

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE



**Electrostatics –
Part 4-2: Standard test methods for specific applications – Electrostatic
properties of garments**

**Électrostatique –
Partie 4-2: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques –
Propriétés électrostatiques des vêtements**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE



**Electrostatics –
Part 4-2: Standard test methods for specific applications – Electrostatic
properties of garments**

**Électrostatique –
Partie 4-2: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques –
Propriétés électrostatiques des vêtements**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XA**
CODE PRIX

ICS 17.220.99; 29.020

ISBN 978-2-83220-891-5

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Atmosphere for conditioning and testing	8
5 Preparation of samples and test materials	9
5.1 Samples	9
5.2 Test equipment and materials.....	9
6 Test methods.....	9
6.1 General	9
6.2 Resistance and resistivity	10
6.2.1 Selection of the appropriate resistance measurement test method.....	10
6.2.2 Conversion to resistivity values	11
6.3 Charge decay time	11
6.3.1 Selection of the appropriate charge decay time test method	11
6.3.2 Corona charging method	12
6.3.3 Induction charging method.....	12
6.3.4 Charge decay by conduction through a garment to a human body	12
6.3.5 Surface potential suppression of isolated garments	12
6.4 Measurement of electrostatic discharges	12
6.5 Field suppression	13
6.6 Tribocharging tests.....	13
6.6.1 General	13
6.6.2 Tribocharging by removal of garments	14
6.6.3 Tribocharging the outer surface of garments.....	14
6.6.4 Tribocharging using seats.....	14
6.7 Clinging tests	14
6.8 Capacitance loading.....	14
Annex A (normative) Tribocharging by removal of garments.....	16
Annex B (normative) Tribocharging using seats	20
Annex C (normative) Test of chargeability.....	25
Annex D (normative) Capacitance loading	37
Annex E (informative) Simple tribocharging tests	49
Bibliography.....	50
Figure A.1 – Test equipment for measuring body voltage and charge on removed garments	17
Figure B.1 – Example of test equipment set up for measuring body voltage when rising from a seat	22
Figure B.2 – Typical body voltage recordings.....	24
Figure C.1 – Diagram of the test stand with a mannequin	26
Figure C.2 – Measuring scheme with a mannequin and Faraday cage	27
Figure C.3 – Measuring scheme with a mannequin and net table	27
Figure C.4 – Net table used to measure the charging level of clothes	28

Figure C.5 – Measuring scheme with a test person and net table	29
Figure C.6 – Possible ways of taking off clothes from the mannequin trunk or from the test person.....	32
Figure C.7 – Diagram of the stand for testing mechanical tribocharging on the outer surface of clothing	34
Figure C.8 – Diagram of the system for measurement of the test person charging level resulting from manual rubbing of its clothing	35
Figure D.1 – Example of an arrangement for measurement of corona charge decay and arrangements for ‘open backing’ and ‘earthed backing’	38
Figure D.2 – Equipment for charge decay time calibration.....	40
Figure D.3 – Arrangement for measuring received charge.....	41
Figure D.4 – Example of variation of capacitance loading with quantity of corona	45
Figure D.5 – Adjustment of factor for matching induction to conduction measurements	48
Table 1 – Suitability of test methods for garments and garment materials	10
Table 2 – Test method standards for resistance measurements	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROSTATICS –

Part 4-2: Standard test methods for specific applications – Electrostatic properties of garments

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

This document is being issued in the Technical Specification series of publications (according to the ISO/IEC Directives, Part 1, 3.1.1.1) as a "prospective standard for provisional application" in the field of determination of the electrostatic properties of garments and garment materials because there is an urgent need for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an “International Standard”. It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this technical specification will be carried out not later than 3 years after its publication with the options of: extension for another 3 years; conversion into an International Standard; or withdrawal.

IEC 61340-4-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 101: Electrostatics.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
101/374/DTS	101/388/RVC

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

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

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

A list of all the parts in the IEC 61340 series, published under the general title *Electrostatics*, can be found on the IEC website.

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

- transformed into an International Standard,
- 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

The garments worn by most people in their everyday lives are not usually designed to dissipate static electricity. Some natural fibres, such as cotton or linen, have sufficient retained moisture to provide some degree of conductivity and may dissipate charge at an acceptable rate. However, synthetic fibres, such as polyester or polyamide, or natural fibres under low humidity conditions are not able to dissipate charge quickly. If electrostatic charge builds up on a garment it may cause a number of effects:

- a) dust and airborne contaminants can be attracted to the surface of charged garments;
- b) light-weight garments can cling to the body of the wearer;
- c) the electric field associated with charge on garments can damage or disrupt sensitive electronic systems or components;
- d) electrostatic discharges from garments can ignite flammable or explosive materials and can damage or disrupt sensitive electronic systems or components;
- e) charge on garments induces a potential on the body of an isolated person wearing the garments and this can lead to damaging or hazardous spark discharges from the body.

Some of the effects can often be tolerated but in many situations the presence of these effects is unacceptable. In order to evaluate whether or not there is a potential problem, it is necessary to determine the propensity of garments to acquire charge or produce electrostatic discharges, or to determine their ability to dissipate charge within an acceptable time. If normal garments are found to be unacceptable, they are replaced with garments specifically designed and manufactured to prevent the undesirable effects of static electricity, i.e. static control garments. Suitable test methods are required both to evaluate the extent of potential problems and to determine the effectiveness of charge dissipation mechanisms in static control garments.

ELECTROSTATICS –

Part 4-2: Standard test methods for specific applications – Electrostatic properties of garments

1 Scope

This part of IEC 61340, which is a technical specification, describes test methods and procedures that can be used to evaluate the electrostatic charging and discharging propensity, field suppression properties and charge dissipation properties of garments and materials from which garments are constructed.

The test methods described are suitable for evaluating garments worn on or about the upper and lower body, including headwear, but excluding footwear, which is covered in other parts of IEC 61340 (see IEC 61340-4-3 and IEC 61340-4-5)[1]¹, and excluding gloves and finger cots.

The test methods described may not be suitable for evaluating garments and garment materials in relation to safety of personnel.

2 Normative references

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

IEC/TR 61340-1:2012, *Electrostatics – Part 1: Electrostatic phenomena – Principle and measurements*

IEC 61340-2-1:2002, *Electrostatics – Part 2-1: Measurement methods – Ability of materials and products to dissipate static electric charge*

IEC/TR 61340-2-2, *Electrostatics – Part 2-2: Measurement methods – Measurement of chargeability*

IEC 61340-2-3:2000, *Electrostatics – Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation*

IEC 61340-4-9, *Electrostatics – Part 4-9: Standard test methods for specific applications – Garments*

ISO 3175-2, *Textiles – Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments – Part 2: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using tetrachloroethene*

ISO 3175-3, *Textiles – Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments – Part 3: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using hydrocarbon solvents*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

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

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

AATCC² Test Method 115, *Electrostatic Clinging of Fabrics: Fabric-to-Metal Test*

BS 7506-1:1995, *Methods for measurement in electrostatics – Part 1: Guide to basic electrostatics*

EN 1149-3:2004, *Protective clothing – Electrostatic properties – Part 3: Test methods for measurement of charge decay*

EN 1149-5, *Protective clothing – Electrostatic properties – Part 5: Material performance and design requirements*

NT ELEC 036:2006, *Fabrics and inhomogeneous materials: Measurement of a direct discharge from an ESD protective material, such as an ESD garment/fabric*

NT ELEC 037:2006, *Protective garments: Measurement of the charge decay time of ESD-protective garments*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC/TR 61340-1:2012 apply. Additional definitions given in the references listed in Clause 2 also apply where relevant to this standard.

3.1

capacitance loading

measure of the degree to which surface potential is suppressed compared to an insulator and is calculated as the surface potential achieved per unit quantity of charge for a thin film of a good insulator divided into the surface potential achieved per unit of charge with a similar surface charge distribution on the test material

3.2

field suppression

attenuation of static electric field emanating from charged undergarments

3.3

induction charging

generation of potential difference on a test material by the influence of an electric field from a nearby charged electrode

4 Atmosphere for conditioning and testing

As the electrostatic properties of materials are influenced by temperature and relative humidity, it is important that measurements are made under controlled conditions where possible.

If conditions are not otherwise specified, in product standards for example, the conditions specified in the test methods referenced in this part of IEC 61340 may be used, or may be adjusted to be suitable for specific applications. The most appropriate conditions and the time of conditioning before measurements are made shall be selected with regard to the type of

² American Association of Textile Chemists and Colorists.

material, the intended application and the expected conditions of use. It is recommended that at least two sets of measurements be made, one at the lowest expected relative humidity and one at the highest expected relative humidity.

If environmental control is not possible, a record of the temperature and relative humidity at the time of measurement shall be made. If the conditions during the 24 h preceding the measurements are known, the range of these conditions shall also be recorded.

The atmosphere for conditioning and testing shall be included in the test report for all measurements made in accordance with this part of IEC 61340.

5 Preparation of samples and test materials

5.1 Samples

New garments may have been treated with topical finishes to help reduce charging or increase charge dissipation. Even if such finishes are not deliberately applied, there may be residual processing finishes present that have similar effects. Residual processing finishes and some deliberately applied finishes may not be permanent and their effects will diminish with use and with cleaning. It may be necessary when evaluating garments and garment materials for longterm use to ensure that temporary finishes are removed by cleaning prior to testing.

Samples may be tested before and after cleaning in order to evaluate the effects of the cleaning procedures.

Unless otherwise specified in product standards or by agreement between interested parties, cleaning to remove temporary finishes, if required, shall be carried out in accordance with international standards such as ISO 6330 (domestic washing), ISO 15797 (industrial washing) or ISO 3175-2 or ISO 3175-3 (dry cleaning). Cleaning procedures (including number of cycles, wash temperature, detergent, etc.) shall be selected with regard to the type of material, manufacturer's recommended cleaning procedures, the intended application, and the expected conditions of use.

Full details of any cleaning procedures used prior to testing shall be included in test reports.

5.2 Test equipment and materials

Test equipment and materials that come into contact with samples, particularly during tribocharging tests, shall be maintained in a clean condition and shall be free of contaminants that might influence test results.

6 Test methods

6.1 General

Test methods for making suitable measurements on garments and garment materials are summarized in Table 1.

Table 1 – Suitability of test methods for garments and garment materials

Measurement	Standard/ Technical specification	Clause in IEC/TS 61340-4-2 (this technical specification)	Suitable for		
			Garments	Materials	Compliance verification
Resistance	IEC 61340-2-3 IEC 61340-4-9	6.2	Yes	Yes	Yes
Charge decay time	IEC 61340-2-1	6.3.2	Yes	Yes	Yes
	EN 1149-3	6.3.3	Yes	Yes	Yes
	NT ELEC 037	6.3.4	Yes	Yes	Yes
	NT ELEC 037	6.3.5	Yes	Yes	Yes
Size of electrostatic discharges	NT ELEC 036	6.4	No	Yes	No
Field suppression	EN 1149-3	6.5	Yes	Yes	Yes
Triboelectric charging	IEC/TS 61340-4-2 (this technical specification)	6.6.3 Annex A Clause C.2	Yes	Yes	Yes
	IEC/TS 61340-4-2 (this technical specification)	6.6.4 Clause C.3	Yes	Yes	Yes
	IEC/TS 61340-4-2 (this technical specification)	6.6.5 Annex B	Yes	Yes	Yes
	IEC/TS 61340-4-2 (this technical specification)	Annex E	Yes	No	Yes
Clinging	AATCC 115	6.7	No	Yes	No
Capacitance loading	IEC/TS 61340-4-2 (this Technical Specification)	6.8 Annex D	Yes	Yes	Yes
NOTE Compliance verification includes daily and pre-use checks. Test methods may require modifying to suit the application.					

6.2 Resistance and resistivity

6.2.1 Selection of the appropriate resistance measurement test method

Resistance measurements on garment materials and garments shall be carried out using the procedures specified in Table 2.

Table 2 – Test method standards for resistance measurements

Test samples	Parameter	Standard
Garment materials	Surface resistance	IEC 61340-2-3
	Volume resistance	
	Point-to-point resistance	
Garments	Surface resistance	IEC 61340-4-9
	Volume resistance	
	Point-to-point resistance	
	Sleeve-to-sleeve resistance	
	Resistance to groundable point	

If the garment under test is of sufficient size, three measurements of surface resistance and/or volume resistance shall be made at different locations on a single sample. Alternatively, one measurement can be made on each of three separate garments. The latter option shall be used for any garment that is too small to accommodate three measurement locations.

Measurements using the electrodes specified in IEC 61340-2-3 are impractical on garments smaller than 80 mm in any direction. In such cases, measurements shall be made on larger samples of material from which the garment under test is constructed. If this is not possible, smaller electrodes may be used provided they are fully described in the test report.

Volume resistance measurements on garments are usually made between the inside and outside surfaces. To achieve this on areas such as sleeves or trouser legs, or on items such as gloves, it is necessary to insert the bottom electrode (described as probe 2 in IEC 61340-2-3) inside the garment. If, as in the example of gloves, the bottom electrode is too large to fit inside the garment, the garment shall be cut open, or smaller electrodes shall be used provided they are fully described in the test report.

6.2.2 Conversion to resistivity values

When required, surface resistance and volume resistance values shall be converted to surface resistivity and volume resistivity, respectively, using the formulae specified in Clause 9 of IEC 61340-2-3:2000.

NOTE 1 It is common for the surface resistivity of textile materials to be calculated using a different formula to that specified in 9.1 of IEC 61340-2-3:2000. A typical example is EN 1149-1:1996 [3]. The difference in the values calculated by the two different formulae is 3,3 % of the smaller value for the electrodes specified in IEC 61340-2-3:2000.

NOTE 2 Resistivity values can only be defined if the garment material is electrically homogeneous, i.e. material in which all the constituent components have similar electrical properties, or in which components of differing electrical properties are uniformly blended to produce a material that has macroscopically uniform electrical properties.

6.3 Charge decay time

6.3.1 Selection of the appropriate charge decay time test method

The principle of a charge decay time test is to deposit or generate charge on, or in a material and observe the rate at which that charge is dissipated. Test methods vary mainly in the procedure used to deposit or generate charge. In this part of IEC 61340, different methods are described, each one with a different means of charging the test material. Charge is not measured directly but dissipation of charge is determined by measurement of related parameters. In three of the procedures, the rate of charge dissipation is observed using a charged plate monitor (CPM) to measure electric potential, and in the other three procedures a field meter is used to observe the change in electric field caused by charge dissipation.

Selection of the most appropriate method to use is made by considering the nature of the garment under test, the way in which it may become charged in use, and the way in which it is required to dissipate charge. Some of the methods described are generally suitable for a range of different applications, whilst others are suitable for more specific applications. For example, the corona charging method can be used to evaluate most types of garment material for a wide range of applications. The charged metal plate method, as another example, is best suited for evaluating the ability of materials to dissipate charge from conductors that come into contact with them, such as the dissipation of charge from hand tools via gloves.

The point at which timing is started and stopped is specified in some of the test methods referenced in this part of IEC 61340. If no other values are specified, in product standards for example, these timing points may be used, or may be adjusted to be suitable for specific applications. The start point and end point of any charge decay time measurement made in

accordance with this part of IEC 61340 shall be included in the test report in a format appropriate to the test method used.

NOTE 1 Although charge decay time may be presented in the same format for different test methods, the results may not be directly comparable because of differences in the test procedures.

NOTE 2 If more than one material or material combination is involved in the charge decay, more than one time constant is present. This is the main reason why different methods give different results, since defining the initial potential value is crucial.

6.3.2 Corona charging method

The ability of a garment or garment material to dissipate charge deposited or generated on its surface can be evaluated using the method described in 4.3 and Clause A.1 of IEC 61340-2-1:2002.

6.3.3 Induction charging method

The ability of a garment or garment material to dissipate charge deposited or generated on its surface can be evaluated using the method described in EN 1149-3:2004, test method 2. This test method uses an electrode positioned close to the garment or material under test. Although charge is not applied directly, the movement of charge within the test sample induced by the field from the charged electrode is related to the ability of the sample to dissipate charge. The EN 1149 series of standards have been developed for evaluating personal protective clothing for use in hazardous explosive environments. The performance requirements specified in EN 1149-5 shall be used for evaluating garments and garment materials intended for such applications. For other applications, the test method can be used but careful consideration shall be given to the applicability of the related performance requirements.

6.3.4 Charge decay by conduction through a garment to a human body

The ability of all parts of a garment to dissipate charge to ground via the body of the wearer can be evaluated using the method described in NT ELEC 037. The test parameters specified in NT ELEC 037 are applicable to garments intended for use in electrostatic discharge protected areas (EPA). If the test procedures are used to evaluate garments intended for other applications, careful consideration shall be given to the relevance of the test parameters to the specific application. Test parameters may be adjusted to suit specific applications.

The test procedure described in NT ELEC 037 relies on charge being applied via a conductive clamp in direct contact with the garment under test. The conductive clamp may not achieve good electrical contact with embedded conductive or dissipative elements that are incorporated in some garment materials. In such cases, the corona charging method described in 6.3.2, or the induction charging method described in 6.3.3 can be used to evaluate the ability of the garment to dissipate charge.

6.3.5 Surface potential suppression of isolated garments

The test method described in 6.3.5 can be used to evaluate garments that are worn with at least part of the garment in good electrical contact with the skin of the wearer, either directly or via conductive or dissipative undergarments. The test procedure described in the Appendix of NT ELEC 037:2006 can be used to evaluate the ability of a garment to suppress surface potential as charge is distributed over the garment and forms a capacitance with the grounded body of the wearer. This test procedure is useful for evaluating garments that are worn over other clothing that prevents good electrical contact with the body of the wearer.

6.4 Measurement of electrostatic discharges

Perhaps the greatest risk from charged garments is the possibility of an electrostatic discharge (ESD) from the garment material itself, particularly when garments hang away from the body of the wearer, or when they are removed. Such discharges can damage or disrupt sensitive electrical or electronic components or systems and can cause the ignition of

flammable and explosive materials. One way to evaluate the risk of ESD from charged garment materials is to generate, capture and measure ESD directly.

The test method described in NT ELEC 036 can be used to measure direct ESD from garments and garment materials. A procedure is described for testing garment materials. Full garments can be tested using the same basic procedure, using a suitable support for the garment. Alternatively, measurements can be made on garments whilst they are worn.

The acceptance and rejection criteria specified in 6.9 of NT ELEC 036:2006 are only applicable for garments intended for use in EPA where components or systems susceptible to damage by ESD greater than or equal to 100 V human body model (HBM) are handled. For other applications, the acceptance and rejection criteria shall be re-evaluated to ensure they are valid for the applications in question.

NOTE Subclause 6.9 of NT ELEC 036:2006 states that the maximum measured peak current shall be less than 300 mA. For equivalence to 100 V human body model, the correct limit is 67 mA. Equivalence in respect to peak current does not necessarily imply equivalence in other aspects of the discharge waveform.

6.5 Field suppression

One property of static control garments that is required in some applications is the ability to attenuate the net electric field from any charged undergarments. In many cases, although undergarments may charge by rubbing against the body or other clothing, the net field remains close to zero because opposite polarity layers of charge are effectively balanced. In other cases, either owing to asymmetric charging or to partial dissipation of charge from one layer, a net charge may exist on undergarments; hence a net electric field will be present.

Test method 2 described in EN 1149-3:2004 can be used to evaluate the field suppression properties of garments and garment materials.

NOTE EN 1149-3:2004, test method 2, is only concerned with the suppression of electric field associated with static electric charge. It does not address other electromagnetic phenomena, e.g. electromagnetic interference caused by ESD.

6.6 Tribocharging tests

6.6.1 General

Tribocharging is a useful means of generating charge on the surface of garments and garment materials as a precursor to charge decay time measurements. It is also useful as a test method in its own right, to evaluate the propensity of garments and garment materials to acquire charge when contacting and rubbing against other materials. Even if materials have low-charging properties they may still retain some charge for a significant period of time, which can be measured using one or more of the methods described in 6.6.2 to 6.6.4.

In many applications, daily checks are made on static control items to ensure correct functioning prior to use. For items that provide a conductive path to earth, simple resistance measurements can be made. Examples include wristband or footwear check stations that are required to be used before entering ESD controlled areas. Similar checks can be made on garments that form part of the personnel earthing system. However, there are applications in which garments are not part of the earthing system and are not required to be earthed, but nevertheless are required to be low charging. A simple tribocharging test can be used as a daily check for this type of garment.

Annex E describes simple tribocharging tests that can be used for daily checks on garments. These simple tests are unlikely to be suitable for qualification purposes, but they can provide a means of screening out garments that exhibit high levels of charging.

If the tests described in Annex E are used as a screening check prior to use, the tests shall be carried out in a safe area where the generation of static electricity does not present a risk to personnel, components or systems.

6.6.2 Tribocharging by removal of garments

The propensity of garments and full garment assemblies to acquire charge when contacting and rubbing against other materials can be evaluated using the method described in Annex A or Clause C.2.

Although the removal of garments is generally prohibited in EPA and hazardous explosive area, the test methods described in Annex A and Clause C.2 provide a relatively simple but controlled procedure for tribocharging full garments and assemblies of garments.

6.6.3 Tribocharging the outer surface of garments

The propensity of garments and full garment assemblies to acquire charge when contacting and rubbing against other materials can be evaluated using the method described in Clause C.3.

6.6.4 Tribocharging using seats

The propensity of garments and full garment assemblies to acquire charge when contacting and rubbing against other materials can be evaluated using the method described in Annex B.

The test method described in Annex B can be used as an alternative to that described in Annex A for evaluating tribocharging in general. It can also be used to evaluate tribocharging in specific applications that involve personnel and seats (e.g. car seats, fork lift truck seats, work station chairs, etc.).

6.7 Clinging tests

The propensity for lightweight garment materials to acquire charge by tribocharging and the ability for the materials to lose charge by surface leakage can be evaluated using a clinging test method such as that described in AATCC Test Method 115.

The principle of the clinging test is to suspend a charged test specimen from the top edge of an angled metal plate that is connected to earth. If the test specimen has acquired sufficient charge after tribocharging, it will cling to the metal plate. As charge leaks away from the test specimen through the earthed metal plate, there will come a time when there is insufficient charge to cause the test specimen to cling and it will then hang freely. A measure of the test material's ability to dissipate charge can be obtained by recording the time taken for the test specimen to stop clinging.

Clinging tests may not be suitable for evaluating heavier garment materials because even when they are highly charged, they may not cling because their weight is greater than the electrostatic force.

6.8 Capacitance loading

The potentials arising on surfaces when these are contacted or rubbed by other surfaces can be evaluated by determining capacitance loading. The basis of the method is as follows:

- a) Most risks from static electric charge retained on materials relate directly to the local surface voltage created. The surface voltage indicates opportunity for direct air discharge (for voltages over about 300 V), opportunity for charge induction on devices nearby, and opportunity for attraction of airborne particles.
- b) There is a direct relationship between the surface voltage present at the time when practical surfaces separate after contact and rubbing actions and values of charge decay time and capacitance loading shown by the materials. Surface voltages will be limited to low values if the time for decay of surface voltage is very short and/or if the capacitance experienced by surface charge is very high.

- c) The behaviour of materials in practical situations with tribocharging is well represented by measurements on sample areas of the material with corona charging.

The measurement and calculation procedures for determining capacitance loading are described in Annex D.

Annex A (normative)

Tribocharging by removal of garments

A.1 Equipment

A.1.1 Electrostatic voltmeter

Electrostatic voltmeter with an input resistance of not less than $10^{13} \Omega$ and an input capacitance, including connecting leads, of not more than 20 pF.

A.1.2 Recording device

A means of recording the body voltage as a function of time by connection to the electrostatic voltmeter. A chart recorder or data logger connected to a personal computer is a suitable recording device. The response time of the recording device shall be no more than 1/10 s.

A.1.3 Faraday pail

A Faraday pail (9.4 of BS 7506-1:1995) of suitable size to accommodate the garments under test and an electrometer or a capacitor/voltmeter combination for measuring charge.

A.1.4 Metal base plate

A rigid metal plate of suitable size to accommodate a person standing comfortably with both feet entirely on the plate.

An example of a suitable metal plate is one with dimensions of 30 cm × 30 cm; thickness of 2 mm and a capacitance of about 20 pF.

A.1.5 Insulating support

Insulating support for metal base plate to ensure that the resistance to ground from the metal base plate is greater than $10^{13} \Omega$.

A.1.6 Reference garments

Garments are worn under or over the test garments and kept for the specific purposes of testing to this part of IEC 61340. Reference garments shall be cleaned regularly to ensure they remain free from contaminants that could affect their chargeability. Cleaning, drying and re-conditioning of reference garments may be necessary between tests on different sample garments. Reference garments shall cover all areas of the body beneath the garments under test. Examples of reference garments are coveralls (or boiler suits), laboratory coats and trousers. Reference garments of at least two different materials shall be used. Polyamide, cotton, wool, acrylic and polyester are suitable reference garment materials.

A.1.7 Static ionizer

A suitable means of neutralizing residual static charge on test garments and reference garments prior to test.

A.1.8 Capacitance meter (optional)

A capacitance meter capable of measuring capacitance in the range 50 pF to 500 pF.

A.2 Test procedure

A.2.1 Preparation

Residual charge on reference garments, undergarments and test garments shall be neutralized prior to measurements being made.

NOTE The description of the test procedure includes reference garments and under-garments, but references to these can be ignored if they are not required for specific test purposes.

A.2.2 Testing outer garments

The arrangement of test equipment and the test procedure are illustrated in Figure A.1.

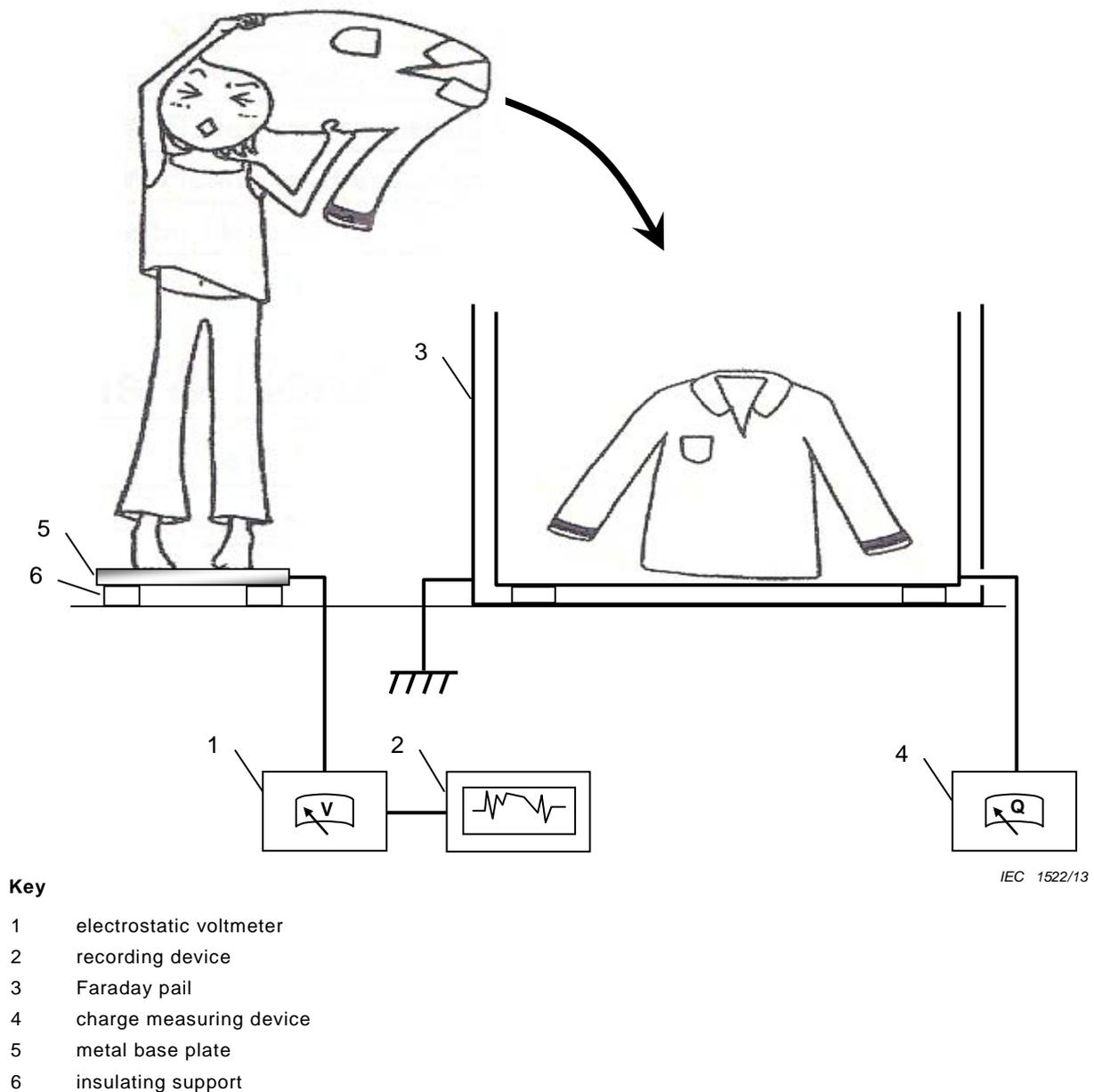


Figure A.1 – Test equipment for measuring body voltage and charge on removed garments

The test subject puts on the reference garments and then the garments under test. Some charge may be generated during these actions. Any net charge shall be neutralized as much as possible.

