions.

5.3.2.1.4.2 Quantity

The numbers of *test pieces* required according to the material shall be as follows.

a) Woven material

Tests shall be performed on three *test pieces* which are cut so that their length is parallel with the warp direction and three *test pieces* having their length parallel to the weft direction.

b) Knitted material

Three *test pieces* shall be provided for knitted material unless it is not directionally uniform. In this case, six *test pieces* shall be provided (three for each direction).

c) Layered material

Three *test pieces* shall be provided for layered material unless it is not directionally uniform. In this case, six *test pieces* shall be provided (three for each direction).

5.3.2.1.4.3 Preparation of test pieces

The outlines of the *test pieces* shall be marked on the material using the pattern set out in 5.3.2.1.4.1. The length of each *test piece* shall be appropriate to the direction specified in the test.

The *test pieces* shall be cut in such a way that

- the middle point is on a $(45 \pm 1)^\circ$ oblique line vis-à-vis the edges of a roll of fabric,
- the sides are parallel with the exterior edges of a roll of material.

The required number of *test pieces* shall be cut from the material in an area with no visible defects. No *test pieces* shall be taken within 50 mm from the selvage or edge of the material.

5.3.2.1.5 Test procedure

5.3.2.1.5.1 Preparation of standard ignition specimen

Cut a (25 ± 1) mm $\times$ (80 ± 1) mm strip of polyester cotton (see 5.3.2.1.3), its length parallel with the warp direction. This textile strip is folded lengthwise to give 25 mm $\times$ 20 mm. The ends of the specimen are placed inside the fold (see Figure 2c).

5.3.2.1.5.2 Clamping standard ignition specimen

The standard ignition specimen shall be clamped in the centre of the lower part of the *test piece* (Figure 2c). The clamp shall be fixed horizontally, so that

- the standard ignition specimen has two thicknesses on each side of the *test piece*,
- the end of the standard ignition specimen is 10 mm lower than the lower part of the *test piece*.

5.3.2.1.6 Test

The *test piece* is fixed on the *test piece* holder, so that the lower part of the *test piece* coincides with the lower part of the *test piece* holder. The standard ignition specimen shall be equidistant from the vertical rods.

The *test piece* holder is hung vertically in the test chamber.

Apply a flame to the lower part of the standard ignition specimen until it is ignited (about 2 s) and immediately close the door of the test chamber.

The standard ignition specimen shall burn normally for about 25 s to 30 s.

Observe the burning *test piece* during the test and note the following:

- points of residual after-glow;
- melting;
- distortion of *test piece*;
- smoke.

5.3.2.1.7 Measurement of burned area

5.3.2.1.7.1 General

At the end of the test, and after 15 min in atmospheric conditions conforming to standard ambient of Table 2 of IEC 60212:2010 (code 18 °C to 28 °C/45 % to 75 %),

- using scissors, remove the completely burned or melted areas,
- lay the damaged *test piece* flat on the pattern so that remaining contours coincide with the pattern ones,
- measure the burned area of the *test piece* by cutting up and scaling the tracing paper, by planimetry, or by measurement of a geometric area.

5.3.2.1.7.2 Results

The test shall be considered as passed if the following conditions are met by each of the *test pieces*:

- the burned area of the *test piece* is less than or equal to 100 cm²;
- the burned area does not extend to the vertical parts of the *test piece* holder, nor to the upper edge of the *test piece*.

5.3.2.2 Alternative method to flame-retardancy test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the flame-retardancy test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3.3 Electrical resistance test

5.3.3.1 Type test

5.3.3.1.1 General

The *conductive clothing* can be made of a single *conductive material* layer, or it can be made of a multilayer. In case of a multilayer, this test shall only be performed on the layer made of *conductive material*.

Standard procedures to determine electrical resistance of *conductive material* in connection with its antistatic properties are unreliable when the electrical resistance of highly *conductive material* has to be determined. Indeed, these standard procedures do not take into account the interference of the transition resistance from electrode to *test piece*, which is of primary importance when low-resistance *test pieces* have to be measured.

5.3.3.1.2 Test equipment

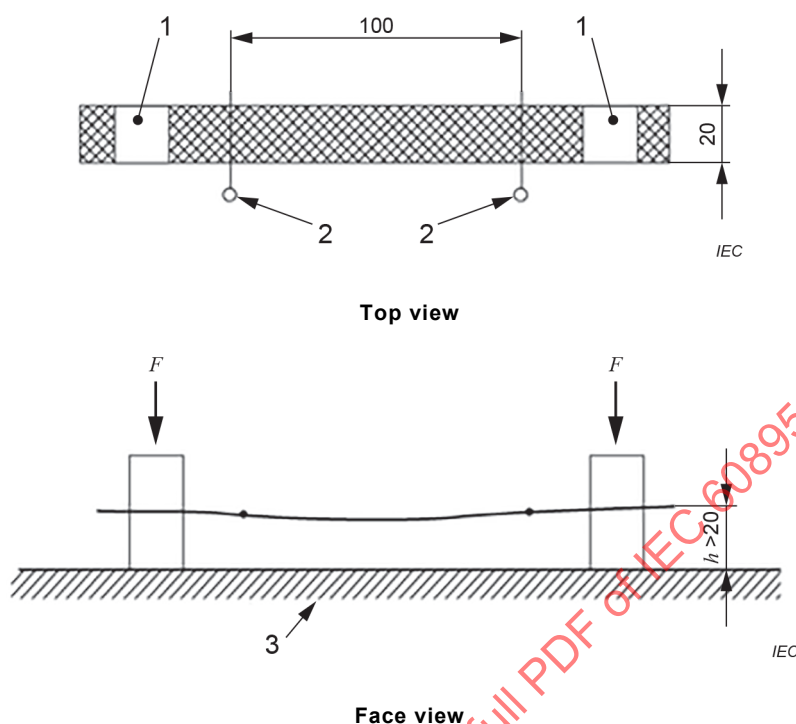
The following apparatus is needed for the test:

- one alternating current source of power standard frequency (50 ± 1) Hz or ($60 \pm 1,2$) Hz, or one direct current source, allowing an adjustable and regulated load current of up to 2 A at 30 V;
- one ammeter;
- two contact electrodes, providing a contact surface of $(20 \pm 0,25)$ mm $\times$ $(20 \pm 0,25)$ mm on both faces of the *test piece*. Contact pressure shall be more than 100 kPa (see Figure 3);
- two voltage measuring electrodes, at a distance of 100^{+5}_0 mm apart, such as sewing pins or needles;

NOTE For rigid material, crabclaws or clips could be used as alternative voltage measuring electrodes.

- one voltmeter.

Dimensions in millimetres



Key

- 1 contact electrodes
- 2 potential needles threaded through the fabric
- 3 insulating support

Figure 3 – Electrical resistance test – Test set-up

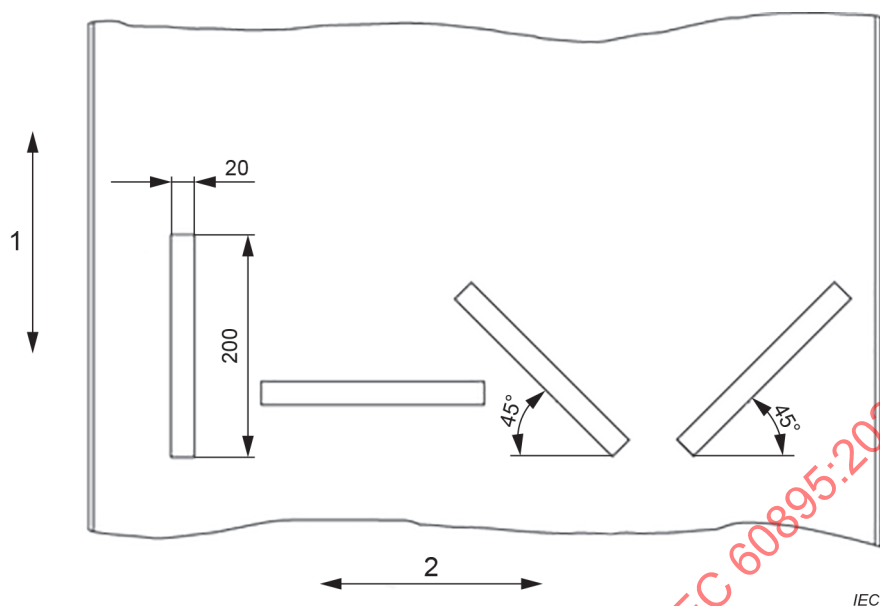
5.3.3.1.3 Preparation of test pieces

Four conductive material test pieces measuring approximately (200 ± 4) mm $\times$ $(20 \pm 0,4)$ mm are respectively cut in warp, weft and two perpendicular directions making a $(45 \pm 1)^\circ$ angle with warp and weft (see Figure 4). No *test pieces* shall be taken within 50 mm from the selvage or edge of the material.

These *test pieces* shall be tested successively after a 24 h conditioning under standard atmosphere B of Table 2 of IEC 60212:2010 (code 24 h/23 °C/50 %).

The *test piece* shall have minimal dimensions 120 mm $\times$ 120 mm.

Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 warp
- 2 weft

Figure 4 – Orientation of test pieces for electrical resistance and current-carrying capability tests

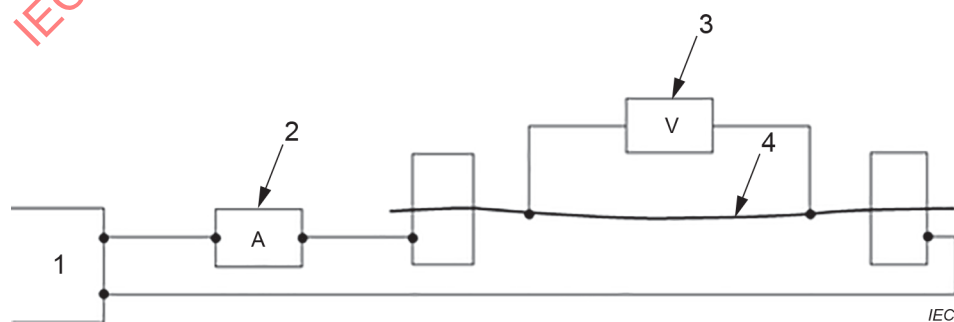
5.3.3.1.4 Procedure

The *test piece* is placed unstretched between the contact electrodes (see Figure 3).

The voltage measuring electrodes are threaded through the *test piece* at a distance of 100 mm apart (see Figure 3).

The electrical circuit is completed (see Figure 5). A 200 mA current is established through the unstretched *test piece*.

After 1 min the voltage is measured.

**Key**

- 1 current generator
- 2 measurement I
- 3 measurement U
- 4 *test piece*

Figure 5 – Electrical resistance test – Electrical circuit

5.3.3.1.5 Test results

The voltage measured is proportional to the electrical resistance of the *test piece*.

The electrical resistance of a unit square is given by the formula

$$R_s = R_{\text{measured}} \times \frac{\text{width}}{\text{length}} = \frac{U \times l}{I \times L}$$

where

U is the measured voltage, in V;

l is the width of the *test piece*, in mm;

I is the test current, in A;

L is the distance between the voltage measuring electrodes, in mm.

Numerical application (R_s in Ω and U in V):

$$R_s = \frac{U}{0,2} \times \frac{20}{100}$$

The *test piece* resistance should be utilized by the manufacturer to design and construct the *garment* such that it meets the resistance limit required in 5.4.2.3 for the *garment*.

The test shall be considered as passed if the arithmetic mean value and maximum of the four electrical values are equal to or lower than values specified in Table 1.

Table 1 – Arithmetic mean and maximum resistance of a unit square of the conductive material according to the maximum voltage class of the conductive clothing

Class	R_s arithmetic mean value	R_s maximum individual value
	Ω	Ω
1	7	10
2	1	2

5.3.3.2 Alternative method to electrical resistance test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the electrical resistance test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3.4 Current-carrying capability

5.3.4.1 Type test

5.3.4.1.1 General

The *conductive clothing* can be made of a single *conductive material* layer, or it can be made of a multilayer. In case of a multilayer, this test shall only be performed on the layer made of *conductive material*.

This test is to establish the current carrying capacity of the *conductive material* without causing excessive degradation to the material. The test is not to establish a heat comfort level.

5.3.4.1.2 Test equipment

The test equipment shall be the same as in 5.3.3.1.2.

5.3.4.1.3 Preparation of test pieces

The preparation shall be the same as in 5.3.3.1.3.

5.3.4.1.4 Procedure

The procedure shall be as in 5.3.3.1.4 except that a current of $(1 \pm 0,05)$ A is established through the *test piece* for a duration of at least 15 min. This current and its time duration are well in excess of anticipated working conditions.

5.3.4.1.5 Test results

The test shall be considered as passed if there is no flame, incandescent point, smoke or carbonization between the contact electrodes.

5.3.4.2 Alternative method to current-carrying capability test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the current-carrying capability test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3.5 Shielding efficiency

5.3.5.1 Type test

5.3.5.1.1 General

The *conductive clothing* can be made of a single *conductive material* layer, or it can be made of a multilayer. In case of a multilayer, this test shall only be performed on the layer made of *conductive material*.

Tests carried out in the actual conditions of this document have shown that the *shielding efficiency* does not depend on test frequency between 50 Hz and 5 kHz. To facilitate testing, 5 kHz is chosen. At this frequency, the test is at least as severe as at 50 Hz or 60 Hz.

5.3.5.1.2 Test equipment

The test equipment is composed of the following:

- a) one (400 ± 3) V RMS sine wave voltage generator at $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$;
- b) one insulating circular plate 300^{+10}_0 mm in diameter;
- c) one metallic circular plate 300^{+10}_0 mm in diameter with connection clip;
- d) one insulating circular plate 400^{+10}_0 mm in diameter made from an elastomeric $(3,5 \pm 0,5)$ mm thick sheet having a surface hardness between 60° and 65° on the Shore scale;

- e) one electrode assembly weighing 3 kg built according to the scheme given in Figure 6a and fitted with a $(100 \pm 1) \text{ k}\Omega$ shunt;
- f) one measuring device (multimeter or oscilloscope) with constant input impedance greater than or equal to $1 \text{ M}\Omega \pm 10 \text{ k}\Omega$, in parallel with a capacitance of $(47 \pm 0,94) \text{ pF}$ maximum;
- g) one voltmeter allowing measurement of $(400 \pm 3) \text{ V RMS}$ at $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$.

5.3.5.1.3 Test mounting

The following parts are assembled in the specified order upon an earthed horizontal support (Figure 6b):

- circular insulating plate 300^{+10}_0 mm in diameter [item b) of 5.3.5.1.2];
- circular metal plate 300^{+10}_0 mm in diameter and 3 mm to 5 mm thick [item c) of 5.3.5.1.2];
- circular elastomeric plate 400^{+10}_0 mm in diameter and 3 mm to 4 mm thick [item d) of 5.3.5.1.2];
- *test piece*, minimal dimensions 120 mm × 120 mm;
- electrode assembly (not allowed to pass beyond the edge of *test piece*). The thickness of the polyvinyl insulating plate between the electrode and the *test piece* shall be $(0,8 \pm 0,02) \text{ mm}$ (Figure 6a).

5.3.5.1.4 Earth connection

The following parts are connected together and earthed:

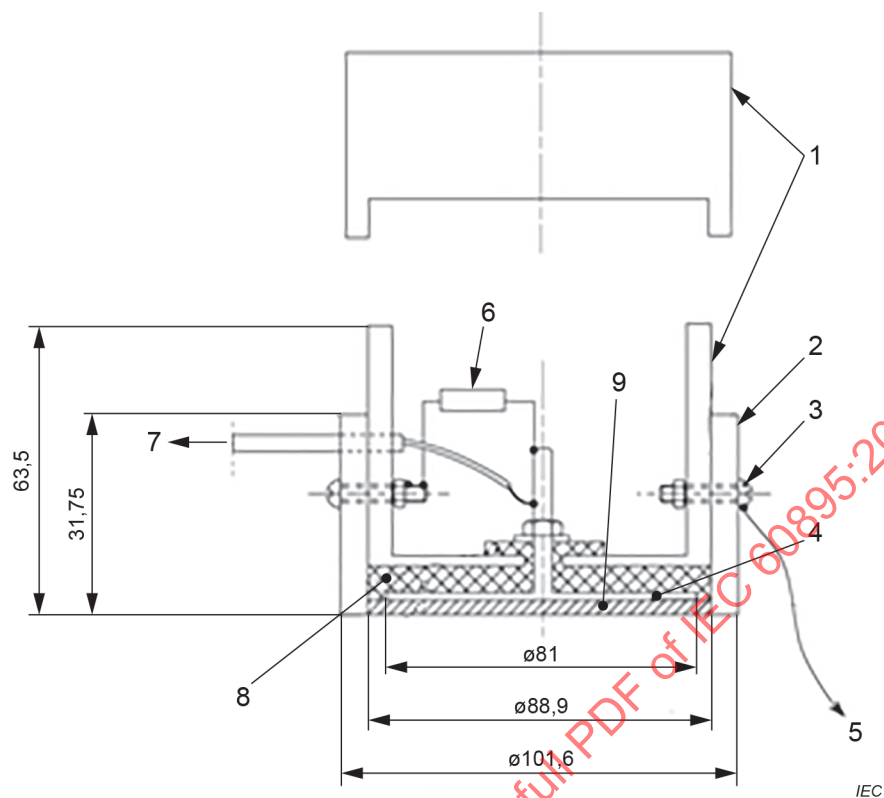
- frame connection of voltage generator;
- earth connection of electrode assembly;
- frame connection of voltmeter.

5.3.5.1.5 Line connection

The following parts are connected together and insulated from earth:

- line connection of voltage generator;
- connection clip of metallic plate 300 mm in diameter;
- line connection of voltmeter.

Dimensions in millimetres

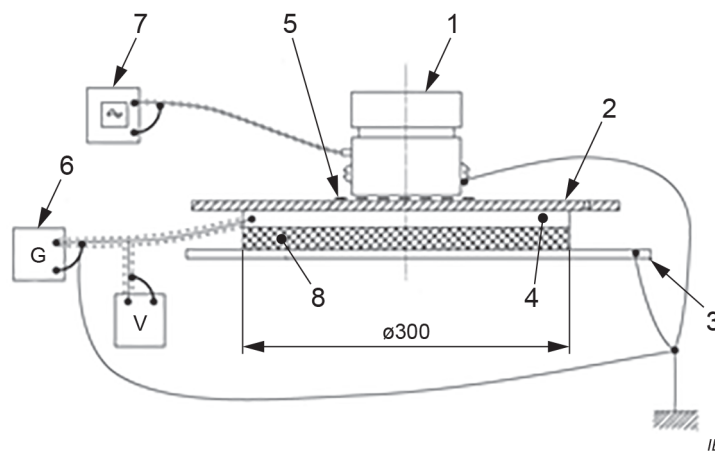
**Key**

1	aluminium	6	shunt of 100 k Ω
2	copper	7	multimeter or oscilloscope
3	brass bolt	8	insulating pieces (polyamide)
4	copper electrode	9	polyvinyl (0,8 mm thick)
5	earth connection		

The total mass of the electrode assembly is 3 kg.

Figure 6a – Electrode assembly

Dimensions in millimetres



Key

- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
| 1 | electrode assembly | 5 | test piece of conductive material |
| 2 | elastomeric plate 400 mm diameter, 3 mm to 5 mm thick | 6 | voltage generator |
| 3 | earthed support | 7 | multimeter or oscilloscope |
| 4 | metal plate | 8 | insulating plate |

There shall be electrical contact between the test sample and the electrode assembly (particularly with the component number 2 of the electrode shown in Figure 6a).

Figure 6b – Test set-up

Figure 6 – Shielding efficiency

5.3.5.1.6 Test procedure

5.3.5.1.6.1 Determination of reference voltage

Without the *conductive material test piece*, a voltage of (400 ± 3) V RMS at $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$ is applied between the line and earth connections. The voltage is read on the measuring device and noted as U_{ref} .

5.3.5.1.6.2 Measuring with test piece

The *test piece* is installed (5.3.5.1.3) and the test procedure is carried out in the same way as described in 5.3.5.1.6.1. The measured voltage U is recorded.

5.3.5.1.7 Acceptance criteria

Shielding efficiency, SE , in decibels, is given by the formula

$$SE = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{\text{ref}}}{U} \right)$$

The test shall be considered as passed if the *shielding efficiency* is greater than the values specified in Table 2.

Table 2 – Minimum shielding efficiency of conductive material according to the maximum voltage class of the conductive clothing

Class	SE dB
1	40
2	50

5.3.5.2 Alternative method to shielding efficiency test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the *shielding efficiency* test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3.6 Resistance to cleaning

5.3.6.1 Type test

5.3.6.1.1 General

To ensure that the efficiency and flame-retardant properties of the clothing do not deteriorate excessively after repeated cleaning, both of the following procedures (laundrying and dry-cleaning) shall be carried out. If the *garment* can be cleaned by one of the two methods, but not by the other, the manufacturer shall mark the *garment* accordingly, and only the appropriate method shall be used.

The material shall be subjected at least to 10 wash-dry cycles in accordance with ISO 6330 or ISO 15797 and/or at least to 10 dry-cleaning cycles in accordance with ISO 3175. After completion of the washing/cleaning cycles, the *shielding efficiency*, flame-retardancy and electrical resistance properties of the material shall still meet the requirements specified in 5.3.5, 5.3.2 and 5.3.3, respectively.

5.3.6.1.2 Laundrying

5.3.6.1.2.1 General

Material sufficient to conduct flame-retardancy, electrical resistance and *shielding efficiency* testing, plus ballast required to make a full load shall be washed in accordance with ISO 6330.

5.3.6.1.2.2 Test apparatus

The apparatus and reagents shall have the following specifications.

a) Automatic washing machine capable of being operated under the following conditions:

- either a top-loading, agitator type with a “normal” agitator speed of 179 rev/min, or a front-loading machine with a speed of 52 rev/min, revolving alternatively in each direction for 12 s, with 3 s rest in between;
- wash time: normal, 12 min for a top-loading machine and 15 min for a front-loading machine;
- spin speed: normal, (645 ± 15) rev/min for a top-loading machine and (500 ± 20) rev/min for a front-loading machine.

- b) Drier of the rotary tumble type having a cylindrical basket approximately 750 mm in diameter and not less than 400 mm in depth, rotating at approximately (50 ± 5) rev/min, equipped with means for maintaining a drying temperature of 50 °C to 70 °C measured in the exhaust vent as close as possible to the drying cylinder, and providing a cooling period of 5 min when tumbling at the end of the drying cycle.
- c) Commercial detergent not containing bleach. The standard detergent specified in Table B.1 of IEC 60456:2010 for a detergent without perborate (type II) can be used in cases of dispute.
- d) Dummy load: pieces of undyed spun polypropylene fabric, having a mass of approximately 0,16 kg/m².

5.3.6.1.2.3 Test procedure

Place the *test pieces* in the washing machine and add sufficient dummy load to make a total dry load of 2 kg. Fill the machine to operate with (40 ± 4) l of water and set the machine to operate at the normal setting (50 °C to 70 °C). If the mass of the *test piece(s)* exceeds 2 kg, the amount of water shall be increased proportionately.

Add sufficient household use detergent to provide good running suds and set the machine to operate at the normal wash time. Continue until the end of the final spin cycle.

Test piece shall have minimal dimensions 120 mm × 120 mm.

On completion of the final spin cycle, remove the *test pieces* from the machine and place them and the dummy load (if any) in the tumble drier with the temperature of the exhaust from the drum set at 65 °C to 70 °C (for normal material). Operate the drier until the load is dry and continue tumbling, with the heat turned off, for 5 min. Remove the *test pieces* immediately. One wash-dry cycle will then have been completed.

5.3.6.1.3 Dry-cleaning

5.3.6.1.3.1 General

Material sufficient to conduct flame-retardancy, electrical resistance and *shielding efficiency* testing, plus ballast required to make a full load shall be dry-cleaned in accordance with ISO 3175.

5.3.6.1.3.2 Test apparatus

The apparatus and reagents shall have the following specifications.

- a) Dry-cleaning machine, consisting of a commercial reversible rotating cage type, totally enclosed machine, intended for use with tetrachloroethene. The diameter of the rotating cage shall be 600 mm minimum and 1 080 mm maximum. Its depth shall be 300 mm minimum. It shall be fitted with three or four lifters. The speed shall be such as to give a *g*-factor of between 0,5 and 0,8 for cleaning and between 60 and 120 for extraction.
- b) Ballast, consisting of clean textile pieces which shall be either white or of a light colour and which shall consist of approximately 80 % wool pieces and 20 % cotton pieces by mass. Each piece shall comprise two layers of fabric sewn together at the edges and shall be (300 ± 30) mm square.
- c) Reagents, tetrachloroethene, $\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$ distilled, sold for the purpose of dry-cleaning.

NOTE The *g*-factor is calculated according to the following formula:

$$g = 5,6 n^2 d \times 10^{-7}$$

where

n is the rotational frequency, in revolutions per minute;

d is the rotating cage diameter, in millimetres.

5.3.6.1.3.3 Test procedure

The test procedure is as follows.