The test subject stands with bare feet on the metal base plate and is momentarily earthed to remove residual charge from the test subject's body. The Faraday pail shall also be momentarily earthed to remove residual charge.

The test subject removes the test garment and drops it into the Faraday pail, taking care that the garment does not touch the outside of the pail.

Measurements of body voltage and charge on the removed garment are recorded and/or noted.

The test procedure is repeated nine times (ten measurements in total), taking care to neutralize residual charge on the garments and test subject between each measurement.

The test procedure is repeated for each combination of test garments and reference garments.

A.2.3 Testing inner garments

The test subject puts on the garments under test and then the reference garments. Some charge may be generated during these actions. Any net charge shall be neutralized as much as possible by means of a suitable ionizer.

The test subject stands with bare feet on the metal base plate and is momentarily earthed to remove residual charge from the test subject's body. The Faraday pail shall also be momentarily earthed to remove residual charge.

The test subject removes the reference garment and drops it into the Faraday pail, taking care that the garment does not touch the outside of the pail.

Measurements of body voltage and charge on the removed garment are recorded and/or noted.

The reference garment is removed from the Faraday pail, which is then momentarily earthed.

The test subject removes the garment under test and drops it into the Faraday pail, taking care that the garment does not touch the outside of the pail.

Measurements of body voltage and charge on the removed garment are again recorded and/or noted.

The test procedure is repeated nine times (ten measurements in total), taking care to neutralize residual charge on the garments and test subject between each measurement.

The test procedure is repeated for each combination of test garments and reference garments.

A.2.4 Calculation and expression of results

From each electrostatic voltmeter recording, determine the peak body voltage for each combination of garments tested.

For reference testing purposes it may be desirable to correct the measured body voltage to a common datum, depending on the application. If this is the case, correction shall be made using the following formula:

$$V_c = \frac{V_m \times C}{C_s} \quad (\text{A.1})$$

where

V_c is the corrected body voltage;

V_m is the measured body voltage;

C_s is the value of the standard capacitance;

C is the combined capacitance of the operator and electrostatic voltmeter. C is measured using a capacitance meter with the operator standing on the base plate.

NOTE The value of the standard capacitance is typically that of the average human body, which is assumed to vary between 100 pF and 300 pF (see IEC/TR 61340-1). In standards related to the protection of electrostatic discharge sensitive devices, the human body model assumes a capacitance of 100 pF (see IEC 61340-3-1 [4]). The value of the standard capacitance should be chosen to suit the application for which measurements are made.

For each combination of garments tested, calculate the mean of the ten measurements of peak body voltage and the mean of the charge on the removed garments.

A.3 Report

The test report shall contain at least the following information:

- a) reference to this part of IEC 61340;
- b) date of testing;
- c) atmosphere for conditioning and testing;
- d) identification of test garments;
- e) identification of reference garments (if used);
- f) for each combination of garments tested the mean of the peak body voltage and the mean of the charge on the removed garments;
- g) an indication of whether the body voltages reported are the actual measured values or corrected values, and in the latter case the standard capacitance shall be stated;
- h) any deviations from the prescribed test procedure.

Annex B (normative)

Tribocharging using seats

B.1 Equipment

B.1.1 Electrostatic voltmeter

Electrostatic voltmeter with an input resistance of not less than $10^{13} \Omega$ and an input capacitance, including connecting leads, of not more than 20 pF.

B.1.2 Recording device

A means of recording the body voltage as function of time by connection to the electrostatic voltmeter. A chart recorder or data logger connected to a personal computer is a suitable recording device. The response time of the recording device shall be no more than 1/10 s.

B.1.3 Seat

For general purpose testing, any suitable seat can be used. The design of the seat shall be such as to provide a large area of contact with a person when seated. Metal frame chairs are useful if different resistance-to-ground regimes are required. For testing garments used in specific applications involving seats, a seat representative of that used in the application shall be selected for testing.

B.1.4 Seat covers (optional)

Seat covers are kept for the specific purposes of testing to this part of IEC 61340. Seat covers shall be cleaned regularly to ensure they remain free from contaminants that could affect their chargeability. Cleaning, drying and re-conditioning of seat covers may be necessary between tests on different sample garments. Seat covers shall cover the entire area of the seat base and back. Seat covers of at least two different materials shall be used. Polyamide, leather and polyester are suitable seat cover materials.

B.1.5 Seat support frame or platform (optional)

For specific testing purposes, the geometry of the seat during testing shall be as near as possible the same as the geometry of the seat in the end use application. A frame or platform may be required to achieve the correct geometry.

The geometry of the seat is an important aspect of simulating end use conditions during testing. Contact area, pressure and the rate and direction of relevant movement are all important factors influencing tribocharging, and are dependent on seat geometry.

B.1.6 Isolation material for seat (optional)

Isolation material for the seat shall have a resistance to ground greater than $10^{13} \Omega$. The isolation material may be in the form of a sheet, individual pads for each seat leg, or in some other form appropriate for the seat or support frame or platform.

B.1.7 Insulating base plate (optional)

Insulating base plate of suitable size to accommodate a person standing comfortably with both feet entirely on the plate with a resistance to ground greater than $10^{13} \Omega$.

B.1.8 Metal base plate (optional)

Rigid metal plate of suitable size to accommodate a person standing comfortably with both feet entirely on the plate.

B.1.9 Insulating support (optional)

Insulating support for metal base plate to ensure the resistance to ground from the metal base plate is greater than $10^{13} \Omega$.

B.1.10 Resistors (optional)

Discrete resistors with a voltage rating at least double the maximum body voltage expected to be recorded. Resistors may be used to simulate the resistance to earth presented by different footwear or flooring (see Figure B.1).

Resistor values between $10^6 \Omega$ and $10^{12} \Omega$ inclusively are recommended. For resistor values above $10^{10} \Omega$, a voltage rating of 10 kV is recommended.

B.1.11 Static neutralizer

A suitable means of neutralizing residual static charge on test garments and seats prior to test.

B.1.12 Capacitance meter (optional)

Capacitance meter capable of measuring capacitance in the range 50 pF to 500 pF.

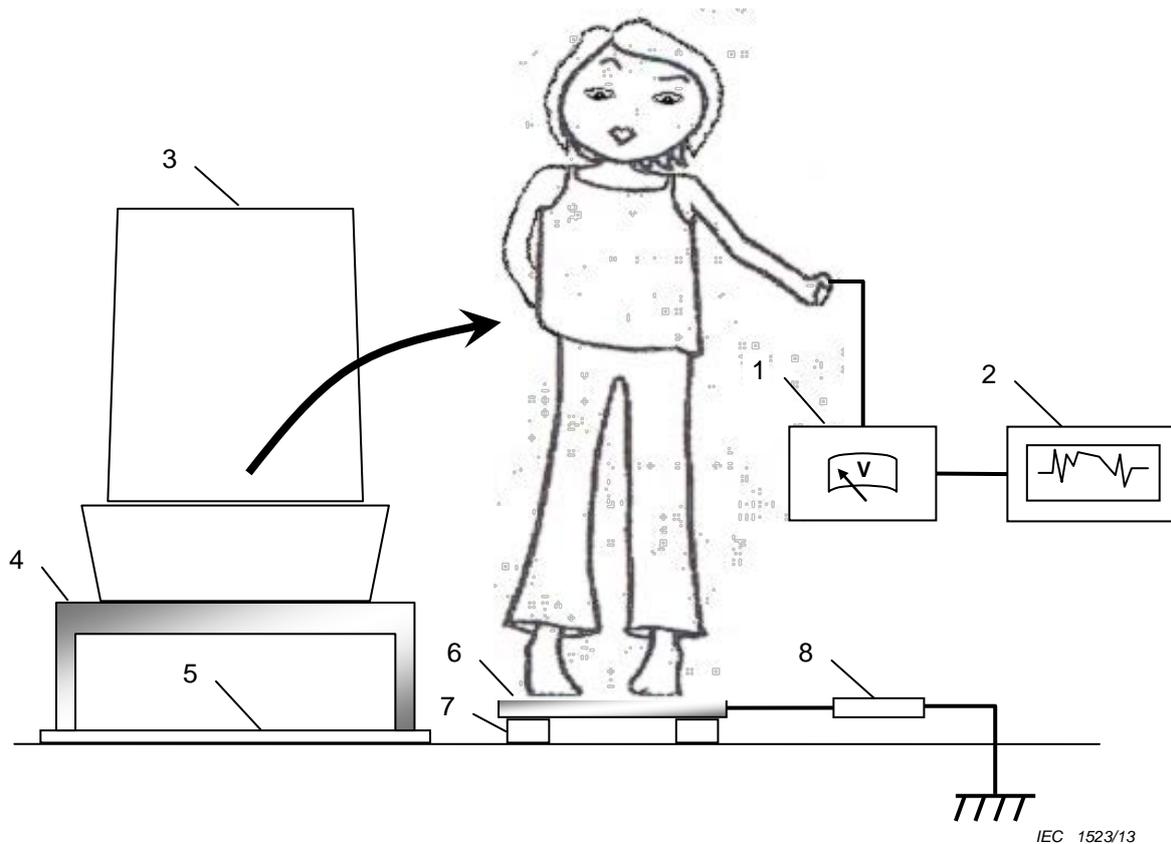
B.2 Test procedure**B.2.1 Preparation**

Residual charge on seats, or seat covers, and test garments shall be neutralized prior to measurements being made.

An example of a test arrangement is shown in Figure B.1. In this example, the seat is shown supported on a frame, which is isolated from ground. If the support frame is metal, the resistance from the seat to ground can be varied by connecting the support frame to ground via various resistors, or as shown, can be left isolated. Alternatively, the seat, or seat and support frame, can be placed directly on a floor surface representative of an end use application.

Figure B.1 shows the test subject standing on a metal base plate connected to ground via a resistor. An alternative arrangement is for the metal base plate to be isolated from ground, or an insulating base plate can be used. Another alternative is for the test subject to wear insulating footwear and to stand directly on to a floor surface representative of an end use application.

If an insulating base plate or insulating footwear is used, care shall be taken to avoid charge being generated by the movement of the test subject's feet. The use of a metal base plate with the test subject wearing only thin cotton socks, or no footwear at all, minimizes such charge generation.



Key

- 1 electrostatic voltmeter
- 2 recording device
- 3 seat
- 4 seat support frame
- 5 isolation material
- 6 metal base plate
- 7 insulating support
- 8 high-voltage resistor

Figure B.1 – Example of test equipment set up for measuring body voltage when rising from a seat

B.2.2 Measuring body voltage

The test subject sits in the seat, takes hold of the input lead of the electrostatic voltmeter and is momentarily earthed to remove residual charge.

Whilst maintaining contact with the electrostatic voltmeter input lead, the test subject moves around in the seat (i.e. rubs their back and bottom against the seat) and then stands up on to the base plate.

In some instances, there may be significant charge remaining on the seat, in which case the test subject should stand up sufficiently far from the seat to minimize the influence, by induction, of the charged seat on the measurement of body voltage.

Measurements of body voltage are recorded and/or noted.

The test procedure is repeated nine times (ten measurements in total), taking care to neutralize residual charge on the seat or seat cover, test garments and test subject between each measurement.

The test procedure is repeated for each combination of test garment and seat or seat cover.

B.3 Calculation and expression of results

From each electrostatic voltmeter recording, determine the peak body voltage for each combination of garment and seat or seat cover tested.

NOTE 1 If the test subject keeps both feet together when standing up, the body voltage normally rises to a maximum value and plateaus out (assuming no leakage of charge to earth). However, if the test subject stands up on one leg first, followed by the other (e.g. when rising from a car seat), the body voltage rises to a transient peak and then settles to a lower value. Typical body voltage recordings are shown in Figure B.2.

For reference testing purposes it may be desirable to correct the measured body voltage to a common datum. If this is the case, correction shall be made using the following formula:

$$V_c = \frac{V_m \times C}{C_s} \quad (\text{B.1})$$

where

V_c is the corrected body voltage;

V_m is the measured body voltage;

C_s is the value of the standard capacitance;

C is the combined capacitance of the operator and electrostatic voltmeter. C is measured using a capacitance meter with the operator standing on the base plate.

NOTE 2 The value of the standard capacitance is typically that of the average human body, which is assumed to vary between 100 pF and 300 pF (see IEC/TR 61340-1). In standards related to the protection of electrostatic discharge sensitive devices, the human body model assumes a capacitance of 100 pF (see IEC 61340-3-1). The value of the standard capacitance should be chosen to suit the application for which measurements are made.

For each combination of garments tested, calculate the mean of the ten measurements of peak body voltage and the mean of the charge on the removed garments.

B.4 Report

The test report shall contain at least the following information:

- a) reference to this part of IEC 61340;
- b) date of testing;
- c) atmosphere for conditioning and testing;
- d) identification of test garments;
- e) identification of seats, and seat covers (if used);
- f) for each combination of garment and seat or seat cover tested, the mean of the peak body voltage;
- g) an indication of whether the body voltages reported are the actual measured values or corrected values, and in the latter case the standard capacitance shall be stated;
- h) any deviations from the prescribed test procedure.

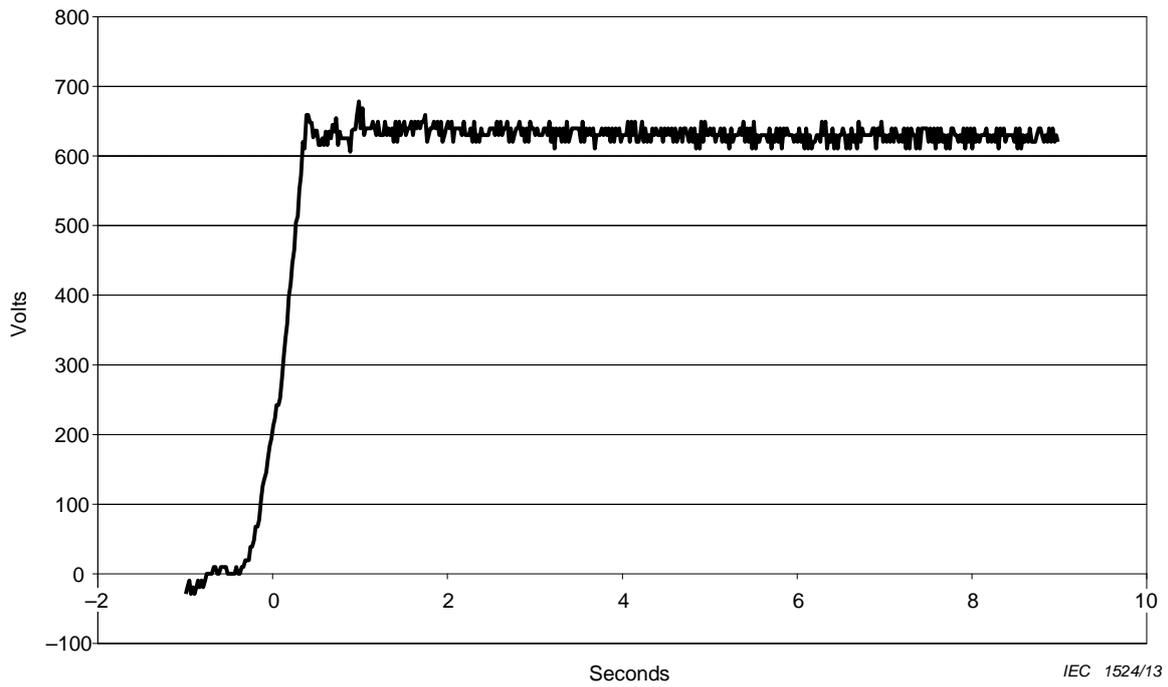


Figure B.2a – Body voltage measured when rising from a seat with both feet together

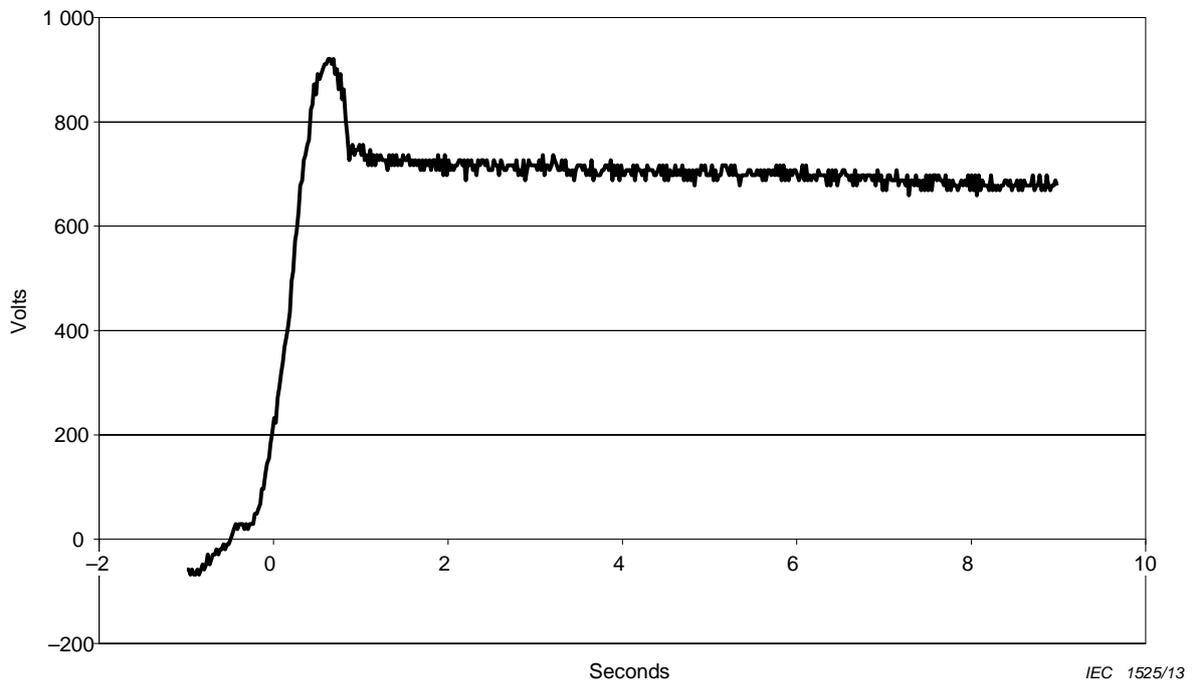


Figure B.2b – Body voltage measured when rising from a seat one foot at a time

Figure B.2 – Typical body voltage recordings

Annex C (normative)

Test of chargeability

C.1 General

The aim of the chargeability test is to assess whether an electrostatic charge can occur on the human body and its clothing in the conditions simulating the real conditions of use for protective clothing and whether the charging can achieve the hazardous level.

Adequate tests shall be performed on the presented test stands in the required environmental conditions (see Clause 4). The pieces of clothing being under test, three of each kind, shall be first conditioned in the same conditions.

C.2 Test of charging by taking off clothes

C.2.1 General

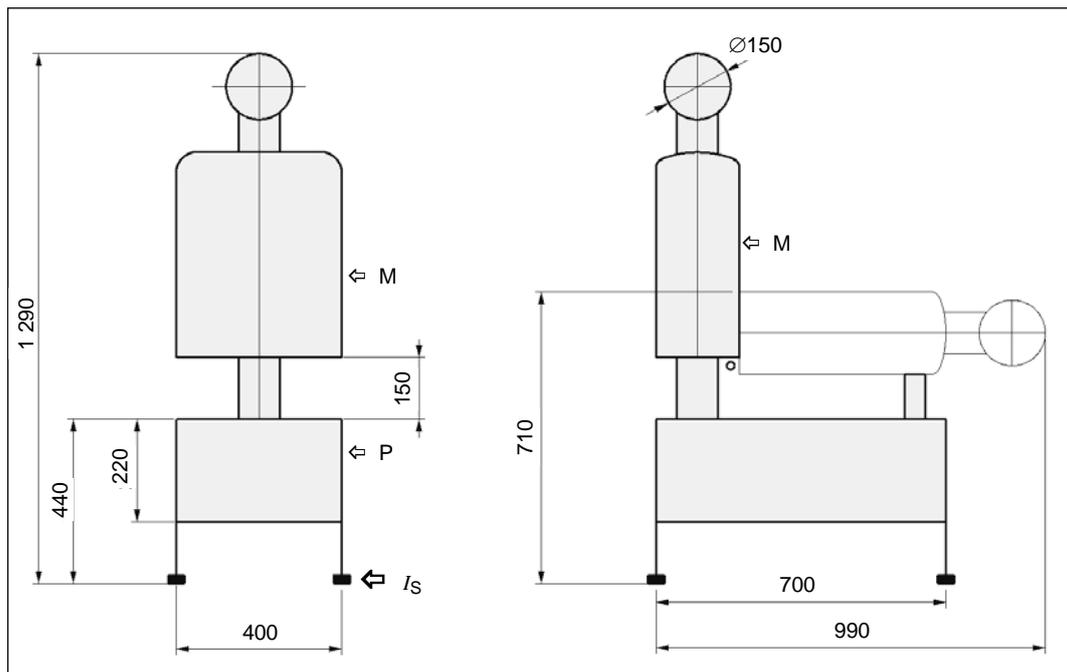
Upon taking off clothes both the human body and the clothes usually undergo intense charging.

C.2.2 Test stands

C.2.2.1 Test stand with a mannequin

A basic element of the test stand is a mannequin (dummy) corresponding to the upper part of the human trunk without arms. The mannequin body is made of any dry wood or other material of similar resistivity. Wood has the advantage of availability, low cost, ease of working and shaping to produce the mannequin trunk and head, and it has a low electrostatic charging propensity. Dry wood typically has a volume resistivity above $10^8 \Omega\text{m}$. However, the resistivity of the wood is not a critical parameter. Of more importance is the kind of fabric that is used to cover the mannequin trunk. The mannequin is placed on a supporting platform insulated from the ground, with the insulation resistance of greater than $10^{13} \Omega$. The dummy shall be fixed in a self-aligning position so that it may be placed horizontally or vertically, depending on the type of test performed.

The mannequin dimensions are given in Figure C.1.



IEC 1526/13

Key

- M mannequin (dummy)
- P supporting platform
- I_s insulation with the resistance $>10^{13} \Omega$

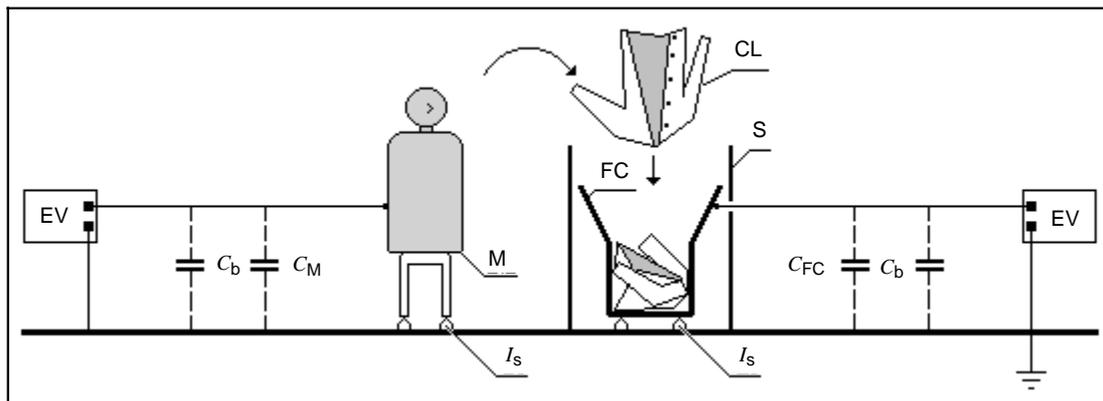
NOTE The tolerance of the given dimensions is ± 20 mm.

Figure C.1 – Diagram of the test stand with a mannequin

The mannequin together with its head shall be covered with the cloth (textile or knitted fabric) of volume resistivity $\rho_v = 10^2 \Omega\text{m} - 10^3 \Omega\text{m}$ and/or surface resistivity $\rho_s = 10^4 \Omega - 10^5 \Omega$, which is similar to the resistivity of human skin. The covering cloth can be made from a homogeneous material, or can contain conductive fibres in order to achieve the specified resistivity. In the latter case, conductive fibres shall be incorporated as a homogeneous blend (e.g. within every end and pick of a woven textile) or within a grid pattern of yarns with a spacing of not greater than 10 mm. This covering (draping) should be equipped with two clamps – terminals that can be bonded with the input terminal of an electrostatic voltmeter through a resistor to the grounding system. The terminals can be placed any distance apart in specially designed appendages of the covering cloth. A wig made of natural hair, 5 – 10 cm long, shall be placed on the mannequin head. It is necessary to make sure that the wig can be easily put on and taken off the mannequin head.

Figure C.2 presents a schematic diagram of the system destined for testing electrification that occurs during clothing removal, for example when outer clothing such as a jacket is removed from inner clothing such as a shirt. Clothing shall not be evaluated by direct removal from the mannequin; there shall always be an undergarment between the covered mannequin and the outer clothing. The system allows for measuring the level of human body charging when the person is substituted by an equivalent dummy and, simultaneously, to measure the charging level of the clothes that have been taken off using the Faraday cage method. Figure C.3 presents an adequate system, where the charging of the items that have been taken off is measured by employing the non-contact method with the use of a field meter or the meter of the surface charge potential.

In principle, the contact measurement of the voltage on the mannequin trunk can be substituted by a non-contact measurement if the measuring instrument is suitably calibrated. The contact method is, however, preferred because it is more accurate.



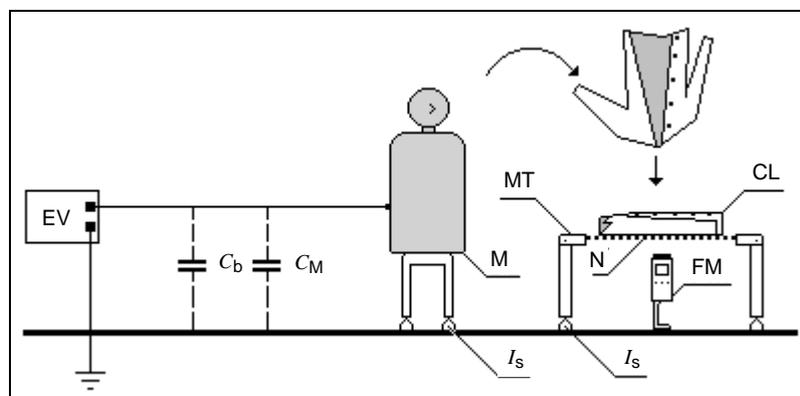
IEC 1527/13

Key

- M mannequin (dummy)
- CL item of clothing that is taken off
- FC Faraday cage (cylindrical container 0,05 m³)
- S grounded screen
- EV electrostatic voltmeter
- I_s insulation with the resistance $>10^{13} \Omega$
- C_M mannequin capacitance 100 pF – 200 pF
- C_{FC} Faraday cage capacitance
- C_b capacitance of the measurement device and connection (bonding system)

NOTE The electrostatic voltmeter connected to the mannequin is used to measure the potential, V_{HB} , of the mannequin trunk. The other electrostatic voltmeter connected to the Faraday cage is used to determine the total charge, Q , occurring on the clothing after removal from the mannequin.

Figure C.2 – Measuring scheme with a mannequin and Faraday cage



IEC 1528/13

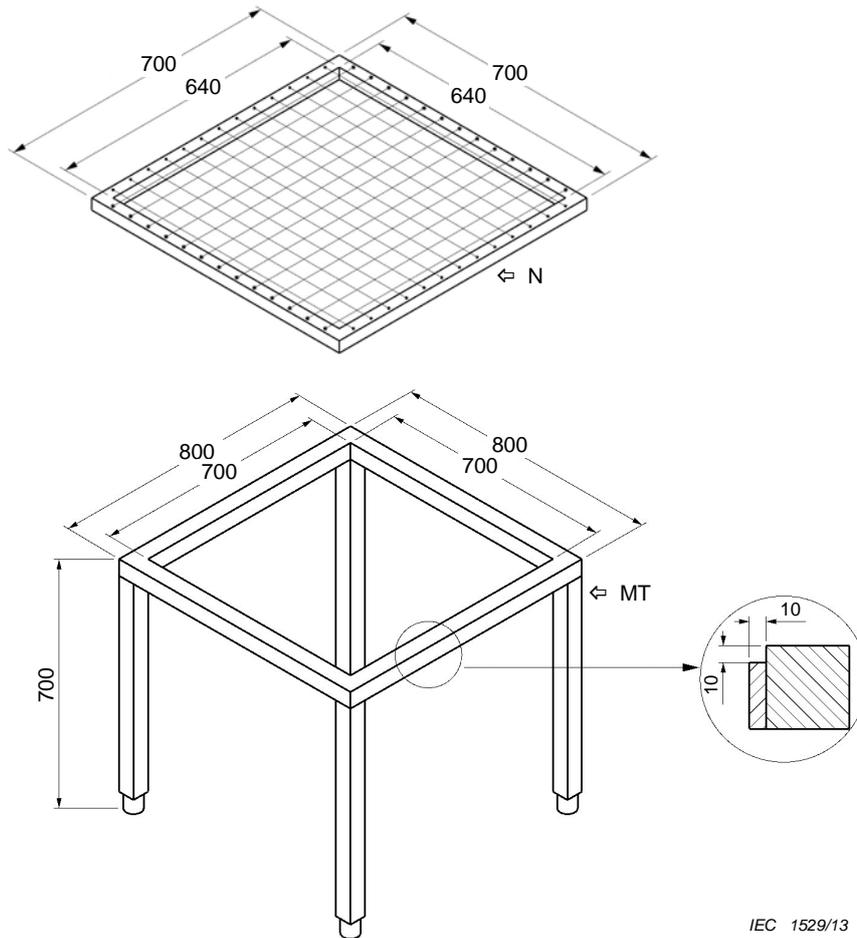
Key

- M mannequin (dummy)
- CL item of clothing that is taken off
- MT measuring table
- N polyamide net
- I_s insulation with the resistance $> 10^{13} \Omega$
- EV electrostatic voltmeter
- FM field/potential meter
- C_M mannequin capacitance 100 pF – 200 pF
- C_b capacitance of the measurement device and connection (bonding system)

NOTE The electrostatic voltmeter connected to the mannequin is used to measure the potential, V_{HB} , of the mannequin trunk. The field/potential meter is used to measure the surface potential of the clothing after removal from the mannequin.

Figure C.3 – Measuring scheme with a mannequin and net table

Figure C.4 presents the dimensions of a tabletop where the frame with the stretched net is placed.



IEC 1529/13

Key

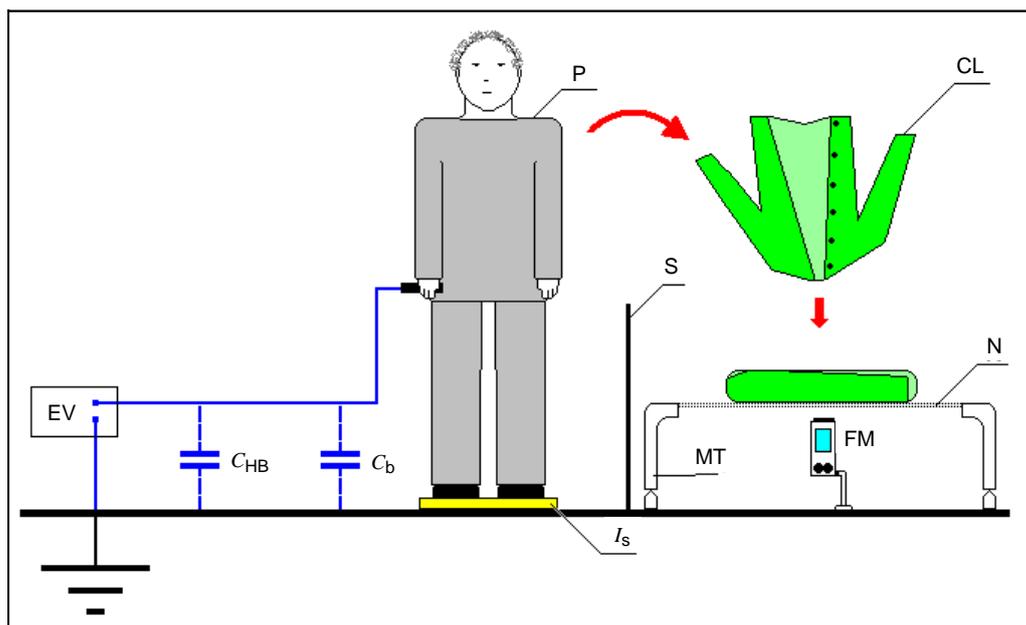
- MT measuring table
- N polyamide net with a frame that forms the tabletop

NOTE A net made of polyamide (e.g. fishing line) or other material of similar electric properties is required to have loops of 30 mm – 50 mm clearance. The net (tabletop) has insignificant chargeability in comparison with the chargeability of typical tested garments. For this reason, the charge on the net does not need to be neutralized before each test.

Figure C.4 – Net table used to measure the charging level of clothes

C.2.2.2 Stand with the test person

In this case, the testing stand is analogical to the one described in C.2.1.1, but the mannequin is replaced by a test person, as shows the Figure C.5.



IEC 1530/13

Key

P	test person
CL	item of clothing that is taken off
MT	measuring table
N	polyamide net
I_s	insulation with the resistance $> 10^{13} \Omega$
EV	electrostatic voltmeter
FM	field/potential meter
C_{HB}	human body capacitance 100 pF – 200 pF
C_b	capacitance of the measurement device and connection (bonding system)

NOTE The electrostatic voltmeter connected to the mannequin is used to measure the potential, V_{HB} , of the human body. The field/potential meter is used to measure the surface potential of the clothing after removal from the test person.

Figure C.5 – Measuring scheme with a test person and net table

C.2.3 Measurement of the charge potential on the mannequin trunk or on the test person

C.2.3.1 Procedure

Prepare three pieces of the same kind (type) of clothing in accordance with Clause 4.

Check the climatic condition in the room. They shall meet the requirements specified in Clause 4.

Employing typical measurement devices, measure the capacitance C_M that is created by the mannequin conductive coating in relation to the ground using the measurement terminal on its surface. This capacitance should fall within the range 100 pF – 200 pF. If this requirement is not satisfied the capacitance C_M shall be corrected by connecting an additional capacitor in parallel or in series. The measurement of capacitance shall always be made if the potential of the charged mannequin trunk is measured with a contact method. It is needed for the calculation of the generated charge value and for the assessment of the energy of the tested system.

The capacitance meter shall be able to measure with respect to an electrical ground point.

Place the tested item of clothing on the mannequin or on the test person.

If the item under test is a piece of underwear, a T-shirt or a shirt (worn without an undershirt) it shall be put directly on the mannequin, coated in the standard way, or on the body of the test person. If, however, it is a piece of outer clothing, then the mannequin (person) shall be first dressed in the item of clothing worn underneath (e.g. a flannel shirt).

Bring the mannequin to a vertical position (or placed the test person on the testing stand) and then with a quick upward movement take off the outer piece of clothing and place it immediately in the Faraday cage (see C.2.3) or on the measuring table (see C.2.4). The time passed between taking off the clothes and placing them in the Faraday cage or on the measuring table should not exceed 2 s.

Possible ways of taking off clothes from the mannequin trunk or the test person's body are presented on Figure C.6.

If buttons or a zipper make it difficult to pull the clothes over the head, then the clothes shall not be buttoned or zipped.

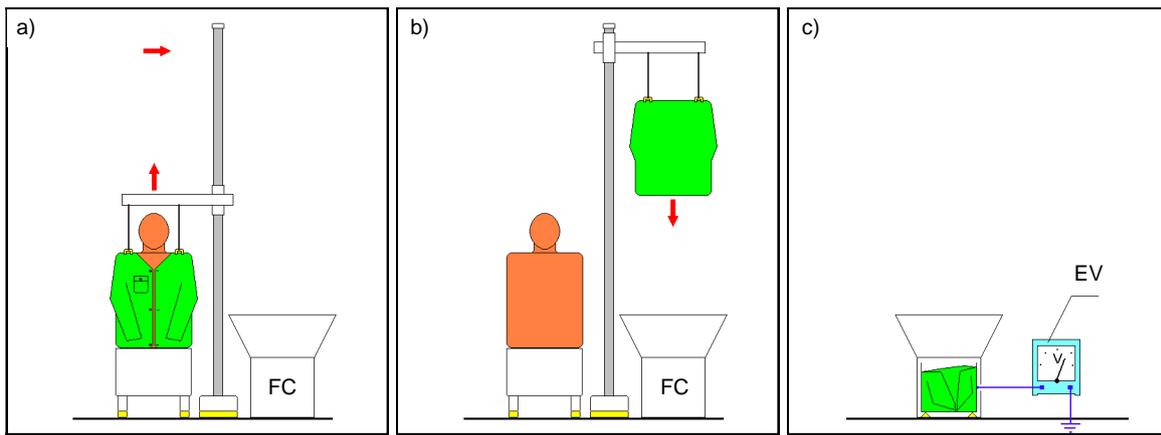
The clothes may be taken off manually or mechanically. The operator's body or the machine grip shall be isolated from the ground with the material of the resistance $>10^{13} \Omega$.

Trial tests shall be performed in order to establish whether the contact of clothes with hair increases or decreases the charging level of the items that are taken off. The tests are performed on the mannequin with and without a wig; the results of the charge potential measurements are then compared. The variant with the maximum charging level shall be selected for performing the full series of tests.

Measure the potential V_M of a static charge generated on the mannequin trunk or on the test person's body using an electrostatic voltmeter in the system according to Figure C.2 or Figure C.3.

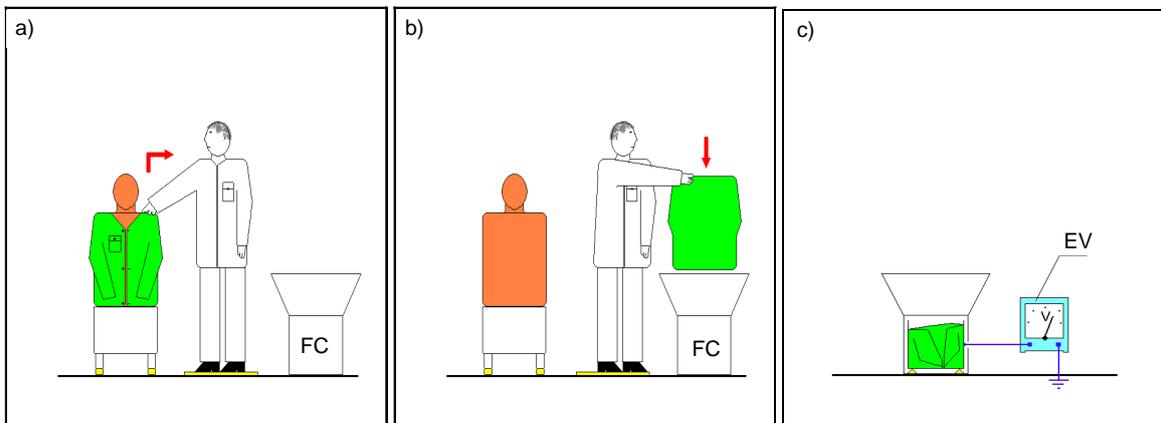
The specified tests shall be performed on each of the three clothing samples following the specified procedure:

- on the mannequin trunk or the test person's body isolated from the ground (insulation resistance of at least $10^{14} \Omega$);
 - on the mannequin trunk or the test person's body grounded through the resistor of $1 \times 10^9 \Omega$ (accuracy up to 10 %);
- and/or
- on the mannequin trunk or the test person's body grounded through the resistor of $1 \times 10^6 \Omega$ (accuracy up to 10 %).



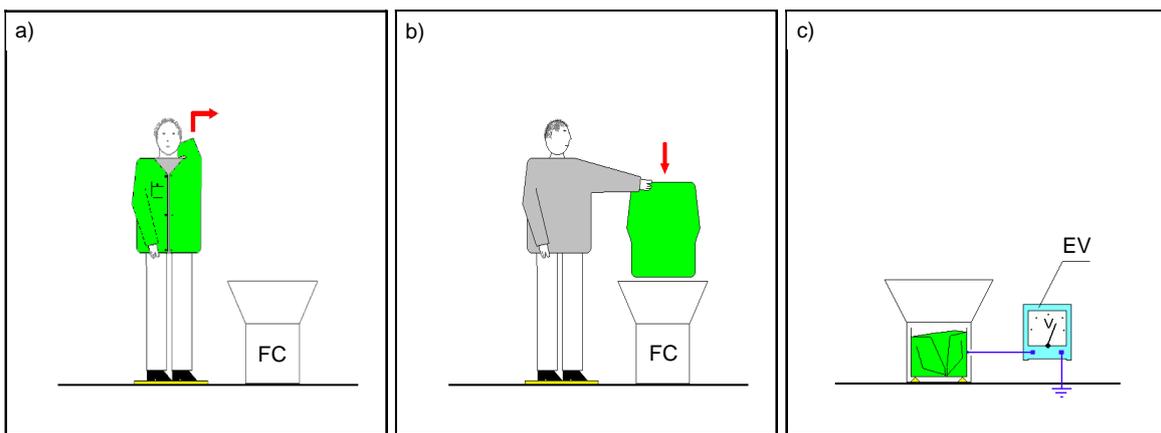
IEC 1531/13

Figure C.6.1 – Removal of clothing from the mannequin using a mechanical device



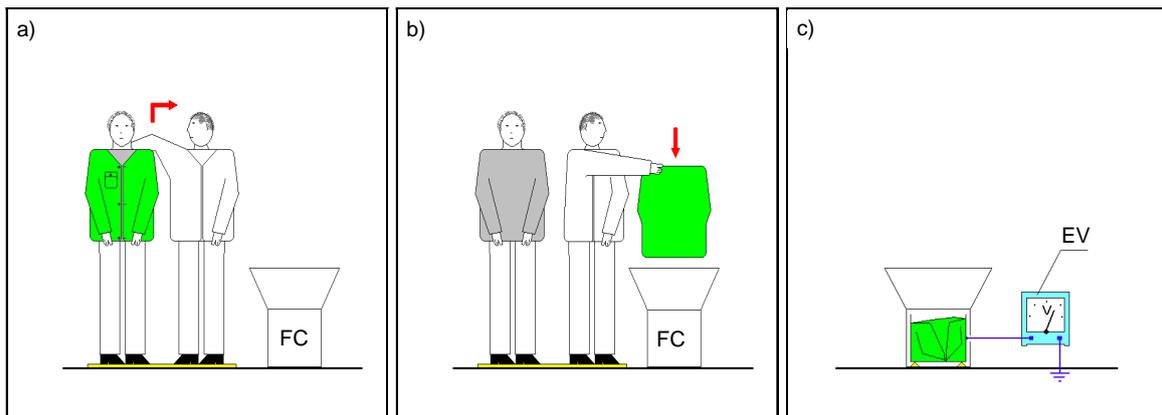
IEC 1532/13

Figure C.6.2 – Removal of clothing from the mannequin manually by the operator



IEC 1533/13

Figure C.6.3 – Removal of clothing from and by the same test person



IEC 1534/13

Figure C.6.4 – Removal of clothing from the person manually with the help of an operator

Figure C.6 – Possible ways of taking off clothes from the mannequin trunk or from the test person

C.2.3.2 Evaluation and presentation of results

Measure the total capacitance C_s of the system mannequin (test person) electrostatic voltmeter together with the connections (see Figures C.2 and C.3):

$$C_s = C_M + C_b \tag{C.1}$$

assuming the mannequin (person) conversion capacitance (equivalent of the average human body capacitance) as

$$C_M = C_{HB} = 150 \text{ pF} \tag{C.2}$$

and taking into account the principle of capacitive voltage divider, calculate the potential V of the charge on the mannequin trunk (test person) in case, when $C_M = C_{HB} = 150 \text{ pF}$. The potential V is treated as the potential of the electrostatic charge occurring in the equivalent system on the human body whose capacitance equals $C_{HB} = 150 \text{ pF}$.

The potential V_{HB} is calculated according to the formula:

$$V = V_{HB} = \frac{C_s}{C_{HB}} V_M \tag{C.3}$$

where V_M is the charge potential measured on the mannequin trunk or on the test person when the system capacitance equals C_s .

It is necessary to calculate the potentials V_{HB} corresponding to each of the ten potential measurement results V_M obtained in the tests of several samples, and then to calculate the arithmetic averages V_{HB} for each of the samples and an average of these averages for the group of three clothing samples of a specific kind. Such a procedure is appropriate if the results obtained in individual series of tests do not differ among one another by more than 50 %. When the scatter of the test results is larger the tests shall be repeated. If the scatter of results reoccurs, the maximum value obtained in both cycles of measurement shall be taken as a test result.

C.2.4 Charge measurement on the item of clothing that has been taken off in the system with the Faraday cage

C.2.4.1 Procedure

The tested piece of clothing, in accordance with the procedure described in C.2.2, shall be taken off the mannequin trunk (or test person) and placed in the Faraday cage (see Figure C.2). Then an electrostatic voltmeter shall be used to measure the voltage U_{FC} that corresponds to the difference of potentials between the wall of the Faraday cage and the ground (methodology in accordance with IEC/TR 61340-2-2).

The measurements shall be performed ten times on each clothing sample.

C.2.4.2 Evaluation and presentation of results

In order to calculate the test results, it is indispensable to know the capacitance C_S created by the system Faraday cage – electrostatic voltmeter, together with the system of connections (see Figure C.2):

$$C_S = C_{FC} + C_b \quad (\text{C.4})$$

The test result is the total electrostatic charge Q generated on the items of clothing that have been taken off. It shall be calculated according to the formula:

$$Q = C_S U_{FC} \quad (\text{C.5})$$

where U_{FC} is the electrostatic voltage occurring in the system with the Faraday cage of the capacitance C_S .

It is necessary to calculate an arithmetic average of the voltage measurements taken in each series of 10 measurements and convert the result into an average charge. Then the charges calculated for each of the three samples of a given type shall be averaged. If individual samples differ by more than 50 % with regard to their average charging level, then the highest value obtained shall be taken as a result.

C.2.5 Measurement of the potential of electrostatic charge generated on the surface of the item of clothing that has been taken off

C.2.5.1 Procedure

The tested piece of clothing, in accordance with the procedure described in C.2.2, shall be removed from the mannequin trunk (or test person) and placed on top of the measurement table (the different situations are shown in Figures C.3 and C.5). Then the potential V_S of the surface charge shall be measured with the use of an adequately graduated device, without touching the surface. Ten measurements shall be performed upon each of the clothing samples tested using methodology in accordance with IEC/TR 61340-2-2.

C.2.5.2 Evaluation and presentation of results

The measured surface charge potential value V_S does not require conversion if a specially scaled appliance was used, e.g. an electrostatic field meter.

An arithmetic average and an average result for three clothing samples of a specific type shall be obtained from each series of ten measurements corresponding to individual samples. If the average results obtained for individual samples differ in more than 50 %, then the average of three highest values of the potential V_S shall be taken as a test result.

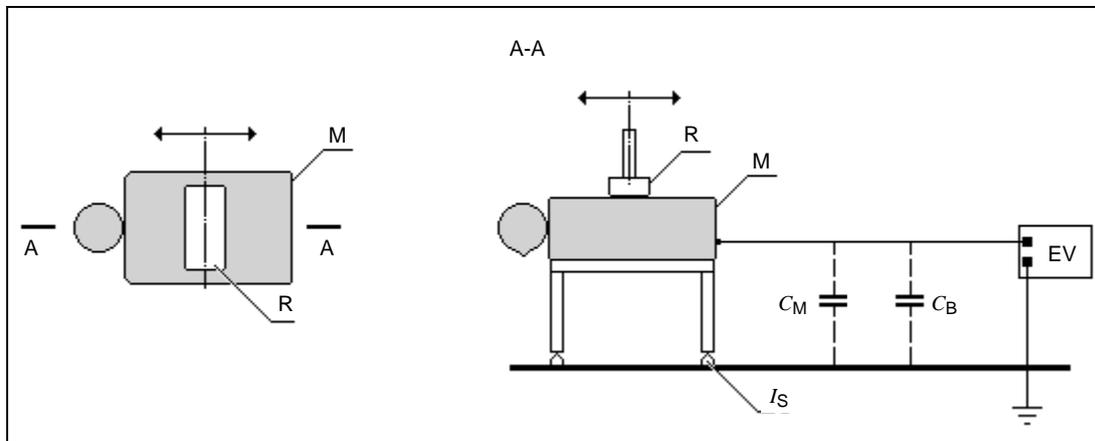
C.3 Tribocharging testing by rubbing the outer surface of the clothing material

C.3.1 General

The human body can become a static charge source due to contact with and rubbing its clothing against the equipment in its surroundings, or the clothing of other people present in the room, as well as after contact with cleaning and dusting devices, etc.

C.3.2 Test stand

The mannequin described in C.2.1.1 (see Figure C.1) shall be put in a horizontal position, on a testing stand for tribocharging. The capacitance of the mannequin C_M shall fall within the range 100 pF – 200 pF. If need be, the capacitance shall be corrected by connecting an appropriate capacitor in series or in parallel. A schematic diagram of the test stand can be seen in Figure C.7.



IEC 1535/13

Key

- M mannequin (dummy)
- R rubbing element
- I_s insulation $> 10^{13} \Omega$
- EV electrostatic voltmeter connected directly through terminal with the mannequin trunk
- C_M mannequin capacitance 100 pF – 200 pF
- C_b capacitance of the measurement device and connections

Figure C.7 – Diagram of the stand for testing mechanical tribocharging on the outer surface of clothing

The rubbing element R, in the shape of a cylinder of the diameter \varnothing (75 ± 5) mm and the length $l = (200 \pm 5)$ mm or a rectangular prism of the dimensions $50 \text{ mm} \pm 200 \text{ mm} (\pm 5 \text{ mm})$ shall be placed on the back surface of the mannequin, M, in such a way that it applies pressure to this surface with the force $(5 \pm 0,5)$ N. The rubbing elements – both the cylinder and the prism – shall be made of polished steel and wood varnished with transparent nitrocellulose or polyurethane lacquer. The construction of rubbing elements should allow them to be draped with flexible materials such as cloths, films, etc.

The cylinder-like element shall be installed in such a way that it can move by rolling. The elements shall move on the back surface of the mannequin in a reciprocating one- or two-direction motion on the path of 430 mm – 450 mm with a frequency of (60 ± 10) friction cycles per minute.

The shape of the rubbing element, which causes the higher charging level, shall be chosen for the practical test. The rectangular element is preferred.

The materials that may come in contact with clothing under regular conditions of use (the material of technological devices, furniture coverings and furnishings, underwear, outer clothing, etc.) shall be used as rubbing materials.

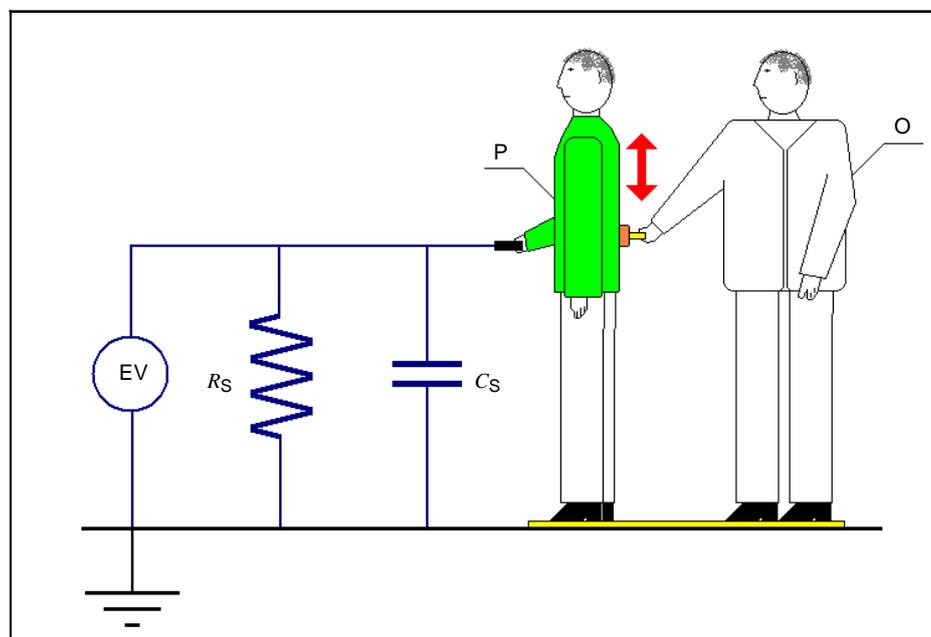
The metal rubbing elements shall be used to generate electrification in two ways:

- at the grounding of a given element;
- at the insulation of an element with a material whose resistance equals at least $10^{14} \Omega$.

Optionally, rubbing of the outer surface of clothing may be performed manually

- on the trunk of mannequin, or
- on the test person,

with application of the same methodology. Diagrams for the tests performed this way are presented on Figure C.8.



IEC 1536/13

Key

P	test person
O	operator
EV	electrostatic voltmeter connected to the person's body via the hand electrode
R_S	resistance of insulation
C_S	capacitance of the system

Figure C.8 – Diagram of the system for measurement of the test person charging level resulting from manual rubbing of its clothing

C.3.3 Test procedure

The clothing samples to be tested shall be conditioned and the tests shall be performed in the environmental conditions in accordance with Clause 4.

Each of the three samples of a given kind of clothing shall undergo ten tests of tribocharging:

- on the mannequin trunk (test person's body) insulated from the ground (insulation resistance $> 10^{13} \Omega$);

- on the mannequin trunk (test person's body) grounded through a resistor $1 \times 10^9 \Omega$ (accurate up to 10 %);
and/or
- on the mannequin trunk (test person's body) grounded through a resistor $1 \times 10^6 \Omega$ (accurate up to 10 %).

The charging trial at the insulated mannequin trunk (test person's body) shall be performed first. Once the charging level at the insulated state does not exceed the highest allowable value, further trials with a given rubbing material are deemed unnecessary.

The charging process shall be continued until the V_M potential of the charge arising on the mannequin (person) reaches the specified maximum level of electrification. The potential measurement shall be performed by means of an electrostatic voltmeter which, if possible, should allow for a continuous record of the measurement results.

C.3.4 Evaluation and presentation of results

The way of calculating and presenting the results shall be identical with C.2.4.1 and take account of all rubbing materials used.

C.4 Test report

The test report shall include the following information:

- a) date of measurements;
- b) description and/or data that allows for an unambiguous identification of the tested product (item of the clothing);
- c) type of the tests performed;
- d) environmental conditions in the period preceding the tests and during the tests; duration of the sample conditioning;
- e) basic parameters of the electrification testing system (if such tests have been performed);
- f) types of rubbing materials used;
- g) type of device used for chargeability measurement and the parameter measured;
- h) measurement results of the charging level of clothing and the mannequin trunk.

Annex D (normative)

Capacitance loading

D.1 Equipment

D.1.1 General

A typical arrangement and relevant dimensions of the test apparatus are shown in Figure D.1. Other equipment fulfilling the basic design and performance requirements may be used. The test aperture for deposition and measurement of deposited charge shall be (50 ± 5) mm diameter or an equivalent quasi-square aperture area. The corona points are mounted on a movable plate in a (10 ± 1) mm diameter circle, (10 ± 1) mm above the centre of the test aperture. The fieldmeter sensing aperture shall be (25 ± 1) mm above the centre of the test area. When the plate with the corona points is moved fully away, the test area shall be clear up to the plane of the fieldmeter sensing aperture.

D.1.2 Containment of test material

With an installed material, the test aperture in the base plate of the instrument shall rest directly on its surface.