- a) The mass of the complete load, measured to $\pm 0,1$ %, shall be calculated from the cage volume in the proportion of (50 ± 2) kg/m³.
- b) Place the conditioned load in the machine and charge the machine with distilled tetrachloroethene, containing 1 g/l of sorbitan mono-oleate so that the liquid ratio, calculated from the volume of solvent in the drum, is $(5,5 \pm 0,5)$ l/kg of the load. Maintain the solvent at (30 ± 3) °C throughout the cleaning operation.
- c) Prepare a fresh emulsion by mixing, per kilogram of load, 10 ml of sorbitan mono-oleate with 30 ml of tetrachloroethene and then whilst stirring adding 20 ml of water. This corresponds to 2 % of water calculated on the mass of the load.
- d) Start the machine with the filter circuit shut off, and 2 min after the cage inlet has closed, add the emulsion slowly over a period of (30 ± 5) s to the machine between the cage and the drum below the level of the solvent.
- e) Switch the machine on and allow it to run for 15 min. Do not use the filter circuit for the duration of the test.
- f) Drain the solvent and centrifugally extract the solvent from the load for 2 min (including at least 1 min at full extraction speed).
- g) Introduce pure dry solvent at the same ratio as that given in b) and rinse for 5 min. Drain and extract again for 3 min (including at least 2 min at full extraction speed).
- h) Dry the load in the machine air for an appropriate time, preferably using an automatic solvent dryness control. After drying, blow air, at ambient temperature, through the rotating load for at least 5 min.
- i) Immediately remove the *test pieces* from the machine. Place fabric *test pieces* on a flat surface for 30 min.

One dry-cleaning cycle will then have been completed.

5.3.6.1.4 Acceptability of material

When 10 wash-dry cycles, and/or 10 dry-cleaning cycles, have been completed, the *test pieces* shall be placed on a flat surface and conditioned to the atmosphere for at least 4 h, and the *shielding efficiency* (see 5.3.5), flame-retardancy tests (see 5.3.2) and resistance test (see 5.3.3) repeated.

If the values measured in these tests no longer meet the specified requirements, the material shall be rejected.

5.3.6.2 Alternative method to resistance to cleaning test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the resistance to cleaning test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.3.7 Spark-discharge protection

5.3.7.1 Type test

The *conductive clothing* can be made of a single *conductive material* layer, or it can be made of a multilayer. In case of a multilayer, this test shall only be performed on the layer made of *conductive material*.

The *test piece* shall have minimal dimensions 120 mm × 120 mm.

The spacing between individual adjacent conductive components in the *conductive material* shall not exceed 5 mm even when the *conductive material* is stretched with a force of up to 50 N in any direction. No holes are permitted. Spacing shall be verified by a visual inspection.

For class 2 only, when the conductive layer is not available to visual inspection, the spark discharge test described in Annex G can be done.

5.3.7.2 Alternative method to spark-discharge protection test in cases where materials have completed the production phase

There is no real alternative test to the spark-discharge protection test for the material (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the material manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.4 Tests of garment – Measurement of electrical resistance

5.4.1 General

Three *garments* shall be submitted to the test.

The electrical resistance shall be measured between the points indicated in 5.4.2.2. Electrodes shall be at least 50 mm from the edge of the *garment* or joint location.

Measurements shall be made with the *garment* flat on a non-conductive table, or mounted on (supported by) a mannequin of non-conductive material supporting the *garment*, to conform to the shape it will assume when worn by the worker.

5.4.2 Type test

5.4.2.1 Test procedure

The test shall be made using an adequate AC or DC source to supply 200 mA for 1 min, and using the volt-ampere-metric method with reading at the end of 1 min.

To reduce the value of the contact resistance between the *garment* and the metallic electrode, a sufficient pressure should be applied during the test.

Readings shall be made using metallic electrodes or conductive painting with a maximum contact area of 125 mm² and with adequate pressure. Readings shall include the electrode contact resistance.

5.4.2.2 Measurement locations

The measurement locations are as follows.

- a) For all *garments*, measurements shall be made between electrodes located approximately 50 mm from the fabric edge.
- b) Points to be measured, as appropriate, are as follows:
 - right wrist cuff to left wrist cuff;
 - right ankle cuff to left ankle cuff;
 - each wrist cuff to opposite ankle cuff;
 - right bonding lead to left bonding lead for two-piece clothing (connection between bonding lead and jacket).

5.4.2.3 Acceptable values

The test shall be considered as passed if the average resistance value measured between these points does not exceed values specified in Table 3.

Table 3 – Maximum resistance for garment according to the maximum voltage class of the conductive clothing

Class	Resistance Ω
1	50
2	20

When separate items of the *garment* are purchased, the manufacturer and the customer may agree to measurement points.

5.4.3 Alternative method to electrical resistance test in cases where garments have completed the production phase

For conformity evaluation of *garments* having completed the production phase the test of 5.4.2 shall be performed but

- without the use of metallic electrodes or conductive painting,
- with the use of an ohmmeter with its contact electrodes.

To reduce the value of the contact resistance between the *garment* and the contact electrode, a sufficient pressure should be applied during the test.

5.5 Tests of the complete conductive clothing

5.5.1 General

Unless otherwise specified, three items of complete *conductive clothing* shall be submitted to the test.

All *component parts* of the *conductive clothing* intended for use together shall be assembled according to the manufacturer's instructions.

5.5.2 Integrity of the conductive clothing

A state of the whole integrity shall be verified by visual inspection according to the requirements of 4.2.3.

5.5.3 Bonding test

5.5.3.1 Type test

In case of complete *conductive clothing* made of different *component parts* from different manufacturers, the end user has the responsibility to ensure that the bonding requirement is fulfilled.

The bonding resistance between the *garment* or pieces of *garment* and any *component parts* shall not exceed values specified in Table 4.

Table 4 – Maximum bonding resistance of the conductive clothing according to its maximum voltage class

Class	Bonding resistance Ω
1	100
2	40

The measurements required shall be made as specified using the procedure described in 5.4.2.1. The measurement locations are the following:

- palms of each glove;
- soles of each sock;
- palm of each glove and sole of the opposite sock;
- bonding lead and the palm of each glove;
- bonding lead and the sole of each sock;
- hood, face shield, helmet, scarf, and neck of the one-piece *garment* or of the jacket;
- hood, face shield, helmet, scarf, and the sole of each sock.

When an overshoe sock is used, the bonding to be considered shall be with the overshoe sock instead of with the sock.

Readings may be made using electrodes as described in 5.4.2.1. The contact resistance of the electrodes is included in the above readings.

5.5.3.2 Alternative method to bonding test in cases where conductive clothing and component parts have completed the production phase

For conformity evaluation of complete *conductive clothing* having completed the production phase the test of 5.5.3.1 shall be performed but

- without the use of metallic electrodes or conductive painting,
- with the use of an ohmmeter with its contact electrodes.

To reduce the value of the contact resistance between the *garment* and the contact electrode, a sufficient pressure should be applied during the test.

5.5.4 Screening efficiency

5.5.4.1 General

There are two different methods. In case of dispute, the first method is the reference method.

5.5.4.2 First method

This test shall be carried out under the phase-to-earth voltage corresponding to the maximum nominal AC voltage at which the clothing can be used, or an equivalent AC voltage representative of a DC use voltage (see Annex A), according to the manufacturer's declaration (see 4.2.2 and 4.8).

For a maximum voltage class of *conductive clothing*, the test voltage shall not be higher than the maximum values specified in Table 5 for this class.

NOTE A class 1 *conductive clothing* for an AC use can be tested for *screening efficiency* at any phase to earth voltage lower than or equal to 462 kV RMS (class 1) or 578 kV RMS (class 2) and the manufacturer will declare the

phase to phase voltage corresponding to the test voltage as being the maximum nominal voltage at which the clothing can be used.

**Table 5 – Maximum phase-to-earth test voltage
according to the maximum voltage class of the conductive clothing**

Class	AC voltage kV RMS
1	462
2	578

The earth (electrical ground) shall be at a distance D , in metres, given by the following formula (values in the formula are with ± 2 % of tolerance):

$$D = \frac{U_{\text{test}}}{100} + 0,5$$

where

U_{test} is the test voltage, in kilovolts.

Insulation between the clothing and lower or upper earthed parts of the laboratory shall be guaranteed by means of solid insulation or by means of air. When solid insulation is used, an equipotential connection is required from potential to the live end of the insulation, to by-pass any leakage current from measurement (see Figure 7a and Figure 7b). An equipotential connection is not necessary if the mannequin is suspended directly from the live part because no leakage currents are involved (see Figure 7c).

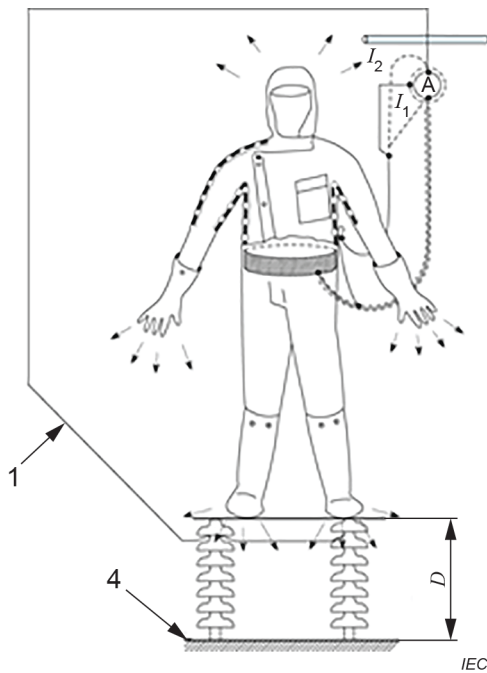


Figure 7a – Mannequin supported by solid insulation

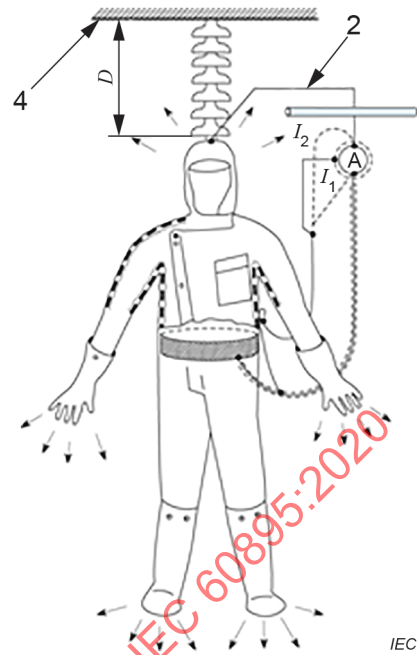


Figure 7b – Mannequin suspended by solid insulation

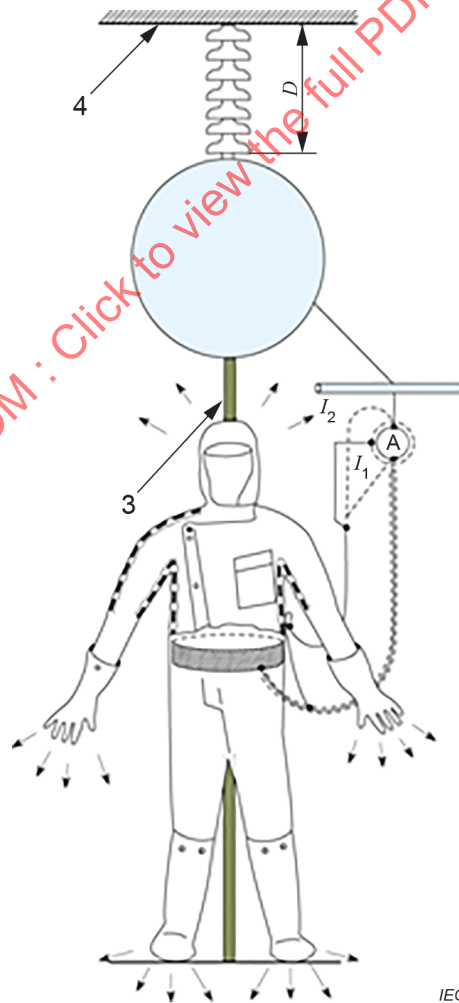


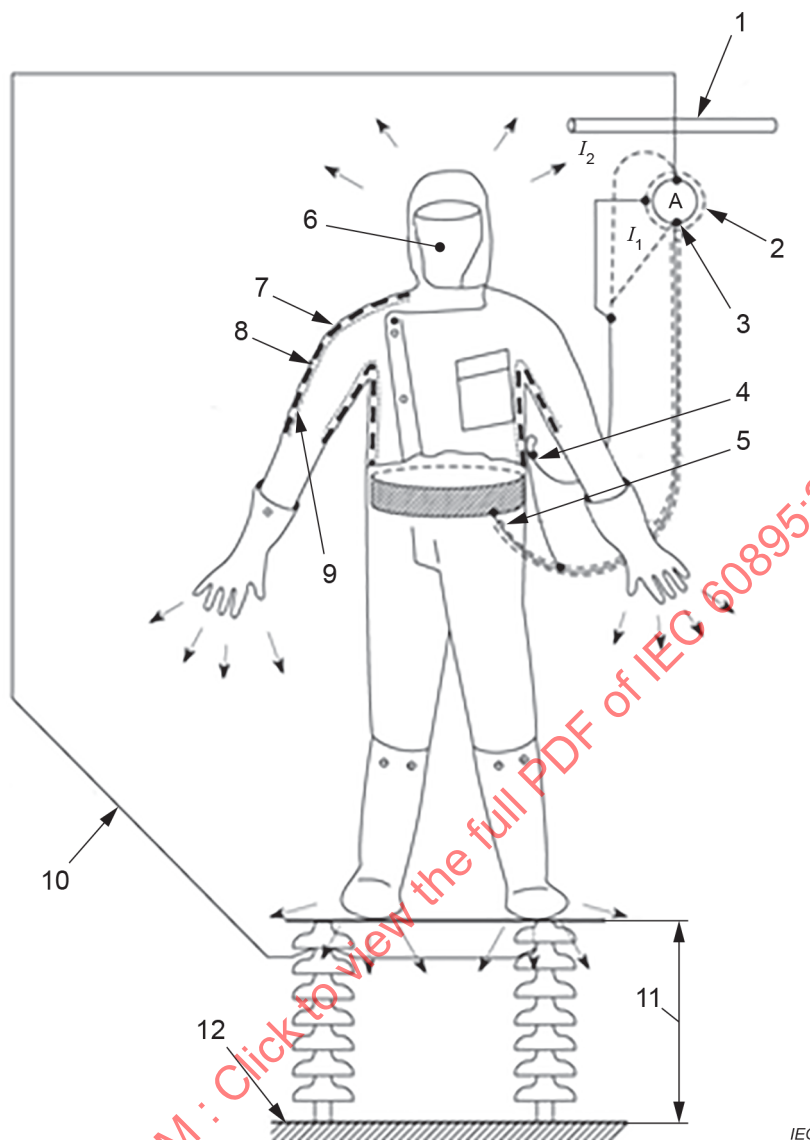
Figure 7c – Mannequin suspended to the live parts

Key

1	equipotential connection from "potential" to the insulated platform by which the mannequin is supported, to by-pass any leakage current through the insulation.	3	insulating tube supporting the platform under the mannequin from a large spherical electrode
2	equipotential connection from "potential" to the live end of the insulation, to by-pass any leakage current through the insulation.	4	earth (electrical ground)
D	distance between live parts and the nearest electrical ground (earth)	A	screened micro-ammeter
I_1	total current flowing between the live electrode and the <i>conductive clothing</i> connected to its conductive belt	I_2	current flowing between the live electrode and the conductive belt

Figure 7 – Screening efficiency of conductive clothing – First method: Test set-up

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020



Key

- | | | | |
|-------|---|-------|---|
| 1 | potential | 7 | conductive clothing |
| 2 | screened micro-ammeter (suspended from the neck of the mannequin, the screening is connected electrically to the <i>conductive clothing</i>) | 8 | insulating overall (total mannequin) |
| 3 | contact: banana-type plug | 9 | conductive mannequin's surface (total mannequin) |
| 4 | connecting terminal on suit | 10 | equipotential connection from "potential" to the insulated platform by which the mannequin is supported, to by-pass any leakage current through the insulation. |
| 5 | connecting terminal on mannequin (through a belt made of <i>conductive clothing</i> worn next to the mannequin – 10 cm wide) | 11 | insulation between the two terminals |
| 6 | <i>conductive face screen</i> or any other means to protect the face | 12 | earth (electrical ground) |
| I_1 | total current flowing between the live electrode and the <i>conductive clothing</i> connected to its conductive belt | I_2 | current flowing between the live electrode and the conductive belt |

NOTE The insulation between the two terminals is checked before and after every test.

Figure 8 – Screening efficiency of conductive clothing – First method – Details of the measurements

The clothing bonding lead shall be connected to the live part simulating the high voltage line conductor placed in front of the mannequin, as in working conditions, and according to the measuring scheme adopted. The live parts shall be shaped in order to avoid corona phenomena more severe than in service conditions and high voltage electrode shall be used.

The mannequin shall be conductive to simulate a human body. It shall be equipped with (see also Figure 8)

- a conductive belt placed against the mannequin,
- an insulating suit,
- the complete *conductive clothing* under test (which includes the *face screen* or any other means to protect the face).

Good insulation between the *conductive clothing* and the conductive belt worn by the mannequin shall be checked before and after the test.

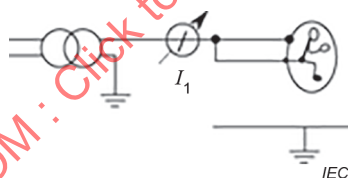
Direct reading is made on the screened micro-ammeter of

- the total current I_1 flowing between the live electrode and the *conductive clothing* connected to its conductive belt,
- the current I_2 flowing between the live electrode and the conductive belt.

The ammeter positions for measuring I_1 and I_2 for the screening efficiency test are shown in Figure 9.

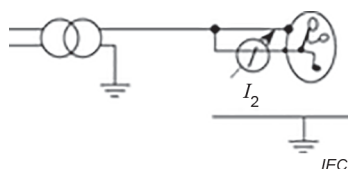
The manufacturer shall provide the user with the value of I_2 , to permit calculation of the maximum current density in the body if needed.

Position for measuring I_1 : The current measured is the total charging current; it is the current to which the worker would be exposed if he or she were not wearing *conductive clothing*.



Worker + *conductive clothing*

Position for measuring I_2 : The charging current of the *conductive clothing* by-passes the micro-ammeter and the current measured is that which passes into the worker only.



Worker only

Figure 9 – Position of ammeters for screening efficiency test

Efficiency of *conductive clothing*, ECC , in decibels, is given by the formula:

$$ECC = 20 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

The test shall be considered as passed if the efficiency of *conductive clothing* is greater than the values specified in Table 6.

Table 6 – Minimum screening efficiency of conductive clothing according to the maximum voltage class

Class	<i>ECC</i> dB
1	40
2	50

5.5.4.3 Second method

An alternative method to check the *screening efficiency* is the following.

A mannequin with a conductive surface in *conductive clothing* shall be placed in a homogenous electric field with amplitude of 100 kV/m.

It is proposed to place the energized conductor 300^{+30}_0 mm from the mannequin, (200 ± 20) mm below the shoulder line, as shown in Figure 10.

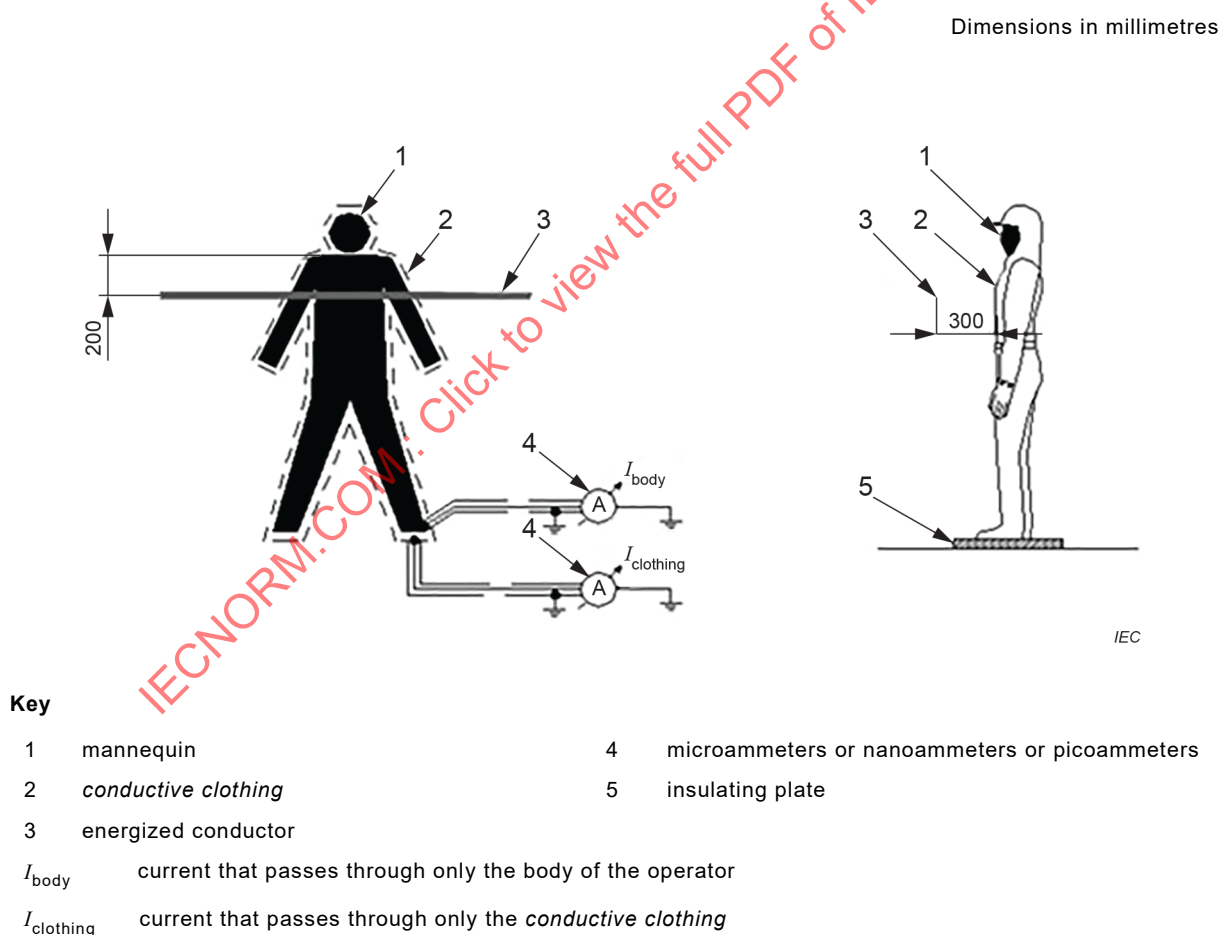


Figure 10 – Second method to check the screening efficiency

Screening efficiency of the *conductive clothing* is measured as the ratio between currents I_{clothing} and I_{body} .

I_{body} is the current that passes through only the body of the operator.

I_{clothing} is the current that passes through only the *conductive clothing*.

In case of complete *conductive clothing* made of different *component parts* from different manufacturers, the end user has the responsibility to verify that the requirement is fulfilled.

The protective effect (*screening efficiency*) of *conductive clothing* shall be determined by the formula

$$ECC = 20 \log_{10} \left(\frac{I_{\text{clothing}} + I_{\text{body}}}{I_{\text{body}}} \right)$$

The test shall be considered as passed if the efficiency of *conductive clothing* is greater than the values specified in Table 7.

There shall be no conductive object present at floating voltage or grounded, within the distance indicated in Table 7.

The mannequin shall be the same used for the first method.

Table 7 – Parameters of the alternative test and minimum screening efficiency of conductive clothing according to the maximum voltage class

Class	Distance mm	Minimum diameter of the conductor mm	AC voltage kV RMS	Screening efficiency dB
1	300 ⁺³⁰ ₀	40	30	40
2	300 ⁺³⁰ ₀	40	30	50

If national standards or agreements between customer and manufacturer require to make the test at the maximum working voltage, the first method shall be used.

5.6 Tests of the component parts

5.6.1 General

Three samples of each *component part* shall be submitted to the tests.

The component parts shall not be stretched while resistance testing because it may change the value of the electrical resistance.

Conductive paint may provide the lowest contact resistance as it soaks into the fabric. If paint is used, the following recommendations apply:

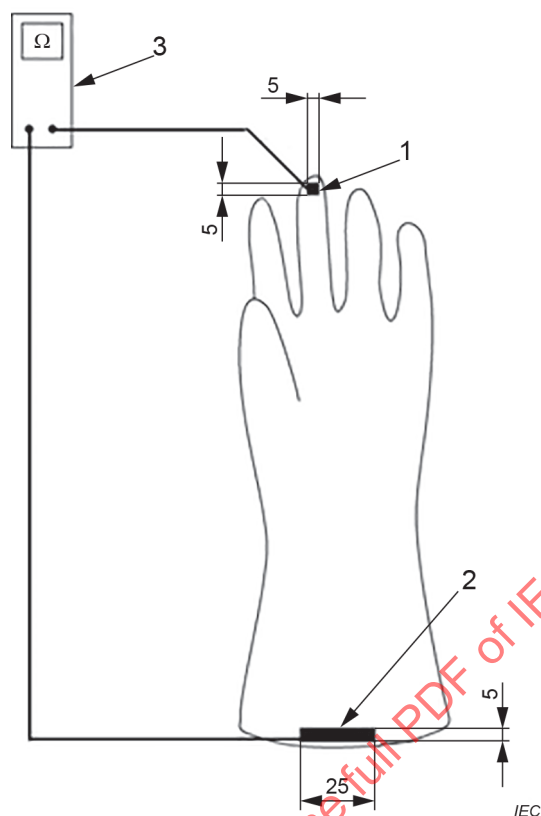
- colloidal silver paint should be used;
- before a conductive paint is used as an electrode material, it should be established that the solvent in the paint does not attack the material so as to change its electrical properties.

5.6.2 Type test

5.6.2.1 Conductive gloves

Two electrodes, one (25 ± 2) mm long and parallel to the open edge of the gloves and about (5 ± 2) mm wide, the other (5 ± 2) mm by (5 ± 2) mm on the end of the long finger, shall be painted on the material using conductive paint (see Figure 11).

Dimensions in millimetres



Key

- 1 electrode made of conductive paint on the end of the long finger
- 2 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the open edge
- 3 ohmmeter or test procedure 5.4.2.1

Figure 11 – Electrical resistance test – Conductive gloves

The resistance between the electrodes shall be measured according to test procedure 5.4.2.1 or with an ohmmeter and shall not exceed values specified in Table 8.

Table 8 – Maximum resistance of glove according to the maximum voltage class of the conductive clothing

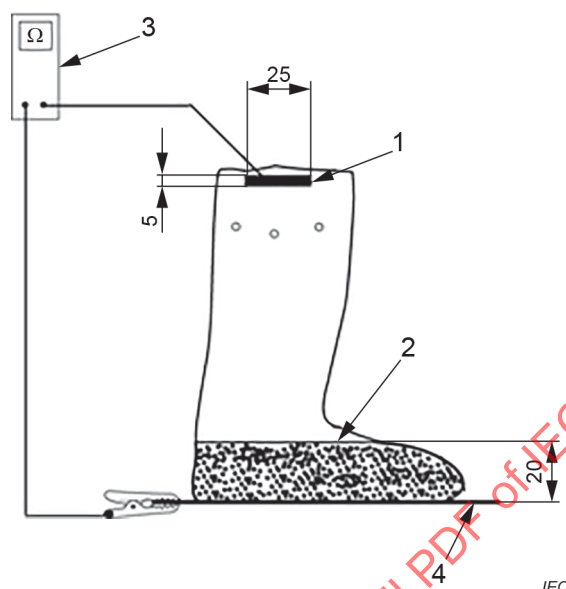
Class	Resistance Ω
1	40
2	15

5.6.2.2 Conductive overshoe socks and socks

An electrode (25 ± 2) mm long and parallel to the open edge of the overshoe sock or the sock and about (5 ± 2) mm wide shall be painted on the material using conductive paint.

The sole of the overshoe sock or of the sock shall then be placed on a metal plate and (5 ± 1) mm diameter stainless steel balls, poured into the overshoe sock or into the sock to a depth of (20 ± 2) mm (see Figure 12). The resistance shall then be measured between the electrode and the metal plate according to test procedure 5.4.2.1 or with an ohmmeter.

Dimensions in millimetres



Key

- 1 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the open edge
- 2 (5 ± 1) mm diameter stainless steel balls
- 3 ohmmeter or test procedure 5.4.2.1
- 4 metal plate electrode

Figure 12 – Electrical resistance test – Conductive overshoe socks and socks

The resistance between the electrodes shall be measured and shall not exceed values specified in Table 9.

Table 9 – Maximum resistance of overshoe socks and socks according to the maximum voltage class of the conductive clothing

Class	Resistance
	Ω
1	40
2	15

5.6.2.3 Conductive footwear

5.6.2.3.1 General procedure

The footwear shall be placed on a metal plate and one electrode placed on the inside below the ankle opening. Stainless steel balls (5 ± 1) mm in diameter shall then be poured in and around the electrode to cover the complete sole to a depth of (20 ± 1) mm at the heel (see Figure 13a).

The resistance shall then be measured between the metal plate and the electrode according to test procedure 5.4.2.1 or with an ohmmeter and shall be in the range 0 k Ω to 10 k Ω .

If straps are used to connect the footwear electrically to the *conductive clothing*, then the resistance shall be measured between the strap and the metal plate on which the footwear is resting, with the steel balls inside but not connected in the circuit (see Figure 13b).

Any metal parts in the footwear larger than 10 cm² shall be electrically bonded together during manufacture.

A layer of cotton fabric impregnated with 1,5 % saline solution may be inserted between the footwear and the metal electrode.

Conductive footwear with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working and, if the operators use conductive footwear without complete *conductive clothing*, could provoke involuntary movements, which could be hazardous.

5.6.2.3.2 Type test for footwear with strap

For footwear with strap only, stainless steel balls (5 ± 1) mm in diameter may be replaced by a weight of ($5 \pm 0,1$) kg that compresses homogeneously the entire sole on the electrode.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Dimensions in millimetres

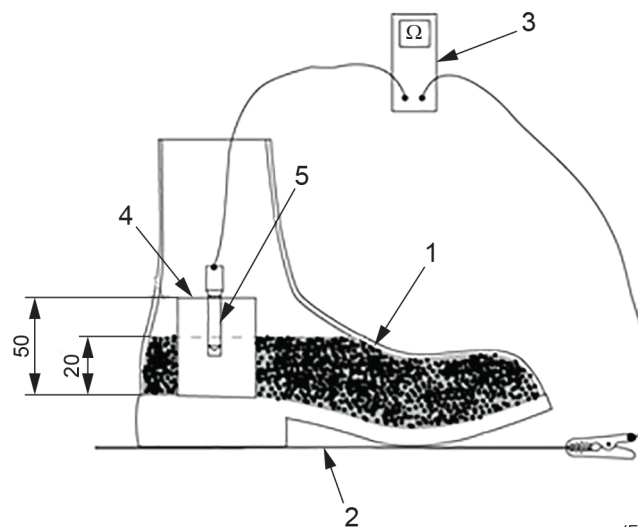


Figure 13a – Footwear without strap

Dimensions in millimetres

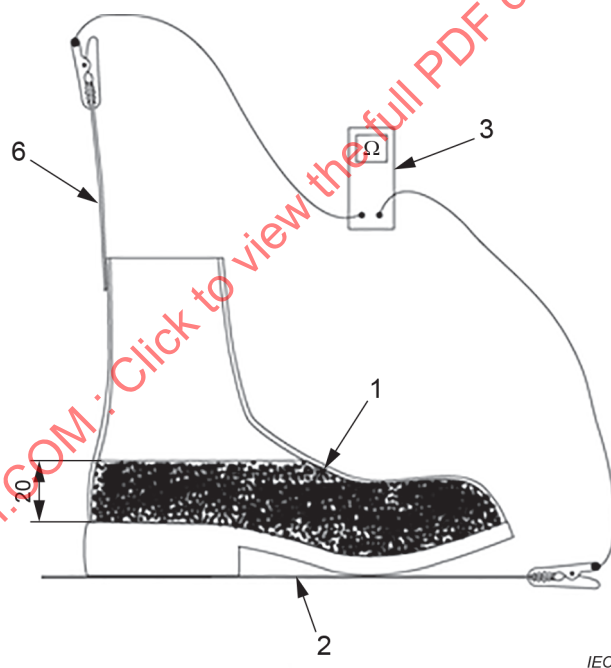


Figure 13b – Footwear with strap

Key

- | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|
| 1 | (5 ± 1) mm diameter stainless steel balls | 5 | appropriate hole for banana plug |
| 2 | metal plate electrode | 6 | conductive strap |
| 3 | ohmmeter or test procedure 5.4.2.1 | | |
| 4 | (30 ± 2) mm diameter cylindrical electrode made of copper | | |

Figure 13 – Electrical resistance test – Conductive footwear

5.6.2.3.3 Alternative method in cases where footwear has completed the production phase

There is no real alternative test measuring the resistance of the conductive footwear after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the footwear manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.6.2.4 Conductive head covers, scarves, helmets and face screens

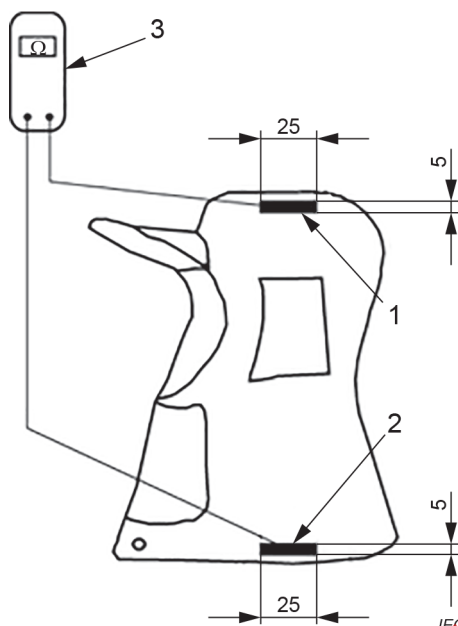
For the measurements of the *conductive head cover* or scarf, two electrodes located approximately 50 mm from the extreme edge shall be painted using conductive paint. The resistance between the electrodes shall be measured. The reading and the measuring method shall be recorded.

For the head cover, scarf and face screen, measurements shall be made between electrical connection points (see Figure 14a, Figure 14b, Figure 14d).

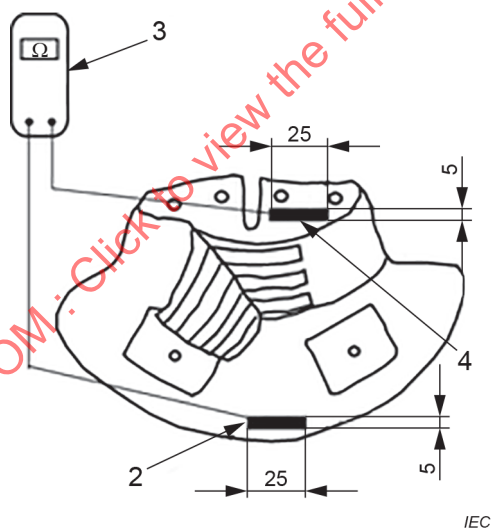
For the conductive helmet, measurements shall be made between extremities of the press studs, or by using the electrical connection points (see Figure 14c).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Dimensions in millimetres

**Figure 14a – Conductive head cover**

Dimensions in millimetres

**Figure 14b – Conductive scarf**

Dimensions in millimetres

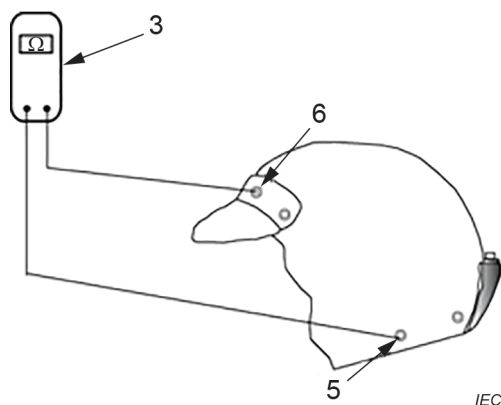


Figure 14c – Conductive helmet

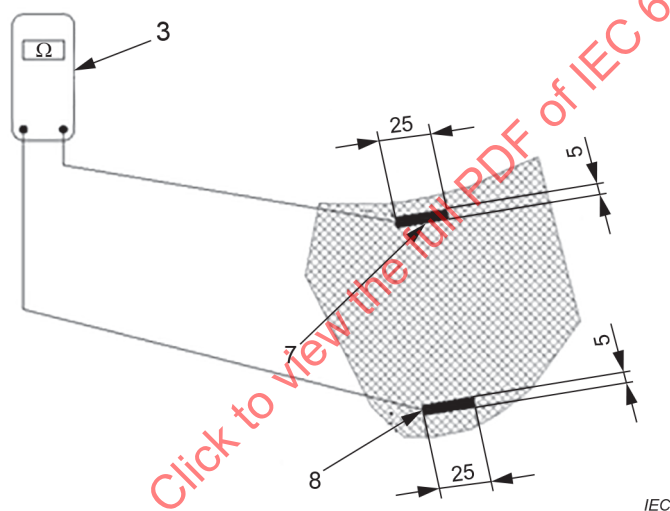


Figure 14d – Conductive face screen

Key

- 1 electrode made of conductive paint on the top of the *conductive head cover*
- 2 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the base open edge
- 3 ohmmeter or test procedure 5.4.2.1
- 4 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the upper open edge
- 5 connection to the lower press stud
- 6 connection to the upper press stud
- 7 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the upper of face screen
- 8 electrode made of conductive paint parallel and adjacent to the base of face screen

Figure 14 – Electrical resistance test – Conductive head covers, scarves and face screens

The resistance between the electrodes shall be measured according to test procedure 5.4.2.1 or with an ohmmeter and shall not exceed values specified in Table 10.

Table 10 – Maximum resistance of conductive hood, scarf, helmet and face screen according to the maximum voltage class of the conductive clothing

Class	Resistance Ω
1	40
2	15

5.6.3 Alternative methods in cases where component parts have completed the production phase

For conformity evaluation of every type of *component part*, except for *conductive footwear*, that has completed the production phase, the tests of 5.6 shall be performed but

- without the use of metallic electrodes or conductive painting,
- with the use of an ohmmeter with its contact electrodes.

To reduce the value of the contact resistance between the *garment* and the contact electrode, a sufficient pressure should be applied during the test.

The maximum electrical resistance values for each type of *component part* are specified in the associated tables.

5.7 Marking

5.7.1 Presence and correctness of marking

It shall be checked by visual inspection the presence of the marking and whether the requirements of 4.6 are fulfilled.

5.7.2 Durability of marking

5.7.2.1 Type test

The marking shall be rubbed for at least 15 s with lint-free cloth soaked with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$). It is the duty of an employer to ensure that the relevant legislation and safety requirements for the use of isopropanol are complied with in their entirety.

The test shall be considered as passed if the marking is still easily legible and the label has not curled or become detached.

5.7.2.2 Alternative method to durability of marking test in cases that conductive clothing and component parts have completed the production phase

There is no real alternative test to the durability of marking test for the *conductive clothing* and *conductive component parts* (destructive test) after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirement. Nevertheless, the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure with identical components (materials and accessories) as per the type test.

5.8 Packaging

It shall be checked by visual inspection whether the requirements of 4.7 are fulfilled.

5.9 Presence and correctness of instructions for use

It shall be checked by visual inspection the presence of the instructions for use and whether the requirements of 4.9 are fulfilled.

6 Conformity assessment of products having completed the production phase

For leading the conformity assessment during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with this document.

Annex D, developed from a risk analysis on the performance of products, provides the classification of defects and identifies the associated requirements and tests applicable in case of production follow-up.

7 Modification

Any modification of the *conductive clothing* or *component part* or material shall require new type tests, in whole or in part (if the degree of modification so justifies), as well as a change in clothing reference literature.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Annex A (informative)

Guidelines for the selection of the maximum voltage class of conductive clothing in relation to the nominal voltage of an electric system

The use of *conductive clothing* is normally prescribed for live working to be performed at the nominal voltage of an electric system. The recent building of some electric systems with a nominal voltage over 800 kV AC and 600 kV DC made necessary the introduction of a new type of *conductive clothing* to further attenuate the electric field.

For this reason, two maximum voltage classes of *conductive clothing* were introduced:

- The maximum voltage class 1 corresponds in general criteria to the *conductive clothing* of IEC 60895:2002 (up to 800 kV AC and ± 600 kV DC). For this class the minimum value prescribed for *screening efficiency* is 40 dB.
- The maximum voltage class 2 corresponds to the new type of *conductive clothing* (up to 1 000 kV AC and ± 800 kV DC). For this class the minimum value prescribed for *screening efficiency* is 50 dB. In order to reach this value, it is necessary to use a *conductive face screen*.

The maximum use voltage recommended for each class of *conductive clothing* is designated in Table A.1. However it is possible to use *conductive clothing* of class 2 on electric systems with nominal voltage below 1 000 kV AC and ± 800 kV DC.

Table A.1 – Designation of maximum use voltage

Class	AC kV RMS	DC kV
1	800	± 600
2	1 000	± 800

Component parts shall respect the maximum voltage class as well.

When *component parts* (e.g. gloves) of class 1 are used on a *garment* of class 2, the *conductive clothing* is automatically downgraded to class 1.

In order to respect national directives related to the reduction of the value of the electric field, it is possible to use a *conductive face screen* with a *conductive clothing* of class 1.

The maximum use voltage is the AC phase-to-phase voltage or the DC voltage of *conductive clothing* that can be declared by the manufacturer according to the class.

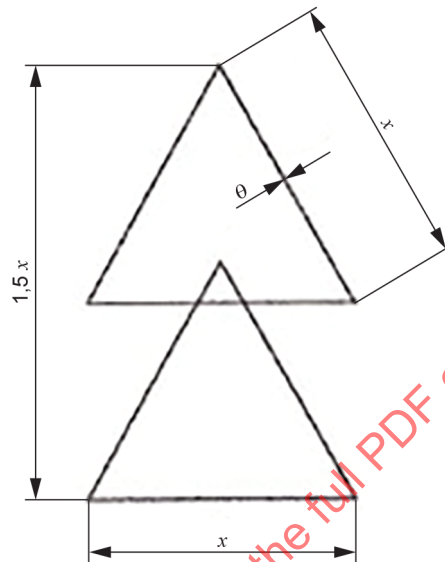
The user may decide to use one of the two classes of *conductive clothing* indicated in Table A.1.

For class 2 *conductive clothing*, the conditions of work on a DC network above ± 600 kV are still under study. Some countries have some general rules concerning the aero-ionic deficiency in a static electric field which should be considered.

Annex B (normative)

Suitable for live working; double triangle (IEC 60417-5216:2002-10)

This symbol is shown in Figure B.1. It does not have colour inside, but it has a free visible colour in the border.



IEC

Figure B.1 – Symbol for live working with its dimensions
(IEC 60417-5216:2002-10)

Annex C (normative)

General procedure for type tests

C.1 Tests on the outer layer material

Table C.1 gives the list of type tests to be carried out on the outer layer material.

Table C.1 – List of type tests to be carried out on the outer layer material

Description of tests	Subclause	
	Requirement	Test
Tear resistance	4.3.2	5.2.1
Burst strength	4.3.3	5.2.1
Abrasion resistance	4.3.4	5.2.1

C.2 Tests on material

Table C.2 gives the list of type tests to be carried out on the *conductive material*.

Table C.2 – List of type tests to be carried out on the material

Description of tests	Subclause	
	Requirement	Test
Flame retardancy	4.4.2	5.3.2.1
Electrical resistance ^a	4.4.3	5.3.3.1
Current-carrying capability ^a	4.4.4	5.3.4.1
Shielding efficiency ^a	4.4.5	5.3.5.1
Resistance to cleaning ^b	4.4.6	5.3.6.1
Spark-discharge protection ^{a, b}	4.2.6	5.3.7.1
^a In case of a multilayer, the test shall only be performed on the layer made of <i>conductive material</i> .		
^b The tests for resistance to cleaning and spark-discharge protection do not apply to <i>conductive materials</i> which are not made of fabric.		

C.3 Tests on the conductive garment

Table C.3 gives the list of type tests to be carried out on the conductive *garment*.

Table C.3 – List of type tests to be carried out on the conductive garment

Description of tests	Subclause	
	Requirement	Test
Electrical resistance	4.5.5	5.4.2
Marking	4.6	5.7
Packaging	4.7	5.8
Instructions for use	4.8	5.9

C.4 Tests on the conductive component parts

Table C.4 gives the list of type tests to be carried out on the conductive *component parts*.

Table C.4 – List of type tests to be carried out on the component parts

Description of tests	Subclause	
	Requirement	Test
Electrical resistance of gloves	4.5.1	5.6.2.1
Electrical resistance of overshoe socks and socks	4.5.1	5.6.2.2
Electrical resistance of <i>conductive footwear</i>	4.5.2	5.6.2.3
Electrical resistance of <i>conductive head covers</i> , scarf and helmet	4.5.3	5.6.2.4
Electrical resistance of <i>conductive face screen</i>	4.5.4	5.6.2.4
Marking	4.6	5.7
Packaging	4.7	5.8
Instructions for use	4.8	5.9

C.5 Tests on the complete conductive clothing

Table C.5 gives the list of type tests to be carried out on the complete *conductive clothing*.

Table C.5 – List of type tests to be carried out on the complete conductive clothing

Description of tests	Subclause	
	Requirement	Test
Integrity of the <i>conductive clothing</i>	4.2.3	5.5.2
Bonding test	4.2.4	5.5.3.1
<i>Screening efficiency</i>	4.2.5	5.5.4

Annex D (normative)

Classification of defects and tests to be allocated

Annex D was developed to address the level of defects of manufactured *conductive clothing*, including conductive *component parts*, (critical, major or minor) in a consistent manner (see IEC 61318). For each requirement identified in Table D.1, Table D.2, Table D.3, Table D.4 and Table D.5, both the type of defect and the associated test are specified. Annex E defines the rationale for the classification of defects.

Table D.1 – Classification of defects on the outer layer material and associated requirements and tests

Requirements		Type of defect			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.3.2	Tear resistance		X ^a		5.2.2
4.3.3	Burst strength		X ^a		5.2.2
4.3.4	Abrasion resistance		X ^a		5.2.2
^a This test shall be assessed and documented by the <i>outer layer material</i> manufacturer for the lot size. The lot size is, as a minimum, the amount of <i>outer layer material</i> delivered to the <i>conductive clothing</i> manufacturer. As a minimum unit, a roll of <i>outer layer material</i> should be considered.					

Table D.2 – Classification of defects on the conductive material and associated requirements and tests

Requirements		Type of defect			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.4.2	Flame retardancy	X ^a			5.3.2
4.4.3	Electrical resistance	X ^a			5.3.3
4.4.4	Current-carrying capability	X ^a			5.3.4
4.4.5	<i>Shielding efficiency</i>	X ^a			5.3.5
4.4.6	Resistance to cleaning	X ^a			5.3.6
4.2.6	Spark-discharge protection	X ^a			5.3.7
^a This test shall be assessed and documented by the <i>conductive material</i> manufacturer for the lot size. The lot size is, as a minimum, the amount of <i>conductive material</i> delivered to the <i>conductive clothing</i> manufacturer. As a minimum unit, a roll of <i>conductive material</i> should be considered.					

Table D.3 – Classification of defects on the conductive garment and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.5.5	Electrical resistance	X			5.4.3
4.6	Marking: presence and correctness of marking		X		5.7.1
4.6	Marking: durability of marking		X ^a		5.7.2.2
4.7	Packaging			X	5.8
4.8	Instructions for use: presence and correctness of instructions		X		5.9
^a This test shall be assessed and documented by the <i>garment</i> manufacturer for the lot size. The lot size is, as a minimum, the amount of <i>garment</i> delivered to the manufacturer. As a minimum unit, a single <i>garment</i> should be considered.					

Table D.4 – Classification of defects on the conductive component parts and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.5.1	Electrical resistance of <i>conductive gloves</i>	X			5.6.3
4.5.1	Electrical resistance of <i>conductive overshoe socks and socks</i>	X			5.6.3
4.5.2	Electrical resistance of <i>conductive footwear</i>	X			5.6.2.3.3
4.5.3	Electrical resistance of <i>conductive head cover, scarf and helmet</i>	X			5.6.3
4.5.4	Electrical resistance of <i>conductive face screen</i>	X			5.6.3
4.6	Marking: presence and correctness of marking		X		5.7.1
4.6	Marking: durability of marking		X ^a		5.7.2.2
4.7	Packaging			X	5.8
4.8	Instructions for use: presence and correctness of instructions		X		5.9
^a This test shall be assessed and documented by the <i>component parts</i> manufacturer for the lot size. The lot size is, as a minimum, the amount of <i>component parts</i> delivered to the manufacturer. As a minimum unit, a single <i>component part</i> should be considered.					

Table D.5 – Classification of defects on the complete conductive clothing and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.2.3	Integrity of the <i>conductive clothing</i>	X			5.5.2
4.2.4	Bonding test	X			5.5.3.2
4.2.5	<i>Screening efficiency</i>	X ^a			5.5.4
^a This test shall be assessed and documented by the complete <i>conductive clothing</i> manufacturer, who shall indicate that it is made with the same material and components used during the type test for the lot size. The lot size is, as a minimum, the amount of <i>conductive clothing</i> delivered to the client. As a minimum unit, a single item of <i>conductive clothing</i> should be considered.					

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Annex E (informative)

Rationale for the classification of defects

Annex E provides the rationale for the classification of defects specified in Annex D. For brand new *conductive clothing* or *component parts*, Table E.1 presents the justification for the type of defect associated with a lack of compliance with each of the requirements included in Annex D.

This analysis takes into consideration that the products are used by skilled persons and in accordance with safe methods of work.