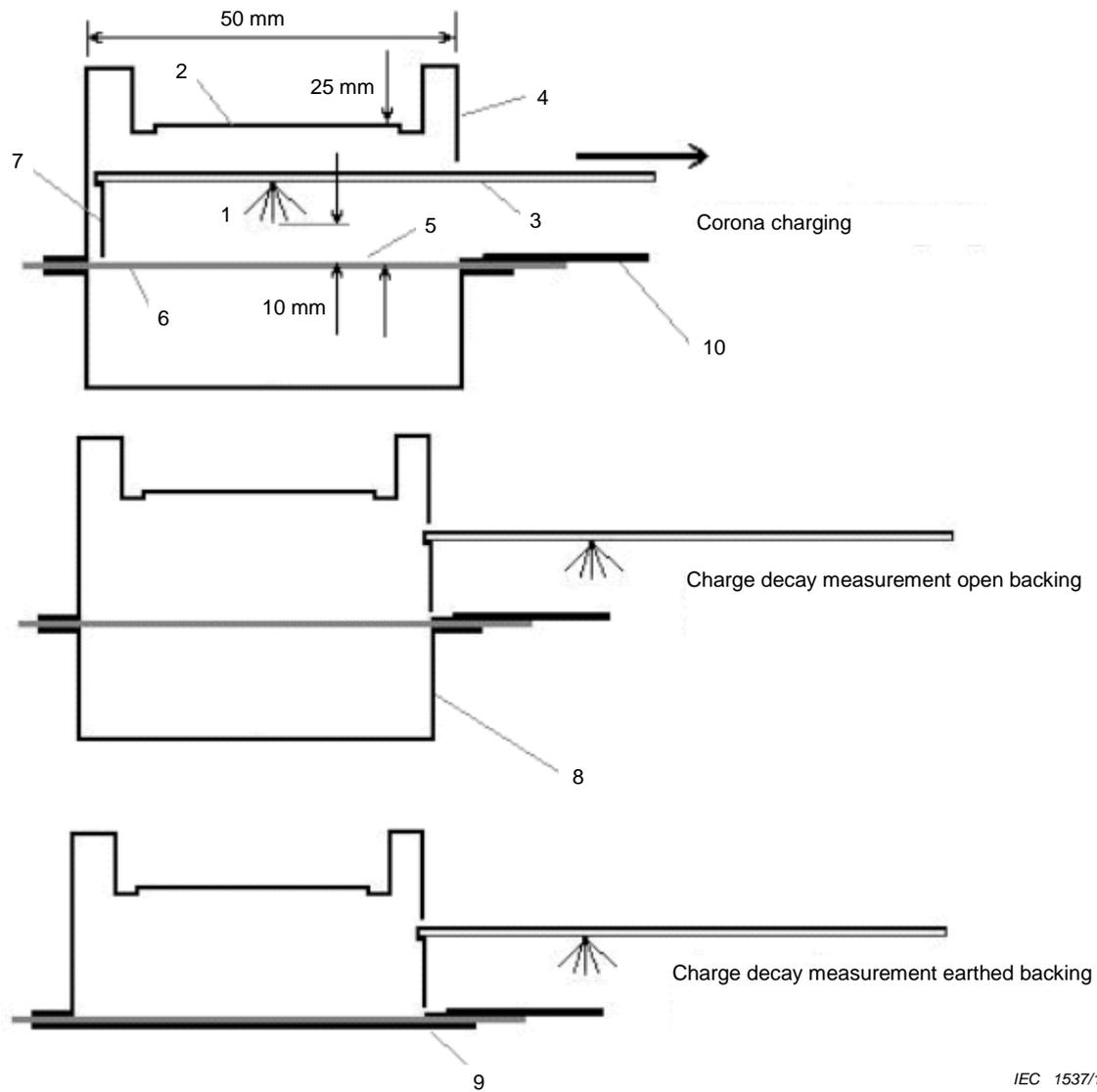
Sheet or flexible materials shall be tested whilst supported against the test aperture with both open backing and earthed backing. These two arrangements (shown in Figure D.1) represent the extreme conditions of practical application. For both arrangements the longer of the two decay times shall be taken for comparison with general acceptance criteria.

In practical terms, open backing measurements represent the condition where materials are well separated from earthed surfaces, for example the bottom edge of a coat or smock hanging away from the body of the wearer. Earthed backing represents the other practical extreme of a material resting in intimate contact with an earthed surface, for example a garment fitted close to the body of the wearer, or a work surface on top of a metal bench. The nature of the material used as an earthed backing surface may affect measurements, so a suitable material shall be used. For example, the insulating nature of anodized aluminium will inhibit vertical charge migration.

For testing material with open backing, the material shall be supported against the base plate of the instrument by an earthed metal aperture aligned with the instrument test aperture and with at least 5 mm width outside the test aperture area. The shield over the reverse side of the test area shall be earthed and at least 25 mm away over the whole test area.

For testing materials against an earthed backing, the material shall be supported against a flat earthed conducting surface and the base plate around the test aperture. The earthed backing surface shall be smooth, flat and free of insulating oxide films.

If charge moves more readily through the bulk test material than across its surface, then placing an earthed metal plate immediately behind the test area may decrease the charge decay time. On the other hand, if charge moves more readily across the surface of the test material, then charge decay time may be increased due to increased capacitive loading.



IEC 1537/13

Key

- 1 10 mm diameter circle of corona points
- 2 fieldmeter sensing aperture
- 3 movable plate with insulating surface mounting corona points and earthed top surface to shield fieldmeter
- 4 earthed casing
- 5 test aperture: (50 ± 5) mm diameter or (50 ± 5) mm \times (50 ± 5) mm area
- 6 specimen under test
- 7 air dam to remove residual corona air ionization
- 8 open shielded backing
- 9 earthed backing
- 10 instrument base plate

Figure D.1 – Example of an arrangement for measurement of corona charge decay and arrangements for ‘open backing’ and ‘earthed backing’

D.1.3 Corona charge deposition

The exact size and distribution of charge deposited on the material is not well defined. The arrangement provides a consistent pattern of deposited charge for decay time and capacitance loading measurement.

The corona charge deposition time shall be (20 ± 10) ms. Longer times may be used if needed to achieve an adequate initial peak surface potential for measurement. Corona deposition times longer than 100 ms will not necessarily provide any enhancement of charging and may create some damage to sensitive surfaces. Samples shall be tested with both positive and negative polarity.

The equipment for charge deposition shall move fully away from the region of fieldmeter observation in less than 30 ms.

NOTE Typical voltages for corona charging are between 3 kV and 10 kV. For corona voltages up to 10 kV, the initial surface potential with insulative materials will be up to about 3 kV. For materials with fast charge decay rates and/or high values of capacitance loading, the initial surface potential may be much lower, e.g only 50 V to 100 V. For low quantities of charge, corona voltages down to about 3 kV may be appropriate.

D.1.4 Fieldmeter

The fieldmeter shall be able of measuring the surface potential with an accuracy of ± 5 V, or better, with a response time (90 % to 10 %) less than 10 ms. The stability of the zero shall allow measurement of surface potential with this accuracy over the longest decay times to be measured.

In measuring capacitance loading with low corona voltages and small quantities of charge, initial surface voltages may be quite low. It is helpful if surface voltage measurements can be made to an accuracy of ± 1 V down to 0 V.

The sensitivity of the fieldmeter shall be set according to the calibration procedure in D.5.1 to show the surface potential as presented by a plane conducting surface over the full area of the test aperture.

A rotating vane 'field mill' type fieldmeter is preferred. Chopper stabilized sensors may be acceptable if the sensitivity, noise levels and zero stability are appropriate. Induction probe instruments are not likely to be suitable, even for fast charge decay measurements, because the influence of even slight residual corona air ionization will cause zero drift and the absence of this would need to be tested.

During corona charge deposition and decay time measurement, the sensing aperture of the fieldmeter shall be well shielded from any connections or surfaces associated with corona high-voltage supplies. There shall be no insulative materials in or around the region of the instrument between the fieldmeter and the test aperture able to contribute signals to fieldmeter observations.

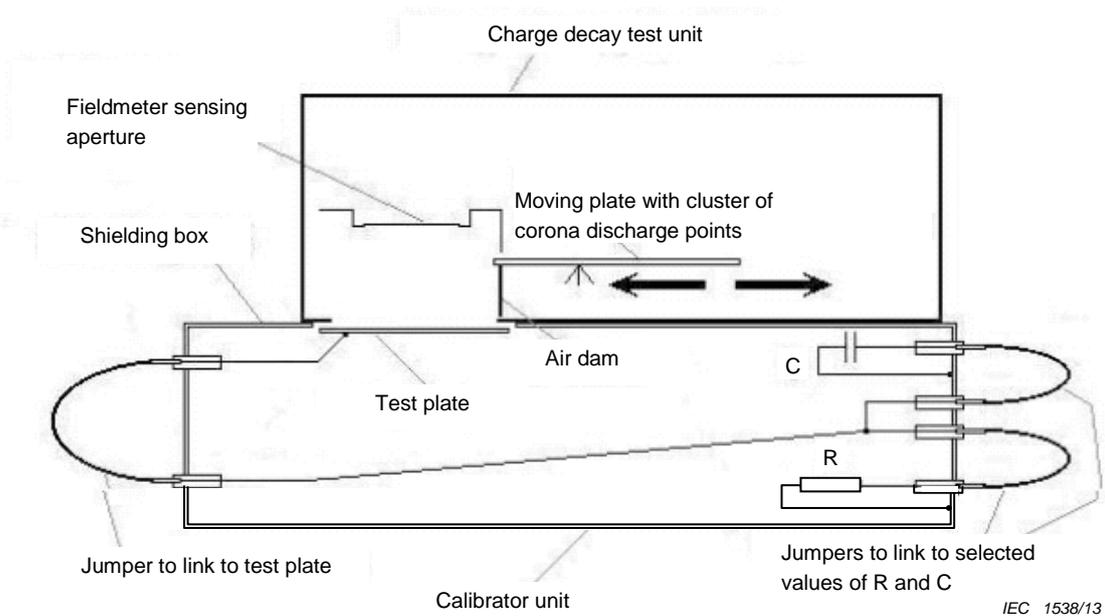
For measurements with materials having initial peak surface potentials less than 200 V, it is necessary to remove residual air ionization created by the corona discharge when the moving plate carrying the corona discharge points is moved away. An air dam on the trailing edge of the moving plate mounting the corona discharge points is a convenient way to remove this air ionization from the region between the fieldmeter sensing aperture and the test surface. Residual ionization shall contribute less than 30 V to measurement of surface potential. This may be tested by measurements on a clean earthed metal test surface.

The value taken of the initial peak surface potential measured by the fieldmeter is affected by the initial rate of charge decay and the time for removal of the plate carrying the corona discharge points. When the time for removal of the plate is comparable to the rate of decay, the time for plate movement will affect the value of the initial peak surface potential and hence the value of capacitance loading calculated.

For the purpose of assessing the suitability of materials by modelling the behaviour observed with tribocharging, it is appropriate to use the voltage measured at (100 ± 10) ms after completion of the charging action to define the initial voltage.

D.1.5 Equipment for charge decay time calibration

Calibration of the charge decay measuring instrumentation shall be made using a plane conducting surface covering the whole test aperture area with a small separation (less than 0,5 mm) below the edge of the test aperture so calibration voltages can be applied. A suitable arrangement is shown in Figure D.2.



Key

- R resistor
- C capacitor

Figure D.2 – Equipment for charge decay time calibration

D.1.6 Equipment for measuring the quantity of charge transferred

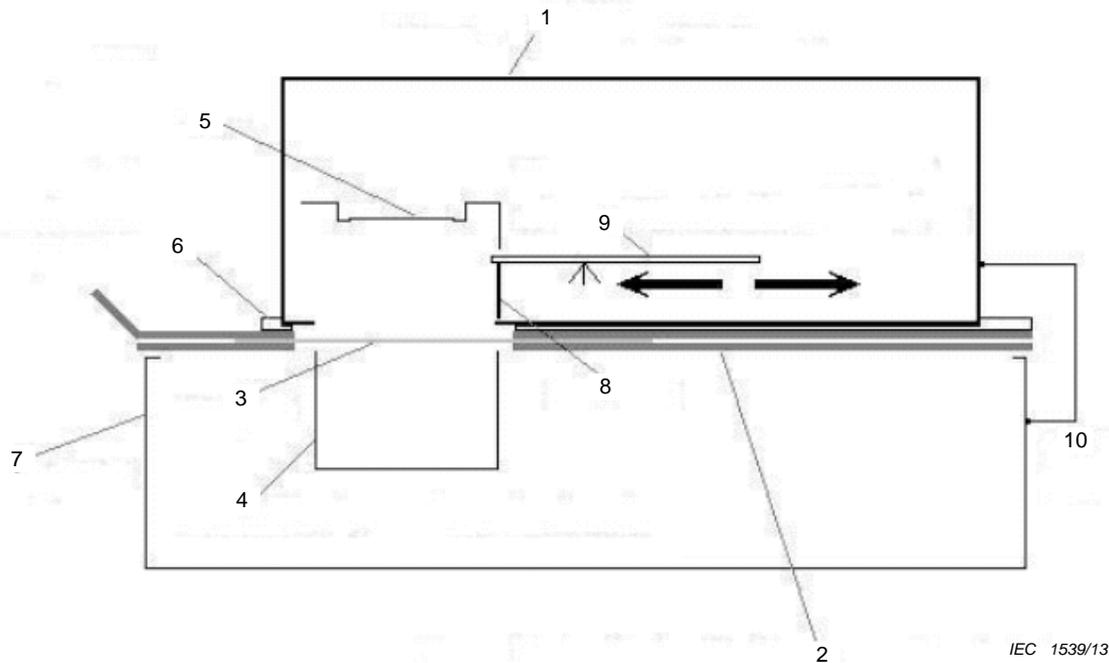
The charge received by a sample surface with corona charging can be measured using a sample support arrangement as illustrated in Figure D.3.

The aperture for the sample in the mounting plates needs to be larger than the test aperture in the base plate of the charge decay test unit to avoid direct corona charge flow to these plates. This may be tested by checking for a negligible conduction charge signal in the absence of a sample. The performance of the surface charge measuring instrumentation shall be assessed according to the calibration procedure in D.5.2. The charge transferred to the test surface is measured in two parts:

- a) as charge directly coupled to the sample mounting plates;
- b) as charge remaining where it is deposited.

NOTE The apparently simple approach of measuring the charge leaving the charge decay test unit will not give correct values for charge. The reason is that if charge is retained on the surface of the test material, and does not move quickly out to the sample mounting plates, it will couple back to the structure of the unit and so not be fully available for measurement.

The conduction charge coupled directly, and within the time of the observations, to the mounting plates is measured by a suitable virtual earth charge measurement circuit. The charge remaining in the area of deposition is sensed by an induction electrode beneath the open-backed sample. If the form of the induction-sensing electrode is similar to the mechanical form of the charge decay apparatus above the test area, then the retained charge will couple about half to the equipment and half to the induction electrode. The induction charge component will then be twice the charge received by the induction electrode. The precise sensitivity of induction charge measurements and overall calibration of the charge measurement unit is determined as specified in D.5.2.



Key

- 1 charge decay test unit
- 2 conduction charge measuring support plates
- 3 sample
- 4 induction sensing electrode
- 5 fieldmeter sensing aperture
- 6 insulation between charge decay test unit and sample mounting plates
- 7 shielding box
- 8 air dam
- 9 moving plate with cluster of corona discharge points
- 10 earth bonding link from charge decay test unit to shielding box and zero volt of charge measurement circuits

Figure D.3 – Arrangement for measuring received charge

D.2 General aspects of measuring procedures

D.2.1 Charge decay time

Charge decay time is the time from an initial voltage created by the charge put on the surface to a selected and a stated end point fraction of this. With tribocharging, there is no influence on items nearby from the charges on the separating surfaces for about 100 ms. This arises from the timescale of body actions and the proximity between the separated charges. While charge decay behaviour with corona charging immediately after completion of the charging action is of technical interest, it is not relevant to the practical performance and risks that can be created. The initial voltage value to be used is, therefore, (100 ± 10) ms after the end of

the charging action. The fraction of the initial voltage for the end point of charge decay time may be $1/e$ or 10 %. These are designated as $t_{1/e}$ and $t_{10\%}$.

The time from the initial voltage to $1/e$ of this should not be considered a ‘time constant’; this would imply that the decay curve followed an exponential form, which is not generally true.

D.2.2 Initial voltage

The form of variation of surface voltage with time after the end of the charging action in general varies little with the quantity of charge transferred. Thus the level of voltage reached at (100 ± 10) ms after the end of the charging action is not directly important. All that is required is that at 10 % of this voltage it is still possible to make good quality determination of the end point of timing.

Care needs to be taken in the measurement of charge decay times on small signals where signal noise may be significant in relation to signal amplitude. Any signal averaging technique needs to take account of the need for a fast response on the fast initial transients of short decay time curves.

D.2.3 Voltage decay curve

It is useful to record the form of the charge decay curve. In many cases, the rate of decay slows up significantly during the progress of decay and appreciable levels of surface charge may be retained for long periods. This effect is also indicated by comparison of the decay times to 10 % with that to $1/e$.

NOTE Records of charge decay curves allow future re-examination of performance.

D.2.4 Timing measurement

Decay times may be measured either directly by electronic circuits or on oscilloscope recordings of observations. To overcome signal-to-noise limitations at low signal levels, some local averaging of measurements may be needed rather than operating simply in terms of maximum and minimum signal values.

D.2.5 Checking consistency of measurements

Where decay times are less than 100 s, it is useful to make a number of repeat measurements at the same location and to make measurements with high and low corona voltages and with both polarities of charging. These measurements demonstrate consistency in material behaviour and variations of performance with quantity of charge.

NOTE It is desirable to make measurements to check if corona is causing any change in sample characteristics, both regarding charge decay time and capacitance loading. Any changes by corona may conveniently be examined by making measurements at the same location initially at low corona charge, then at high corona charge and then again at low charge.

The form of charge decay curves may have some variation with the quantity of charge deposited. It is wise to make tests over a range of quantities of charge comparable to those likely to arise in the practical situation. Tribocharging by rubbing may involve quantities of charge in the range 10 nC to 50 nC. It is hence appropriate to make measurements with quantities of charge from 50 nC downwards.

D.2.6 Overcoming pre-charging

Sample surfaces may become pre-charged by handling when placing ready for testing. It is recommended that when samples are placed in position, the moving plate is back, so the fieldmeter can respond to any charge on the sample surface and show these observations. This initial surface potential on relatively insulating samples can be minimized by careful handling with minimum sliding actions.

Appreciable pre-charging means surface voltages more than 2 % of the expected or measured value of initial peak voltage.

Larger voltages than this may affect the results of decay time measurements down to 10 %. Two main options are available if there is appreciable pre-charge:

- a) wait until the pre-charge has dissipated. This means waiting for the initial surface potential to fall;
- b) make a study on the decay of this pre-charge without adding any corona charge. This means making a measurement with the corona voltage turned off or set for 0 V. It should be noted that the decay of such pre-charge may be rather slower than the decay of the local patch of corona charge. It is none-the-less a useful observation.

It is not recommended that quality measurements are attempted by putting corona charge on to an already well charged surface or material.

It is also not recommended that pre-charge on the material is neutralized by any means other than waiting. Deposition of neutralizing charge may only give the appearance of neutrality by creating close-coupled regions of charge.

D.2.7 Additional artefacts to avoid

There are three other possible artefacts worth noting:

- a) If the air dam on the leading edge of the moving plate touches the sample surface then tribocharging may occur. This may arise when testing light fabrics. The fabric surface should be stretched flat under the test aperture, but it may still rise by induced air movement. This effect may be checked by making measurements with no corona charging. It may be avoided by slightly raising the base plate of the instrument off the sample.
- b) With some materials, a very short (1 ms to 2 ms) transient peak surface potential may be observed before the real charge decay curve. This is usually positive. Occurrence of this transient will upset operation of software timing. This is thought to be due to vertical charge separation between front and back surfaces of the sample at sample flexing.
- c) If static charge is retained on the surface of the moving plate facing the test surface, then charge may be drawn over the sample by the induction electric field. This effect may be minimized by minimizing the non-earthed area on the underside of the moving plate.

D.3 Procedure for measuring capacitance loading

D.3.1 General

Measurements are made on a flat area of material with an earthed edge support. Measurements are made both with open backing, where there are no earthed or charged surfaces behind the test area, and with the whole test area resting against a clean earthed metal surface. These conditions model the two extremes of practical applications. A localized patch of charge is deposited in a short period of time in the middle of the test area. This may be deposited by tribocharging or, more conveniently, by a high voltage corona discharge, as described in Clause D.2. Corona charging is an acceptable and convenient method of charging as studies have shown that the performance of materials matches well that obtained with tribocharging. A number of relevant references are given in the Bibliography.

The surface voltage created by the deposited charge and the rate of decay of this voltage with time are measured without surface contact with open and earthed backing, as described in Clause D.2.

The quantity of charge transferred by the charging action is measured using the equipment described in D.1.5.

D.3.2 Mounting

Mount the test surface into the corona charge decay apparatus as described in Clause D.2.

D.3.3 Pre-test surface voltage

Check that the pre-test surface voltage is adequately low before each test. This should be less than 2 % of the expected or observed initial peak surface voltage achieved at charging.

D.3.4 Measurement of charge decay time

Measure the time for the decay of each surface voltage from that measured at a time $t(i)$ after the end of the charging action to 10 % of this level. A delay time $t(i)$ between the end of charging and the surface voltage taken for the start of decay time measurements of (100 ± 10) ms is generally appropriate. This delay time relates to the time taken in tribocharging actions for surfaces to separate and for the influence of surface charge on nearby items to develop.

It is not necessary to achieve any specific initial surface voltage. The initial voltage only needs to be sufficient for good quality decay time measurement.

Make at least 2 measurements of charge decay time and capacitance loading, using both positive and negative polarity charging at each of the following corona voltages: $(2,7 \pm 0,1)$ kV; $(3,0 \pm 0,1)$ kV; $(4,0 \pm 0,1)$ kV and $(5,0 \pm 0,1)$ kV. Corona durations of (15 ± 5) ms are suitable.

If initial measurements show that capacitance loading values are near unity then it may be acceptable to omit further such measurements. Additional measurements will be needed if measurements show much variation in position over the tests sample.

NOTE With the above range of corona discharge, voltages measurements are made of both surface voltages and associated quantities of charge for both polarities over a range of quantities of charge down to a few nanocoulombs (nC). This covers the conditions that relate to tribocharging situations.

D.3.5 Calculation of capacitance loading

The capacitance loading experienced by charge on the test surface is the ratio of the surface potential achieved per unit of charge for a thin film of a good insulator divided into the surface potential achieved per unit of charge with a similar surface charge distribution on the test material.

The capacitance loading (C_L) experienced by charge on the surface is obtained from measurement of the charge received by the test surface, Q , and the initial surface potential, V , observed. The value is calculated by comparing the observed ratio of initial surface potential per unit of charge to the ratio observed with a very thin layer of good insulator (e.g. cling film) that has a sufficiently short decay time that a low pre-test surface potential can be achieved in a reasonable time. This ratio is equivalent to the ratio of the apparent capacitance value calculated for the test material C to that for a very thin layer of good insulator, C^* . The following formulae shall be used to calculate capacitance loading:

The apparent capacitance of reference material (very thin layer of good insulator) is:

$$C^* = Q_{\text{ref}}/V_{\text{ref}} \quad (\text{D.1})$$

Apparent capacitance of test material:

$$C = Q/V \quad (\text{D.2})$$

Capacitance loading:

$$C_L = C/C^*$$

$$C_L = (Q/V) / (Q_{ref}/V_{ref}) \tag{D.3}$$

where Q_{ref} is the total charge received and V_{ref} is the initial surface potential observed on the reference material, Q is the total charge received by the test material, and V is the initial surface potential observed on the test material.

Once a value has been obtained for the apparent capacitance $C^* = Q_{ref}/V_{ref}$ for the reference material in the particular test arrangement, this may be used as a reference value in subsequent capacitance loading measurements, provided all features of the test arrangement remain the same.

The values of capacitance loading calculated from each measurement of initial voltage at (100 ± 10) ms and the associated quantity of charge are plotted against the quantities of charge involved as illustrated in Figure D.4. The average slopes of variation for positive and negative polarity are extrapolated to zero charge. Extrapolation of capacitance loading values to zero charge has been found the best way to match corona charging to tribocharging performance.

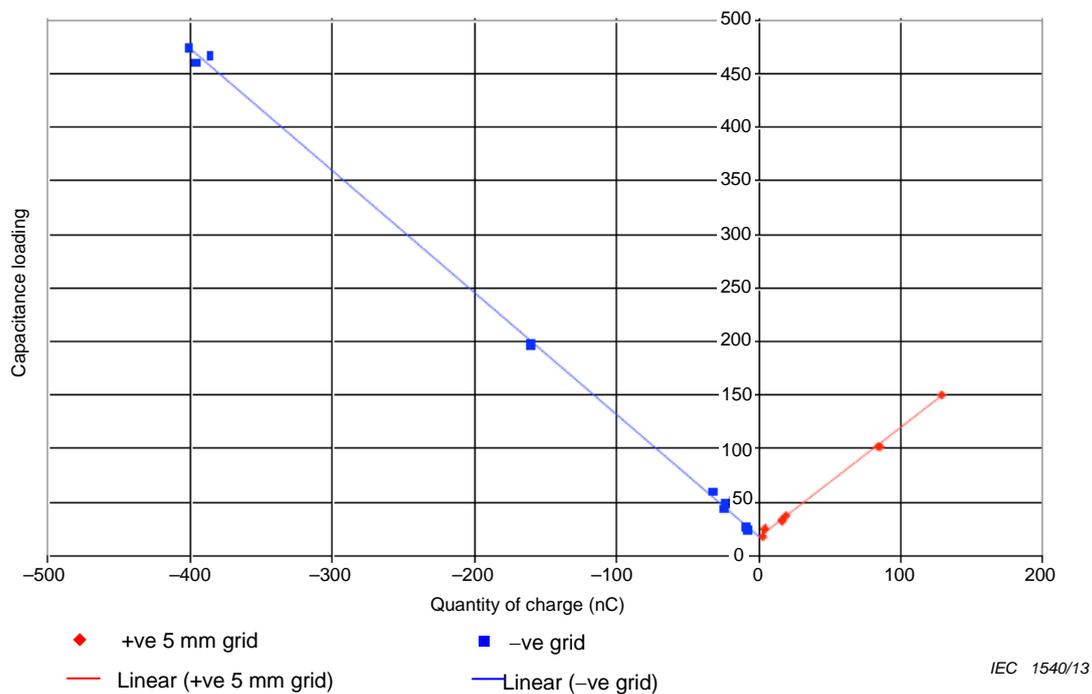


Figure D.4 – Example of variation of capacitance loading with quantity of corona

D.4 Assessment

The assessment of materials is based on the surface voltage measured (100 ± 10) ms after the end of a short period of charging, $t(i)$. Judgements are made from either of the two performance features:

- a) whether the times for the surface voltage to decay from the value observed at $t(i)$ to 10 % of this with open and also with earthed backing is less than a specified time, $t(a)$;
and/or

- b) whether the capacitance loading value extrapolated to zero charge (based on the surface voltage at $t(i)$) is greater than N and also that the time for the surface voltage to fall from the $t(i)$ value to 10 % is less than $t(b)$.

For general applications $t(a)$ shall be $(1,0 \pm 0,1)$ s, N shall be 40 and $t(b)$ shall be (20 ± 1) s.

If the time for charge decay after $t(i)$ is short compared to the time of separation of surfaces, and also if there is a route available for the charge to leak away to earth, then no significant surface voltages can arise.

If it is clear from initial measurements that capacitance loading values are too low for effective control of surface voltages then measurements can concentrate on charge decay time measurements.

If it is only practicable to measure the charge decay time (for example with installed surfaces), then this measurement will be sufficient so long as the decay time is less than the acceptance time $t(a)$, for example $(1,0 \pm 0,1)$ s. The maximum surface voltage V_{\max} (volts) that may arise in practice for a quantity of charge q (nC) can be obtained from the capacitance loading values extrapolated to zero charge as

$$V_{\max} = f q / (CL_q = 0) \quad (D.4)$$

where f is a factor and $CL_q = 0$ is the value of capacitance loading measured with corona charging extrapolated to zero charge. In practice, values for q are likely to be no more than 50 nC and the factor f has a value of around 75.

NOTE Extrapolation of capacitance loading values to zero charge has been found the best way to match corona charging to tribocharging performance.

The maximum voltage values derived as above can be compared to risk threshold voltage levels for practical situations. For example, if the maximum surface voltage permissible is 100 V, then capacitance loading value needs to exceed 40.

In addition to the capacitance loading requirement above, it is necessary that any locally generated charge can drain away to earth. If not, then multiple charging actions will lead to a progressive build-up of surface potential. Assuming that the material has an earth bonding point (for example the body of a person inhabiting a garment is earthed via footwear or a wrist strap), then the time for charge decay to 10 % of the value achieved at $t(i)$ shall be less than (20 ± 1) s with earthed backing. For the case of garments where the area charged may be across a seam from the earth bonding connection, then measurements need to be made both where a seam separates the earthing point and the test area, and when the earthing connection is on the same area of fabric as that directly charged.

D.5 Calibration procedures

D.5.1 Calibration of corona charge decay measuring instrumentation

D.5.1.1 Aspects to be calibrated

Calibration of charge decay measurement instrumentation involves two parts:

- a) calibration of the surface potential sensitivity of the fieldmeter;
- b) calibration of the decay time measurement performance.

NOTE Formal calibration requires the establishment of measurement uncertainty (see ISO/IEC Guide 98-1 [5]).

D.5.1.2 Surface potential sensitivity calibration

The surface potential sensitivity calibration is made in terms of a uniform potential on the conducting surface covering the whole test aperture area. The voltage source shall provide a stable, low ripple voltage of both polarities to at least 1 000 V. The voltage measuring system shall cover the measurement of both polarities and be separate from the voltage source so it may be formally calibrated independently. The accuracy of voltage measurement shall be better than 0,2 %. The stability of the calibration voltage shall be 0,2 %.

D.5.1.3 Decay time calibration

Calibrated resistors and capacitors are connected in parallel between earth and the conducting calibration plate over the test aperture. The resistors and capacitors shall be of good quality, with linear characteristics with voltage and be capable of withstanding voltages up to 3 kV.

Decay time values, in seconds, are derived from the product of the values of the resistors (ohms) and capacitance (farads). Decay time values shall be provided for each decade of time over the main operating range of the instrument. To cover the range of interest of materials used for static control, the decay time values provided should cover the range 100 ms to 100 s.

Formal calibration of the resistors and capacitors shall be made in the equipment as used for calibration of the charge decay instrumentation.

D.5.1.4 Calibration procedure

The charge decay measuring instrument is mounted on the calibration equipment, switched on and allowed to stabilize. Connect the calibration plate to earth and measure the initial zero surface potential reading by the fieldmeter. Apply calibrated voltages to the plate to give readings at well spaced voltage levels from 50 V to 1 000 V. Repeat measurements for the other voltage polarity.

Connect a combination set of resistance and capacitance values from earth to the calibration plate. Operate the charge decay measuring instrument to apply sufficient charge to the calibration plate to achieve an initial peak surface potential suitable for decay time measurement. Initial surface potentials in the range 100 V to 1 000 V are convenient. Measure the time from the initial peak surface potential to $1/e$ of this, using the normal instrument charge decay time measurement facilities. If both electronic and software decay time measurement facilities are available then both shall be used together.

At least 3 decay time measurements shall be made for each charge polarity for each decay time value setting. From each set of 6 readings the average decay time value and the standard deviation shall be calculated.

D.5.2 Calibration of corona charge transfer measuring instrumentation

D.5.2.1 Aspects to be calibrated

Calibration of instrumentation for measurement of the corona charge received by samples involves two parts:

- a) calibration of the charge sensitivity of the induction and conduction charge measurement circuits;
- b) calibration of the interpretation of induction charge observations.

D.5.2.2 Induction and conduction charge measurement sensitivity

A defined quantity of charge is provided by charging a calibrated capacitor to a defined voltage. Charge calibration involves discharging this capacitor directly to the electrodes

involved in conduction and in induction charge measurement. If the charge measurement circuits are virtual earth input circuits, then all the charge on the capacitor is transferred to the charge measurement circuit and the signal output can be compared to the known quantity of charge input.

D.5.2.3 Relative sensitivity of induction charge measurement

The relative sensitivity of induction charge observations is the charge signal measured compared to the quantity of charge placed on the sample surface at the position of charge deposition. This is best determined by making charge decay studies with the charge decay test unit mounted on the charge measuring sample support using a thin test sample that is a fairly homogeneous insulator and has a charge decay time of several seconds. Charge measurement signals will initially be solely an induction charge signal. This will progressively move to become just a conduction charge signal. Since the total charge is constant, the relative sensitivity factor is the factor by which the decaying induction signal needs to be multiplied so that when this is added to the increasing conduction signal, the sum, i.e. the total charge value, is stable over the time of observation.

The precise sensitivity of induction charge measurements is assessed using a thin sample of a simple dissipative material (for example paper, cellophane or cling film), with a decay time of a few seconds. The variations of conduction Q_c and induction signals Q_i are numerically recorded over the initial period of charge decay, for example to the $1/e$ time.

Spreadsheet modelling may then be used to find the numerical factor, f_1 , by which instantaneous induction signals need to be multiplied so that when added to corresponding instantaneous conduction signals, a total signal Q_{tot} is achieved that does not vary over the observation time:

$$Q_{tot} = Q_c + f_1 * Q_i \tag{D.5}$$

The process is illustrated in Figure D.5.

Once a value has been obtained for the factor f_1 , this may be used as a reference value in subsequent charge measurements, so long as all features of the test arrangement remain the same.

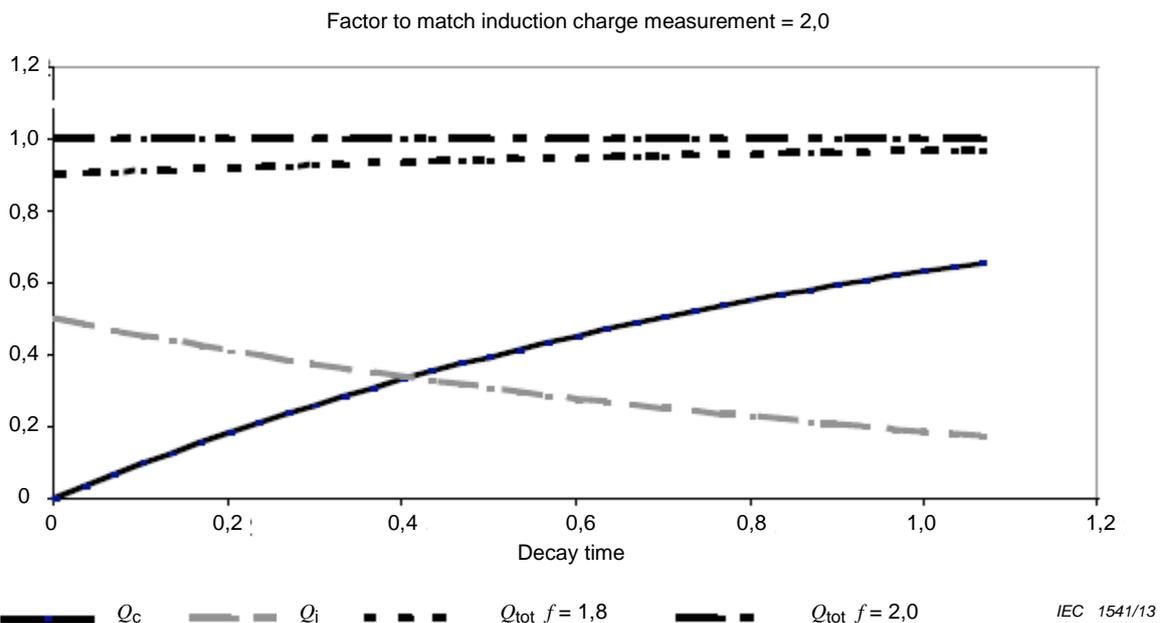


Figure D.5 – Adjustment of factor for matching induction to conduction measurements

Annex E (informative)

Simple tribocharging tests

E.1 Equipment

E.1.1 Charging materials

Charging materials may be in the form of solid objects (e.g. plastic pipes, blocks, balls, etc.) or flexible materials (e.g. plastic sheets, woven or knitted textiles, etc.).

Charging materials that are known to generate high charging on garments without any form of static protection should be selected. As a guide, the charge generated on unprotected garments should be at least double the upper acceptable limit specified for the facility or system.

At least two charging materials should be used: one electropositive material and one electronegative material.

If charging materials are re-used, they should be cleaned regularly to ensure they remain free from contaminants that could affect their chargeability.

E.1.2 Measuring instruments

The most convenient means of determining the level of charge on garments is to measure electrostatic field or surface potential using a fieldmeter or non-contacting voltmeter.

The measuring instrument should be capable of measuring to at least double the upper acceptable limit specified for the facility or system, with an accuracy of $\pm 10\%$ of that limit value. The response time should be of the order of 0,1 s and the zero should be stable over the duration of measurements.

E.2 Procedure

E.2.1 Tribocharging of garments by movement of the wearer

The person wearing the garments under test should make a normal range of movements, e.g. bending, swinging arms, etc., so that tribocharging occurs between different surfaces of the garments being worn. The field or surface voltage should be measured at different locations about the body.

E.2.2 Tribocharging with charging materials

Practice and experience is necessary to determine the best method of tribocharging. Examples include vigorous rubbing in a circular motion; rapid swipes in a single direction; hitting or whipping.

The garment under test should be tribocharged in the selected manner with the first selected charging material and the resulting field or surface voltage should be measured immediately. This procedure should be repeated with the other charging materials at different locations about the body.

The location of tribocharging should take account of the areas of garments that are most likely to become charged, e.g. on the back where it may come into contact with chairs, and with areas that are likely to present the greatest risk, e.g. the lower section of sleeves that come closest to ESD sensitive devices.

Bibliography

- [1] IEC 61340-4-3, *Electrostatics – Part 4-3: Standard test methods for specific applications – Footwear*
- [2] IEC 61340-4-5, *Electrostatics – Part 4-5: Standard test methods for specific applications – Methods for characterizing the electrostatic protection of footwear and flooring in combination with a person*
- [3] EN 1149-1:1996, *Protective clothing – Electrostatic properties – Part 1: Test method for measurement of surface resistivity*
- [4] IEC/TR 61340-3-1, *Electrostatics – Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects – Human body model (HBM) electrostatic discharge test waveforms*
- [5] ISO/IEC Guide 98-1, *Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement*

Additional non-cited references

GOMPF, R., "Standard test method for evaluating triboelectric charge generation and decay" NASA Report MMA-1985-79 Rev 2, July 1988

CHUBB, J.N., "Instrumentation and standards for testing static control materials" IEEE Trans Ind. Appl. vol 26 (6) Nov/Dec 1990 p1182

CHUBB, J.N. and MALINVERNI, P., "Experimental comparison of methods of charge decay measurements for a variety of materials" EOS/ESD Symposium 1992 p5A.5.1

CHUBB, J.N., "Dependence of charge decay characteristics on charging parameters" 'Electrostatics 1995', York April 3-5, 1995 Inst Phys Confr Series 143 p103

CHUBB, J.N., "Corona charging of practical materials for charge decay measurements" J. Electrostatics 37 1996 p53

CHUBB, J.N., "The assessment of materials by tribo and corona charging and charge decay measurements" 'Electrostatics 1999' Univ Cambridge, March 1999 Inst Phys Int Conference

GOMPF, R., HOLDSTOCK, P., CHUBB, J.N. "Electrostatic test methods compared" EOS/ESD Symposium, Sept 26-30 1999

CHUBB, J.N., "Measurement of tribo and corona charging features of materials for assessment of risks from static electricity" IEEE Trans Ind. Appl. 36 (6) Nov/Dec 2000 p1515

CHUBB, J.N., "New approaches for electrostatic testing of materials" J. Electrostatics 54 March 2002 p233 (Proceedings ESA2000 Annual meeting, Brock University, Niagara Falls, June 18-21, 2000)

CHUBB, John, "An Introduction to Electrostatic Measurements", Nova Science Publishers, Inc., New York, 2010

CHUBB, J.N., HOLDSTOCK, P., DYER, M., "Can cleanroom garments create electrostatic risks?" 'Cleanroom Technology' 8 (3) March 2002 p38

CHUBB, J.N., HOLDSTOCK, P., DYER, M., "Can surface voltages on inhabited garments be predicted" Inst Phys 'Electrostatics 2003' Conference, Heriot-Watt Univ 23-27 March 2003

CHUBB, J.N. HOLDSTOCK, P., DYER, M., "Predicting maximum surface voltages on inhabited cleanroom garments in practical use" ESTECH Phoenix 18-21 May 2003

HOLDSTOCK, P., DYER, M.J.D. CHUBB, J.N., "*Test procedure for predicting surface voltages on inhabited garments*" EOS/ESD Symposium 2003. Las Vegas. 21-25 Sept 2003

KOWALSKI J.M., WRÓBLEWSKA M., "*Premises for Practical Evaluation of the Anti-electrostatic properties of Protective Garments*", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*; Jan./Dec.2006, v.14, No.5 (59), p. 23-28

PAASI, Jaakko, KALLIOHAKA, Tapio, LUOMA, Tuija, SOININEN, Mervi, SALMELA, Hannu, NURMI, Salme, COLETTI, Gianfranco, GUASTAVINO, Francesco, FAST, Lars, NILSSON, Anders, LEMAIRE, Philippe, LAPERRE, Jan, VOGEL, Christian, HAASE, Jürgen, PELTONIEMI, Terttu, VIHARIÄKOSKI, Toni, REINA, Giuseppe, SMALLWOOD, Jeremy, BÖRJESSON, Arne, "*Evaluation of existing test methods for ESD garments*" VTT research report BTUO45-041224, Tampere 2004

PAASI, Jaakko, FAST, Lars, LEMAIRE, Philippe, VOGEL, Christian, VIHARIÄKOSKI, Toni, REINA, Giuseppe, CHUBB, John, HOLDSTOCK, Paul, HEIKKILÄ, Pirjo, "*ESTAT-Garments Interlaboratory Tests*", VTT Research report BTUO45-051337, Tampere, 2005

PAASI, Jaakko, FAST, Lars, LEMAIRE, Philippe, VOGEL, Christian, COLETTI, Gianfranco, PELTONIEMI, Terttu, REINA, Giuseppe, SMALLWOOD, Jeremy, BÖRJESSON, Arne, "*Recommendations for the use and test of ESD protective garments in electronics industry*", VTT Research report BTUO45-051338, Tampere, 2005

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	54
INTRODUCTION.....	56
1 Domaine d'application	57
2 Références normatives.....	57
3 Termes et définitions	58
4 Atmosphère pour le conditionnement et les essais	59
5 Préparation des échantillons et des matériaux d'essai.....	59
5.1 Echantillons.....	59
5.2 Matériaux et équipements d'essai.....	59
6 Méthodes d'essai	60
6.1 Généralités.....	60
6.2 Résistance et résistivité	60
6.2.1 Choix de la méthode d'essai appropriée de mesure de résistance	60
6.2.2 Conversion en valeurs de résistivité	61
6.3 Temps de décroissance de la charge	61
6.3.1 Choix de la méthode d'essai appropriée du temps de décroissance de la charge	61
6.3.2 Méthode de charge par effet couronne	62
6.3.3 Méthode de charge par induction.....	62
6.3.4 Décroissance de la charge par conduction à travers un vêtement vers un corps humain	62
6.3.5 Suppression du potentiel de surface de vêtements isolés	63
6.4 Mesure des décharges électrostatiques.....	63
6.5 Suppression de champ	63
6.6 Essais de tribochargement	64
6.6.1 Généralités.....	64
6.6.2 Tribochargement par retrait des vêtements.....	64
6.6.3 Tribochargement de la surface externe des vêtements	64
6.6.4 Tribochargement utilisant des sièges.....	65
6.7 Essais d'adhérence	65
6.8 Propension à la charge.....	65
Annexe A (normative) Tribochargement par retrait des vêtements	66
Annexe B (normative) Tribochargement utilisant des sièges	70
Annexe C (normative) Essai d'aptitude à la charge	75
Annexe D (normative) Propension à la charge	87
Annexe E (informative) Essais de tribochargement simple	100
Bibliographie.....	101
Figure A.1 – Equipement d'essai pour mesurer la tension et la charge du corps sur des vêtements retirés	67
Figure B.1 – Exemple de montage d'équipement d'essai pour mesurer la tension d'un corps qui se lève d'un siège.....	72
Figure B.2 – Enregistrements de tensions de corps typiques	74
Figure C.1 – Schéma du banc d'essai avec un mannequin.....	76
Figure C.2 – Système de mesure avec mannequin et cage de Faraday.....	77

Figure C.3 – Système de mesure avec mannequin et grille	77
Figure C.4 – Grille utilisée pour la mesure du niveau de charge de vêtements	78
Figure C.5 – Système de mesure avec une personne en essai et grille	79
Figure C.6 – Manières possibles pour retirer des vêtements du tronc d'un mannequin ou d'une personne en essai	82
Figure C.7 – Schéma du banc d'essai de tribochargement mécanique de la surface externe de vêtements	84
Figure C.8 – Schéma du système pour la mesure du niveau de charge du corps de la personne en essai résultant du frottement manuel de son vêtement	85
Figure D.1 – Exemple de disposition pour la mesure de la décroissance de la charge par effet couronne et dispositions pour 'support ouvert' et 'support relié à la terre'	88
Figure D.2 – Equipement pour l'étalonnage du temps de décroissance de la charge	90
Figure D.3 – Disposition pour la mesure de la charge reçue	91
Figure D.4 – Exemple de variation de la propension à la charge avec la quantité d'effet couronne	96
Figure D.5 – Ajustement de facteur pour faire correspondre les mesures d'induction aux mesures de conduction	99
Tableau 1 – Applicabilité des méthodes d'essai pour des vêtements et des matériaux de vêtements	60
Tableau 2 – Normes relatives aux méthodes d'essai pour la mesure de la résistance	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 4-2: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Propriétés électrostatiques des vêtements

AVANT-PROPOS

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

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

Le présent document est en cours de publication dans la série de spécifications techniques (conformément à la Partie 1, 3.1.1.1 des directives ISO/CEI) comme "norme prospective d'application provisoire" dans le domaine de la détermination des propriétés électrostatiques des vêtements et des matériaux constituant des vêtements car il est urgent d'avoir des indications sur la façon dont il convient d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin identifié.

Ce document ne doit pas être considéré comme une "Norme internationale". Il est proposé pour une application provisoire, dans le but de pouvoir recueillir des informations et acquérir de l'expérience quant à son utilisation. Il convient d'envoyer les observations relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de cette spécification technique trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

La CEI 61340-4-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 101 de la CEI: Electrostatique.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 101/374/DTS et 101/388/RVC.

Le rapport de vote 101/388/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61340, publiées sous le titre général *Electrostatique*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

- transformée en une Norme internationale,
- 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

Les vêtements portés par la plupart des personnes dans leur vie de tous les jours sont rarement conçus pour dissiper l'électricité statique. Certaines fibres naturelles, telles que le coton et le lin, retiennent suffisamment d'humidité pour présenter un certain degré de conductivité et peuvent dissiper leur charge à une vitesse acceptable. Toutefois, des fibres synthétiques, telles que le polyester ou le polyamide, ou des fibres naturelles dans de basses conditions d'humidité ne peuvent pas dissiper rapidement leur charge. Si une charge électrostatique s'accumule sur un vêtement, elle peut avoir un certain nombre d'effets:

- a) des poussières et des contaminants en suspension dans l'air peuvent être attirés à la surface des vêtements chargés;
- b) des vêtements légers peuvent adhérer au corps de la personne qui les porte;
- c) le champ électrique associé à la charge sur des vêtements peut endommager ou perturber des systèmes ou des composants électroniques sensibles;
- d) des décharges électrostatiques provenant des vêtements peuvent enflammer des matériaux inflammables ou explosifs et peuvent endommager ou perturber des systèmes ou des composants électroniques sensibles;
- e) la charge présente dans des vêtements induit un potentiel sur le corps d'une personne isolée portant ces vêtements et le corps de la personne peut émettre des décharges par étincelles préjudiciables ou dangereuses.

Souvent, certains des effets peuvent être tolérés, mais dans de nombreux cas, ces effets ne sont pas acceptables. Afin de déterminer si l'on est en présence d'un problème potentiel ou non, il est nécessaire de déterminer l'aptitude des vêtements à acquérir une charge ou à produire des décharges électrostatiques, ou capacité des vêtements à dissiper une charge dans une période de temps acceptable. Si des vêtements normaux s'avèrent inacceptables, ils sont remplacés par des vêtements conçus et fabriqués spécifiquement pour empêcher les effets indésirables de l'électricité statique, c'est-à-dire des vêtements antistatiques. Des méthodes d'essai appropriées sont exigées à la fois pour évaluer l'ampleur des problèmes potentiels et pour déterminer l'efficacité des mécanismes de dissipation des charges dans des vêtements antistatiques.

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 4-2: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Propriétés électrostatiques des vêtements

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 61340, qui est une spécification technique, décrit les méthodes et les procédures d'essai qui peuvent être utilisées pour évaluer l'aptitude à acquérir et à perdre des charges électrostatiques, les propriétés de suppression de champ et les propriétés de dissipation de charge des vêtements et des matériaux à partir desquels des vêtements sont fabriqués.

Les méthodes d'essai décrites permettent d'évaluer des vêtements portés sur ou autour des parties supérieure et inférieure du corps, y compris les chapeaux, à l'exclusion des chaussures, qui sont couvertes dans d'autres parties de la CEI 61340 (voir la CEI 61340-4-3 et la CEI 61340-4-5) [1]¹ et à l'exclusion des gants et des doigts.

Les méthodes d'essai décrites peuvent ne pas convenir pour évaluer les vêtements et les matériaux de vêtements liés la sécurité des personnes.

2 Références normatives

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

CEI/TR 61340-1:2012, *Electrostatique – Partie 1: Phénomènes électrostatiques – Principes et mesures*

CEI 61340-2-1:2002, *Electrostatique – Partie 2-1: Méthodes de mesure – Capacité des matériaux et des produits à dissiper des charges électrostatiques*

CEI/TR 61340-2-2, *Electrostatique – Partie 2-2: Méthodes de mesure – Mesure de l'aptitude à la charge*

CEI 61340-2-3:2000, *Electrostatique – Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux planaires solides destinés à éviter les charges électrostatiques*

CEI 61340-4-9, *Electrostatique – Partie 4-9: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Vêtements*

ISO 3175-2, *Textiles – Entretien professionnel, nettoyage à sec et nettoyage à l'eau des étoffes et des vêtements – Partie 2: Mode opératoire pour évaluer la résistance au nettoyage et à la finition lors du traitement au tétrachloroéthylène*

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

ISO 3175-3, *Textiles – Entretien professionnel, nettoyage à sec et nettoyage à l'eau des étoffes et des vêtements – Partie 3: Mode opératoire pour évaluer la résistance au nettoyage et à la finition avec des solvants hydrocarbonés*

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

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

AATCC² Test Method 115, *Electrostatic Clinging of Fabrics: Fabric-to-Metal Test*

BS 7506-1:1995, *Methods for measurement in electrostatics – Part 1: Guide to basic electrostatics*

EN 1149-3:2004, *Vêtements de protection – Propriétés électrostatiques – Partie 3: Méthodes d'essai pour la mesure de l'atténuation de la charge*

EN 1149-5, *Vêtements de protection – Propriétés électrostatiques – Partie 5: Exigences de performance des matériaux et de conception*

NT ELEC 036:2006, *Fabrics and inhomogeneous materials: Measurement of a direct discharge from an ESD protective material, such as an ESD garment/fabric*

NT ELEC 037:2006, *Protective garments: Measurement of the charge decay time of ESD-protective garments*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans la CEI/TR 61340-1:2012, s'appliquent. Des définitions supplémentaires données en références inscrites dans l'Article 2 s'appliquent également lorsqu'elles sont appropriées pour cette norme.

3.1

propension à la charge

mesure du degré auquel un potentiel de surface est supprimé par rapport à un isolant, calculé comme le potentiel de surface obtenu par quantité unitaire de charge pour une couche mince d'un bon isolant divisé par le potentiel de surface obtenu par unité de charge avec une distribution de charge surfacique similaire sur le matériau d'essai

3.2

suppression de champ

affaiblissement du champ électrique statique émanant de sous-vêtements chargés

3.3

charge par induction

génération d'une différence de potentiel sur un matériau d'essai par l'influence d'un champ électrique provenant d'une électrode chargée située à proximité

² American Association of Textile Chemists and Colorists.

4 Atmosphère pour le conditionnement et les essais

Etant donné que les propriétés électrostatiques des matériaux sont influencées par la température et l'humidité relative, il est important, lorsque cela est possible, que les mesures soient effectuées dans des conditions contrôlées.

Sauf si d'autres conditions sont spécifiées, par exemple dans des normes de produit, les conditions spécifiées dans les méthodes d'essai référencées dans cette partie de la CEI 61340 peuvent être utilisées, ou peuvent être ajustées pour convenir à des applications spécifiques. Les conditions les plus appropriées et la période de conditionnement avant que des mesures soient effectuées doivent être choisies en fonction du type de matériau, de l'application prévue et des conditions d'utilisation attendues. Il est recommandé qu'au moins deux ensembles de mesures soient effectués, un à l'humidité relative la plus basse attendue et un à l'humidité relative la plus élevée attendue.

Si le contrôle environnemental n'est pas possible, la température et l'humidité relative au moment de la mesure doivent être enregistrées. Si les conditions pendant les 24 h précédant les mesures sont connues, la gamme de ces conditions doit également être enregistrée.

L'atmosphère pour le conditionnement et les essais doit figurer dans le rapport d'essai pour toutes les mesures faites conformément à cette partie de la CEI 61340.

5 Préparation des échantillons et des matériaux d'essai

5.1 Echantillons

De nouveaux vêtements ont pu être traités avec des finitions topiques pour aider à réduire la charge ou augmenter la dissipation de charge. Même si de telles finitions ne sont pas appliquées volontairement, des résidus de finitions de traitement peuvent être présents et avoir des effets similaires. Des résidus de finitions de traitement et des finitions appliquées volontairement peuvent ne pas être permanents et leurs effets diminueront au cours de l'utilisation et après des nettoyages. Lors de l'évaluation des vêtements et des matériaux des vêtements destinés à une utilisation à long terme, il peut être nécessaire de s'assurer que les finitions provisoires sont retirées par nettoyage avant de procéder aux essais.

Les échantillons peuvent être soumis aux essais avant et après le nettoyage afin d'évaluer les effets des procédures de nettoyage.

Sauf spécification contraire dans des normes de produit ou par accord entre les parties intéressées, le nettoyage pour retirer des finitions provisoires, le cas échéant, doit être effectué conformément à des Normes internationales telles que l'ISO 6330 (lavage domestique), l'ISO 15797 (lavage industriel) ou l'ISO 3175-2 ou l'ISO 3175-3 (nettoyage à sec). Les procédures de nettoyage (y compris le nombre de cycles, la température de lavage, les détergents, etc.) doivent être choisies en fonction du type de matériau, des procédures de nettoyage recommandées par le fabricant, de l'application prévue et des conditions d'utilisation attendues.

Les détails complets sur toutes les procédures de nettoyage utilisées avant les essais doivent être inclus dans des rapports d'essai.

5.2 Matériaux et équipements d'essai

Les matériaux et les équipements d'essai qui entrent en contact avec les échantillons, en particulier pendant les essais de tribochargement, doivent être maintenus propres et doivent être exempts de contaminants qui pourraient influencer des résultats d'essai.

6 Méthodes d'essai

6.1 Généralités

Des méthodes d'essai pour réaliser des mesures appropriées sur des vêtements et des matériaux de vêtements sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Applicabilité des méthodes d'essai pour des vêtements et des matériaux de vêtements

Mesure	Norme/ Spécification technique	Article de la CEI/TS 61340-4- 2 (cette spécification technique)	Applicable pour		
			Vêtements	Matériaux	Vérification de conformité
Résistance	CEI 61340-2-3 CEI 61340-4-9	6.2	Oui	Oui	Oui
Temps de décroissance de la charge	CEI 61340-2-1	6.3.2	Oui	Oui	Oui
	EN 1149-3	6.3.3	Oui	Oui	Oui
	NT ELEC 037	6.3.4	Oui	Oui	Oui
	NT ELEC 037	6.3.5	Oui	Oui	Oui
Taille des décharges électrostatiques	NT ELEC 036	6.4	Non	Oui	Non
Suppression de champ	EN 1149-3	6.5	Oui	Oui	Oui
Charge triboélectrique	CEI/TS 61340-4-2 (cette spécification technique)	6.6.3 Annexe A Article C.2	Oui	Oui	Oui
	CEI/TS 61340-4-2 (cette spécification technique)	6.6.4 Article C.3	Oui	Oui	Oui
	CEI/TS 61340-4-2 (cette spécification technique)	6.6.5 Annexe B	Oui	Oui	Oui
	CEI/TS 61340-4-2 (cette spécification technique)	Annexe E	Oui	Non	Oui
Adhérence	AATCC 115	6.7	Non	Oui	Non
Propension à la charge	CEI/TS 61340-4-2 (cette spécification technique)	6.8 Annexe D	Oui	Oui	Oui
NOTE La vérification de la conformité inclut des contrôles quotidiens et avant l'utilisation. Les méthodes d'essai peuvent devoir être modifiées pour convenir à l'application.					