Table E.1 – Justification for the type of defect

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Outer layer material	
Major defects	
Tear resistance	This defect can be directly detected by the worker who will not use the <i>conductive clothing</i> .
Burst strength	This defect can be directly detected by the worker who will not use the <i>conductive clothing</i> .
Abrasion resistance	This defect can be directly detected by the worker who will not use the <i>conductive clothing</i> .
Conductive material	
Critical defects	
Flame retardancy	It protects the user against burns.
Electrical resistance	With a too high electrical resistance of the material, <i>conductive clothing</i> would be less comfortable, and lineman would not feel at ease. The resistance of fabric is also controlled by the bonding test and electrical resistance measurement on each <i>component part</i> .
Current-carrying capability	In case of reduced-current capability, the <i>conductive clothing</i> would be locally damaged during the bonding operations, but no immediate effect would affect the worker.
<i>Shielding efficiency</i>	The purpose of <i>conductive clothing</i> is to reduce the exposure to electric field. With a material with too low <i>shielding efficiency</i> , values of electric field exposure could be exceeded. The <i>shielding efficiency</i> of material is also controlled by the <i>screening efficiency</i> test, but only at the industrial frequency.
Resistance to cleaning	Resistance to cleaning includes flame retardancy, electrical resistance and <i>shielding efficiency</i> tests. Consequently, it is a critical defect.
Spark-discharge protection	In case of a fabric not tight enough during the bonding operation, the spark discharge could reach the body of the worker and the current of connection could be significant.

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Conductive garment	
Critical defects	
Electrical resistance	A <i>garment</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Major defects	
Marking: presence and correctness of marking	Without marking, the worker will not use the <i>garment</i> . Wrong information is provided: it may be a hazard for the user.
Marking: durability of marking	With illegible marking, the worker will not use the <i>garment</i> .
Instructions for use: presence and correctness of instructions	Without instructions, the worker will not use the <i>garment</i> . Wrong information is provided: it may be a hazard for the user.
Minor defects	
Packaging	An inappropriate packaging could provoke premature oxidation of the fabric, which could change the aspect of the <i>garment</i> but does not compromise quickly its electrical characteristics.
Conductive component parts	
Critical defects	
Electrical resistance of <i>gloves</i>	<i>Gloves</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Electrical resistance of <i>overshoe socks and socks</i>	<i>Overshoe socks and socks</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Electrical resistance of <i>conductive footwear</i>	<i>Conductive footwear</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Electrical resistance of <i>conductive head cover, scarf and helmet</i>	<i>Conductive head cover, scarf and face screen</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Electrical resistance of <i>conductive face screen</i>	<i>Conductive face screen</i> with a too high electrical resistance could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
Major defects	
Marking: presence and correctness of marking	Without marking, the worker will not use the <i>garment</i> . Wrong information is provided: it may be a hazard for the user.
Marking: durability of marking	With illegible marking, the worker will not use the <i>garment</i> .
Instructions for use: presence and correctness of instructions	Without instructions, the worker will not use the <i>garment</i> . Wrong information is provided: it may be a hazard for the user.
Minor defects	
Packaging	An inappropriate packaging could provoke premature oxidation of the fabric, which could change the aspect of the <i>component parts</i> but does not compromise quickly its electrical characteristics.

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Complete conductive clothing	
Critical defects	
Integrity of the <i>conductive clothing</i>	If the connection systems do not correctly work, or if the complete <i>conductive clothing</i> seems deteriorated, the electrical and mechanical protection may not be assured.
Bonding test	An electrical bonding with a too high resistance between two <i>component parts</i> of the complete <i>conductive clothing</i> could first reduce wearing comfort during live working, and could then provoke involuntary movements which could be hazardous.
<i>Screening efficiency</i>	The purpose of <i>conductive clothing</i> is to reduce the exposure to electric field. With a complete <i>conductive clothing</i> with too low <i>screening efficiency</i> , values of electric field exposure could be exceeded.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Annex F (informative)

In-service use and care

F.1 General

Annex F provides the users of *conductive clothing* and *component parts* with recommendations for the in-service care, maintenance and periodic testing.

If the operator uses overshoe socks, it is not necessary to use footwear defined by this document.

Additional information can be found in IEEE 1067.

F.2 Care, storage and repair

F.2.1 Care

The integrity of the *conductive clothing* is essential. It is the responsibility of the worker to exercise extreme care while wearing and handling the *conductive clothing*. Tears, holes and other deformities should be repaired according to accepted practice as described in F.2.4.

F.2.2 Storage

Conductive clothing and *component parts* should be stored in a dustproof breathable container, such as a canvas or vinyl bag or briefcase. The container should be breathable in order to allow any moisture in the *conductive clothing* to dry, rather than turn mouldy. The storage container should be easily identified and stored in a location safe from heat, moisture and damage from other stored items. Care should be taken in transport. *Conductive clothing* should not be stored when made damp by perspiration or other moisture.

F.2.3 Cleaning and washing

The manufacturer's cleaning instructions should be followed. In general, the *conductive clothing* may be washed by hand or in an automatic washer with a detergent and no other additives (bleach, etc.) and may be dried in an automatic dryer on low heat or air-dried.

The life of the *conductive clothing* may be prolonged by hand washing with mild detergent and air-drying. *Conductive clothing* that is heavily soiled with grease, oil or other heavy contaminants should be dry cleaned.

F.2.4 Patching and repair of conductive fabric

Snags and rips can be sewn with flame-retardant thread. Holes can be repaired by using a patch of the *conductive clothing* material, the overlap of the material should be a minimum of $2,5 \pm 0,5$ cm, and by stitching with flame-retardant thread.

Socks and gloves are not repairable.

When *conductive clothing* is damaged beyond repair and needs to be retired from service, it should be returned to the manufacturer along with significant events of its use and care, in order to provide a database for future review.

The maximum number of patching or repairing operations should be limited to three for each item of *conductive clothing*. It is not recommended to repair the *conductive clothing* in the same area more than once.

F.3 Inspection before use

F.3.1 General

Before each day's use, a visual inspection should be made of the complete *conductive clothing* to ensure that all *component parts* fit together.

Zip fasteners, metal press-studs, metal hooks and eyes (gallow straps or suspenders) should be checked to ensure that they are correctly inserted and making a good contact. The stitching should be examined to ensure that it is continuous and that two or more pieces, when joined, stay in good contact.

Adjustable self-gripping devices may be used to eliminate the need for metal fasteners.

F.3.2 Conductive clothing

Conductive clothing should be carefully examined by the wearer to be sure it is not damaged and that the bonding leads are secure.

F.3.3 Conductive boots and leg straps

The straps between the conductive boots and the calf should be inspected for breaks that would disrupt electrical continuity. They should be replaced if they are judged inadequate.

The soles of the boots should be kept clean and free from dirt and contaminants.

If *conductive overshoe socks* are used, the resistance of the footwear is not of concern.

F.3.4 Conductive socks and gloves

Conductive socks and *conductive gloves* should be inspected for damage.

F.4 Non-destructive periodic testing

F.4.1 General

Conductive clothing should be tested for resistance.

F.4.2 Time between periodic tests

Testing is recommended every 12 months, or after 10 washings, whichever comes first, or according to national or local procedure.

F.4.3 Resistance test

The test shall be made either on a mannequin or flat on a non-conductive table. The resistance may be measured using either an AC or DC source with current and voltage meters, or with digital multimeter to read the resistance directly. Digital multimeters provide adequate sensitivity and accuracy for these measurements. The electric contact area shall not exceed 125 mm². The measurement points are indicated in 5.4.2.2 and 5.5.3.1 and the maximum acceptable values of electrical resistance should not be bigger than the values indicated in Table 3 and Table 4.

It is possible to make a test of *shielding efficiency* when the value of the resistance increases too much.

F.4.4 Record keeping

A complete chronological record of the *conductive clothing* and *component parts* used should be kept to record their condition and test results. The record can be used to establish replacement criteria for the *garment* and *component parts* based on the information gathered from the periodic inspection and testing.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

Annex G (informative)

Face protection

G.1 General

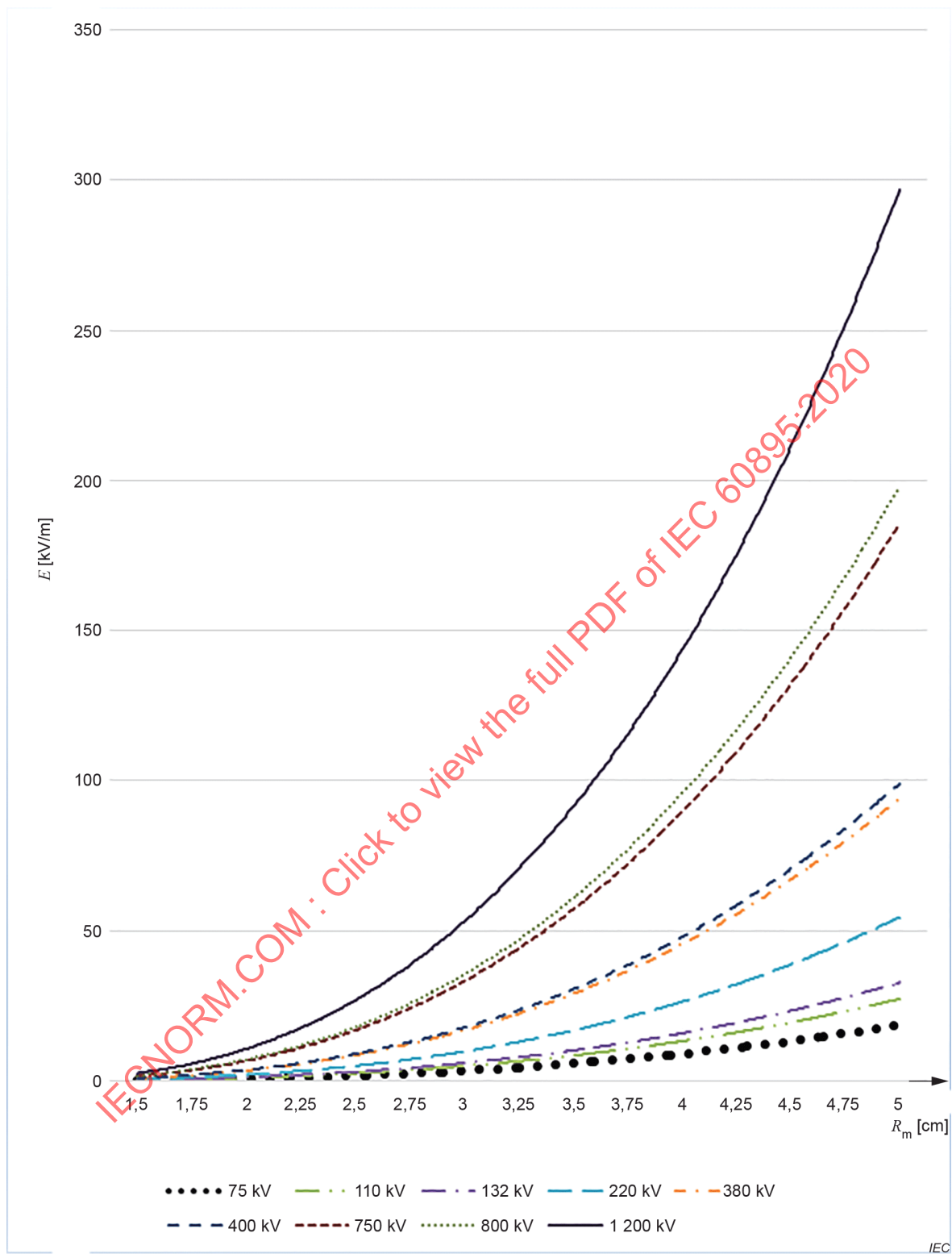
Without any face protection, electric field may exceed the current exposure limits inside the *conductive clothing* during high voltage live-line maintenance. Although face protection acts as a Faraday cage, it has to guarantee that the field strength remains below the applicable limits at any point inside the clothing and at any time during the work.

Face protection is recommended for class 1 *conductive clothing* to ensure that the electric field remains below the effective international (e.g. ICNIRP), national or regional limits at any time during live-line work even in the worst-case arrangement. It is the decision and responsibility of the manufacturer to guarantee the proper protection of the worker from the possible harmful (both long- and short-term) effects of the high electric field caused by the lack of face protection.

G.2 Face screen design

Electric field strength as a function of the radius of the openings on the mesh of the face screen (approximated as circles) can be seen in Figure G.1. If the shape is not a circle, the actual shape has to be approximated by a circle with a diameter equal to the maximum diameter of the original shape.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020

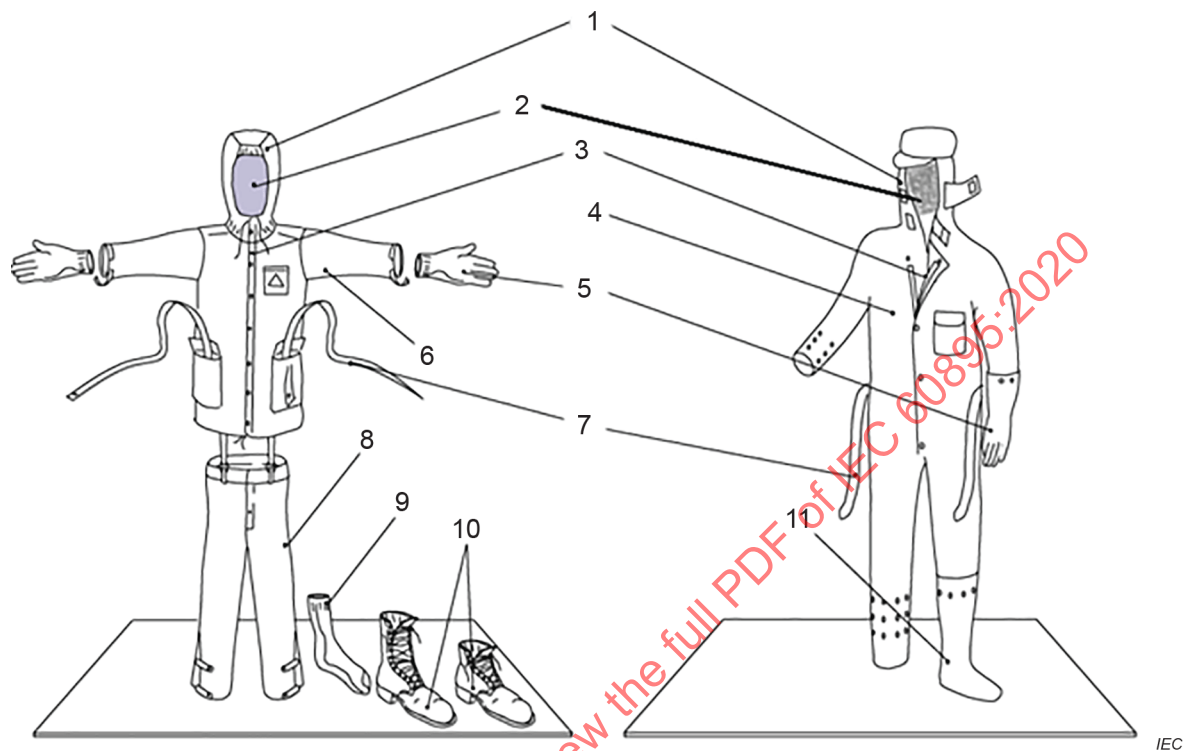
**Key**

E electric field strength
 r_m mesh opening radius

Figure G.1 – Electric field strength as a function of mesh opening radius

Annex H (informative)

Example of general arrangement of complete conductive clothing



Key

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | <i>conductive head cover (hood)</i> | 7 | <i>equipotential bonding</i> |
| 2 | <i>conductive face screen</i> | 8 | <i>trousers (pants) or lower part of the garment</i> |
| 3 | <i>garment</i> | 9 | <i>conductive sock</i> |
| 4 | <i>one piece clothing (coverall)</i> | 10 | <i>conductive footwear (boot or shoe)</i> |
| 5 | <i>conductive glove</i> | 11 | <i>conductive overshoe sock</i> |
| 6 | <i>jacket or upper part of the garment</i> | | |

Figure H.1 – Example of general arrangement of complete conductive clothing

Bibliography

IEC 60050-651, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 651: Live working* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60456:2010, *Clothes washing machines for household use – Methods for measuring the performance*

IEC 60743:2013, *Live working – Terminology for tools, devices and equipment*

IEEE 1067, *IEEE Guide for In-Service Use, Care, Maintenance, and Testing of Conductive Clothing for Use on Voltages up to 765 V ac and ± 750 kV dc*

VALAGUSSA, LEVA, DE DONÀ, MILANELLO, CARRARO, CARRARO, ICOLIM 2011, *Laboratory Tests for the Verification of the Screening Performance of Protective Conductive Clothing used in Live Line Work*, 31 May to 2 June 2011

DESCHAMPS, RIQUEL, SPANGENBERG, OSTERMANN, CIGRE EMF-ELF-2011, *Exposure to Electric Field During Live-Line Working*, 24-25 March 2011

HU, WANG, LIU, SHAO, LIU, HU, XU, XIAO, *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific, Experimental Investigation on Live Working Requirements for 1000kV Ultra High Voltage AC Transmission Line*, 28-31 March 2010

HU, HU, LIU, LIU, HU, XIAO, WU, *Field Strength of Body Surface during Live Working on UHV AC and DC Transmission Lines*, *High Voltage Engineering*, Vol.36, No.1, January 31, 2010

VINCENT, BOURDAGES, NGUYEN, BOISSONNEAULT, LAPIERRE, HAMEL, ICOLIM 2002, *Properties of conductive material (fabric) under AC and DC conditions*, 5-7 June 2002

HOTTE, GELA, EPRI TR-104640, *Electrical performance of conductive suits*, December 1994

HOTTE, GELA, MITCHELL, LYONS, *IEEE Transactions on Power Delivery, Electrical performance of conductive suits*, Vol. 12, No 3, July 1997

JIANSHANG, YUGEN, YI, ESMOL 90, *The research of test methods for screening efficiency of conductive clothing*, pages 133-135

JIUSGANG, YI, LIHAY, ESMOL 90, *The research of protective principles of conductive clothing for live working*, pages 135-138

UDOD, TALOVERYA, NIJNIK, ESMOL 95, *Shielding of workers from electric and magnetic fields during live line working in Ukraine*, pages 163-170

ENGELMANN, HERZBERG, ICOLIM 2000 *Conference Record, New Shielding Protective Equipment for Live Working*, pages 179-185

LALOT, HANTOUCHE, BARATON, FORTIN, ICOLIM 2000 *Conference Record, Conductive garment (CG) for Live Working and Protection against the electric field*, pages 261-271

G. GÖCSEI, B. NÉMETH, Z. A. TAMUS, I. KISS, *Face Protection Investigation Against Electric Field On Live Line Workers, Keynote, 2012 IEEE International Symposium of Electrical Insulation, San Juan, USA pp. 535-539, ISBN: 978-1-4673-0486-3*

G. GÖCSEI, B. NÉMETH, Á. TAMUS, I. KISS, J. MEIXNER, *Shielding efficiency of conductive clothing during live-line maintenance, International Conference on Live Maintenance (ICOLIM) 2014, Budapest, Hungary, Paper 306, pp. 5, ISBN: 978-1-4799-5993*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	74
INTRODUCTION	76
1 Domaine d'application	77
2 Références normatives	77
3 Termes et définitions	78
4 Exigences	80
4.1 Généralités	80
4.2 Exigences pour le vêtement conducteur	80
4.2.1 Conception	80
4.2.2 Classification	80
4.2.3 Bon état du vêtement conducteur	81
4.2.4 Liaison équipotentielle	81
4.2.5 Efficacité d'écran	81
4.2.6 Protection contre les étincelles de décharge	81
4.3 Exigences mécaniques pour la couche extérieure de matériau	81
4.3.1 Généralités	81
4.3.2 Résistance à la déchirure	81
4.3.3 Résistance à l'éclatement	82
4.3.4 Résistance à l'abrasion	82
4.4 Exigences pour le matériau	82
4.4.1 Généralités	82
4.4.2 Non-propagation de la flamme	82
4.4.3 Résistance électrique	82
4.4.4 Capacité d'écoulement du courant	82
4.4.5 Efficacité de blindage	82
4.4.6 Résistance au nettoyage	83
4.5 Exigences spécifiques des parties composantes	83
4.5.1 Gants, couvre-chaussures (chausses) et chaussettes conducteurs	83
4.5.2 Chaussures conductrices	83
4.5.3 Cagoule, écharpe et casque conducteur	83
4.5.4 Écran facial conducteur	83
4.5.5 Exigences applicables à l'article d'habillement – Résistance électrique	84
4.6 Marquage	84
4.7 Emballage	84
4.8 Instructions d'emploi	84
5 Essais	85
5.1 Généralités	85
5.2 Essais mécaniques pour la couche extérieure de matériau	85
5.2.1 Essai de type	85
5.2.2 Méthode équivalente à l'essai mécanique de la couche extérieure de matériau à l'issue de la phase de production	86
5.3 Essais du matériau	86
5.3.1 Généralités	86
5.3.2 Essai de non-propagation de la flamme	86
5.3.3 Essai de résistance électrique	92
5.3.4 Capacité d'écoulement du courant	96

5.3.5	Efficacité de blindage	96
5.3.6	Résistance au nettoyage	100
5.3.7	Protection contre les étincelles de décharge	103
5.4	Essais de l'article d'habillement – Mesurage de la résistance électrique	103
5.4.1	Généralités	103
5.4.2	Essai de type	103
5.4.3	Méthode équivalente à l'essai de résistance électrique de l'article d'habillement à l'issue de la phase de production	104
5.5	Essais du vêtement conducteur complet	104
5.5.1	Généralités	104
5.5.2	Bon état du vêtement conducteur	104
5.5.3	Essai de liaison	105
5.5.4	Efficacité d'écran	105
5.6	Essais des parties composantes	112
5.6.1	Généralités	112
5.6.2	Essai de type	113
5.6.3	Méthodes d'essai équivalentes pour les parties composantes à l'issue de la phase de production	120
5.7	Marquage	120
5.7.1	Présence et exactitude du marquage	120
5.7.2	Durabilité du marquage	120
5.8	Emballage	120
5.9	Présence et exactitude des instructions d'emploi	121
6	Évaluation de la conformité des produits à l'issue de la phase de production	121
7	Modification	121
Annexe A (informative) Lignes directrices pour le choix de la classe de tension maximale du vêtement conducteur par rapport à la tension nominale d'un système électrique		122
Annexe B (normative) Apprécier aux travaux sous tension; double triangle (IEC 60417-5216:2002-10)		124
Annexe C (normative) Procédure générale pour les essais de type		125
C.1	Essais sur la couche extérieure de matériau	125
C.2	Essais sur le matériau	125
C.3	Essais sur l'article d'habillement conducteur	125
C.4	Essais sur les parties composantes conductrices	126
C.5	Essais sur le vêtement conducteur complet	126
Annexe D (normative) Classification des défauts et essais à associer		127
Annexe E (informative) Justifications ayant conduit à la classification des défauts		130
Annexe F (informative) Utilisation et précautions d'emploi		133
F.1	Généralités	133
F.2	Précautions d'emploi, stockage et réparation	133
F.2.1	Précautions d'emploi	133
F.2.2	Stockage	133
F.2.3	Nettoyage et lavage	133
F.2.4	Rapiéçage et réparation du tissu conducteur	133
F.3	Vérification avant utilisation	134
F.3.1	Généralités	134
F.3.2	Vêtement conducteur	134
F.3.3	Bottes conductrices et lanières de jambe	134

F.3.4	Chaussettes et gants conducteurs	134
F.4	Essais périodiques non destructifs	134
F.4.1	Généralités	134
F.4.2	Délai entre les essais périodiques	134
F.4.3	Essai de résistance	135
F.4.4	Conservation des résultats	135
Annexe G (informative)	Protection du visage	136
G.1	Généralités	136
G.2	Conception de l'écran facial	136
Annexe H (informative)	Exemple de présentation générale d'un vêtement conducteur complet.....	138
Bibliographie.....		139
Figure 1	– Essai de non-propagation de la flamme – Chambre d'essai.....	87
Figure 2	– Essai de non-propagation de la flamme – Porte-éprouvette et support	89
Figure 3	– Essai de résistance électrique – Montage d'essai.....	93
Figure 4	– Orientation des éprouvettes pour les essais de résistance électrique et de capacité d'écoulement du courant.....	94
Figure 5	– Essai de résistance électrique – Circuit électrique.....	94
Figure 6	– Efficacité de blindage.....	99
Figure 7	– Efficacité d'écran du vêtement conducteur – Première méthode: Montage d'essai	108
Figure 8	– Efficacité d'écran du vêtement conducteur – Première méthode – Détails des mesurages	109
Figure 9	– Position des ampèremètres pour l'essai d'efficacité d'écran	110
Figure 10	– Deuxième méthode de vérification de l'efficacité d'écran	111
Figure 11	– Essai de résistance électrique – Gants conducteurs.....	113
Figure 12	– Essai de résistance électrique – Couvre-chaussures et chaussettes conducteurs	114
Figure 13	– Essai de résistance électrique – Chaussure conductrice	116
Figure 14	– Essai de résistance électrique – Cagoules, écharpes et écrans faciaux conducteurs	119
Figure B.1	– Symbole pour les travaux sous tension avec ses dimensions (IEC 60417-5216:2002-10).....	124
Figure G.1	– Champ électrique en fonction du rayon d'ouverture de la maille.....	137
Figure H.1	– Exemple de présentation générale d'un vêtement conducteur complet.....	138
Tableau 1	– Valeur moyenne arithmétique et résistance maximale par carré de surface du matériau conducteur conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur.....	95
Tableau 2	– Efficacité de blindage minimale du matériau conducteur conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur	100
Tableau 3	– Résistance maximale de l'article d'habillement conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur.....	104
Tableau 4	– Résistance de liaison maximale du vêtement conducteur conformément à sa classe de tension maximale	105
Tableau 5	– Tension d'essai phase-terre maximale conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur.....	106

Tableau 6 – Efficacité d'écran minimale du vêtement conducteur conformément à la classe de tension maximale	111
Tableau 7 – Paramètres de l'essai alternatif et efficacité d'écran minimale du vêtement conducteur conformément à la classe de tension maximale	112
Tableau 8 – Résistance maximale des gants conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur	113
Tableau 9 – Résistance maximale des couvre-chaussures et chaussettes conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur	114
Tableau 10 – Résistance maximale des capuches, écharpes, casques et écrans faciaux conducteurs conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur	120
Tableau A.1 – Désignation de la tension d'utilisation maximale	122
Tableau C.1 – Liste des essais de type à réaliser sur la couche extérieure de matériau.....	125
Tableau C.2 – Liste des essais de type à réaliser sur le matériau	125
Tableau C.3 – Liste des essais de type à réaliser sur l'article d'habillement conducteur.....	126
Tableau C.4 – Liste des essais de type à réaliser sur les parties composantes	126
Tableau C.5 – Liste des essais de type à réaliser sur le vêtement conducteur complet	126
Tableau D.1 – Classification des défauts sur la couche extérieure de matériau et exigences et essais associés	127
Tableau D.2 – Classification des défauts sur le matériau conducteur et exigences et essais associés	127
Tableau D.3 – Classification des défauts sur l'article d'habillement conducteur et exigences et essais associés	128
Tableau D.4 – Classification des défauts sur les parties composantes conductrices et exigences et essais associés	128
Tableau D.5 – Classification des défauts sur le vêtement conducteur complet et exigences et essais associés	129
Tableau E.1 – Justification du type de défaut.....	130

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – VÊTEMENTS CONDUCTEURS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60895 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette 3^{ème} édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 2002. Cette édition constitue une révision technique.

Cette 2^{ème} édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) augmentation de l'utilisation jusqu'à 1 000 kV en courant alternatif et ± 800 kV en courant continu;
- b) introduction de deux classes de vêtements conducteurs avec différentes exigences électriques;
- c) révision des exigences électriques du vêtement conducteur;
- d) définition de valeurs de résistance spécifiques pour chaque partie composante du vêtement conducteur;

- e) introduction du casque conducteur et de l'écharpe conductrice en tant que *parties composantes* du vêtement conducteur;
- f) introduction d'exigences mécaniques et de nouveaux essais pour les tissus;
- g) mise à jour des procédures d'essai de nettoyage;
- h) révision de l'essai d'efficacité du vêtement conducteur pour améliorer la faisabilité et la répétabilité;
- i) préparation des éléments de classification des défauts et application générale de l'IEC 61318:2007;
- j) l'Annexe B normative pour la classification des essais a été remplacée par l'Annexe C normative pour la procédure générale des essais de type, l'Annexe D normative pour la classification des défauts et l'Annexe E informative fournissant la justification ayant conduit à ladite classification;
- k) l'Annexe C normative sur la procédure d'échantillonnage a été supprimée (non applicable conformément à l'IEC 61318:2007);
- l) modification de la fréquence recommandée des essais périodiques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1309/FDIS	78/1312/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/IEC, Partie 2.

Les termes définis à l'Article 3 sont indiqués en *italique* dans l'ensemble de la présente norme.

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

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

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

INTRODUCTION

Le présent document donne les spécifications applicables aux *vêtements conducteurs* protecteurs actuellement utilisés sans problème partout dans le monde par les travailleurs qualifiés sur le plan électrique, lors de travaux sous tension. L'adéquation d'un tel vêtement est établie par son *efficacité d'écran* et par la résistance électrique du matériau et des *parties composantes* du *vêtement conducteur*. En se basant sur des mesurages de résistance réalisés par des fabricants et par des compagnies utilisatrices sur des vêtements usagés ayant été utilisés avec succès, des écarts allant de 1 000 à 1 ont été observés.

L'ensemble des travaux d'installation et de préparation à très haute tension visent à limiter la puissance des arcs électriques pendant les travaux.

Lorsqu'au cours de la phase de préparation des travaux, l'appréciation du risque révèle la présence possible d'arcs électriques en raison des courtes distances ou de l'isolation inadaptée du matériel, les travaux ne sont pas entrepris.

Cette approche est dictée par le fait que les arcs électriques produits par des installations à haute tension ont des effets thermiques et électriques très importants qui sont difficilement atténués par les vêtements de protection portés par les opérateurs.

Si une protection contre les arcs électriques est exigée en vertu d'accords passés entre le client et le fabricant, il est possible de réaliser les essais sur le tissu et/ou sur l'*article d'habillement* ainsi que sur les accessoires à l'aide des normes de référence déjà publiées sur ce sujet par l'IEC TC 78.

Le présent document a été préparée conformément aux exigences de l'IEC 61477, le cas échéant.

La bibliographie fournit la liste des articles de portée internationale ayant été utilisés lors de l'élaboration de cette édition de l'IEC 60895.

Le produit couvert par le présent document peut avoir un impact sur l'environnement pendant une partie ou la totalité des phases de son cycle de vie. Ces impacts peuvent être faibles ou considérables, s'observer à court terme ou à long terme et survenir au niveau mondial, régional ou local.

Le présent document ne spécifie pas d'exigences et de dispositions d'essai pour les fabricants du produit, ni de recommandations à l'intention des utilisateurs du produit pour un plus grand respect de l'environnement. Cependant, toutes les parties participant à sa conception, fabrication, emballage, distribution, utilisation, maintenance, réparation, réutilisation, récupération et élimination sont invitées à tenir compte des considérations environnementales.

TRAVAUX SOUS TENSION – VÊTEMENTS CONDUCTEURS

1 Domaine d'application

Le présent document est applicable aux *vêtements conducteurs* portés lors des travaux sous tension (en particulier lors du travail au potentiel) sur des installations électriques à courant alternatif et à courant continu pour assurer une continuité électrique entre les différentes parties du vêtement et une réduction du champ électrique à l'intérieur du vêtement.

Le présent document est applicable aux *vêtements conducteurs* constitués d'un *article d'habillement* conducteur (vestes et pantalons ou *article d'habillement* d'une seule pièce) ou de *parties composantes* conductrices (gants, cagoules ou casques, chaussures ou bottes, couvre-chaussures et chaussettes) dans des systèmes électriques avec une tension nominale allant jusqu'à 1 000 kV en courant alternatif et jusqu'à ± 800 kV en courant continu.

Le présent document n'indique pas les valeurs de protection contre les effets des arcs électriques, car les valeurs indiquées ne garantissent pas la protection nécessaire contre les effets des arcs électriques, ou l'opérateur serait contraint de porter des vêtements conducteurs très lourds et rigides, ce qui empêche l'exécution des travaux en toute sécurité.

Les produits conçus et fabriqués conformément au présent document contribuent à la sécurité des utilisateurs, à condition qu'ils soient utilisés par des personnes averties dans le respect des méthodes applicables au travail sous tension et des instructions d'emploi.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60212:2010, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible sous: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 61318, *Travaux sous tension – Évaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

IEC 61477, *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements*

ISO 3175 (toutes les parties), *Textiles – Entretien professionnel, nettoyage à sec et nettoyage à l'eau des étoffes et des vêtements*

ISO 6330, *Textiles – Méthodes de lavage et de séchage domestiques en vue des essais des textiles*

ISO 12947-1, *Textiles – Détermination de la résistance à l'abrasion des étoffes par la méthode Martindale – Partie 1: Appareillage d'essai d'abrasion de Martindale*

ISO 12947-2, *Textiles – Détermination de la résistance à l'abrasion des étoffes par la méthode Martindale – Partie 2: Détermination de la détérioration de l'éprouvette*

ISO 13937-2, *Textiles – Propriétés de déchirement des étoffes – Partie 2: Détermination de la force de déchirure des éprouvettes pantalons (Méthode de la déchirure unique)*

ISO 13938-1, *Textiles – Propriétés de résistance à l'éclatement des étoffes – Partie 1: Méthode hydraulique pour la détermination de la résistance et de la déformation à l'éclatement*

ISO 15797, *Textiles – Méthodes de blanchissage et de finition industriels pour les essais des vêtements de travail*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61318, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

partie composante

élément additionnel d'un *vêtement conducteur* complet tels que les gants, chaussettes, écharpe, cagoule, écran facial et chaussures portés en plus de l'*article d'habillement* principal et reliés à celle-ci

3.2

vêtement conducteur

vêtement réalisé en matériau(x) naturel(s) ou synthétique(s), entièrement tramé de fibres ou couches de fibres conductrices, utilisé pour assurer une continuité électrique entre les différentes parties du vêtement et une réduction du champ électrique à l'intérieur du vêtement

Note 1 à l'article: Le terme *vêtement conducteur* comprend les éléments conducteurs suivants: veste, pantalon, article d'habillement d'une seule pièce, gants, cagoule, couvre-chaussures (chausses) et chaussettes.

Note 2 à l'article: Des *chaussures conductrices* et un casque conducteur sont des *parties composantes* utilisées avec le *vêtement conducteur*.

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.8]

3.3

élément conducteur

fil métallique ou substance conductrice non métallique utilisé(e) pour fabriquer un matériau conducteur

3.4

écran facial conducteur

dispositif de protection réalisé en matériau conducteur solide ou maillé, protégeant le visage du travailleur, ou une partie de celui-ci, contre un champ électrique

VOIR: Figure H.1

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.9]

3.5

chaussure conductrice

chaussure ou botte de protection comportant une semelle conductrice

VOIR: Figure H.1

Note 1 à l'article: La *chaussure conductrice* peut avoir une attache conductrice pour connexion au *vêtement conducteur*.

Note 2 à l'article: Une *chaussure conductrice* peut aussi procurer une certaine protection mécanique.

3.6

gant conducteur

partie composante du vêtement destinée à protéger les mains

VOIR: Figure H.1

3.7

cagoule conductrice

élément du vêtement, soit une pièce séparée ou cousue à l'article d'*habillement*, recouvrant la tête

VOIR: Figure H.1

Note 1 à l'article: Par exemple, une *cagoule conductrice* peut être une capuche conductrice ou un casque conducteur.

3.8

matériau conducteur

matériau composé de fils métalliques ou de substances conductrices non métalliques, et de fils naturels ou synthétiques tissés, tricotés serres ou disposés en couches

3.9

couvre-chaussure (chausse) conducteur

chaussette conductrice

sorte de chaussette en *matériau conducteur* et portée par-dessus la chaussure ou la botte

VOIR: Figure H.1

3.10

liaison équipotentielle

mise en œuvre de liaisons électriques entre parties conductrices pour réaliser l'équipotentialité

VOIR: Figure H.1

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-13-19]

3.11

liaison de mise au potentiel

connexion conductrice flexible utilisée par le travailleur pour connecter le *vêtement conducteur* à une autre partie conductrice pour établir une *liaison équipotentielle*

Note 1 à l'article: Une *liaison de mise au potentiel* n'est pas un dispositif de mise à la terre.

[SOURCE: IEC 60743:2013, 8.1.6, modifiée – La définition a été modifiée pour s'adapter à l'application spécifique.]

3.12**article d'habillement**

partie principale du vêtement faite d'une seule pièce ou constituée de la veste et du pantalon

VOIR: Figure H.1

3.13**efficacité d'écran**

logarithme en base 10 du rapport entre le courant total injecté dans le *vêtement conducteur* et le corps et le courant circulant uniquement dans le corps

3.14**efficacité de blindage**

logarithme en base 10 du rapport entre la tension mesurée en un point sans le *matériau conducteur* et la tension mesurée avec le *matériau conducteur*

3.15**éprouvette**

partie d'un tissu ou autre partie d'un *matériau conducteur* utilisée pour les essais

4 Exigences**4.1 Généralités**

Les exigences suivantes ont été établies afin de concevoir et confectionner les produits couverts par le présent document en vue de contribuer à la sécurité des utilisateurs, à condition qu'ils soient utilisés par des personnes qualifiées pour le travail sous tension, conformément à des méthodes de travail sûres et aux instructions d'emploi.

4.2 Exigences pour le vêtement conducteur**4.2.1 Conception**

Le *vêtement conducteur* doit constituer un assemblage électriquement continu pour le travailleur.

Le *vêtement conducteur* peut être constitué d'une seule couche de *matériau conducteur* ou de plusieurs couches. En cas de couches multiples, la couche extérieure de matériau du *vêtement conducteur* peut être conductrice ou non conductrice, mais une couche au moins doit être conductrice.

Si des boutons-pression, des fermetures à glissière, des agrafes, des œillets ou toute autre méthode de fermeture sont utilisés pour l'assemblage du *vêtement conducteur* complet, la conductivité électrique du vêtement ne devrait pas être altérée.

La liaison de connexion doit être capable de supporter les contraintes électriques et mécaniques anticipées. Il convient de concevoir la *liaison de mise au potentiel* de façon telle qu'elle n'interfère pas avec les procédures d'urgence, par exemple, en cas de chute.

Si l'*article d'habillement* est constitué de plus d'une pièce (par exemple veste ou pantalon séparés), le système de fixation (liaison) des différentes pièces doit assurer la continuité électrique. Les *parties composantes* individuelles doivent se chevaucher de manière à recouvrir complètement le corps du travailleur.

4.2.2 Classification

Le *vêtement conducteur* couvert par le présent document doit être désigné comme suit:

- par la classe de tension maximale en tant que classe 1 (800 kV en courant alternatif / ± 600 kV en courant continu) ou classe 2 (1000 kV en courant alternatif / ± 800 kV en courant continu);
- par la tension nominale maximale en courant alternatif et en courant continu à laquelle le *vêtement conducteur* peut être utilisé (selon les conditions d'essai pour l'*efficacité d'écran*).

Un guide pour le choix de la classe de tension maximale (courant alternatif et courant continu) est donné à l'Annexe A.

NOTE La classe de tension maximale 1 correspond dans ses critères généraux au *vêtement conducteur* de l'IEC 60895:2002 (jusqu'à 800 kV en courant alternatif et ± 600 kV en courant continu).

4.2.3 Bon état du vêtement conducteur

Le *vêtement conducteur* doit être assemblé avec toutes ses *parties composantes*. Tous les systèmes de connexion doivent fonctionner correctement conformément à la conception. Aucune *partie composante* ne doit être endommagée ou abîmée en utilisation normale, et toutes doivent être contrôlées selon les spécifications de 5.5.2. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.2.4 Liaison équipotentielle

Toutes les *parties composantes* du *vêtement conducteur* complet doivent être conçues de façon à être électriquement liées et doivent être contrôlées selon les spécifications de 5.5.3. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 4.

4.2.5 Efficacité d'écran

Le *vêtement conducteur* doit atténuer le champ électrique. L'atténuation du *vêtement conducteur* est déterminée par l'*efficacité d'écran*. Cette exigence doit être contrôlée selon les spécifications de 5.5.4 et doit respecter le Tableau 6 ou Tableau 7.

4.2.6 Protection contre les étincelles de décharge

Pour réduire l'effet direct des étincelles de décharge, l'espacement entre deux quelconques *éléments conducteurs* adjacents individuels du *matériau conducteur* ne doit pas être supérieur à 5 mm lors d'un usage normal du vêtement, y compris l'étirement (par exemple aux genoux et aux coudes). Cette exigence doit être contrôlée selon les spécifications de 5.3.7.

Cette exigence n'est pas applicable au composant de l'écran facial.

4.3 Exigences mécaniques pour la couche extérieure de matériau

4.3.1 Généralités

La couche extérieure (conductrice ou non-conductrice – voir 4.2.1) de l'*article d'habillement* et des *parties composantes* doit présenter les propriétés données en 4.3.2 à 4.3.4.

Les caractéristiques mécaniques du casque conducteur et des *chaussures conductrices* éventuels ne sont pas couvertes par le présent document.

4.3.2 Résistance à la déchirure

Lorsque la couche extérieure du *vêtement conducteur* est constituée de matériau tissé, elle doit présenter une résistance à la déchirure d'au moins 15 N (pour une densité supérieure à 220 g/m²) ou d'au moins 10 N (pour une densité comprise entre 150 g/m² et 220 g/m²) dans le sens de la machine et dans le sens perpendiculaire lorsqu'elle est soumise à l'essai selon l'ISO 13937-2. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.3.3 Résistance à l'éclatement

Lorsque la couche extérieure du *vêtement conducteur* est constituée de matériau tricoté, elle doit présenter une résistance à l'éclatement d'au moins 1 300 kPa lorsqu'une surface de $(7,3 \pm 0,1) \text{ cm}^2$ est utilisée et une procédure d'essai est appliquée conforme à l'ISO 13938-1. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.3.4 Résistance à l'abrasion

La couche extérieure de matériau du *vêtement conducteur* doit au moins résister à un maximum de 25 000 frottements abrasifs lorsqu'elle est soumise à l'essai selon l'ISO 129472, avec une charge abrasive de 12 kPa. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.4 Exigences pour le matériau

4.4.1 Généralités

Le matériau utilisé pour confectionner les *vêtements conducteurs* ou les *parties composantes* doit présenter les propriétés données en 4.4.2 à 4.4.6.

4.4.2 Non-propagation de la flamme

Le matériau utilisé pour confectionner les *vêtements conducteurs* ou les *parties composantes* ne doit pas s'enflammer et continuer de brûler lorsqu'il est exposé à une source d'allumage, et doit être contrôlé selon les spécifications de 5.3.2. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.4.3 Résistance électrique

Cette qualité peut constituer un élément de base qui détermine l'aptitude du matériau à écouler le courant et ses propriétés de décharger les étincelles.

Pour un travailleur, la seule conséquence directe d'une valeur correcte de la résistance électrique est une faible différence de potentiel entre deux points du vêtement en contact avec la peau, et constitue donc un élément de confort qui doit être contrôlé selon les spécifications de 5.3.3. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 1.

4.4.4 Capacité d'écoulement du courant

Pendant le déplacement du monteur vers sa position de travail (à partir de la structure métallique du pylône ou depuis le sol dans un dispositif élévateur) et au moment de la mise au potentiel du conducteur sous tension, des courants capacitifs s'écoulent dans le vêtement. Il est nécessaire que le vêtement soit capable d'écouler les courants. Cela doit être contrôlé selon les spécifications de 5.3.4. Il ne doit pas y avoir de dégradation du matériau. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

4.4.5 Efficacité de blindage

Le matériau utilisé pour confectionner les *vêtements conducteurs* ou les *parties composantes* doit atténuer le champ électrique. L'atténuation du matériau est déterminée par l'*efficacité de blindage* définie au 3.14. Cela doit être contrôlé selon les spécifications de 5.3.5. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 2.

4.4.6 Résistance au nettoyage

Les nettoyages répétés ne doivent pas réduire les propriétés de la *résistance électrique*, l'*efficacité de blindage* ni celles de non-propagation de la flamme du *vêtement conducteur*. Cela doit être contrôlé selon les spécifications de 5.3.6. Cette exigence s'applique aux deux classes de tensions maximales.

Ces exigences ne s'appliquent pas aux *matériaux conducteurs* qui ne sont pas constitués de tissu.

4.5 Exigences spécifiques des parties composantes

4.5.1 Gants, couvre-chaussures (chausses) et chaussettes conducteurs

La résistance maximale des *gants conducteurs*, lorsqu'elle est mesurée avec les électrodes spécifiées, doit être conforme au 5.6.2.1. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 8.

La résistance maximale des *couvre-chaussures conducteurs (chausses)* et des chaussettes, lorsqu'elle est mesurée avec les électrodes spécifiées, doit être conforme au 5.6.2.2. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 9.

4.5.2 Chaussures conductrices

La résistance maximale, lorsqu'elle est mesurée avec les électrodes spécifiées, doit être conforme au 5.6.2.3.

4.5.3 Cagoule, écharpe et casque conducteur

Pour garantir au travailleur un effet d'écran total, la tête et le cou doivent être recouverts d'un *matériau conducteur*. Cet effet peut être obtenu par une *cagoule conductrice* ou par un casque conducteur avec une écharpe et par un *écran facial conducteur*.

Les *parties composantes* utilisées pour faire écran à la tête doivent laisser entière liberté de mouvement à la tête.

Des dispositions doivent être prises pour assurer une liaison électrique effective et efficace entre toute cagoule, écharpe et l'*article d'habillement* complet.

La résistance maximale, lorsqu'elle est mesurée avec les électrodes spécifiées, doit être conforme au 5.6.2.4. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 10.

Les caractéristiques mécaniques du casque conducteur ou d'un autre type de *cagoule conductrice* éventuellement utilisé ne sont pas couvertes par le présent document.

4.5.4 Écran facial conducteur

En l'absence d'*écran facial conducteur*, pour les *vêtements conducteurs* de la classe de tension maximale 1, des languettes de protection, une visière conductrice, ou la forme de la cagoule doivent assurer la protection du visage. Pour les *vêtements conducteurs* de la classe de tension maximale 2, un *écran facial conducteur* doit toujours être associé. De plus amples informations peuvent être consultées dans l'Annexe G.

Les *parties composantes* utilisées pour faire écran au visage doivent laisser entière liberté de mouvement à la tête

Des dispositions doivent être prises pour assurer une liaison électrique effective et efficace entre l'*écran facial conducteur* et l'*article d'habillement* complet conformément au 5.6.2.4. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 10.

NOTE D'autres types d'écrans faciaux, non examinés dans le présent document, peuvent être utilisés pour des *vêtements conducteurs* de classe 1 en vue de se conformer aux réglementations nationales portant sur la réduction de la valeur du champ électrique.

4.5.5 Exigences applicables à l'article d'habillement – Résistance électrique

L'*article d'habillement* ne doit pas présenter une résistance électrique élevée afin de faciliter l'*efficacité d'écran* et améliorer le confort de l'opérateur. Cela doit être contrôlé selon les spécifications de 5.4.2. Cette exigence doit, pour chaque classe de tension maximale, respecter la valeur indiquée dans le Tableau 3.

4.6 Marquage

Chaque *article d'habillement* et *partie composante* doit porter au moins, de façon permanente, les éléments de marquage suivants:

- nom ou marque du fabricant;
- référence du type et taille (conformément aux normes ISO);
- année de fabrication;
- classe de tension maximale du *vêtement conducteur*;
- tension nominale maximale en courant alternatif et en courant continu à laquelle le *vêtement conducteur* peut être utilisé;
- symbole IEC 60417-5216:2002-10 – Approprié aux travaux sous tension; double triangle (voir Annexe B) cousu, collé ou fixé de façon permanente par tout autre moyen approprié ou imprimé;

NOTE Le rapport exact entre la hauteur de la figure et la base du triangle est de 1,43:1. Par souci de commodité, ce rapport peut être compris entre 1,4 et 1,5.

- numéro de la norme IEC applicable directement adjacent au symbole (IEC 60895).

Les marquages doivent être clairement visibles et lisibles par une personne ayant une vue normale ou corrigée et sans grossissement complémentaire.

D'autres caractéristiques ou informations non nécessaires sur le lieu de travail, telles que l'année de publication de la norme ou les conditions de stockage, doivent être associées au produit par d'autres moyens, par exemple sous forme d'informations codées (codes-barres, puces électroniques, etc.) ou doivent être associées à son emballage.

4.7 Emballage

Le *matériau conducteur* peut s'oxyder lorsqu'il est entreposé à l'air ambiant. Le *vêtement* confectionné doit être emballé pour livraison de façon telle que cette oxydation soit retardée. Lorsque l'utilisateur prévoit de distribuer le *vêtement* en pièces séparées, il convient que l'utilisateur exige des emballages individuels. Par exemple, le *vêtement conducteur* peut être emballé dans un sac de plastique hermétique et protégé préalablement du contact avec ce sac par du papier de soie.

4.8 Instructions d'emploi

Chaque *article d'habillement* et chaque *partie composante* doivent être accompagnés des instructions d'emploi du fabricant quant à son usage et son entretien. Ces instructions doivent être préparées conformément aux dispositions générales de l'IEC 61477 et doivent inclure au minimum:

- des informations concernant la tension phase-terre utilisée pour l'essai d'*efficacité d'écran* (voir 5.5.4) et une déclaration indiquant la tension nominale maximale en courant alternatif et en courant continu, à laquelle le *vêtement conducteur* peut être utilisé;
- des recommandations pour le nettoyage, le stockage et les essais périodiques.

De plus, pour chaque *partie composante*, les éléments suivants doivent être spécifiés:

- le nom du fabricant et les références de l'*article d'habillement* et des autres *parties composantes* associées à l'essai;
- l'indication "Lorsque ce produit est utilisé en association avec un *article d'habillement* conducteur et des *parties composantes* produites par différents fabricants en vue d'assembler un *vêtement conducteur* complet, il incombe à l'utilisateur de vérifier le bon état, la résistance de liaison et l'*efficacité d'écran* de l'ensemble complet".

Des informations supplémentaires sont données dans l'Annexe F.