6.2 Résistance et résistivité

6.2.1 Choix de la méthode d'essai appropriée de mesure de résistance

Les mesures de résistance sur des vêtements et des matériaux de vêtements doivent être effectuées en utilisant les procédures spécifiées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Normes relatives aux méthodes d'essai pour la mesure de la résistance

Echantillons d'essai	Paramètre	Norme
Matériaux de vêtements	Résistance surfacique	CEI 61340-2-3
	Résistance volumique	
	Résistance point à point	
Vêtements	Résistance surfacique	CEI 61340-4-9
	Résistance volumique	
	Résistance point à point	
	Résistance manche à manche	
	Résistance à un point pouvant être relié à la terre	

Si le vêtement en essai est de taille suffisante, trois mesures de la résistance surfacique et/ou de la résistance volumique doivent être effectuées à différents endroits sur un seul échantillon. En variante, une mesure peut être effectuée sur chacun des trois vêtements distincts. La dernière option doit être utilisée pour n'importe quel vêtement trop petit pour accueillir trois emplacements de mesure.

Des mesures utilisant les électrodes spécifiées dans la CEI 61340-2-3 sont impossibles sur des vêtements de taille inférieure à 80 mm dans n'importe quelle direction. Dans de tels cas, les mesures doivent être effectuées sur de plus grands échantillons du matériau constituant le vêtement en essai. Si ce n'est pas possible, de plus petites électrodes peuvent être utilisées à condition qu'elles soient décrites en détails dans le rapport d'essai.

Les mesures de résistance volumique sur des vêtements sont généralement faites entre les surfaces intérieure et extérieure. Pour réaliser ceci sur des zones telles que des manches ou des jambes de pantalons, ou sur des éléments tels que des gants, il est nécessaire d'insérer l'électrode inférieure (la sonde 2 dans la CEI 61340-2-3) à l'intérieur du vêtement. Si, comme dans l'exemple des gants, l'électrode inférieure est trop grande pour entrer dans le vêtement, le vêtement doit être découpé, ou des électrodes plus petites doivent être utilisées à condition qu'elles soient décrites en détail dans le rapport d'essai.

6.2.2 Conversion en valeurs de résistivité

Si nécessaire, les valeurs de résistance surfacique et de résistance volumique doivent être converties en résistivité surfacique et en résistivité volumique, respectivement, en utilisant les formules spécifiées à l'Article 9 de la CEI 61340-2-3:2000.

NOTE 1 Il est courant, pour la résistivité surfacique des matériaux textiles, d'utiliser une formule de calcul différente de celle spécifiée en 9.1 de la CEI 61340-2-3:2000. Un exemple type est l'EN 1149-1:1996 [3]. La différence des valeurs calculées par les deux formules est 3,3 % de la plus petite valeur pour les électrodes spécifiées dans la CEI 61340-2-3:2000.

NOTE 2 Les valeurs de résistivité peuvent seulement être définies si le matériau des vêtements est électriquement homogène, c'est-à-dire le matériau dans lequel tous les composants constitutifs ont des propriétés électriques similaires, ou dans lequel les composants de propriétés électriques différentes sont mélangés uniformément pour produire un matériau dont les propriétés électriques sont uniformes au niveau macroscopique.

6.3 Temps de décroissance de la charge

6.3.1 Choix de la méthode d'essai appropriée du temps de décroissance de la charge

Le principe d'un essai de temps de décroissance de la charge est de déposer ou de générer une charge sur ou dans un matériau et d'observer la vitesse à laquelle la charge est dissipée. Les méthodes d'essai varient principalement en fonction de la procédure utilisée pour déposer ou générer la charge. Dans cette partie de la CEI 61340, différentes méthodes sont décrites, chacune avec différents moyens pour charger le matériau d'essai. La charge n'est

pas mesurée directement mais la dissipation de la charge est déterminée par la mesure des paramètres associés. Dans trois des procédures, la vitesse de dissipation de la charge est observée en utilisant un moniteur à plaque chargée (CPM: *charged plate monitor*) pour mesurer le potentiel électrique, et dans les trois autres procédures, un mesureur de champ est utilisé pour observer la variation du champ électrique causée par la dissipation de charge.

La méthode la plus appropriée à utiliser est choisie en considérant la nature du vêtement en essai, la manière dont il peut se charger en utilisation et la manière de dissipation de la charge exigée. Certaines des méthodes décrites conviennent généralement à une gamme d'applications différentes, tandis que d'autres conviennent à des applications plus spécifiques. Par exemple, la méthode de charge par effet couronne peut être utilisée pour évaluer la plupart des types de matériaux de vêtements pour une large gamme d'applications. La méthode de la plaque de métal chargée, comme autre exemple, convient mieux pour évaluer la capacité des matériaux à dissiper la charge de conducteurs qui entrent en contact avec eux, comme la dissipation de charge dans des outils à main par l'intermédiaire de gants.

Les points début et de fin sont spécifiés dans certaines des méthodes d'essai référencées dans cette partie de la CEI 61340. Sauf si d'autres valeurs sont spécifiées, par exemple dans des normes de produit, ces points de début et de fin peuvent être utilisés, ou peuvent être ajustés pour convenir à des applications spécifiques. Le point de début et le point de fin de n'importe quelle mesure de temps de décroissance de la charge effectuée conformément à cette partie de la CEI 61340 doivent figurer dans le rapport d'essai dans un format approprié à la méthode d'essai utilisée.

NOTE 1 Bien que le temps de décroissance de la charge puisse être présenté dans le même format pour différentes méthodes d'essai, les résultats ne peuvent pas être comparés directement en raison des différences dans les procédures d'essai.

NOTE 2 Si plusieurs matériaux ou combinaisons de matériaux sont impliqués dans la décroissance de la charge, plusieurs constantes de temps sont présentes. C'est la raison principale pour laquelle différentes méthodes donnent différents résultats, puisque la définition de la valeur du potentiel initial est cruciale.

6.3.2 Méthode de charge par effet couronne

La capacité d'un vêtement ou d'un matériau de vêtement à dissiper la charge déposée ou générée sur sa surface peut être évaluée en utilisant la méthode décrite en 4.3 et dans l'Article A.1 de la CEI 61340-2-1:2002.

6.3.3 Méthode de charge par induction

La capacité d'un vêtement ou d'un matériau de vêtement à dissiper la charge déposée ou générée sur sa surface peut être évaluée en utilisant la méthode décrite dans l'EN 1149-3:2004, méthode d'essai 2. Cette méthode d'essai utilise une électrode placée près du vêtement ou du matériau en essai. Bien que la charge ne soit pas appliquée directement, le mouvement de la charge à l'intérieur de l'échantillon d'essai induite par le champ provenant de l'électrode chargée est lié à la capacité de l'échantillon à dissiper la charge. Les normes de la série EN 1149 ont été développées pour évaluer les vêtements de protection individuelle à utiliser dans les environnements explosifs dangereux. Les exigences de performance spécifiées dans l'EN 1149-5 doivent être utilisées pour évaluer les vêtements et les matériaux de vêtements destinés à de telles applications. Pour les autres applications, la méthode d'essai peut être utilisée, mais l'applicabilité des exigences de performance associées doit faire l'objet d'une attention particulière.

6.3.4 Décroissance de la charge par conduction à travers un vêtement vers un corps humain

La capacité de toutes les parties d'un vêtement à dissiper la charge vers la terre par l'intermédiaire du corps de la personne qui le porte peut être évaluée en utilisant la méthode décrite dans la norme NT ELEC 037. Les paramètres d'essai spécifiés dans la norme NT ELEC 037 sont applicables aux vêtements destinés à être utilisés dans des zones protégées contre les décharges électrostatiques (EPA: *electrostatic discharge protected area*). Si les procédures d'essai sont utilisées pour évaluer des vêtements destinés à d'autres applications, l'adaptation des paramètres d'essai à l'application spécifique doit faire l'objet d'une attention

particulière. Les paramètres d'essai peuvent être ajustés pour correspondre à des applications spécifiques.

La procédure d'essai décrite dans la norme NT ELECT 037 est fondée sur la charge appliquée par l'intermédiaire d'une pince conductrice en contact direct avec le vêtement en essai. La pince conductrice peut ne pas réaliser un bon contact électrique avec les éléments conducteurs ou dissipatifs intégrés dans certains matériaux de vêtements. Dans de tels cas, la méthode de charge par effet couronne décrite en 6.3.2, ou la méthode de charge par induction décrite en 6.3.3 peut être utilisée pour évaluer la capacité du vêtement à dissiper la charge.

6.3.5 Suppression du potentiel de surface de vêtements isolés

La méthode d'essai décrite en 6.3.5 peut être utilisée pour évaluer des vêtements portés avec au moins une partie des vêtements réalisant un bon contact électrique avec la peau de la personne qui les porte, directement ou par l'intermédiaire de sous-vêtements conducteurs ou dissipatifs. La procédure d'essai décrite dans l'annexe de la norme NT ELECT 037:2006 peut être utilisée pour évaluer la capacité d'un vêtement à supprimer le potentiel de surface lorsque la charge est distribuée sur le vêtement et forme une capacité avec le corps de la personne qui le porte relié à la terre. Cette procédure d'essai est utile pour l'évaluation de vêtements qui sont portés par-dessus d'autres vêtements qui empêchent un bon contact électrique avec le corps de la personne.

6.4 Mesure des décharges électrostatiques

Le plus grand risque des vêtements chargés est peut-être la possibilité d'une décharge électrostatique (ESD) depuis le matériau de vêtement même, en particulier quand des vêtements sont suspendus ou retirés du corps de la personne qui les porte. Des décharges peuvent endommager ou perturber les composants ou les systèmes électriques ou électroniques sensibles et peuvent enflammer des matériaux inflammables ou explosifs. Une façon d'évaluer le risque de décharge électrostatique depuis des matériaux de vêtements chargés consiste à générer, capturer et mesurer directement les décharges électrostatiques.

La méthode d'essai décrite dans la norme NT ELECT 036 peut être utilisée pour mesurer une décharge électrostatique directe provenant de vêtements et de matériaux de vêtements. Une procédure est décrite pour soumettre des matériaux de vêtements aux essais. Des vêtements complets peuvent être soumis aux essais en utilisant la même procédure de base, à l'aide d'un support de vêtement approprié. En variante, des mesures peuvent être effectuées sur des vêtements lorsqu'ils sont portés.

Les critères d'acceptation et de rejet spécifiés en 6.9 de la norme NT ELECT 036:2006 s'appliquent uniquement à des vêtements destinés à être utilisés dans une zone protégée contre les décharges électrostatiques dans laquelle sont traités des composants ou des systèmes susceptibles d'être endommagés par des décharges électrostatiques de valeur supérieure ou égale au modèle du corps humain de 100 V. Pour les autres applications, les critères d'acceptation et de rejet doivent être réévalués pour s'assurer qu'ils sont valides pour les applications en question.

NOTE Le paragraphe 6.9 de la norme NT ELECT 036:2006 indique que le courant de crête maximal mesuré doit être inférieur à 300 mA. Pour l'équivalence du modèle de corps humain de 100 V, la limite correcte est 67 mA. L'équivalence par rapport au courant de crête n'implique pas nécessairement une équivalence d'autres aspects de la forme d'onde de décharge.

6.5 Suppression de champ

Une propriété des vêtements antistatiques exigée dans certaines applications est la capacité à atténuer le champ électrique net de tous les sous-vêtements chargés. Dans de nombreux cas, bien que les sous-vêtements puissent se charger par frottement contre le corps ou contre d'autres vêtements, le champ net reste proche de zéro parce que les couches de charge de polarité opposée sont équilibrées. Dans d'autres cas, en raison d'une charge asymétrique ou

d'une dissipation partielle de la charge depuis une couche, une charge nette peut être présente sur des sous-vêtements et donc un champ électrique net apparaîtra.

La méthode d'essai 2 décrite dans l'EN 1149-3:2004 peut être utilisée pour évaluer les propriétés de suppression de champ de vêtements et de matériaux de vêtements.

NOTE La méthode d'essai 2 de l'EN 1149-3:2004 porte uniquement sur la suppression du champ électrique associé à une charge électrique statique. Elle ne porte pas sur d'autres phénomènes électromagnétiques, comme les interférences électromagnétiques causées par ESD.

6.6 Essais de tribochargement

6.6.1 Généralités

Le tribochargement est un moyen utile pour générer une charge sur la surface de vêtements et de matériaux de vêtements qui sert de précurseur aux mesures de temps de décroissance de la charge. Il est également utile, comme méthode d'essai, d'évaluer l'aptitude des vêtements et des matériaux de vêtements à acquérir une charge lorsqu'ils sont en contact et en frottement avec d'autres matériaux. Même si les matériaux ont des propriétés de charge lente, ils peuvent quand même contenir une certaine charge pendant une durée significative, qui peut être mesurée en utilisant une ou plusieurs des méthodes décrites en 6.6.2 à 6.6.4.

Dans de nombreuses applications, des contrôles quotidiens sont faits sur des éléments antistatiques pour assurer un fonctionnement correct avant leur utilisation. Pour des éléments qui constituent un chemin conducteur vers la terre, de simples mesures de résistance peuvent être effectuées. Des exemples incluent les stations de contrôle de chaussures ou de bracelets de conduction dissipative qu'il est nécessaire d'utiliser avant d'entrer dans des zones dans lesquelles les décharges électrostatiques sont contrôlées. Des contrôles similaires peuvent être effectués sur des vêtements qui font partie du système de mise à la terre des personnes. Toutefois, dans certaines applications les vêtements ne font pas partie du système de mise à la terre et il n'est pas nécessaire de les relier à la terre, mais il est toutefois nécessaire qu'ils soient de faible charge. Un simple essai de tribochargement peut être utilisé comme contrôle quotidien pour ce type de vêtement.

L'Annexe E décrit des essais de tribochargement simples qui peuvent être utilisés pour les contrôles quotidiens sur des vêtements. Ces essais simples sont peu susceptibles de convenir à des essais de qualification, mais ils peuvent constituer un moyen pour filtrer les vêtements qui présentent des niveaux de charge élevés.

Si les essais décrits à l'Annexe E sont utilisés comme contrôle de filtrage avant l'utilisation, les essais doivent être effectués dans une zone sûre où la génération d'électricité statique ne présente pas de risque pour le personnel, les composants, ni les systèmes.

6.6.2 Tribochargement par retrait des vêtements

L'aptitude des vêtements et des ensembles de vêtements complets à acquérir une charge lors de contacts et de frottements avec d'autres matériaux peut être évaluée en utilisant la méthode décrite à l'Annexe A ou à l'Article C.2.

Bien que le retrait des vêtements soit généralement interdit dans les zones protégées contre les décharges électrostatiques et les zones présentant des dangers d'explosion, les méthodes d'essai décrites à l'Annexe A et à l'Article C.2 fournissent une procédure relativement simple mais contrôlée relative au tribochargement de vêtements complets et d'ensembles de vêtements.

6.6.3 Tribochargement de la surface externe des vêtements

L'aptitude des vêtements et des ensembles de vêtements complets à acquérir une charge lors de contacts et de frottements avec d'autres matériaux peut être évaluée en utilisant la méthode décrite à l'Article C.3.

6.6.4 Tribochargement utilisant des sièges

L'aptitude des vêtements et des ensembles de vêtements complets à acquérir une charge lors de contacts et de frottements avec d'autres matériaux peut être évaluée en utilisant la méthode décrite à l'Annexe B.

La méthode d'essai décrite à l'Annexe B peut être utilisée comme une variante à celle décrite à l'Annexe A pour évaluer le tribochargement en général. Elle peut également être utilisée pour évaluer le tribochargement dans des applications spécifiques qui impliquent des personnels et des sièges (par exemple des sièges de voiture, des sièges de chariots élévateurs, des sièges de postes de travail, etc.).

6.7 Essais d'adhérence

L'aptitude des matériaux de vêtements légers à acquérir une charge par tribochargement et la capacité des matériaux à perdre la charge par fuite en surface peuvent être évaluées en utilisant une méthode d'essai d'adhérence telle que celle décrite par la méthode d'essai 115 de l'AATCC.

Le principe de l'essai d'adhérence est de suspendre un spécimen d'essai chargé au bord supérieur d'une plaque métallique angulaire reliée à la terre. Si le spécimen d'essai a acquis une charge suffisante après le tribochargement, il adhèrera à la plaque métallique. A mesure que la charge fuit du spécimen d'essai par la plaque métallique reliée à la terre, il vient un moment où la charge est insuffisante pour que le spécimen d'essai adhère à la plaque et s'y suspendra librement. Une mesure de la capacité du matériau d'essai à dissiper la charge peut être obtenue en enregistrant le temps nécessaire pour que le spécimen n'adhère plus.

Les essais d'adhérence peuvent ne pas convenir pour évaluer des matériaux de vêtements lourds car, même s'ils sont fortement chargés, ils peuvent ne pas adhérer en raison d'un poids plus important que la force électrostatique.

6.8 Propension à la charge

Les potentiels apparaissant sur des surfaces quand celles-ci sont en contact ou en frottement avec d'autres surfaces peuvent être évalués en déterminant la propension à la charge. La base de la méthode est la suivante:

- a) La plupart des risques provoqués par une charge électrique statique présente sur des matériaux sont directement liés à la tension de surface locale créée. La tension de surface indique une possibilité de décharge directe dans l'air (pour des tensions supérieures à environ 300 V), une possibilité d'induction de charge sur des dispositifs voisins et une possibilité d'attraction de particules en suspension dans l'air.
- b) Il existe une relation directe entre la tension de surface présente au moment où des surfaces se séparent après des contacts et des frottements et les valeurs de temps de décroissance de la charge et de la propension à la charge affichées par les matériaux. Des tensions de surface seront limitées à de basses valeurs si le temps de décroissance de la tension de surface est très court et/ou si la capacité qui apparaît sur la charge surfacique est très élevée.
- c) Le comportement des matériaux dans des situations pratiques avec tribochargement est bien représenté par des mesures sur des zones d'échantillon du matériau avec charge par effet couronne.

Les procédures de mesure et de calcul pour déterminer la propension à la charge sont décrites à l'Annexe D.

Annexe A (normative)

Tribochargement par retrait des vêtements

A.1 Equipements

A.1.1 Voltmètre électrostatique

Voltmètre électrostatique de résistance d'entrée d'au moins $10^{13} \Omega$ et de capacité d'entrée, y compris les fils de connexion, d'au plus 20 pF.

A.1.2 Dispositif d'enregistrement

Moyen permettant d'enregistrer la tension du corps en fonction du temps par connexion au voltmètre électrostatique. Un enregistreur graphique ou un enregistreur de données connecté à un ordinateur constitue un dispositif d'enregistrement approprié. Le temps de réponse du dispositif d'enregistrement ne doit pas dépasser 1/10 s.

A.1.3 Pot-collecteur de Faraday

Pot-collecteur de Faraday (9.4 de la norme BS 7506-1:1995) de taille appropriée pour accueillir les vêtements en essai et un électromètre ou une combinaison condensateur/voltmètre pour mesurer la charge.

A.1.4 Plaque d'appui métallique

Plaque métallique rigide de taille appropriée pour accueillir confortablement une personne debout avec les deux pieds entièrement sur la plaque.

Un exemple de plaque métallique appropriée est une plaque de dimensions 30 cm × 30 cm, de 2 mm d'épaisseur et de capacité égale à environ 20 pF.

A.1.5 Support isolant

Support isolant pour la plaque d'appui métallique qui garantit que la résistance à la terre depuis la plaque métallique est supérieure à $10^{13} \Omega$.

A.1.6 Vêtements de référence

Vêtements portés sous ou par-dessus les vêtements d'essai et conservés spécifiquement pour les essais de cette partie de la CEI 61340. Les vêtements de référence doivent être nettoyés régulièrement pour s'assurer qu'ils ne comportent pas de contaminants qui pourraient affecter leur aptitude à la charge. Le nettoyage, le séchage et le reconditionnement des vêtements de référence peuvent être nécessaires entre les essais sur différents échantillons de vêtements. Les vêtements de référence doivent couvrir toutes les zones du corps sous les vêtements en essai. Des exemples de vêtements de référence incluent des combinaisons (combinaisons de conducteur de chaudière), des pantalons et des blouses de laboratoire. Des vêtements de référence constitués d'au moins deux matériaux différents doivent être utilisés. Le polyamide, le coton, la laine, l'acrylique et le polyester sont des matériaux de vêtements de référence appropriés.

A.1.7 Ioniseur statique

Moyen approprié pour neutraliser une charge statique résiduelle sur des vêtements d'essai et des vêtements de référence avant l'essai.

A.1.8 Capacimètre (facultatif)

Capacimètre capable de mesurer une capacité dans la gamme de 50 pF à 500 pF.

A.2 Procédure d'essai

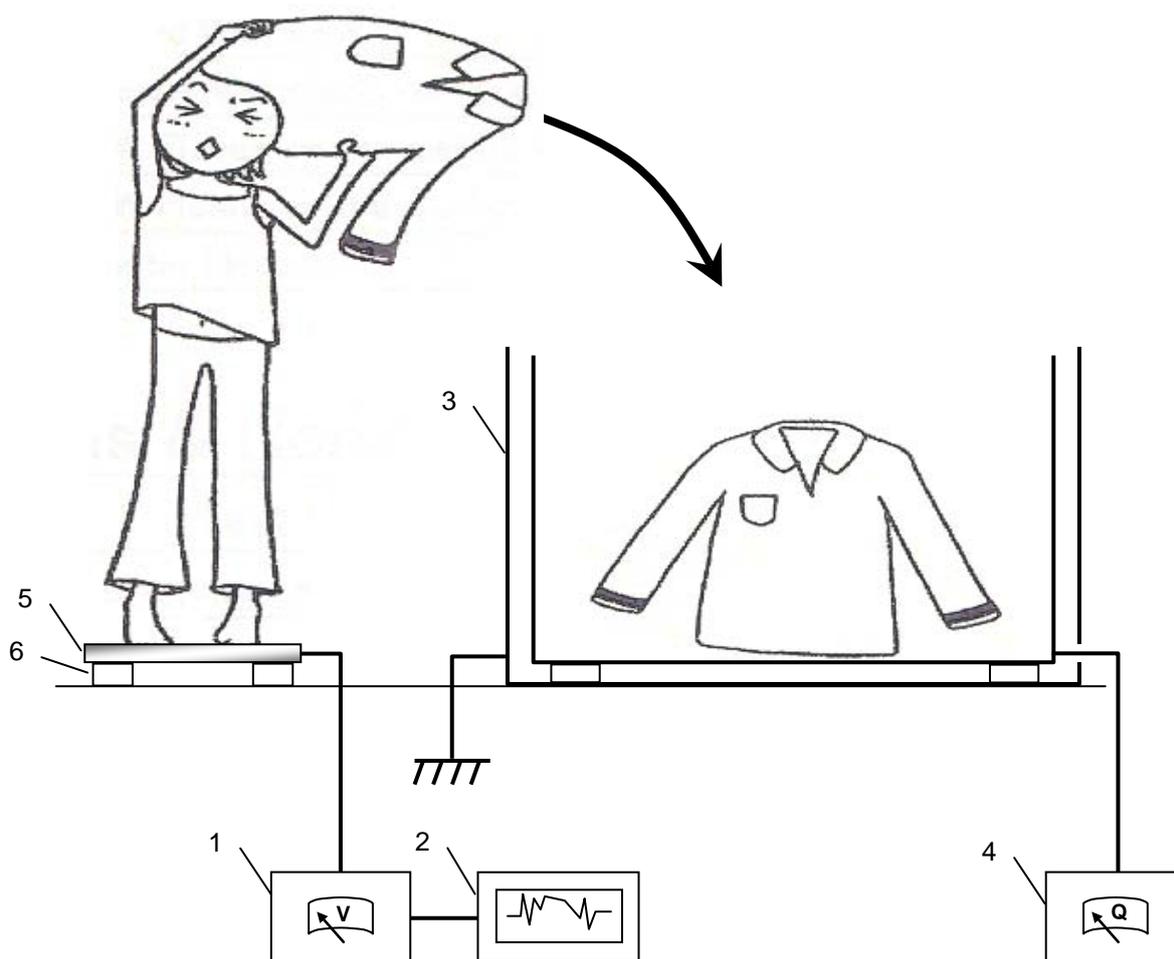
A.2.1 Préparation

Toute charge résiduelle sur des vêtements de référence, des sous-vêtements et des vêtements d'essai doit être neutralisée avant d'effectuer les mesures.

NOTE La description de la procédure d'essai inclut des vêtements de référence et des sous-vêtements, mais des références à ces derniers peuvent être ignorées si elles ne sont pas exigées pour l'essai spécifique.

A.2.2 Essai sur des vêtements externes

La disposition de l'équipement d'essai et la procédure d'essai sont illustrées à la Figure A.1.



Légende

- 1 voltmètre électrostatique
- 2 dispositif d'enregistrement
- 3 pot-collecteur de Faraday
- 4 dispositif de mesure de charge
- 5 plaque d'appui métallique
- 6 support isolant

IEC 1522/13

Figure A.1 – Equipement d'essai pour mesurer la tension et la charge du corps sur des vêtements retirés

Le sujet en essai met les vêtements de référence, puis les vêtements en essai. Une certaine charge peut être générée pendant ces actions. N'importe quelle charge nette doit être neutralisée autant que possible.

Le sujet en essai se tient debout, pieds nus sur la plaque d'appui métallique et est momentanément relié à la terre pour retirer toute charge résiduelle du corps du sujet en essai. Le pot-collecteur de Faraday doit également être momentanément relié à la terre pour retirer toute charge résiduelle.

Le sujet en essai retire le vêtement d'essai et le lâche dans le pot-collecteur de Faraday, en s'assurant que le vêtement ne touche pas l'extérieur du pot.

Les mesures de la tension et de la charge du corps sur le vêtement retiré sont enregistrées et/ou notées.

La procédure d'essai est répétée neuf fois (dix mesures au total), en prenant soin de neutraliser toute charge résiduelle sur les vêtements et le sujet en essai entre chaque mesure.

La procédure d'essai est répétée pour chaque combinaison de vêtements d'essai et de vêtements de référence.

A.2.3 Essai sur des vêtements internes

Le sujet en essai met les vêtements en essai, puis les vêtements de référence. Une certaine charge peut être générée pendant ces actions. Toute charge nette doit être neutralisée autant que possible au moyen d'un ioniseur approprié.

Le sujet en essai se tient debout, pieds nus sur la plaque d'appui métallique et est momentanément relié à la terre pour retirer toute charge résiduelle du corps du sujet en essai. Le pot-collecteur de Faraday doit également être momentanément relié à la terre pour retirer toute charge résiduelle.

Le sujet en essai retire le vêtement de référence et le lâche dans le pot-collecteur de Faraday, en s'assurant que le vêtement ne touche pas l'extérieur du pot.

Les mesures de la tension et de la charge du corps sur le vêtement retiré sont enregistrées et/ou notées.

Le vêtement de référence est retiré du pot-collecteur de Faraday, qui alors est momentanément relié à la terre.

Le sujet en essai retire le vêtement en essai et le lâche dans le pot-collecteur de Faraday, en s'assurant que le vêtement ne touche pas l'extérieur du pot.

Les mesures de la tension et de la charge du corps sur le vêtement retiré sont de nouveau enregistrées et/ou notées.

La procédure d'essai est répétée neuf fois (dix mesures au total), en prenant soin de neutraliser toute charge résiduelle sur les vêtements et le sujet en essai entre chaque mesure.

La procédure d'essai est répétée pour chaque combinaison de vêtements d'essai et de vêtements de référence.

A.2.4 Calcul et expression des résultats

À partir de chaque enregistrement au voltmètre électrostatique, déterminer la tension de crête du corps pour chaque combinaison de vêtements soumis aux essais.