5 Essais

5.1 Généralités

Le présent document fournit des dispositions d'essai pour démontrer la conformité du produit aux exigences de l'Article 4. Ces dispositions d'essai sont principalement destinées à être utilisées en tant qu'essais de type pour la validation de la conception.

Chaque fois qu'une modification majeure quelconque est apportée au *matériau conducteur* ou au patron de l'*article d'habillement* ou d'une partie composante, les essais de type doivent être répétés.

Lorsque cela est approprié, d'autres moyens (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes d'essai pour les *matériaux conducteurs*, les *articles d'habillement* conducteurs, les *vêtements conducteurs* complets et les composants à l'issue de la phase de production.

L'Annexe C présente la procédure générale pour les essais de type.

5.2 Essais mécaniques pour la couche extérieure de matériau

5.2.1 Essai de type

Ces essais doivent être appliqués à des *échantillons* du matériau utilisé dans la fabrication de la couche extérieure du *vêtement conducteur*.

Le matériau tissé doit être soumis à l'essai selon l'ISO 13937-2 sur cinq *échantillons* pour contrôler la résistance à la déchirure et selon l'ISO 12947-1 et l'ISO 12947-2 sur trois *échantillons* pour contrôler la résistance à l'abrasion, avec un paramètre de charge abrasive de 12 kPa. Le matériau tricoté doit être soumis à l'essai selon l'ISO 13938-1 sur cinq *échantillons* pour contrôler la résistance à l'éclatement et selon l'ISO 12947-1 et l'ISO 12947-2 sur trois *échantillons* pour contrôler la résistance à l'abrasion, avec un paramètre de charge abrasive de 12 kPa.

Les dimensions des différentes *échantillons* et l'orientation de la découpe dans le matériau sont spécifiées dans les normes définies ci-dessus.

5.2.2 Méthode équivalente à l'essai mécanique de la couche extérieure de matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai mécanique pour la couche extérieure de matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant de la couche extérieure de matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3 Essais du matériau

5.3.1 Généralités

Ces essais doivent être appliqués à des *éprouvettes* du matériau utilisé pour la confection des *vêtements conducteurs*.

Pour le casque conducteur ou l'*écran facial conducteur*, l'essai doit être réalisé sur une partie du *matériau conducteur* aux dimensions spécifiées pour les essais.

L'essai de résistance au nettoyage et de protection contre les étincelles de décharge ne s'applique pas aux *matériaux conducteurs* non constitués de tissu.

5.3.2 Essai de non-propagation de la flamme

5.3.2.1 Essai de type

5.3.2.1.1 Principe de l'essai

Le principe de cet essai consiste d'une part à enflammer, à l'aide d'une source d'inflammation normalisée et dans les conditions spécifiées, une *éprouvette* rectangulaire maintenue verticalement et d'autre part à mesurer la surface de tissu brûlée pour classification du matériau soumis à l'essai selon les résultats obtenus.

5.3.2.1.2 Appareillage d'essai

5.3.2.1.2.1 Généralités

L'équipement d'essai doit comprendre

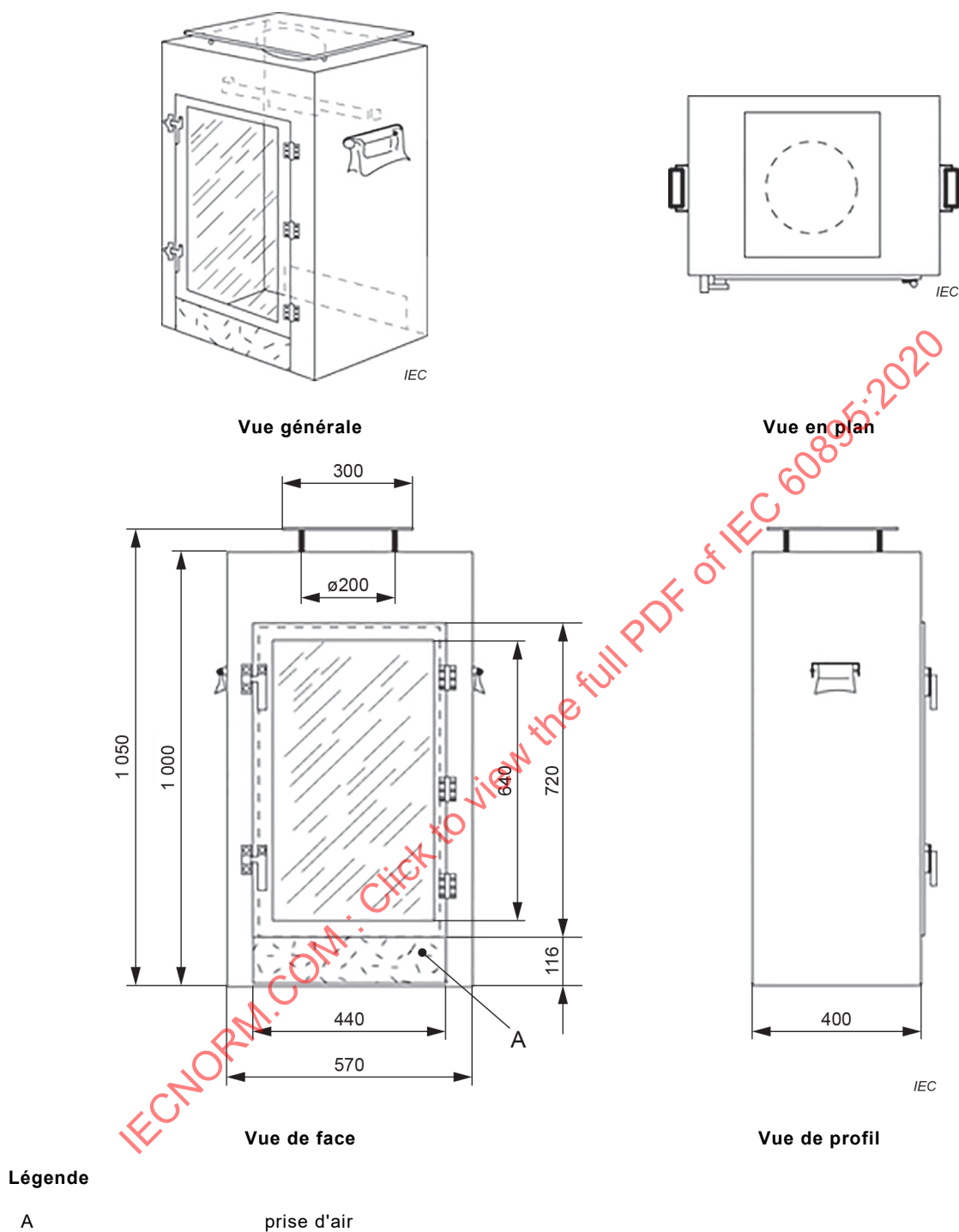
- une chambre d'essai,
- un porte-*éprouvette*,
- des accessoires.

Un essai alternatif conformément à l'ISO 15025:2012 est inclus au cas où la chambre climatique proposée ne peut être réalisée. La décision finale relative au choix de l'essai à effectuer est convenue entre le client et le fournisseur.

5.3.2.1.2.2 Chambre d'essai

La chambre d'essai (voir Figure 1) doit être constituée de plaques d'acier d'au moins $(1,5 \pm 0,25)$ mm d'épaisseur. Les parois intérieures de la chambre doivent être peintes en noir mat.

Dimensions en millimètres

**Figure 1 – Essai de non-propagation de la flamme – Chambre d'essai**

La chambre doit comprendre

- une boîte d'acier de $570 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de largeur $\times$ $400 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de profondeur $\times$ $1\,000 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de hauteur, avec une prise d'air au bas des faces avant et arrière. Ces prises d'air doivent avoir une hauteur de $116 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ et une longueur de $440 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$;
- une porte vitrée au-dessus de la prise d'air avant;

- c) un déflecteur en tôle d'acier de (300 ± 5) mm $\times$ (300 ± 5) mm, placé au-dessus de la chambre, qui est perforé d'un trou de 200 ± 5 mm de diamètre;
- d) un support pour le porte-*épreuve* (voir Figure 2a). Le bas du porte-*épreuve* doit être à 110 ± 5 mm au-dessus du plancher de la chambre.

5.3.2.1.2.3 Porte-*épreuve*

Le porte-*épreuve* (voir Figure 2a et Figure 2b) doit être composé

- a) d'un support sur lequel sont fixées, à 150 ± 5 mm l'une de l'autre, deux tiges de 5 mm $\pm$ 1 mm d'épaisseur;
- b) de deux tiges de serrage (amovibles) épaisses retenues sur les deux tiges fixes avec des pinces.

Le support et toutes les tiges doivent être métalliques.

La forme et la dimension de toutes les tiges doivent être suffisantes pour assurer un bon maintien de l'*épreuve*. La Figure 2b représente la forme des tiges d'essai pour une *épreuve* de tissu ou d'un matériau analogue. Lorsque l'*épreuve* est trop rigide pour s'adapter à la forme des tiges, la tige amovible peut être aplatie, à condition que l'ensemble qui en résulte assure un maintien suffisant de l'*épreuve* (par exemple: par l'utilisation de pinces ou de vis supplémentaires).

5.3.2.1.3 Accessoires

Les accessoires comprennent

- a) une *épreuve* d'allumage normalisée en toile: blanchie, non apprêtée, composée de 67 % $\pm$ 1 % de polyester 33 % $\pm$ 1 % de coton [$(110 \pm 1,1)$ g/m²];
- b) des agrafes;
- c) une balance (précision 0,001 g);
- d) un patron pour découper les *épreuves d'essai*;
- e) du papier-calque;
- f) un miroir d'environ 250 mm $\pm$ 10 mm $\times$ 300 mm $\pm$ 10 mm, placé dans un coin de la chambre, utilisé pour observer la combustion sur la face arrière de l'*épreuve*.

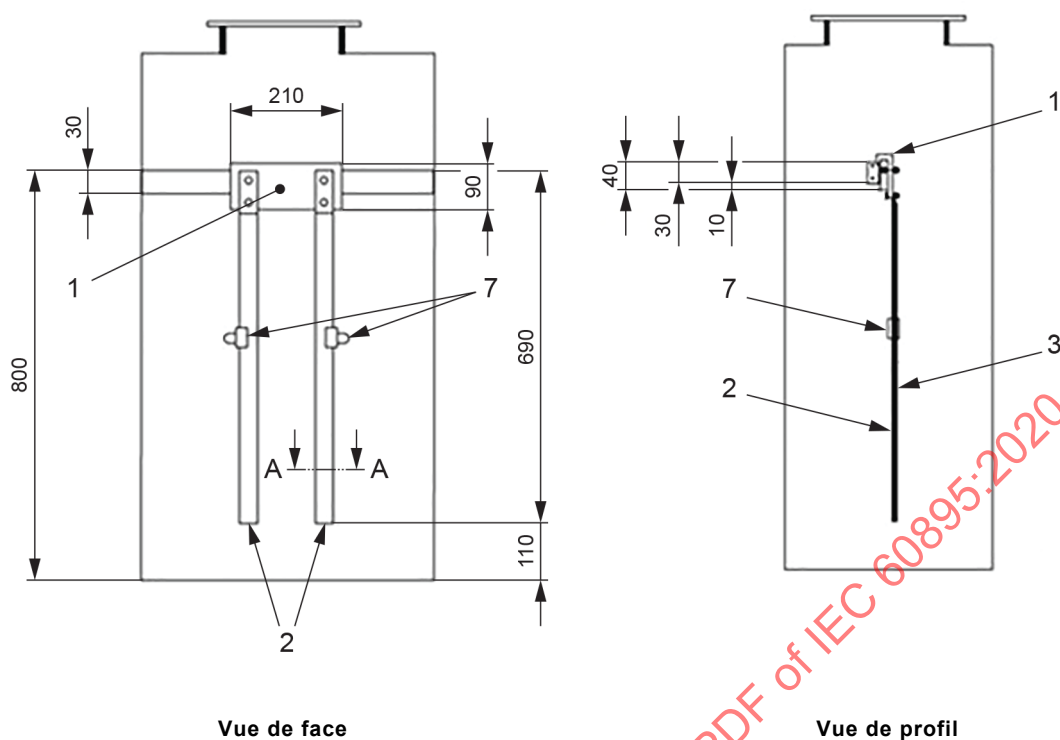


Figure 2a – Support pour le porte-éprouvette

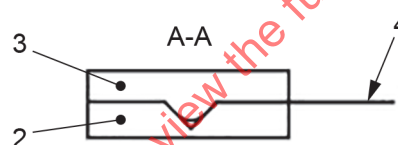


Figure 2b – Forme du porte-échantillon pour des échantillons de tissu ou de matériaux analogues

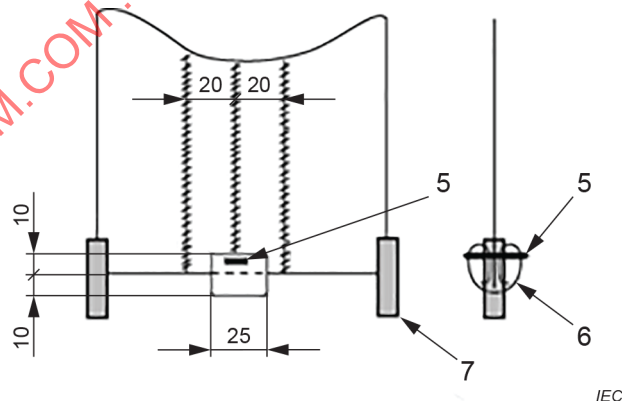


Figure 2c – Pliage de l'éprouvette d'allumage

Légende

- | | | | |
|---|---------------|---|--------------------------|
| 1 | support | 5 | fermeture |
| 2 | tige fixe | 6 | éprouvette d'allumage |
| 3 | tige amovible | 7 | pincès pour fixer 2 et 3 |
| 4 | éprouvette | | |

Figure 2 – Essai de non-propagation de la flamme – Porte-éprouvette et support

5.3.2.1.4 Épreuves

5.3.2.1.4.1 Forme et dimensions

Les *épreuves* rectangulaires doivent avoir des dimensions de $(150 \pm 5) \text{ mm} \times (300 \pm 5) \text{ mm}$ après fixation sur le porte-*épreuve*.

Pour les matériaux tricotés (par exemple chaussettes et gants), le fabricant doit fournir des *épreuves* planes ayant les dimensions spécifiées ci-dessus.

5.3.2.1.4.2 Nombre

Le nombre d'*épreuves* exigé selon le matériau doit être le suivant.

a) Matériau tissé

Les essais doivent être réalisés sur trois *épreuves* coupées de façon telle que leur longueur soit parallèle à la chaîne et sur trois autres *épreuves* dont la longueur est parallèle à la trame.

b) Matériau tricoté

Trois *épreuves* doivent être fournies pour les matériaux tricotés, sauf s'ils ne sont pas uniformes, quelle que soit la direction considérée. Dans ce cas, six *épreuves* (trois par direction) doivent être fournies.

c) Matériau en couche

Trois *épreuves* doivent être fournies pour les matériaux en couche, sauf s'ils ne sont pas uniformes, quelle que soit la direction considérée. Dans ce cas, six *épreuves* (trois par direction) doivent être fournies.

5.3.2.1.4.3 Préparation des épreuves

Les contours des *épreuves* doivent être marqués sur le matériau à partir du patron de 5.3.2.1.4.1. La longueur de chaque *épreuve* doit correspondre au sens du matériau, tel que spécifié dans l'essai.

Les *épreuves* doivent être coupées de façon telle que

- le point milieu soit sur une ligne oblique à $45^\circ \pm 1^\circ$ par rapport aux bords d'un rouleau de tissu,
- les côtés soient parallèles aux bords extérieurs d'un rouleau de matériau.

Les *épreuves* exigées doivent être prélevées du matériau en des endroits ne présentant pas de défauts. Aucune *épreuve* ne doit être prélevée à l'intérieur d'une bande de 50 mm le long de la lisière ou des bords du matériau.

5.3.2.1.5 Procédure d'essai

5.3.2.1.5.1 Préparation de l'épreuve d'allumage normalisée

Couper une bande de $(25 \pm 1) \text{ mm} \times (80 \pm 1) \text{ mm}$ dans un mélange polyester-coton (voir 5.3.2.1.3) de longueur parallèle à la chaîne. Cette bande de tissu est pliée dans le sens de la longueur pour atteindre les dimensions de $25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$. Les extrémités de la bande sont placées à l'intérieur du pli (voir Figure 2c).

5.3.2.1.5.2 Accrochage de l'épreuve d'allumage normalisée

L'épreuve d'allumage normalisée doit être fixée au milieu du bas de l'*épreuve* d'essai (Figure 2c). La pince doit être fixée horizontalement de façon que

- l'épreuve d'allumage normalisée présente deux épaisseurs sur chaque face de l'*épreuve* d'essai;

- l'extrémité inférieure de l'éprouvette d'allumage normalisée soit située 10 mm en dessous de l'extrémité inférieure de l'éprouvette d'essai.

5.3.2.1.6 Essai

L'éprouvette d'essai est fixée sur son support de façon que la partie basse de l'éprouvette d'essai coïncide avec la partie basse du support. L'éprouvette d'allumage normalisée doit être placée à égale distance des tiges verticales.

Le porte-éprouvette d'essai est maintenu verticalement dans la chambre d'essai.

Appliquer une flamme au bas de l'éprouvette d'allumage normalisée jusqu'à ce qu'elle s'enflamme (à peu près 2 s) et fermer immédiatement la porte de la chambre d'essai.

L'éprouvette d'allumage normalisée doit brûler normalement pendant environ 25 s à 30 s.

Observer la combustion de l'éprouvette d'essai durant l'essai et noter les faits suivants:

- points d'incandescence résiduelle;
- fusion;
- déformation de l'éprouvette;
- fumée.

5.3.2.1.7 Mesurage de la surface brûlée

5.3.2.1.7.1 Généralités

À la fin de l'essai et après 15 min dans les conditions atmosphériques conformes aux températures ambiantes normalisées du Tableau 2 de l'IEC 60212:2010 (code 18 °C à 28 °C/45 % à 75 %),

- éliminer les surfaces complètement brûlées ou fondues avec des ciseaux,
- poser l'éprouvette endommagée à plat sur le patron en faisant coïncider les contours intacts avec ceux du patron,
- mesurer la surface brûlée de l'éprouvette soit en coupant et en pesant le calque, soit par planimétrie, soit par le mesurage d'une surface géométrique.

5.3.2.1.7.2 Résultats

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les conditions suivantes sont vérifiées pour chacune des éprouvettes:

- la surface brûlée de l'éprouvette est inférieure ou égale à 100 cm²;
- la surface brûlée ne s'étend pas aux parties verticales du porte-éprouvette ni au bord supérieur de l'éprouvette.

5.3.2.2 Méthode équivalente à l'essai de non-propagation de la flamme du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai de non-propagation de la flamme pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3.3 Essai de résistance électrique

5.3.3.1 Essai de type

5.3.3.1.1 Généralités

Le *vêtement conducteur* peut être constitué d'une seule couche de *matériau conducteur* ou de plusieurs couches. En cas de couches multiples, cet essai doit être réalisé uniquement sur la couche contenant le *matériau conducteur*.

Les procédures normalisées pour déterminer la résistance électrique de *matériaux conducteurs* en relation avec leurs propriétés antistatiques ne sont pas fiables lorsque la résistance électrique de *matériaux fortement conducteurs* doit être déterminée. En effet, ces procédures normalisées ne tiennent pas compte de l'incidence de la résistance de contact entre l'électrode et l'*épreuve*, élément de première importance lorsque des *épreuves* de très faible résistance doivent être mesurées.

5.3.3.1.2 Équipement d'essai

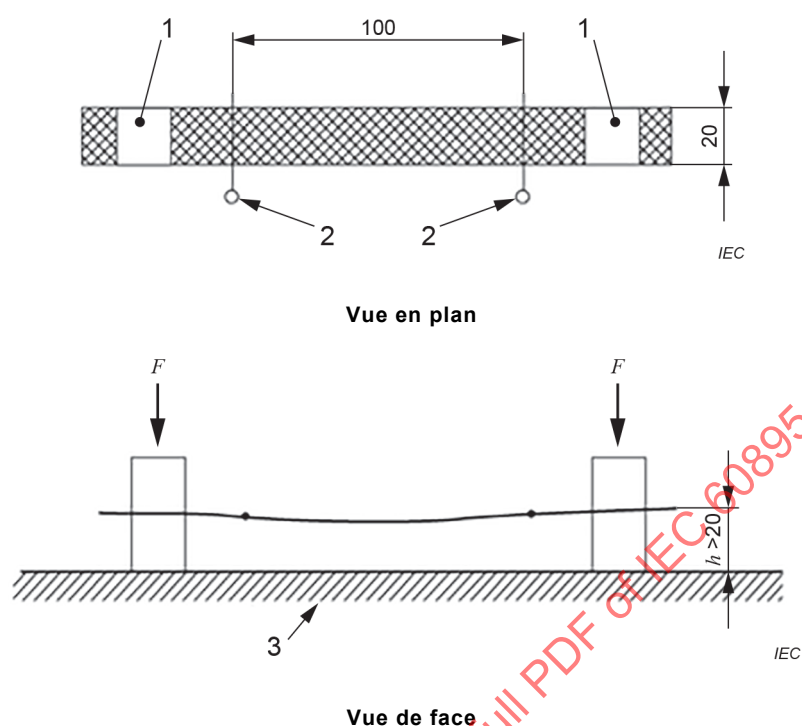
La réalisation de l'essai nécessite les éléments suivants:

- un générateur de courant alternatif à fréquence industrielle normalisée (50 ± 1) Hz or ($60 \pm 1,2$) Hz, ou un générateur de courant continu permettant d'ajuster, puis de maintenir le courant de charge jusqu'à 2 A sous 30 V;
- un ampèremètre;
- deux électrodes de contact, fournissant une surface de contact de $20 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$ sur les deux faces de l'*épreuve*. La pression de contact doit être supérieure à 100 kPa (voir Figure 3);
- deux électrodes de mesure de tension, à 100^{+5}_0 mm l'une de l'autre, telles que des aiguilles à coudre ou des épingles;

NOTE Pour les matériaux rigides, des pinces ou des agrafes peuvent se substituer aux électrodes de mesure de tension.

- un voltmètre.

Dimensions en millimètres

**Légende**

- 1 électrodes de contact
- 2 prises de potentiel épinglées dans le tissu
- 3 support isolant

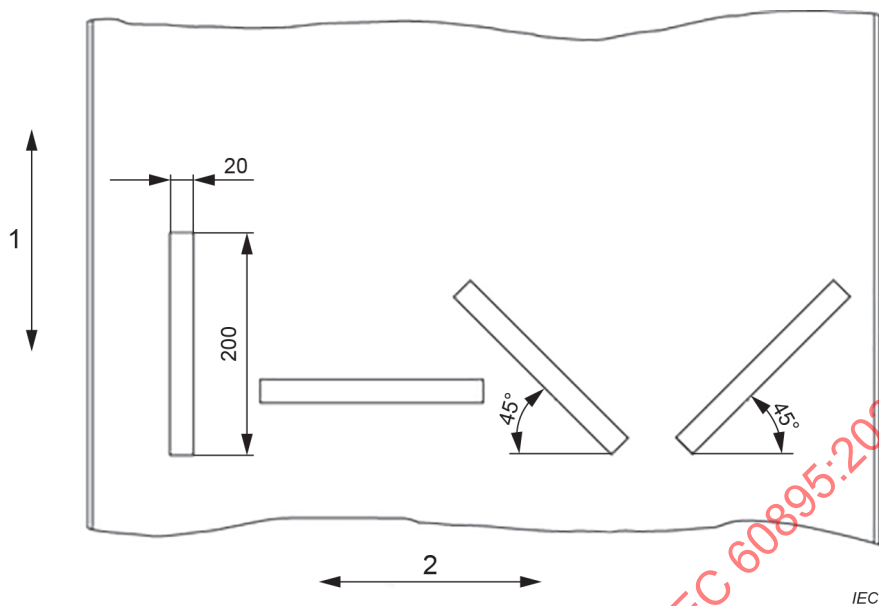
Figure 3 – Essai de résistance électrique – Montage d'essai**5.3.3.1.3 Préparation des éprouvettes**

Quatre éprouvettes de matériau conducteur mesurant environ (200 ± 4) mm $\times$ $(20 \pm 0,4)$ mm sont coupées respectivement dans le sens de la chaîne, dans celui de la trame et suivant deux directions perpendiculaires faisant un angle de $45^\circ \pm 1^\circ$ avec la chaîne et la trame (voir Figure 4). Aucune éprouvette ne doit être prélevée à l'intérieur d'une bande de 50 mm le long de la lisière ou des bords du matériau.

Ces éprouvettes doivent être soumises à l'essai successivement après un conditionnement de 24 h dans les conditions atmosphériques normalisées B du Tableau 2 de l'IEC 60212:2010 (code 24 h/23 °C/50 %)

L'éprouvette doit avoir des dimensions minimales de 120 mm $\times$ 120 mm.

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 chaîne
- 2 trame

Figure 4 – Orientation des éprouvettes pour les essais de résistance électrique et de capacité d'écoulement du courant

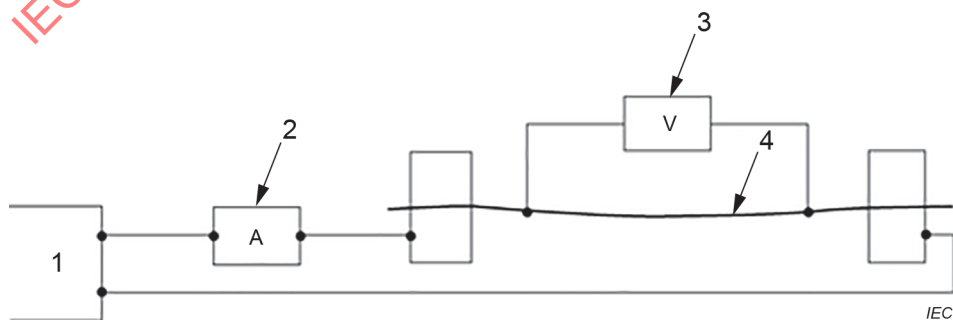
5.3.3.1.4 Procédure

L'*épreuve* est placée non tendue entre les électrodes de contact (voir Figure 3).

Les électrodes de mesure de tension sont épinglées dans l'*épreuve* à 100 mm l'une de l'autre (voir Figure 3).

Le circuit électrique est fermé (voir Figure 5). Un courant de 200 mA circule à travers l'*épreuve* non tendue.

Après 1 min, la tension est mesurée.



Légende

- 1 générateur de courant
- 2 mesurage I
- 3 mesurage U
- 4 *épreuve*

Figure 5 – Essai de résistance électrique – Circuit électrique

5.3.3.1.5 Résultats d'essai

La tension mesurée est proportionnelle à la résistance électrique de l'*épreuve*.

La résistance électrique par carré de surface est donnée par la formule

$$R_s = R_{\text{mesuré}} \times \frac{\text{largeur}}{\text{longueur}} = \frac{U \times I}{I \times L}$$

où

U est la tension mesurée, en V;

l est la largeur de l'*épreuve*, en mm;

I est le courant d'essai, en A;

L est la distance entre les électrodes de mesure de tension, en mm.

Application numérique (R_s en Ω et U en V):

$$R_s = \frac{U}{0,2} \times \frac{20}{100}$$

Il convient que le fabricant utilise la résistance de l'*épreuve* pour concevoir et confectionner l'*article d'habillement* de façon telle qu'elle satisfasse à la limite de résistance exigée au 5.4.2.3 pour l'*article d'habillement*.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la valeur moyenne arithmétique et la valeur maximale des quatre valeurs électriques sont inférieures ou égales aux valeurs spécifiées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeur moyenne arithmétique et résistance maximale par carré de surface du matériau conducteur conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur

Classe	R_s valeur moyenne arithmétique	R_s valeur individuelle maximale
	Ω	Ω
1	7	10
2	1	2

5.3.3.2 Méthode équivalente à l'essai de résistance électrique du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai de résistance électrique pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3.4 Capacité d'écoulement du courant

5.3.4.1 Essai de type

5.3.4.1.1 Généralités

Le *vêtement conducteur* peut être constitué d'une seule couche de *matériau conducteur* ou de plusieurs couches. En cas de couches multiples, cet essai doit être réalisé uniquement sur la couche contenant le *matériau conducteur*.

L'essai vise à déterminer la capacité du *matériau conducteur* à écouler le courant sans causer de dommage excessif au matériau. L'essai n'est pas conçu pour déterminer un niveau de confort à la chaleur.

5.3.4.1.2 Équipement d'essai

L'équipement d'essai doit être identique à celui décrit en 5.3.3.1.2.

5.3.4.1.3 Préparation des éprouvettes

La préparation doit être la même que celle décrite en 5.3.3.1.3.

5.3.4.1.4 Procédure

La procédure doit être identique à 5.3.3.1.4, sauf qu'un courant de $1 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$ est établi dans l'éprouvette pendant au moins 15 min. Le courant et sa durée de circulation excèdent de beaucoup les conditions de travail présumées.

5.3.4.1.5 Résultats d'essai

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il n'y a pas de flamme, de point incandescent, de fumée ou de carbonisation entre les électrodes de contact.

5.3.4.2 Méthode équivalente à l'essai de capacité d'écoulement du courant du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai de capacité d'écoulement du courant pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3.5 Efficacité de blindage

5.3.5.1 Essai de type

5.3.5.1.1 Généralités

Le *vêtement conducteur* peut être constitué d'une seule couche de *matériau conducteur* ou de plusieurs couches. En cas de couches multiples, cet essai doit être réalisé uniquement sur la couche contenant le *matériau conducteur*.

Les essais réalisés dans les conditions actuelles du présent document ont montré que l'*efficacité de blindage* ne dépend pas de la fréquence d'essai entre 50 Hz et 5 kHz. Pour faciliter l'essai, la fréquence de 5 kHz a été choisie. À cette fréquence, l'essai est au moins aussi contraignant qu'à 50 Hz ou 60 Hz.

5.3.5.1.2 Équipement d'essai

L'équipement d'essai est constitué des éléments suivants:

- a) un générateur de tension sinusoïdale de $400 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$ en valeur efficace à $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$;
- b) une plaque isolante circulaire de 300^{+10}_0 mm de diamètre;
- c) une plaque métallique circulaire de 300^{+10}_0 mm de diamètre avec une pince de connexion;
- d) une plaque isolante circulaire de 400^{+10}_0 mm de diamètre, réalisée dans une nappe en élastomère de $3,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ d'épaisseur, ayant une dureté de surface comprise entre 60° et 65° sur l'échelle Shore;
- e) un montage d'électrodes pesant 3 kg, réalisé selon le schéma donné à la Figure 6a et monté avec un shunt de $(100 \pm 1) \text{ k}\Omega$;
- f) un dispositif de mesure (multimètre ou oscilloscope) ayant une impédance d'entrée constante supérieure ou égale à $1 \text{ M}\Omega \pm 10 \text{ k}\Omega$, en parallèle avec une capacité maximale de $(47 \pm 0,94) \text{ pF}$;
- g) un voltmètre permettant le mesurage de $400 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$ en valeur efficace à $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$.

5.3.5.1.3 Montage d'essai

Les parties suivantes sont superposées dans l'ordre spécifié sur un support horizontal relié à la terre (Figure 6b):

- une plaque circulaire isolante de 300^{+10}_0 mm de diamètre [point b) de 5.3.5.1.2];
- une plaque circulaire métallique de 300^{+10}_0 mm de diamètre et de 3 mm à 5 mm d'épaisseur [point c) de 5.3.5.1.2];
- une plaque circulaire en élastomère de 400^{+10}_0 mm de diamètre et de 3 mm à 4 mm d'épaisseur [point d) de 5.3.5.1.2];
- l'éprouvette, de dimensions minimales $120 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$;
- le montage d'électrodes (ne devant pas dépasser les contours de l'éprouvette). L'épaisseur de la plaque isolante en polyvinyle entre l'électrode et l'éprouvette doit être de $0,8 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$ (Figure 6a).

5.3.5.1.4 Connexion de terre

Les parties suivantes sont reliées ensemble et mises à la terre:

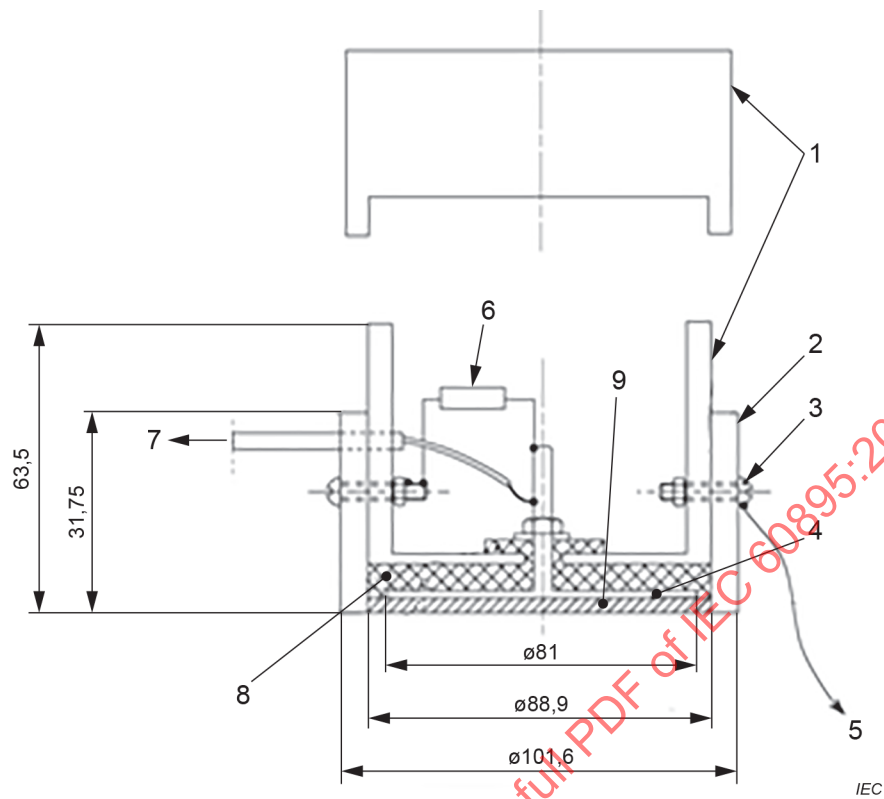
- le point de masse du générateur de tension;
- la connexion de terre du montage d'électrodes;
- le point de masse du voltmètre.

5.3.5.1.5 Point de potentiel

Les parties suivantes sont reliées ensemble et isolées de la terre:

- le point de potentiel du générateur de tension;
- la pince de connexion de la plaque métallique de 300 mm de diamètre;
- le point de potentiel du voltmètre.

Dimensions en millimètres



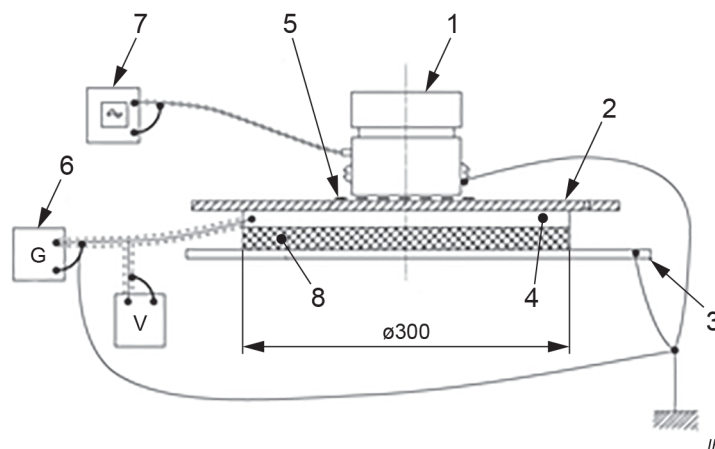
Légende

- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------------|
| 1 | aluminium | 6 | shunt de 100 k Ω |
| 2 | cuivre | 7 | multimètre ou oscilloscope |
| 3 | boulon en laiton | 8 | pièces isolantes (polyamide) |
| 4 | électrode en cuivre | 9 | polyvinyle (épaisseur 0,8 mm) |
| 5 | connexion de terre | | |

La masse totale de l'assemblage d'électrodes est de 3 kg.

Figure 6a – Assemblage d'électrodes

Dimensions en millimètres

**Légende**

- | | | | |
|---|--|---|--------------------------------|
| 1 | assemblage d'électrodes | 5 | épreuve de matériau conducteur |
| 2 | plaque en élastomère de 400 mm de diamètre et de 3 mm à 5 mm d'épaisseur | 6 | générateur de tension |
| 3 | support relié à la terre | 7 | multimètre ou oscilloscope |
| 4 | plaque métallique | 8 | plaque isolante |

Il doit y avoir un contact électrique entre l'échantillon d'essai et l'assemblage d'électrodes (en particulier avec le composant numéro 2 de l'électrode représenté à la Figure 6a).

Figure 6b – Montage d'essai**Figure 6 – Efficacité de blindage****5.3.5.1.6 Procédure d'essai****5.3.5.1.6.1 Détermination de la tension de référence**

Une tension de 400 ± 3 en valeur efficace à $5 \text{ kHz} \pm 100 \text{ Hz}$ est appliquée entre le point de potentiel et les connexions de terre sans utiliser l'épreuve de matériau conducteur. La tension est lue sur le dispositif de mesure et notée comme U_{ref} .

5.3.5.1.6.2 Mesure avec l'épreuve

L'épreuve est mise en place (5.3.5.1.3) et la procédure d'essai est la même que celle décrite en 5.3.5.1.6.1. La tension mesurée U est notée.

5.3.5.1.7 Critères d'acceptation

L'efficacité de blindage, SE , en décibels, est donnée par la formule

$$SE = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{\text{ref}}}{U} \right)$$

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'efficacité de blindage est supérieure aux valeurs spécifiées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Efficacité de blindage minimale du matériau conducteur conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur

Classe	SE dB
1	40
2	50

5.3.5.2 Méthode équivalente à l'essai d'efficacité de blindage du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai d'*efficacité de blindage* pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3.6 Résistance au nettoyage

5.3.6.1 Essai de type

5.3.6.1.1 Généralités

Pour vérifier que l'efficacité du vêtement et ses propriétés de non-propagation de la flamme ne se détériorent pas excessivement après des nettoyages répétés, les deux procédures suivantes (lavage et nettoyage à sec) doivent être réalisées. Si l'*article d'habillement* peut être nettoyé avec l'une des deux méthodes, mais pas avec l'autre, le fabricant doit le marquer sur l'*article d'habillement*; dans ce cas, seule la méthode appropriée doit être appliquée.

Le matériau doit être soumis à au moins 10 cycles de lavage et de séchage en machine conformément à l'ISO 6330 ou l'ISO 15797 et/ou à au moins 10 cycles de nettoyage à sec selon l'ISO 3175. À l'issue des cycles de lavage/nettoyage, l'*efficacité de blindage* et les propriétés de non-propagation de la flamme et de résistance électrique du matériau doivent demeurer conformes aux exigences spécifiées au 5.3.5, 5.3.2 et 5.3.3, respectivement.

5.3.6.1.2 Blanchissage

5.3.6.1.2.1 Généralités

Du matériau en quantité suffisante pour effectuer l'essai de *non-propagation de la flamme*, l'essai de *résistance électrique* et l'essai d'*efficacité de blindage*, plus le lest exigé pour avoir une pleine charge, doivent être lavés conformément aux indications de l'ISO 6330.

5.3.6.1.2.2 Appareillage d'essai

Les appareils et les réactifs doivent avoir les caractéristiques indiquées ci-dessous.

- a) Une machine à laver automatique pouvant fonctionner dans les conditions suivantes:
- soit à chargement par la partie supérieure, à agitateur, vitesse "normale" de l'agitateur de 179 tours/min, soit à chargement frontal, vitesse de 52 tours/min, tournant alternativement dans les deux sens pendant 12 s avec 3 s d'arrêt entre les deux;
 - temps de lavage: normal, 12 min pour une machine à chargement par la partie supérieure et 15 min pour une machine à chargement frontal;
 - vitesse de rotation d'essorage: vitesse normale à 645 tours/min $\pm$ 15 tours/min pour une machine à chargement par la partie supérieure et à 500 tours/min $\pm$ 20 tours/min pour une machine à chargement frontal.

- b) Un sèche-linge à tambour rotatif, ayant un tambour cylindrique de 750 mm de diamètre environ et de profondeur supérieure ou égale à 400 mm, tournant à environ 50 tours/min ± 5 tours/min, équipé pour maintenir une température de séchage de 50 °C à 70 °C mesurée dans l'orifice de sortie aussi près que possible du tambour, assurant une période de 5 min de refroidissement pendant la rotation du tambour, à la fin du cycle de séchage.
- c) Détergent commercial ne contenant pas de décolorant. En cas de litige, le détergent normalisé spécifié dans le Tableau B.1 de l'IEC 60456:2010 pour un détergent sans perborate (type II) peut être utilisé.
- d) Charge d'appoint: morceaux tissés de fils non teints de polypropylène, de masse approximative 0,16 kg/m².

5.3.6.1.2.3 Procédure d'essai

Placer les *éprouvettes* dans la machine à laver et ajouter suffisamment de charge d'appoint pour obtenir une charge totale égale à 2 kg à sec. Remplir la machine de 40 l $\pm$ 4 l d'eau et mettre en marche la machine sur le programme normal (50 °C à 70 °C). Si la masse des *éprouvettes* dépasse 2 kg, le volume d'eau doit être augmenté proportionnellement.

Ajouter suffisamment de détergent à usage domestique pour obtenir une bonne lessive et régler la machine sur le cycle de lavage normal. Continuer jusqu'à la fin du dernier cycle d'essorage.

L'*éprouvette* doit avoir des dimensions minimales de 120 mm $\times$ 120 mm.

Après achèvement du dernier cycle d'essorage, retirer les *éprouvettes* de la machine et les placer avec la charge d'appoint (s'il y en a) dans le tambour du sèche-linge, la température à l'orifice de sortie du tambour étant réglée entre 65 °C et 70 °C (pour des matériaux normaux). Faire fonctionner le sèche-linge jusqu'à ce que le chargement soit sec, puis continuer de faire tourner le tambour 5 min sans chauffage. Retirer immédiatement les *éprouvettes*. Un cycle lavage-séchage a ainsi été réalisé complètement.

5.3.6.1.3 Nettoyage à sec

5.3.6.1.3.1 Généralités

Du matériau en quantité suffisante pour effectuer l'essai de *non-propagation de la flamme*, l'essai de résistance électrique et l'essai d'efficacité de blindage, plus le lest exigé pour avoir une pleine charge, doivent être nettoyés à sec conformément aux indications de l'ISO 3175.

5.3.6.1.3.2 Appareillage d'essai

Les appareils et les réactifs doivent avoir les caractéristiques indiquées ci-dessous.

- a) Une machine de nettoyage à sec, à cage rotative réversible commerciale, totalement fermée, destinée à être utilisée avec du tétrachloréthylène. Le diamètre de la cage rotative doit être compris entre 600 mm et 1 080 mm. Sa profondeur doit être au moins égale à 300 mm. Elle doit être équipée de trois ou quatre appareils de levage. La vitesse doit être suffisamment élevée pour donner un facteur g compris entre 0,5 et 0,8 pour le nettoyage et entre 60 et 120 pour l'extraction.
- b) Un lest, constitué de pièces textiles propres qui doivent être soit blanches, soit de couleur claire, et qui doit comprendre environ 80 % de pièces en laine et 20 % de pièces en coton en masse. Chaque pièce doit être composée de deux couches de tissu cousues ensemble sur les bords et doit former un carré de (300 $\pm$ 30) mm de côté.
- c) Des réactifs, tétrachloréthylène, CCl₂ = CCl₂ distillé, vendus pour le nettoyage à sec.

NOTE Le facteur g est calculé selon la formule suivante:

$$g = 5,6 n^2 d \times 10^{-7}$$

où

n est la fréquence de rotation, en tours par minute;

d est le diamètre de la cage rotative, en millimètres.

5.3.6.1.3.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai est la suivante.

- a) La masse de la charge complète, mesurée à $\pm 0,1$ %, doit être calculée à partir du volume de la cage dans la proportion de (50 ± 2) kg/m³.
- b) Placer la charge conditionnée dans la machine et charger la machine avec du tétrachloréthylène distillé contenant 1 g/l de monooléate de sorbitane de sorte que le ratio de liquide, calculé à partir du volume de solvant dans le tambour, représente $(5,5 \pm 0,5)$ l/kg de la charge. Maintenir le solvant à (30 ± 3) °C pendant toute l'opération de nettoyage.
- c) Préparer une nouvelle émulsion en mélangeant, par kilogramme de charge, 10 ml de monooléate de sorbitane avec 30 ml de tétrachloréthylène, puis en ajoutant 20 ml d'eau sans cesser de remuer. Cela correspond à 2 % d'eau calculés sur la masse de la charge.
- d) Démarrer la machine avec le circuit de filtration coupé, patienter 2 min après la fermeture de la porte d'entrée de la cage, puis ajouter lentement l'émulsion pendant (30 ± 5) s dans la machine entre la cage et le tambour, en dessous du niveau du solvant.
- e) Mettre la machine en marche et la laisser tourner pendant 15 min. Ne pas utiliser le circuit de filtration pendant la durée de l'essai.
- f) Vider et extraire le solvant de la charge par centrifugation pendant 2 min (dont au moins 1 min à la vitesse d'extraction maximale).
- g) Introduire du solvant sec pur dans les mêmes proportions que celles données en b) et rincer pendant 5 min. Vider et extraire à nouveau le solvant pendant 3 min (dont au moins 2 min à la vitesse d'extraction maximale).
- h) Sécher la charge dans l'air de la machine pendant un délai approprié, de préférence à l'aide d'un dispositif de contrôle automatique de séchage du solvant. Après le séchage, produire un débit d'air à la température ambiante à travers la charge rotative pendant au moins 5 min.
- i) Retirer immédiatement les *échantillons* de la machine. Placer les *échantillons* de tissu sur une surface plane pendant 30 min.

Un cycle de nettoyage à sec a ainsi été réalisé complètement.

5.3.6.1.4 Acceptabilité du matériau

Après la réalisation de 10 cycles de lavage-séchage et/ou de 10 cycles de nettoyage à sec, les *échantillons* doivent être placés sur une surface plane et laissés dans l'atmosphère ambiante pendant au moins 4 h, puis les essais d'*efficacité de blindage* (voir 5.3.5), de non-propagation de la flamme (voir 5.3.2) et de résistance (voir 5.3.3) doivent être répétés.

Si les valeurs mesurées au cours de ces essais ne sont plus conformes aux exigences spécifiées, le matériau doit être rejeté.

5.3.6.2 Méthode équivalente à l'essai de résistance au nettoyage du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai de résistance au nettoyage pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.3.7 Protection contre les étincelles de décharge

5.3.7.1 Essai de type

Le *vêtement conducteur* peut être constitué d'une seule couche de *matériau conducteur* ou de plusieurs couches. En cas de couches multiples, cet essai doit être réalisé uniquement sur la couche contenant le *matériau conducteur*.

L'*épreuve* doit avoir des dimensions minimales de 120 mm × 120 mm.

L'espacement entre deux éléments conducteurs adjacents individuels du *matériau conducteur* ne doit pas excéder 5 mm, même lorsque le *matériau conducteur* est étiré dans toutes les directions avec une force pouvant atteindre 50 N. Aucun trou n'est permis. L'espacement doit être vérifié par examen visuel.

Pour la classe 2 uniquement, lorsque la couche conductrice ne peut pas faire l'objet d'un examen visuel, l'essai de protection contre les étincelles de décharge décrit dans l'Annexe G peut être réalisé.

5.3.7.2 Méthode équivalente à l'essai de protection contre les étincelles de décharge du matériau à l'issue de la phase de production

Il n'existe pas de véritable essai équivalent à l'essai de protection contre les étincelles de décharge pour le matériau (essai destructif) à l'issue de la phase de production en vue de vérifier la conformité à l'exigence associée. Néanmoins, le fabricant du matériau doit prouver qu'il a suivi la même procédure d'assemblage documentée et utilisé des composants identiques (matériaux et accessoires) conformément à l'essai de type.

5.4 Essais de l'article d'habillement – Mesurage de la résistance électrique

5.4.1 Généralités

Trois *pièces d'habillements* doivent être soumises à l'essai.

La résistance électrique doit être mesurée entre les points indiqués en 5.4.2.2. Les électrodes doivent être au moins à 50 mm des bordures ou des points d'assemblage de l'*article d'habillement*.

Les mesurages doivent être réalisés sur l'*article d'habillement* étendu à plat sur une table non conductrice, ou porté (supporté) par un mannequin en matériau non conducteur qui donne à l'*article d'habillement* la forme qu'elle aurait si elle était portée par le travailleur.

5.4.2 Essai de type

5.4.2.1 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé en utilisant un générateur de courant alternatif ou un générateur de courant continu permettant de fournir 200 mA pendant 1 min et en employant la méthode voltampèremétrique avec une lecture au bout de 1 min.

Pour réduire la valeur de la résistance de contact entre l'*article d'habillement* et l'électrode métallique, il convient d'appliquer une pression suffisante pendant l'essai.

Les lectures doivent être réalisées en utilisant des électrodes métalliques ou des peintures conductrices ayant une surface de contact maximale de 125 mm² et assurant une pression adéquate. Les lectures doivent inclure la résistance de contact des électrodes.

5.4.2.2 Points de mesure

Les points de mesure sont les suivants.

- a) Pour tout *article d'habillement*, les mesurages doivent être réalisés entre des électrodes situées à environ 50 mm de la bordure du tissu.
- b) Les points de mesure, selon le cas, sont les suivants:
 - manchette droite à manchette gauche;
 - revers droit à revers gauche;
 - chaque manchette au revers opposé;
 - liaison de connexion droite à liaison de connexion gauche pour un vêtement en deux pièces (connexion entre la liaison de connexion et la veste).