Dans le cadre des essais de référence, il peut être souhaitable de corriger la tension mesurée du corps à l'aide d'informations communes, selon l'application. Si tel est le cas, les corrections doivent être apportées en utilisant la formule suivante:

$$V_c = \frac{V_m \times C}{C_s} \quad (\text{A.1})$$

où

V_c est la tension du corps corrigée;

V_m est la tension du corps mesurée;

C_s est la valeur de la capacité normalisée;

C est la capacité combinée de l'opérateur et du voltmètre électrostatique. C est mesurée à l'aide d'un capacimètre avec l'opérateur debout sur la plaque d'appui.

NOTE La valeur de la capacité normalisée est typiquement la capacité moyenne du corps humain, et on assume qu'elle varie entre 100 pF et 300 pF (voir la CEI/TR 61340-1). Dans des normes sur la protection des dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques, le modèle du corps humain suppose une capacité de 100 pF (voir la CEI 61340-3-1 [4]). Il convient de choisir la valeur de la capacité normalisée pour convenir à l'application pour laquelle les mesures sont effectuées.

Pour chaque combinaison de vêtements soumis aux essais, calculer la moyenne des dix mesures de la tension de crête du corps et la moyenne de la charge sur les vêtements retirés.

A.3 Rapport

Le rapport d'essai doit contenir au moins les informations suivantes:

- a) une référence à cette partie de la CEI 61340;
- b) la date de l'essai;
- c) l'atmosphère pour le conditionnement et les essais
- d) une identification des vêtements d'essai;
- e) une identification des vêtements de référence (le cas échéant);
- f) pour chaque combinaison de vêtements soumis aux essais, la moyenne de la tension de crête du corps et la moyenne de la charge sur les vêtements retirés;
- g) une information indiquant si les tensions du corps consignées sont les valeurs mesurées réelles ou des valeurs corrigées, et dans le dernier cas, la capacité normalisée doit être indiquée;
- h) tout écart par rapport à la procédure d'essai prescrite.

Annexe B (normative)

Tribochargement utilisant des sièges

B.1 Equipements

B.1.1 Voltmètre électrostatique

Voltmètre électrostatique de résistance d'entrée d'au moins $10^{13} \Omega$ et de capacité d'entrée, y compris les fils de connexion, d'au plus 20 pF.

B.1.2 Dispositif d'enregistrement

Moyen permettant d'enregistrer la tension du corps en fonction du temps par connexion au voltmètre électrostatique. Un enregistreur graphique ou un enregistreur de données connecté à un ordinateur constitue un dispositif d'enregistrement approprié. Le temps de réponse du dispositif d'enregistrement ne doit pas dépasser 1/10 s.

B.1.3 Siège

Pour les essais généraux, n'importe quel siège approprié peut être utilisé. La conception du siège doit être telle que le siège offre une large surface de contact avec une personne assise. Des chaises à armature métallique sont utiles si différents régimes de résistance à la terre sont nécessaires. Pour effectuer des essais sur des vêtements utilisés dans des applications spécifiques impliquant des sièges, un siège représentatif de celui utilisé dans l'application doit être choisi pour les essais.

B.1.4 Couvertures de siège (facultatives)

Des couvertures de sièges sont conservées spécifiquement pour les essais de cette partie de la CEI 61340. Les couvertures de sièges doivent être nettoyées régulièrement pour s'assurer qu'elles ne comportent pas de contaminants qui pourraient affecter leur aptitude à la charge. Le nettoyage, le séchage et le reconditionnement des couvertures de sièges peuvent être nécessaires entre les essais sur différents échantillons de vêtements. Les couvertures de siège doivent recouvrir toute la surface de la base et du dossier du siège. Des couvertures de sièges constituées d'au moins deux matériaux différents doivent être utilisées. Le polyamide, le cuir et le polyester sont des matériaux de couvertures de sièges appropriés.

B.1.5 Châssis ou plateforme de soutien de siège (facultatif)

Pour des essais spécifiques, la géométrie du siège pendant les essais doit être aussi fidèle que possible de la géométrie du siège de l'application finale. Un châssis ou une plateforme peut être nécessaire pour obtenir la géométrie correcte.

La géométrie du siège est un aspect important de la simulation des conditions d'utilisation finale pendant les essais. La zone de contact, la pression et la vitesse et la direction du mouvement approprié sont tous des facteurs importants influençant le tribochargement, et dépendent de la géométrie de siège.

B.1.6 Matériau isolant de siège (facultatif)

Le matériau isolant pour le siège doit avoir une résistance de mise à la terre supérieure à $10^{13} \Omega$. Le matériau isolant peut être en forme de feuille ou de tampons individuels pour chaque pied de siège, ou d'une forme appropriée pour le siège ou le châssis ou la plateforme de support.

B.1.7 Plaque d'appui isolante (facultative)

Plaque d'appui isolante de taille appropriée pour accueillir confortablement une personne debout avec les deux pieds entièrement sur la plaque avec une résistance à la terre supérieure à $10^{13} \Omega$.

B.1.8 Plaque d'appui métallique (facultative)

Plaque métallique rigide de taille appropriée pour accueillir confortablement une personne debout avec les deux pieds entièrement sur la plaque.

B.1.9 Support isolant (facultatif)

Support isolant pour la plaque d'appui métallique qui garantit que la résistance à la terre depuis la plaque de métallique est supérieure à $10^{13} \Omega$.

B.1.10 Résistances (facultatifs)

Résistances discrètes avec une tension assignée égale au moins au double de la tension maximale du corps que l'on prévoit d'enregistrer. Des résistances peuvent être utilisées pour simuler la résistance à la terre présentée par différentes chaussures ou différents revêtements de sol (voir Figure B.1).

Il est recommandé d'utiliser des valeurs de résistance comprises entre $10^6 \Omega$ et $10^{12} \Omega$. Pour des résistances de valeur supérieure à $10^{10} \Omega$, une tension assignée de 10 kV est recommandée.

B.1.11 Neutraliseur statique

Moyen approprié pour neutraliser une charge statique résiduelle sur des sièges et des vêtements d'essai avant l'essai.

B.1.12 Capacimètre (facultatif)

Capacimètre capable de mesurer une capacité dans la gamme de 50 pF à 500 pF.

B.2 Procédure d'essai

B.2.1 Préparation

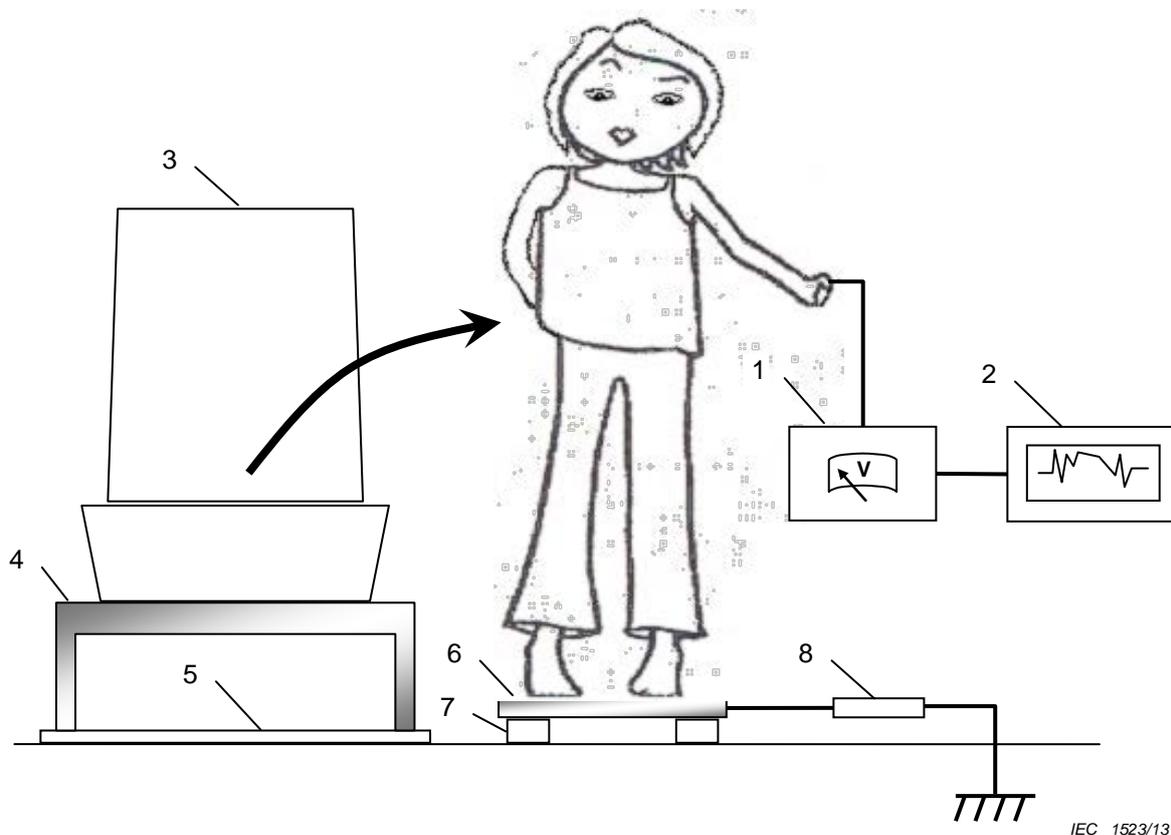
Toute charge résiduelle sur des sièges ou des couvertures de sièges et des vêtements d'essai doit être neutralisée avant d'effectuer les mesures.

Un exemple de dispositif d'essai est représenté à la Figure B.1. Dans cet exemple, le siège est représenté soutenu sur un châssis, isolé de la terre. Si le châssis de support est métallique, la résistance entre le siège et la terre peut varier en connectant le châssis de support à la terre par l'intermédiaire de différentes résistances, ou comme cela est représenté, elle peut être laissée isolée. En variante, le siège ou le siège et le châssis de support, peuvent être placés directement sur un plancher représentatif d'une application finale.

La Figure B.1 représente le sujet en essai debout sur une plaque d'appui métallique reliée à la terre par une résistance. Une disposition alternative consiste à isoler la plaque d'appui métallique de la terre ou à utiliser une plaque de base isolante. Une autre alternative consiste à faire porter au sujet en essai des chaussures isolantes et à le mettre debout directement sur le plancher d'une application finale.

Si une plaque d'appui isolante ou des chaussures isolantes sont utilisées, on doit prendre soin d'éviter qu'une charge soit générée par le mouvement des pieds du sujet en essai.

L'utilisation d'une plaque d'appui métallique avec le sujet en essai portant seulement de minces chaussettes en coton, ou pas de chaussure du tout, réduit au minimum une telle génération de charge.



Légende

- 1 voltmètre électrostatique
- 2 dispositif d'enregistrement
- 3 siège
- 4 châssis de support de siège
- 5 matériaux isolant
- 6 plaque d'appui métallique
- 7 support isolant
- 8 résistance haute tension

Figure B.1 – Exemple de montage d'équipement d'essai pour mesurer la tension d'un corps qui se lève d'un siège

B.2.2 Mesure de la tension du corps

Le sujet en essai est assis sur le siège, prend les fils d'entrée du voltmètre électrostatique et est momentanément relié à la terre pour retirer toute charge résiduelle.

Tout en restant en contact avec le fil d'entrée du voltmètre électrostatique, le sujet en essai se déplace sur le siège (c'est-à-dire frotte son dos et ses fesses contre le siège), puis se lève sur la plaque d'appui.

Parfois, il peut rester une charge significative sur le siège, auquel cas il convient que le sujet en essai se lève suffisamment loin du siège pour réduire au minimum l'influence, par induction, du siège chargé sur la mesure de la tension du corps.

Les mesures de la tension du corps sont enregistrées et/ou notées.

La procédure d'essai est répétée neuf fois (dix mesures au total), en prenant soin de neutraliser toute charge résiduelle sur le siège ou la couverture du siège, les vêtements d'essai et le sujet en essai entre chaque mesure.

La procédure d'essai est répétée pour chaque combinaison de vêtements d'essai et de siège ou de couverture de siège.

B.3 Calcul et expression des résultats

À partir de chaque enregistrement au voltmètre électrostatique, déterminer la tension de crête du corps pour chaque combinaison de vêtements et de siège ou de couverture de siège soumis aux essais.

NOTE 1 Si le sujet en essai garde les deux pieds ensemble en se levant, la tension du corps monte normalement jusqu'à une valeur maximale et reste à cette valeur (en supposant qu'il n'y a aucune fuite entre de la charge à la terre). Toutefois, si le sujet en essai se lève sur une jambe, suivie de l'autre (par exemple en se levant d'un siège de voiture), la tension du corps s'élève jusqu'à une crête transitoire puis se stabilise à une valeur plus basse. Des enregistrements typiques de tension de corps sont représentés à la Figure B.2.

Dans le cadre des essais de référence, il peut être souhaitable de corriger la tension mesurée du corps à l'aide d'informations communes. Si tel est le cas, les corrections doivent être apportées en utilisant la formule suivante:

$$V_c = \frac{V_m \times C}{C_s} \quad (\text{B.1})$$

où

V_c est la tension du corps corrigée;

V_m est la tension du corps mesurée;

C_s est la valeur de la capacité normalisée;

C est la capacité combinée de l'opérateur et du voltmètre électrostatique. C est mesurée à l'aide d'un capacimètre avec l'opérateur debout sur la plaque d'appui.

NOTE 2 La valeur de la capacité normalisée est typiquement la capacité moyenne du corps humain, et on assume qu'elle varie entre 100 pF et 300 pF (voir la CEI/TR 61340-1). Dans des normes sur la protection des dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques, le modèle du corps humain suppose une capacité de 100 pF (voir la CEI 61340-3-1). Il convient de choisir la valeur de la capacité normalisée pour convenir à l'application pour laquelle les mesures sont effectuées.

Pour chaque combinaison de vêtements soumis aux essais, calculer la moyenne des dix mesures de la tension de crête du corps et la moyenne de la charge sur les vêtements retirés.

B.4 Rapport

Le rapport d'essai doit contenir au moins les informations suivantes:

- a) une référence à cette partie de la CEI 61340;
- b) la date de l'essai;
- c) l'atmosphère pour le conditionnement et les essais;
- d) une identification des vêtements d'essai;
- e) une identification des sièges et des couvertures de sièges (le cas échéant);
- f) pour chaque combinaison de vêtements et de siège ou de couverture de siège soumis aux essais, la moyenne de la tension de crête du corps;

- g) une information indiquant si les tensions du corps consignées sont les valeurs mesurées réelles ou des valeurs corrigées, et dans le dernier cas, la capacité normalisée doit être indiquée;
- h) tout écart par rapport à la procédure d'essai prescrite.

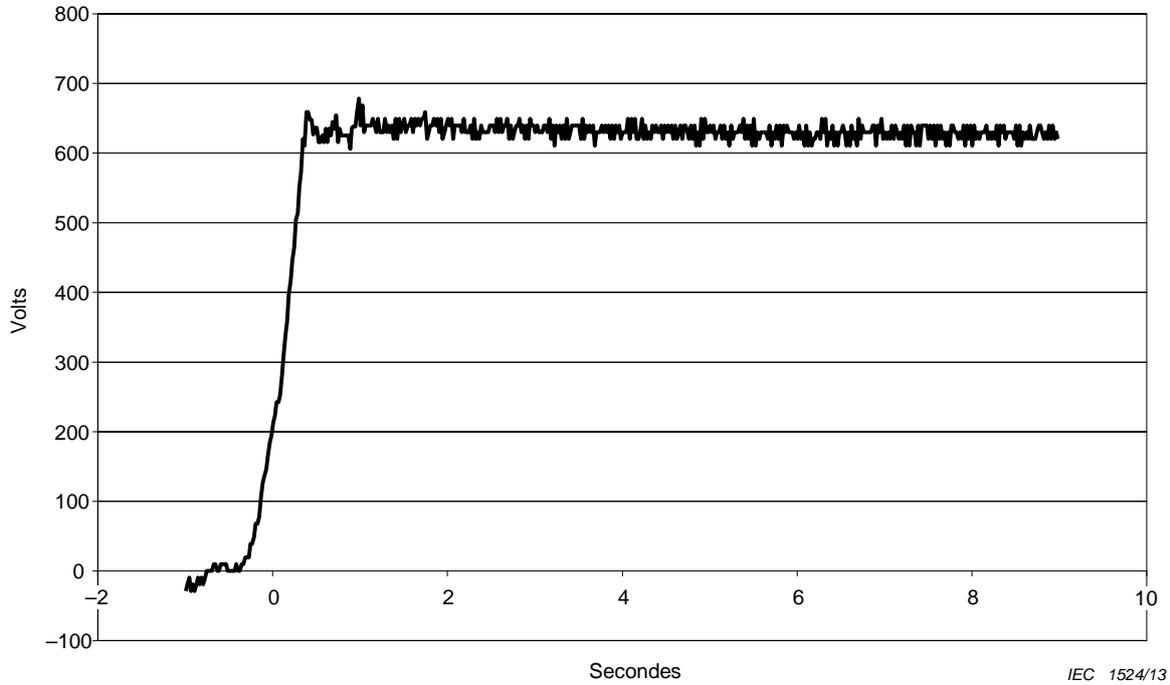


Figure B.2a – Tension de corps mesurée en se levant d'un siège en gardant les deux pieds ensemble

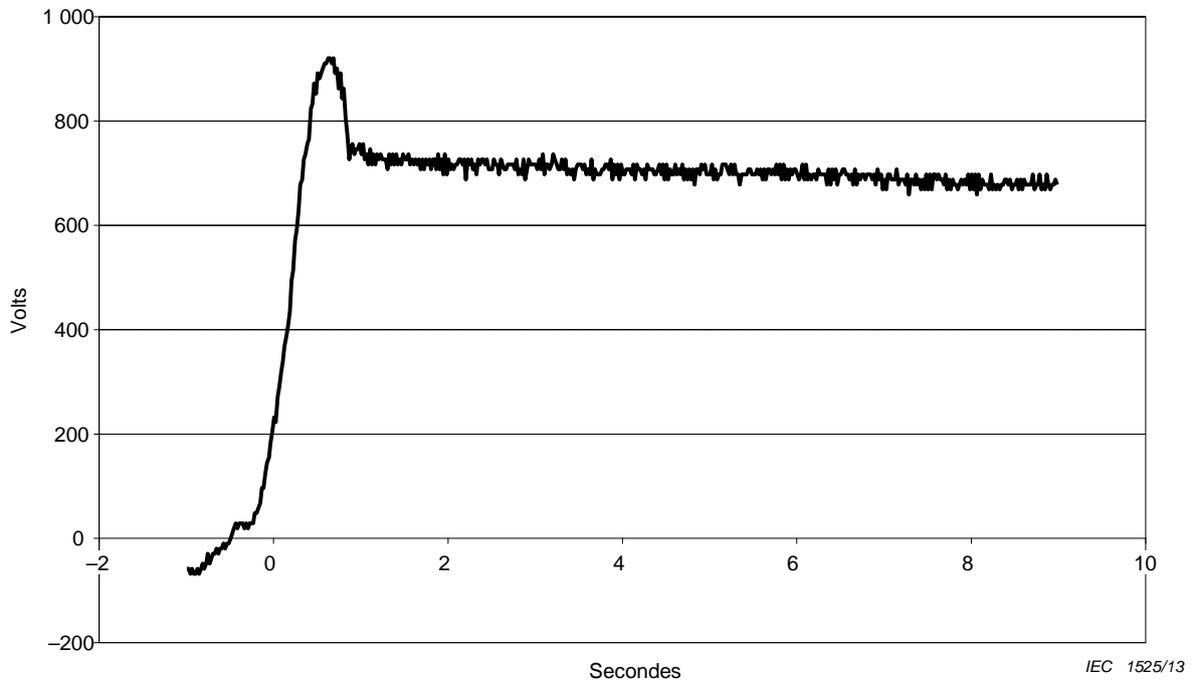


Figure B.2b – Tension de corps mesurée en se levant d'un siège un pied après l'autre

Figure B.2 – Enregistrements de tensions de corps typiques

Annexe C (normative)

Essai d'aptitude à la charge

C.1 Généralités

L'essai d'aptitude à la charge a pour but d'évaluer si une charge électrostatique peut se produire sur le corps humain et ses vêtements dans les conditions simulant les conditions réelles d'utilisation pour des vêtements de protection et si la charge peut atteindre un niveau dangereux.

Des essais adéquats doivent être effectués sur les bancs d'essais présentés dans des conditions environnementales exigées (voir Article 4). Les vêtements en essai, trois de chaque type, doivent d'abord être préparés dans les mêmes conditions.

C.2 Essai de charge en retirant des vêtements

C.2.1 Généralités

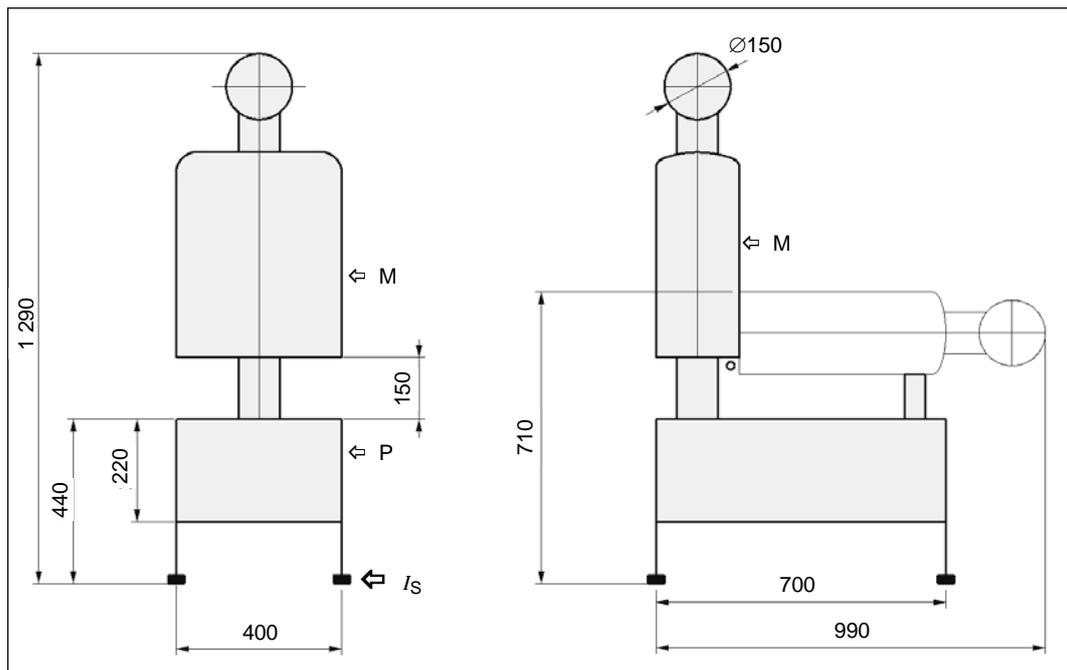
En retirant les vêtements, le corps humain et les vêtements reçoivent généralement une charge intense.

C.2.2 Bancs d'essai

C.2.2.1 Bancs d'essai avec un mannequin

Un élément de base du banc d'essai est un mannequin (factice) correspondant à la partie supérieure d'un tronc de corps humain sans bras. Le corps du mannequin est fait de n'importe quel bois sec ou de tout autre matériau de résistivité similaire. Le bois a l'avantage d'être facile à se procurer, peu coûteux, facile à travailler et à former pour produire le tronc et la tête du mannequin, et présente une faible aptitude à la charge électrostatique. La résistivité volumique du bois sec est typiquement supérieure à $10^8 \Omega\text{m}$. Toutefois, la résistivité du bois n'est pas un paramètre critique. Le type de matériau utilisé pour recouvrir le tronc du mannequin est plus important. Le mannequin est placé sur une plateforme de support isolée de la terre, avec une résistance d'isolation supérieure à $10^{13} \Omega$. Le mannequin doit être fixé de telle sorte qu'il puisse être placé horizontalement ou verticalement, selon le type d'essai réalisé.

Les dimensions du mannequin sont données à la Figure C.1.



IEC 1526/13

Légende

- M mannequin (factice)
- P plateforme de support
- I_s isolation de résistance $>10^{13} \Omega$

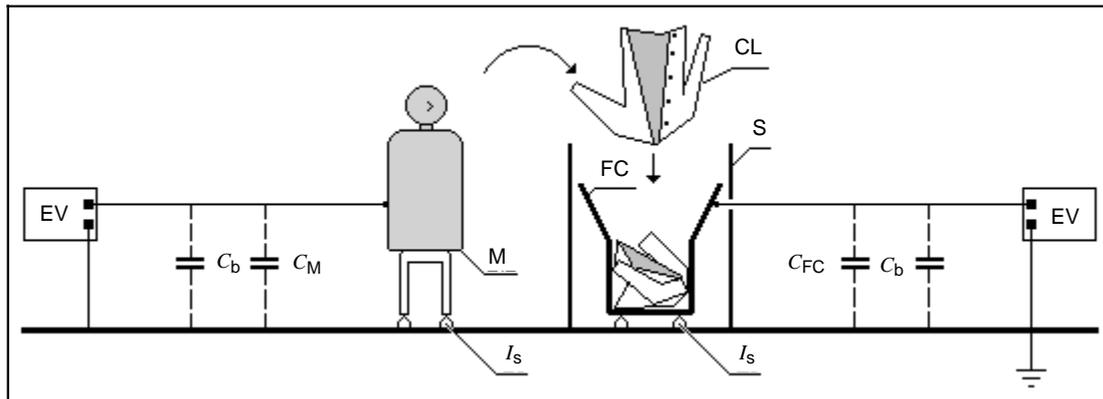
NOTE La tolérance des dimensions données est ± 20 mm.

Figure C.1 – Schéma du banc d'essai avec un mannequin

Le mannequin avec sa tête doit être recouvert de tissu (textile ou tissu tricoté) de résistivité volumique $\rho_v = 10^2 \Omega m$ à $10^3 \Omega m$ et/ou de résistivité surfacique $\rho_s = 10^4 \Omega$ à $10^5 \Omega$, résistivité similaire à celle de la peau d'un homme. Le tissu recouvrant le mannequin peut être fait à partir d'un matériau homogène, ou peut contenir des fibres conductrices pour obtenir la résistivité spécifiée. Dans le dernier cas, des fibres conductrices doivent être intégrées pour former un mélange homogène (par exemple dans chaque fin et choix d'un textile tissée) ou être placées à l'intérieur d'un maillage de fils dont l'espacement ne dépasse pas 10 mm. Il convient que cette couverture (drapage) soit dotée de deux pinces ou bornes qui peuvent être reliées à la borne d'entrée d'un voltmètre électrostatique par une résistance au système de mise à la terre. Les bornes peuvent être placées à n'importe quelle distance les unes des autres dans des appendices conçus spécialement dans le tissu de revêtement. Une perruque faite de cheveux naturels, de 5 cm à 10 cm de long, doit être placée sur la tête du mannequin. Il est nécessaire de s'assurer que la perruque peut être facilement placée et retirée de la tête du mannequin.

La Figure C.2 présente un schéma du système destiné à effectuer des essais d'électrification qui se produit pendant le retrait des vêtements, par exemple quand des vêtements externes, une veste par exemple, sont retirés de vêtements internes, par exemple une chemise. Les vêtements ne doivent pas être évalués par le retrait directement du mannequin. Il doit toujours y avoir un sous-vêtement entre le mannequin couvert et le vêtement externe. Le système permet de mesurer le niveau de charge du corps humain quand la personne est remplacée par un mannequin équivalent et de mesurer simultanément le niveau de charge des vêtements qui ont été retirés en utilisant la méthode de la cage de Faraday. La Figure C.3 présente un système adéquat, où la charge des éléments qui ont été retirés est mesurée en utilisant la méthode de non-contact à l'aide d'un mesureur de champ ou d'un mesureur du potentiel de charge surfacique.

En principe, la mesure de contact de la tension sur le tronc du mannequin peut être remplacée par une mesure de non-contact si l'instrument de mesure est correctement étalonné. Toutefois, la méthode de contact est préférentielle parce qu'elle est plus précise.