5.4.2.3 Valeurs admises

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la moyenne des valeurs de résistance mesurées entre ces points n'excède pas les valeurs spécifiées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Résistance maximale de l'article d'habillement conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur

Classe	Résistance Ω
1	50
2	20

Lorsque des éléments séparés de l'*article d'habillement* sont achetés, le fabricant et le client peuvent convenir des points de mesure.

5.4.3 Méthode équivalente à l'essai de résistance électrique de l'article d'habillement à l'issue de la phase de production

Pour l'évaluation de conformité des *articles d'habillements* à l'issue de la phase de production, l'essai de 5.4.2 doit être réalisé, mais

- sans utiliser d'électrodes métalliques ou de peinture conductrice,
- en utilisant un ohmmètre avec ses électrodes de contact.

Pour réduire la valeur de la résistance de contact entre l'*article d'habillement* et l'électrode de contact, il convient d'appliquer une pression suffisante pendant l'essai.

5.5 Essais du vêtement conducteur complet

5.5.1 Généralités

Sauf spécification contraire, trois *vêtements conducteurs* complets doivent être soumis à l'essai.

Toutes les *parties composantes* du *vêtement conducteur* prévues pour être utilisées ensemble doivent être assemblées conformément aux instructions du fabricant.

5.5.2 Bon état du vêtement conducteur

Le bon état général du *vêtement conducteur* complet doit être vérifié par examen visuel selon les exigences de 4.2.3.

5.5.3 Essai de liaison

5.5.3.1 Essai de type

En cas de *vêtement conducteur* complet constitué de plusieurs *parties composantes* produites par différents fabricants, il incombe à l'utilisateur final de vérifier que l'exigence de liaison est satisfaite.

La résistance de liaison entre l'*article d'habillement* ou des éléments de l'*article d'habillement* et toute *partie composante* ne doit pas excéder les valeurs spécifiées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Résistance de liaison maximale du vêtement conducteur conformément à sa classe de tension maximale

Classe	Résistance de liaison Ω
1	100
2	40

Les mesurages exigés doivent être réalisés selon les spécifications de la procédure décrite en 5.4.2.1. Les points de mesure sont les suivants:

- paumes de chaque gant;
- semelles de chaque chaussette;
- paume de chaque gant et semelle de la chaussette opposée;
- liaison de connexion et paume de chaque gant;
- liaison de connexion et semelle de chaque chaussette;
- capuche, écran facial, casque, écharpe et col de l'*article d'habillement* en une seule pièce ou de la veste;
- capuche, écran facial, casque, écharpe et semelle de chaque chaussette.

Lorsqu'un couvre-chaussure (chausse) est utilisé, la liaison à prendre en compte doit être celle avec le couvre-chaussure et non celle avec la chaussette.

Les lectures peuvent être réalisées à l'aide d'électrodes comme cela est décrit au 5.4.2.1. La résistance de contact des électrodes est incluse dans les lectures ci-dessus.

5.5.3.2 Méthode équivalente à l'essai de liaison du vêtement conducteur et des parties composantes à l'issue de la phase de production

Pour l'évaluation de conformité du *vêtement conducteur* complet à l'issue de la phase de production, l'essai de 5.5.3.1 doit être réalisé, mais

- sans utiliser d'électrodes métalliques ou de peinture conductrice,
- en utilisant un ohmmètre avec ses électrodes de contact.

Pour réduire la valeur de la résistance de contact entre l'*article d'habillement* et l'électrode de contact, il convient d'appliquer une pression suffisante pendant l'essai.

5.5.4 Efficacité d'écran

5.5.4.1 Généralités

Deux méthodes différentes existent. En cas de litige, la première méthode est la méthode de référence.

5.5.4.2 Première méthode

Cet essai doit être réalisé à la tension phase-terre correspondant à la tension nominale maximale en courant alternatif à laquelle le vêtement peut être utilisé, ou à une tension en courant alternatif équivalente représentative d'une tension d'utilisation en courant continu (voir Annexe A) conformément à la déclaration du fabricant (voir 4.2.2 et 4.8).

Pour une classe de tension maximale du *vêtement conducteur*, la tension d'essai ne doit pas être supérieure aux valeurs maximales spécifiées dans le Tableau 5 pour cette classe.

NOTE L'efficacité d'écran d'un *vêtement conducteur* de classe 1 pour une utilisation en courant alternatif peut être contrôlée à n'importe quelle tension phase-terre inférieure ou égale à 462 kV en valeur efficace (classe 1) ou 578 kV en valeur efficace (classe 2) et le fabricant peut désigner la tension entre phases correspondant à la tension d'essai comme étant la tension nominale maximale à laquelle le vêtement peut être utilisé.

Tableau 5 – Tension d'essai phase-terre maximale conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur

Classe	Courant alternatif kV valeur efficace.
1	462
2	578

La terre (masse électrique) doit être à une distance D , en mètres, donnée par la formule suivante (les valeurs de la formule obéissent à une tolérance de $\pm 2\%$):

$$D = \frac{U_{\text{essai}}}{100} + 0,5$$

où

U_{essai} est la tension d'essai, en kilovolts.

L'isolation entre le vêtement et les parties inférieures ou supérieures du laboratoire mises à la terre doit être garantie au moyen d'une isolation solide ou de l'air. Lorsqu'une isolation solide est utilisée, une connexion équipotentielle est exigée entre le potentiel et l'extrémité sous tension de l'isolation afin d'exclure tout courant de fuite du mesurage (voir Figure 7a et Figure 7b). Une connexion équipotentielle n'est pas nécessaire si le mannequin est suspendu directement à la partie sous tension, car aucun courant de fuite n'est observé (voir Figure 7c).

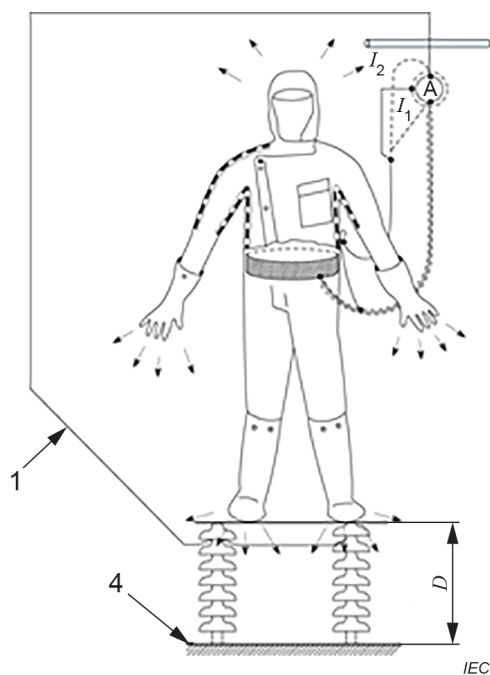


Figure 7a – Mannequin supporté par une isolation solide

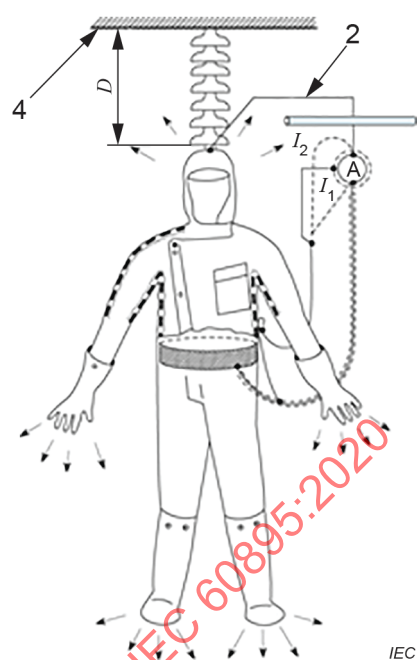


Figure 7b – Mannequin suspendu par une isolation solide

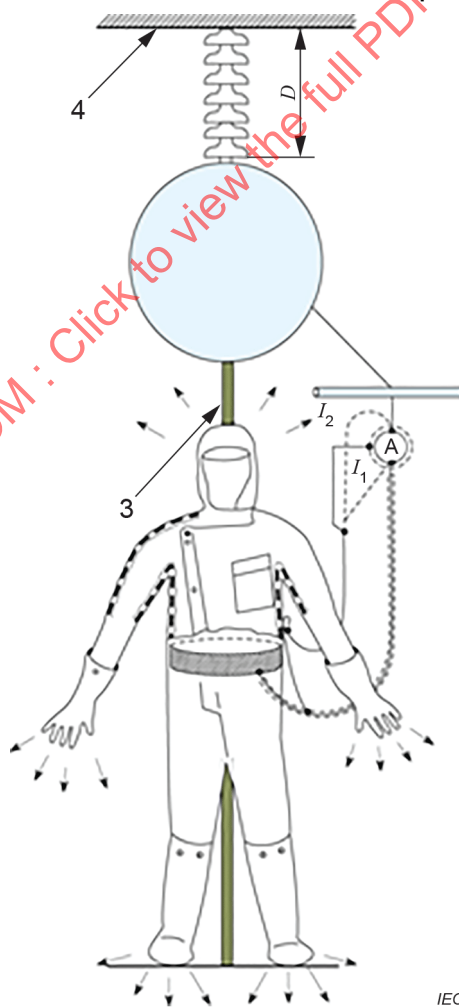


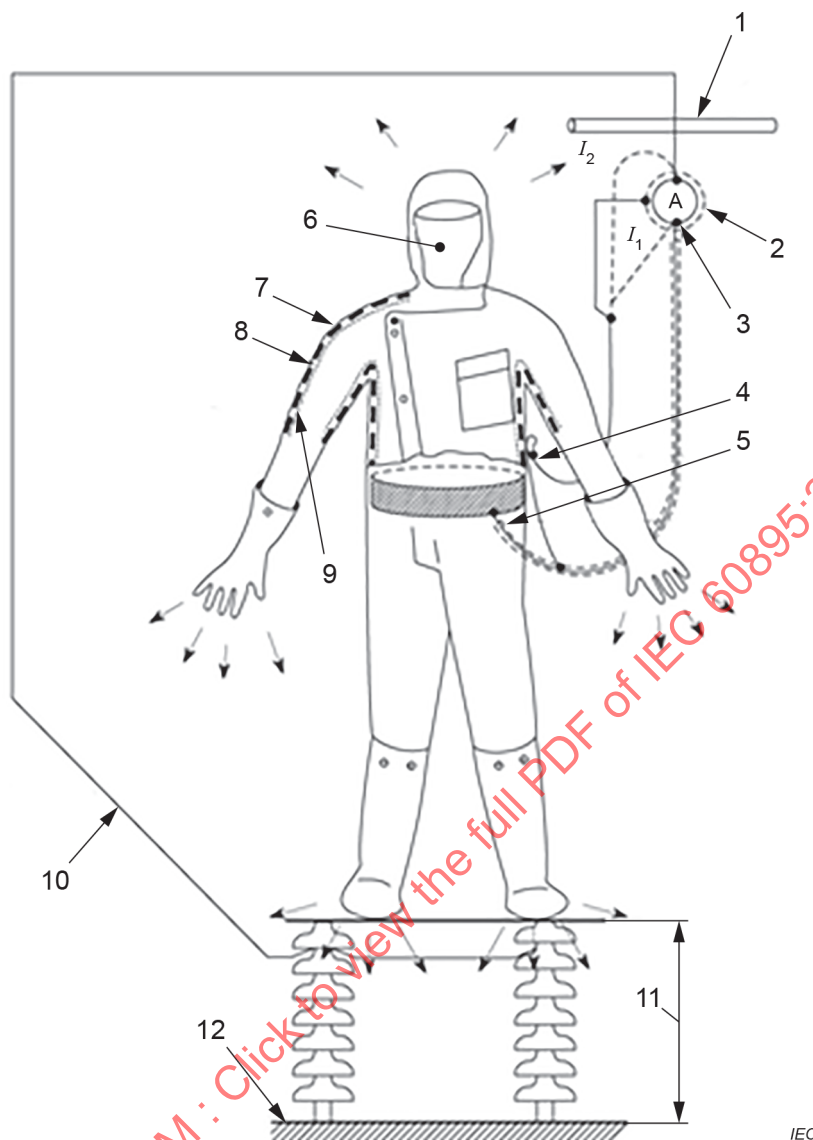
Figure 7c – Mannequin suspendu aux parties sous tension

Légende

1	connexion équipotentielle du "potentiel" à la plateforme isolée supportant le mannequin afin de contourner tout courant de fuite à travers l'isolation.	3	tube isolant supportant la plateforme sous le mannequin à partir d'une grande électrode sphérique
2	connexion équipotentielle du "potentiel" à l'extrémité sous tension de l'isolation afin de contourner tout courant de fuite à travers l'isolation.	4	terre (masse électrique)
D	distance entre les parties sous tension et la masse électrique la plus proche (terre)	A	microampèremètre protégé
I_1	courant total s'écoulant entre l'électrode de potentiel et le <i>vêtement conducteur</i> relié à sa ceinture conductrice	I_2	courant s'écoulant entre l'électrode de potentiel et la ceinture conductrice

**Figure 7 – Efficacité d'écran du vêtement conducteur –
Première méthode: Montage d'essai**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60895:2020



IEC

Légende

1	potentiel	7	<i>vêtement conducteur</i>
2	microampèremètre protégé (suspendu au cou du mannequin, l'écran est relié électriquement au <i>vêtement conducteur</i>)	8	combinaison isolante (mannequin entier)
3	prise de courant pour fiche banane	9	surface conductrice du mannequin (mannequin entier)
4	borne de liaison sur le costume	10	connexion équipotentielle du "potentiel" à la plateforme isolée supportant le mannequin afin de contourner tout courant de fuite à travers l'isolation.
5	borne de liaison sur le mannequin (par l'intermédiaire d'une ceinture en <i>vêtement conducteur</i> portée à même le mannequin – largeur 10 cm)	11	isolation entre les deux bornes
6	<i>écran facial</i> conducteur ou tout autre moyen similaire de protection du visage	12	terre (masse électrique)
I_1	courant total s'écoulant entre l'électrode de potentiel et le <i>vêtement conducteur</i> relié à sa ceinture conductrice	I_2	courant s'écoulant entre l'électrode de potentiel et la ceinture conductrice

NOTE L'isolation entre les deux bornes est vérifiée avant et après chaque essai.

**Figure 8 – Efficacité d'écran du vêtement conducteur –
Première méthode – Détails des mesurages**

La liaison de connexion du vêtement doit être connectée à la partie sous tension simulant le conducteur de ligne haute tension placé face au mannequin, comme dans les conditions de travail, et conformément au schéma de mesure adopté. Les parties sous tension doivent avoir une forme prévenant les effets de couronne plus contraignants que dans les conditions de service et une électrode à haute tension doit être utilisée.

Le mannequin doit être conducteur pour simuler un corps humain. Il doit être équipé avec (voir aussi Figure 8)

- une ceinture conductrice placée directement sur le mannequin,
- un costume isolant,
- le *vêtement conducteur* complet en essai (cela inclut l'*écran facial* ou tout autre moyen similaire de protection du visage).

Une vérification doit être effectuée, avant et après l'essai, pour vérifier de la bonne isolation entre le *vêtement conducteur* et la ceinture conductrice portée par le mannequin.

Les lectures suivantes sont effectuées directement sur le microampèremètre protégé par un écran:

- le courant total, I_1 s'écoulant entre l'électrode de potentiel et le *vêtement conducteur* relié à sa ceinture conductrice,
- le courant I_2 s'écoulant entre l'électrode de potentiel et la ceinture conductrice.

La Figure 9 représente les positions des ampèremètres pour la mesure de I_1 et I_2 pour l'essai d'efficacité d'écran.

Le fabricant doit indiquer à l'utilisateur la valeur de I_2 en vue de calculer la densité de courant maximale dans le corps si nécessaire.

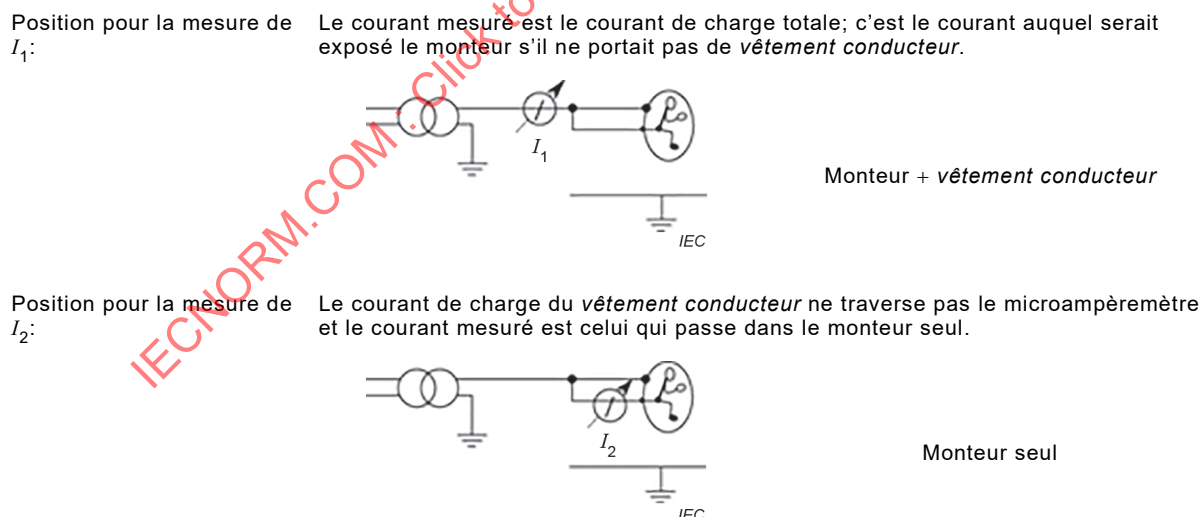


Figure 9 – Position des ampèremètres pour l'essai d'efficacité d'écran

L'efficacité du *vêtement conducteur*, ECC , en décibels, est donnée par la formule:

$$ECC = 20 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'efficacité du *vêtement conducteur* est supérieure aux valeurs spécifiées dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Efficacité d'écran minimale du vêtement conducteur conformément à la classe de tension maximale

Classe	<i>ECC</i> dB
1	40
2	50

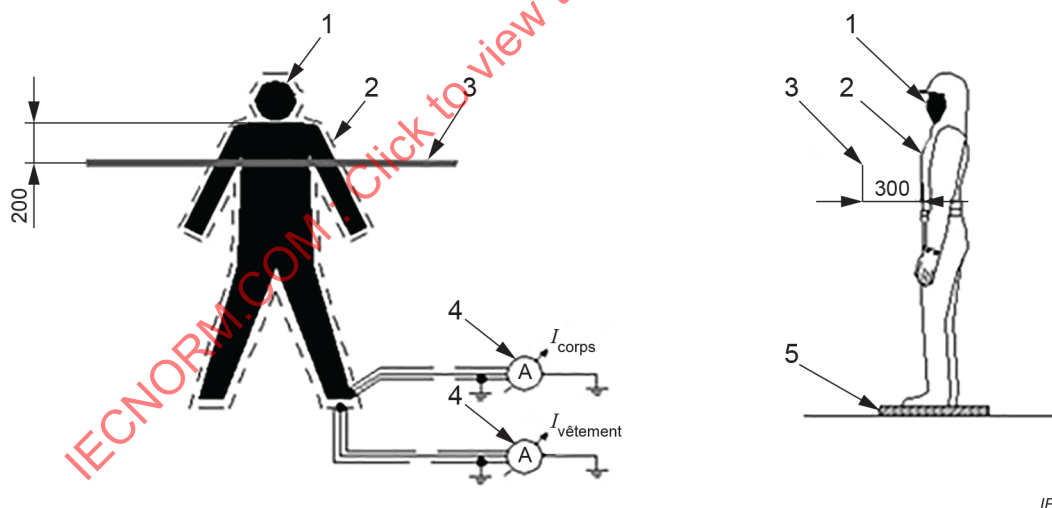
5.5.4.3 Deuxième méthode

L'autre méthode permettant de vérifier l'*efficacité d'écran* est la suivante.

Un mannequin avec une surface conductrice dans un *vêtement conducteur* doit être placé dans un champ électrique homogène d'une amplitude de 100 kV/m.

Il est proposé de placer le conducteur sous tension à 300^{+30}_0 mm du mannequin, à (200 ± 20) mm en dessous de la ligne d'épaule, tel que représenté à la Figure 10.

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- | | | | |
|---|----------------------------|---|--|
| 1 | mannequin | 4 | micro-ampèremètres, nanoampèremètres ou picoampèremètres |
| 2 | <i>vêtement conducteur</i> | 5 | plaque isolante |
| 3 | conducteur sous tension | | |

I_{body} courant qui traverse uniquement le corps de l'opérateur

I_{clothing} courant qui traverse uniquement le *vêtement conducteur*

Figure 10 – Deuxième méthode de vérification de l'efficacité d'écran

L'*efficacité d'écran* du *vêtement conducteur* est mesurée par le rapport entre les courants $I_{\text{vêtement}}$ et I_{corps} .

I_{corps} est le courant qui traverse uniquement le corps de l'opérateur.

$I_{\text{vêtement}}$ est le courant qui traverse uniquement le *vêtement conducteur*.

En cas de *vêtement conducteur* complet constitué de plusieurs *parties composantes* produites par différents fabricants, l'utilisateur final a la responsabilité de vérifier que l'exigence est satisfaite.

L'effet de protection (*efficacité d'écran*) du *vêtement conducteur* doit être déterminé par la formule:

$$ECC = 20 \log_{10} \left(\frac{I_{\text{vêtement}} + I_{\text{corps}}}{I_{\text{corps}}} \right)$$

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'efficacité du *vêtement conducteur* est supérieure aux valeurs spécifiées dans le Tableau 7.

Il ne doit pas y avoir d'objet conducteur à la tension flottante ou relié à la terre dans la distance indiquée dans le Tableau 7.

Le mannequin doit être le même que celui utilisé pour la première méthode.

Tableau 7 – Paramètres de l'essai alternatif et efficacité d'écran minimale du vêtement conducteur conformément à la classe de tension maximale

Classe	Distance mm	Diamètre minimal du conducteur mm	Courant alternatif kV valeur efficace.	Efficacité d'écran dB
1	300 ⁺³⁰ ₀	40	30	40
2	300 ⁺³⁰ ₀	40	30	50

Si les normes nationales ou les accords passés entre le client et le fabricant exigent de réaliser l'essai à la tension de service maximale, la première méthode doit être utilisée.

5.6 Essais des parties composantes

5.6.1 Généralités

Trois échantillons de chaque *partie composante* doivent être soumis aux essais.

Les parties composantes ne doivent pas être étirées lors de l'essai de résistance car la valeur de la résistance électrique peut être modifiée.

Une peinture conductrice peut assurer la résistance de contact la plus faible car elle s'imprègne dans le tissu. Si une peinture est utilisée, les recommandations suivantes s'appliquent:

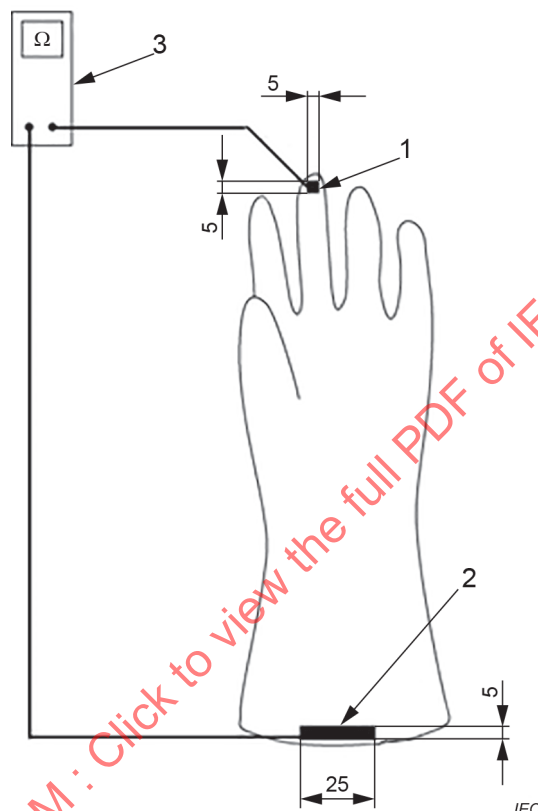
- il convient d'utiliser de la peinture colloïdale à l'argent;
- avant d'utiliser une peinture conductrice comme matériau d'électrode, il convient de vérifier que le solvant contenu dans la peinture n'attaque pas le matériau et ne change donc pas ses propriétés électriques.

5.6.2 Essai de type

5.6.2.1 Gants conducteurs

Deux électrodes, l'une de $25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de longueur, parallèle au bord de l'ouverture des gants et de $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de largeur environ, l'autre de $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ par $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ sur l'extrémité du majeur, doivent être peintes sur le matériau en utilisant de la peinture conductrice (voir la Figure 11).

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 électrode en peinture conductrice sur l'extrémité du majeur
- 2 électrode en peinture conductrice parallèle et adjacente à l'ouverture
- 3 ohmmètre ou procédure d'essai de 5.4.2.1

Figure 11 – Essai de résistance électrique – Gants conducteurs

La résistance entre les électrodes doit être mesurée selon la procédure d'essai de 5.4.2.1 ou à l'aide d'un ohmmètre et ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Résistance maximale des gants conformément à la classe de tension maximale du vêtement conducteur

Classe	Résistance Ω
1	40
2	15