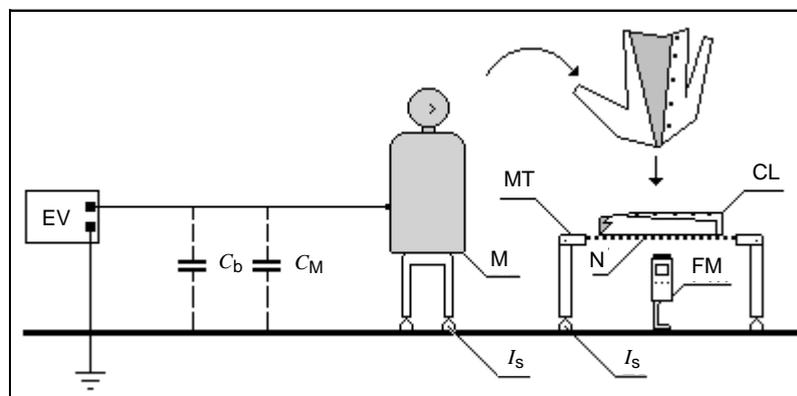


IEC 1527/13

Légende

- M mannequin (factice)
- CL élément retiré
- FC cage de Faraday (conteneur cylindrique de 0,05 m³)
- S écran relié à la terre
- EV voltmètre électrostatique
- I_s isolation de résistance $>10^{13} \Omega$
- C_M capacité du mannequin 100 pF à 200 pF
- C_{FC} capacité de la cage de Faraday
- C_b capacité du dispositif de mesure et de la connexion (système de liaison)

NOTE Le voltmètre électrostatique connecté au mannequin est utilisé pour mesurer le potentiel, V_{HB} , du tronc du mannequin. L'autre voltmètre électrostatique connecté à la cage de Faraday est utilisé pour déterminer la charge totale, Q , qui apparaît sur le vêtement après retrait du mannequin.

Figure C.2 – Système de mesure avec mannequin et cage de Faraday

IEC 1528/13

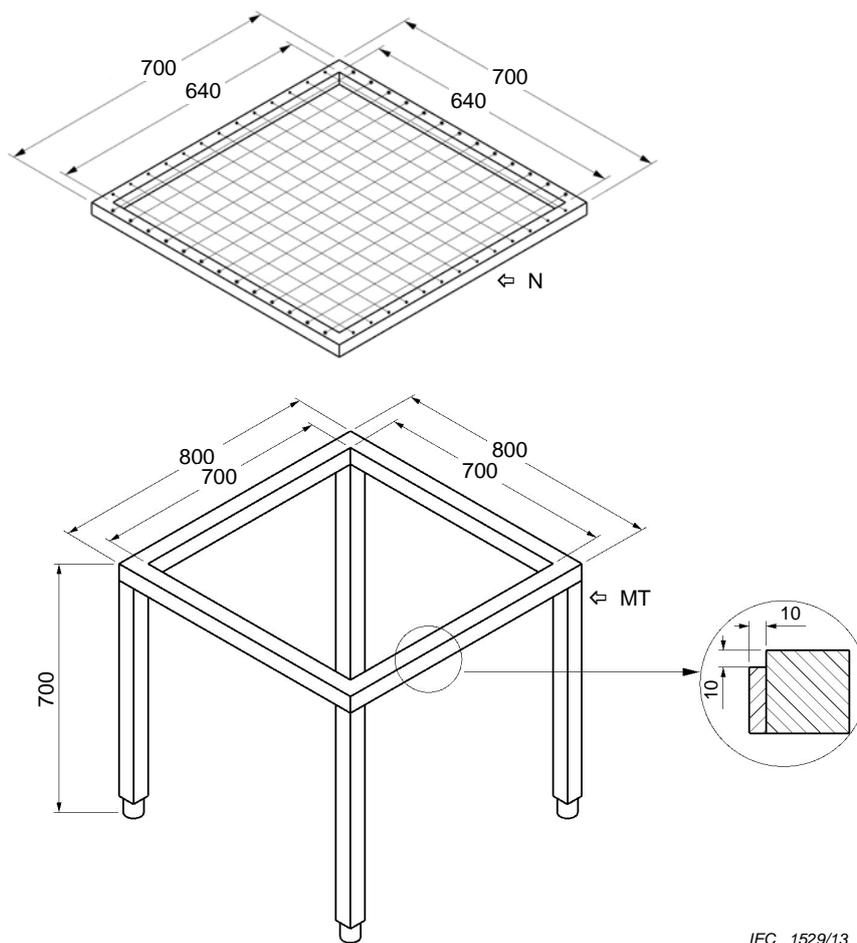
Légende

- M mannequin (factice)
- CL vêtement retiré
- MT table de mesure
- N grille de polyamide
- I_s isolation de résistance $>10^{13} \Omega$
- EV voltmètre électrostatique
- FM mesureur de champ/potential
- C_M capacité du mannequin 100 pF à 200 pF
- C_b capacité du dispositif de mesure et de la connexion (système de liaison)

NOTE Le voltmètre électrostatique connecté au mannequin est utilisé pour mesurer le potentiel, V_{HB} , du tronc du mannequin. Le mesureur de champ/potential est utilisé pour mesurer le potentiel de surface de l'habit après retrait du mannequin.

Figure C.3 – Système de mesure avec mannequin et grille

La Figure C.4 présente les dimensions d'un plateau de table sur lequel la grille est placée.



IEC 1529/13

Légende

MT table de mesure

N grille en polyamide avec un châssis formant le plateau de table

NOTE L'espace entre les fils de la grille faite de polyamide (par exemple du fil de pêche) ou d'un autre matériau de propriétés électriques similaires, doit être de 30 mm à 50 mm. La grille (plateau de table) présente une aptitude à la charge négligeable par rapport à celle des vêtements soumis aux essais. Pour cette raison, il n'est pas nécessaire de neutraliser la charge de la grille avant chaque essai.

Figure C.4 – Grille utilisée pour la mesure du niveau de charge de vêtements

C.2.2.2 Banc avec la personne en essai

Dans ce cas, le banc d'essai est similaire à celui décrit en C.2.1.1, mais le mannequin est remplacé par une personne en essai, comme représenté à la Figure C.5.

Placer le vêtement soumis aux essais sur le mannequin ou sur la personne en essai.

Si le vêtement en essai est un sous-vêtement, un T-shirt ou une chemise (porté sans rien dessous), il doit être mis directement sur le mannequin préparé avec le revêtement normalisé ou sur le corps de la personne en essai. Toutefois, s'il s'agit d'un vêtement externe, alors le mannequin (la personne) doit d'abord être habillé d'un vêtement (par exemple une chemise de flanelle).

Placer le mannequin en position verticale (ou installer la personne en essai sur le banc d'essai), puis retirer le vêtement externe d'un mouvement rapide et placer immédiatement le vêtement dans la cage de Faraday (voir C.2.3) ou sur la table de mesure (voir C.2.4). Il convient que le temps entre l'instant où le vêtement est retiré et l'instant où il repose dans la cage de Faraday ou sur la table de mesure ne dépasse pas 2 s.

Les manières possibles de retirer des vêtements du tronc d'un mannequin ou du corps de la personne en essai sont présentées à la Figure C.6.

Si des boutons ou une fermeture à glissière gênent le retrait des vêtements au niveau de la tête, alors les boutons ou les fermetures à glissière doivent être ouverts.

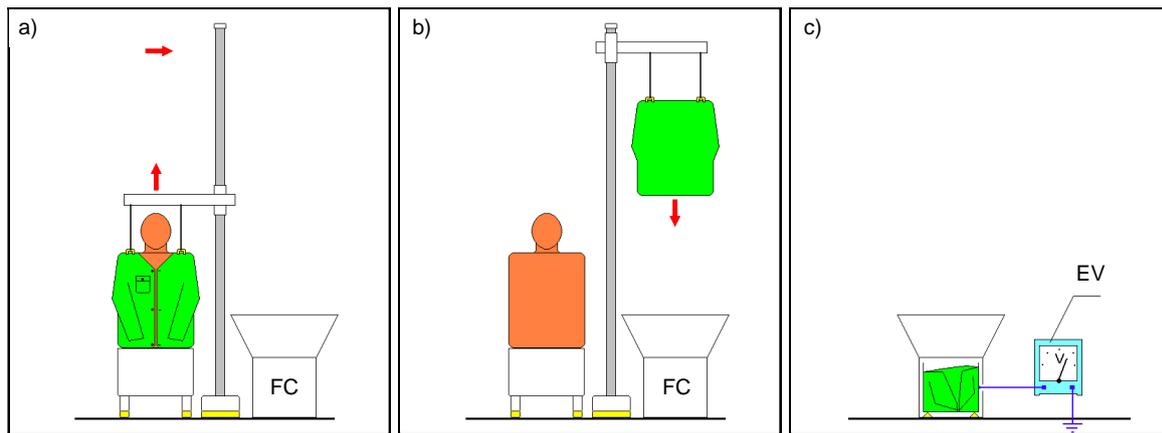
Les vêtements peuvent être retirés manuellement ou mécaniquement. Le corps de l'opérateur ou la pince de la machine doit être isolé de la terre par un matériau de résistance $> 10^{13} \Omega$.

Des essais expérimentaux doivent être effectués afin d'établir si le contact des vêtements avec des cheveux augmente ou diminue le niveau de charge des éléments retirés. Les essais sont effectués sur le mannequin avec et sans perruque. Les résultats des mesures du potentiel de charge sont alors comparés. L'essai qui a donné le niveau de charge maximal doit être choisi pour effectuer la série d'essais.

Mesurer le potentiel V_M d'une charge statique générée sur le tronc du mannequin ou sur le corps de la personne en essai, en utilisant un voltmètre électrostatique conformément à la Figure C.2 ou à la Figure C.3.

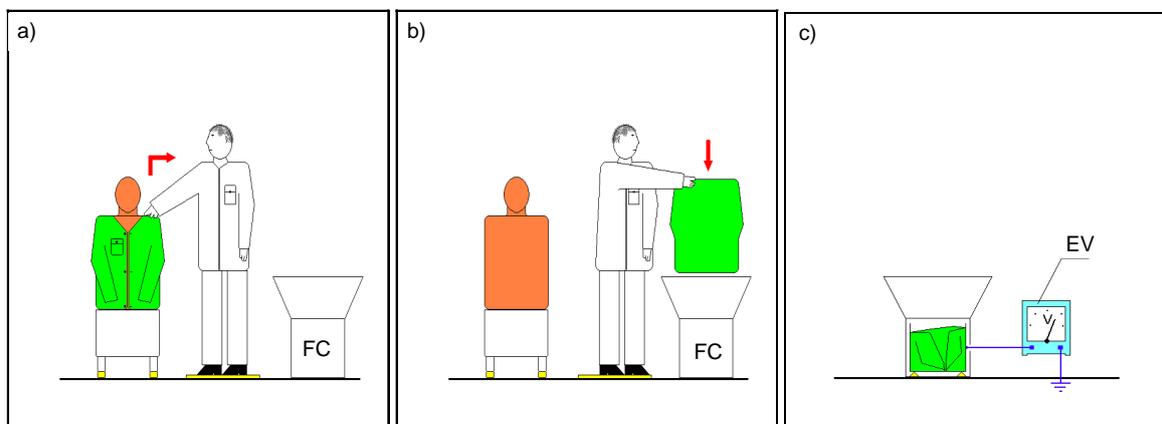
Les essais spécifiés doivent être effectués sur chacun des trois échantillons de vêtements en suivant la procédure spécifiée:

- sur le tronc du mannequin ou sur le corps de la personne en essai, isolé de la terre (résistance d'isolation d'au moins $10^{14} \Omega$);
 - sur le tronc du mannequin ou sur le corps de la personne en essai, relié à la terre par une résistance de $1 \times 10^9 \Omega$ (précision jusqu'à 10 %);
- et/ou
- sur le tronc du mannequin ou sur le corps de la personne en essai, relié à la terre par une résistance de $1 \times 10^6 \Omega$ (précision jusqu'à 10 %).



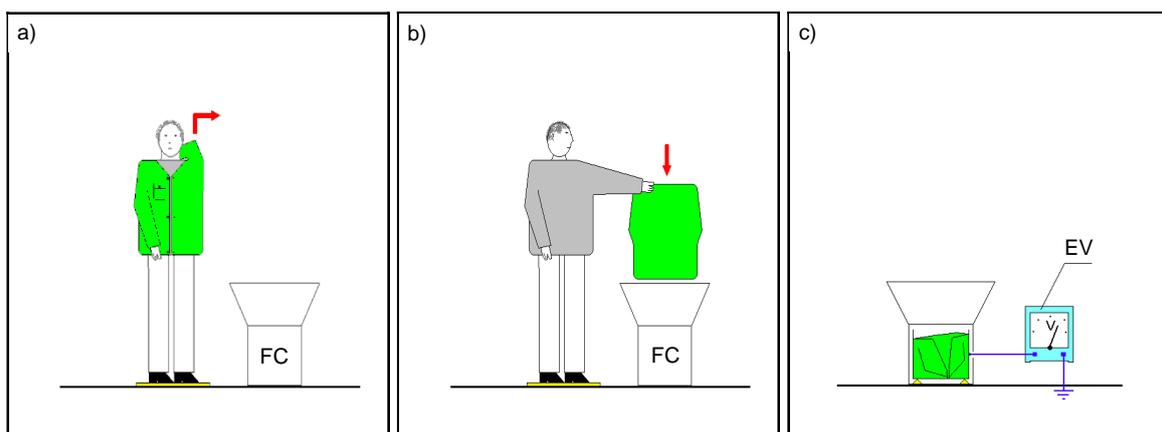
IEC 1531/13

Figure C.6.1 – Retrait d'un vêtement d'un mannequin par un dispositif mécanique



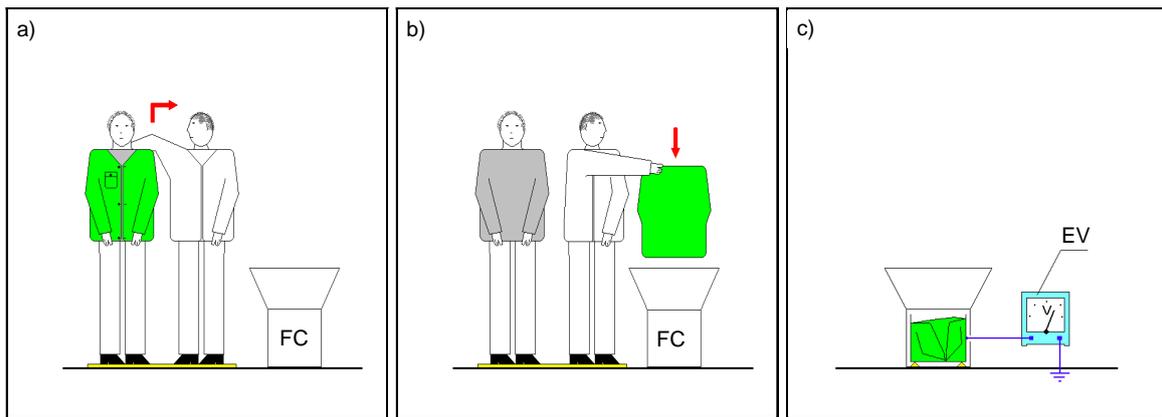
IEC 1532/13

Figure C.6.2 – Retrait d'un vêtement d'un mannequin par un opérateur



IEC 1533/13

Figure C.6.3 – Personne retirant elle-même un vêtement qu'elle porte



IEC 1534/13

Figure C.6.4 – Opérateur retirant un vêtement d'une personne

Figure C.6 – Manières possibles pour retirer des vêtements du tronc d'un mannequin ou d'une personne en essai

C.2.3.2 Evaluation et présentation des résultats

Mesurer la capacité totale C_s du mannequin (de la personne en essai) du système (voltmètre électrostatique) et des connexions (voir Figures C.2 et C.3):

$$C_s = C_M + C_b \quad (C.1)$$

en supposant que la capacité de conversion du mannequin (de la personne) (équivalente à la capacité moyenne du corps humain) est

$$C_M = C_{HB} = 150 \text{ pF} \quad (C.2)$$

et en tenant compte du principe du diviseur de tension capacitif, calculer le potentiel V de la charge sur le tronc du mannequin (de la personne en essai), lorsque $C_M = C_{HB} = 150 \text{ pF}$. Le potentiel V est traité comme le potentiel de la charge électrostatique qui apparaît dans le système équivalent sur le corps humain dont la capacité est $C_{HB} = 150 \text{ pF}$.

Le potentiel V_{HB} est calculé à partir de la formule:

$$V = V_{HB} = \frac{C_s}{C_{HB}} V_M \quad (C.3)$$

où V_M est le potentiel de charge mesuré sur le tronc du mannequin ou sur la personne en essai lorsque la capacité du système est C_s .

Il est nécessaire de calculer les potentiels V_{HB} correspondant à chacun des dix résultats de mesure de potentiel V_M obtenus lors des essais sur plusieurs échantillons, puis de calculer les moyennes arithmétiques V_{HB} pour chacun des échantillons et une moyenne de ces moyennes pour le groupe de trois échantillons de vêtements d'un type spécifique. Une telle procédure est appropriée si les résultats obtenus dans chaque série d'essais individuels ne diffèrent pas d'une autre de plus de 50 %. Si la dispersion des résultats d'essai est plus grande, les essais doivent être répétés. Si la dispersion des résultats se reproduit, la valeur maximale obtenue dans les deux cycles de mesure doit être prise comme résultat d'essai.

C.2.4 Mesure de la charge sur un vêtement qui a été retiré dans le système avec la cage de Faraday

C.2.4.1 Procédure

Le vêtement en essai, selon la procédure décrite en C.2.2, doit être retiré du tronc du mannequin (ou de la personne en essai) et être placé dans la cage de Faraday (voir Figure C.2). Ensuite, un voltmètre électrostatique doit être utilisé pour mesurer la tension U_{FC} qui correspond à la différence de potentiel entre la paroi de la cage de Faraday et la terre (méthodologie conforme à la CEI/TR 61340-2-2).

Les mesures doivent être effectuées dix fois sur chaque échantillon de vêtement.

C.2.4.2 Evaluation et présentation des résultats

Afin de calculer les résultats d'essai, il est indispensable de connaître la capacité C_S créée par la cage Faraday du système (voltmètre électrostatique), ainsi que le système de connexions (voir Figure C.2):

$$C_S = C_{FC} + C_b \quad (C.4)$$

Le résultat d'essai est la charge électrostatique totale Q générée sur les vêtements qui ont été retirés. Il doit être calculé à partir de la formule:

$$Q = C_S U_{FC} \quad (C.5)$$

où U_{FC} est la tension électrostatique qui apparaît dans le système avec la cage de Faraday de capacité C_S .

Il est nécessaire de calculer une moyenne arithmétique des mesures de tension de chaque série de 10 mesures et de convertir le résultat en charge moyenne. Alors, les charges calculées pour chacun des trois échantillons d'un type donné doivent être moyennées. Si le niveau de charge moyen de différents échantillons diffère de plus de 50 %, alors le résultat doit être la valeur la plus élevée obtenue.

C.2.5 Mesure du potentiel d'une charge électrostatique générée sur la surface d'un vêtement qui a été retiré

C.2.5.1 Procédure

Le vêtement en essai, selon la procédure décrite en C.2.2, doit être retiré du tronc du mannequin (ou de la personne en essai) et placé sur la table de mesure (les différentes situations sont représentées dans les Figures C.3 et C.5). Alors le potentiel V_S de la charge surfacique doit être mesuré à l'aide d'un dispositif correctement gradué, sans toucher la surface. Dix mesures doivent être effectuées sur chacun des échantillons de vêtements en essai en utilisant une méthodologie conforme à la CEI/TR 61340-2-2.

C.2.5.2 Evaluation et présentation des résultats

La valeur du potentiel de charge surfacique mesurée V_S ne nécessite pas conversion si on utilise un appareil mis à la bonne échelle, par exemple un mesureur de champ électrostatique.

Une moyenne arithmétique et un résultat moyen pour trois échantillons de vêtements d'un type spécifique doivent être obtenus à partir de chaque série de dix mesures correspondant à des échantillons individuels. Si les résultats moyens obtenus pour des échantillons individuels diffèrent de plus de 50 %, alors on doit prendre comme résultat d'essai la moyenne des trois valeurs les plus élevées du potentiel V_S .

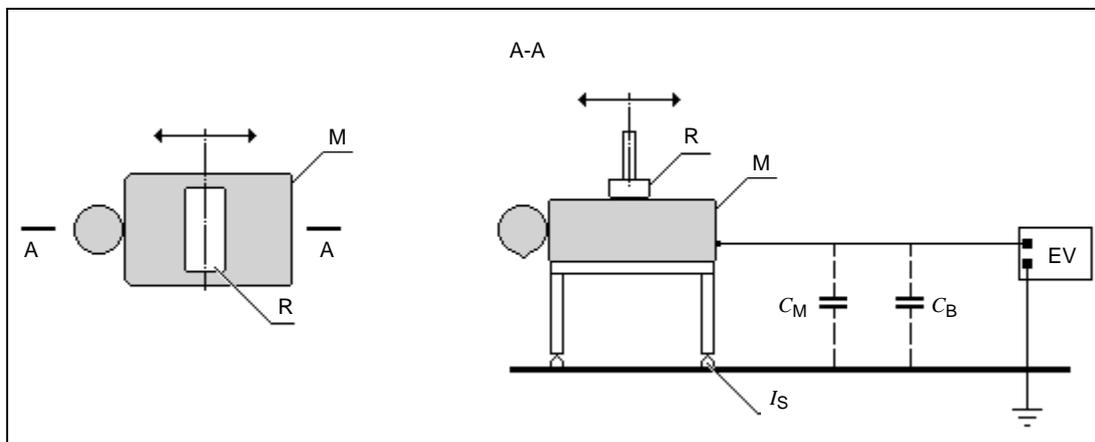
C.3 Essais de tribochargement par frottement de la surface externe du matériau de vêtement

C.3.1 Généralités

Le corps humain peut devenir une source de charge statique lorsqu'il a été en contact avec des équipements ou des vêtements d'autres personnes ou lorsque ses vêtements frottent sur ces équipements ou personnes, mais aussi lorsqu'il a été en contact avec des appareils tels que des appareils de nettoyage.

C.3.2 Banc d'essai

Le mannequin décrit en C.2.1.1 (voir Figure C.1) doit être placé en position horizontale, sur un banc d'essai pour tribochargement. La capacité C_M du mannequin doit être dans la gamme de 100 pF à 200 pF. Si nécessaire, la capacité doit être corrigée en connectant un condensateur approprié en parallèle ou en série. La Figure C.7 présente un schéma du banc d'essai.



IEC 1535/13

Légende

- M mannequin (factice)
- R élément de frottement
- I_s isolation $> 10^{13} \Omega$
- EV voltmètre électrostatique connecté directement par une borne sur le tronc du mannequin
- C_M capacité du mannequin 100 pF à 200 pF
- C_b capacité du dispositif de mesure et des connexions

Figure C.7 – Schéma du banc d'essai de tribochargement mécanique de la surface externe de vêtements

L'élément de frottement, R, en forme de cylindre de diamètre \varnothing (75 ± 5) mm et de longueur $l = (200 \pm 5)$ mm ou en forme de prisme rectangulaire de dimensions 50 mm \times 200 mm (± 5 mm) doit être placé sur le dos du mannequin, M, de telle sorte qu'il applique une pression sur sa surface de force ($5 \pm 0,5$) N. Les éléments de frottement (en forme de cylindre ou en forme de prisme) doivent être en acier poli et en bois verni avec une laque transparente en nitrocellulose ou en polyuréthane. Il convient que la construction des éléments de frottement permette de les draper avec des matériaux flexibles tels que des tissus, des films, etc.

L'élément en forme de cylindre doit être installé de telle sorte qu'il puisse se déplacer par roulement. Les éléments doivent se déplacer sur le dos du mannequin selon un mouvement alternatif dans une ou deux directions sur une largeur de 430 mm à 450 mm avec une cadence de (60 ± 10) frottements par minute.

La forme de l'élément de frottement, qui provoque le niveau de charge le plus élevé, doit être sélectionnée pour l'essai pratique. L'élément rectangulaire est préférable.

Des matériaux qui peuvent être en contact avec des vêtements dans des conditions d'utilisation normales (matériaux de dispositifs technologiques, de couvertures et de garnitures de mobilier, de sous-vêtements, de vêtements externes, etc.) doivent être utilisés comme matériaux de frottement.

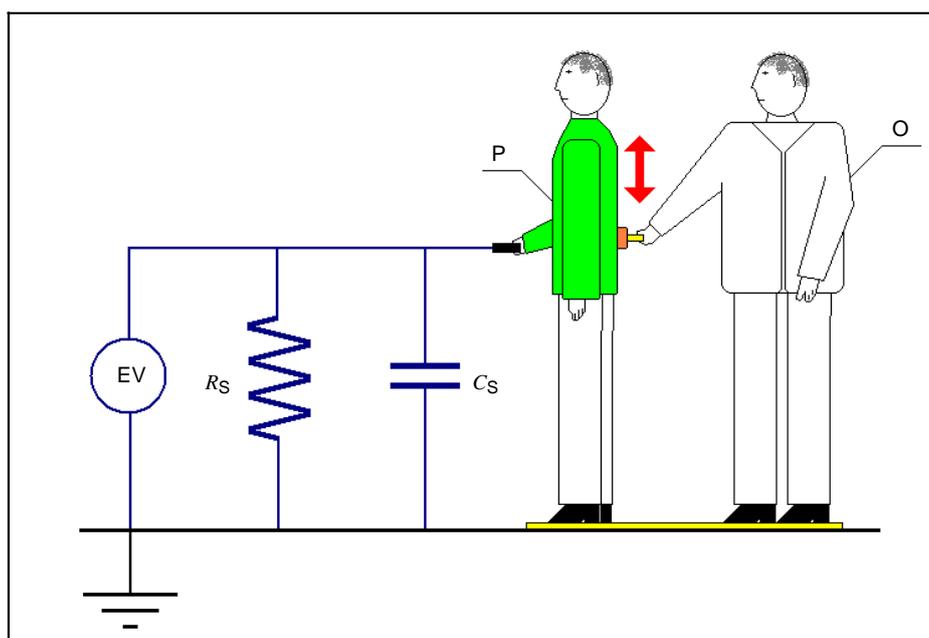
Des éléments de frottement métalliques doivent être utilisés pour générer une électrification de deux manières:

- au niveau de la mise à la terre d'un élément donné;
- au niveau de l'isolation d'un élément avec un matériau de résistance au moins égale à $10^{14} \Omega$.

Facultativement, la surface externe du vêtement peut être frottée manuellement

- sur le tronc du mannequin, ou
- sur le personne en essai,

en appliquant la même méthodologie. Des schémas pour les essais effectués de cette façon sont présentés à la Figure C.8.



IEC 1536/13

Légende

- P personne en essai
 O opérateur
 EV voltmètre électrostatique connecté au corps de la personne par l'intermédiaire d'une électrode de main
 R_S résistance d'isolation
 C_S capacité du système

Figure C.8 – Schéma du système pour la mesure du niveau de charge du corps de la personne en essai résultant du frottement manuel de son vêtement

C.3.3 Procédure d'essai

Les échantillons de vêtement à soumettre aux essais doivent être conditionnés et les essais doivent être effectués dans les conditions environnementales conformes à l'Article 4.

Chacun des trois échantillons d'un type donné de vêtement doit subir dix essais de tribochargement:

- sur le tronc du mannequin (ou sur le corps de la personne en essai), isolé de la terre (résistance d'isolation $> 10^{13} \Omega$);
- sur le tronc du mannequin (ou sur le corps de la personne en essai), relié à la terre par une résistance de $1 \times 10^9 \Omega$ (précision jusqu'à 10 %);
et/ou
- sur le tronc du mannequin (ou sur le corps de la personne en essai), relié à la terre par une résistance de $1 \times 10^6 \Omega$ (précision jusqu'à 10 %).

L'essai expérimental de charge sur le tronc du mannequin isolé (sur le corps de la personne en essai) doit être effectué en premier. Lorsque le niveau de charge à l'état isolé ne dépasse plus la valeur admissible la plus élevée, on considère qu'il n'est pas utile de procéder à d'autres essais expérimentaux avec un matériau de frottement donné.

Le processus de charge doit être poursuivi jusqu'à ce que le potentiel V_M de la charge apparaissant sur le mannequin (sur la personne) atteigne le niveau d'électrification maximal spécifié. La mesure du potentiel doit être effectuée à l'aide d'un voltmètre électrostatique. Si possible, il convient que ce voltmètre électrostatique permette d'enregistrer les résultats de mesure de manière continue.

C.3.4 Evaluation et présentation des résultats

Le mode de calcul et la présentation des résultats doivent être identiques à ceux de C.2.4.1 et doivent tenir compte de tous les matériaux de frottement utilisés.

C.4 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit fournir les informations suivantes:

- a) la date des mesures;
- b) une description et/ou des données qui permettent une identification claire du produit soumis aux essais (vêtement);
- c) le type des essais effectués;
- d) les conditions environnementales dans la période précédant les essais et pendant les essais; la durée de conditionnement des échantillons;
- e) les paramètres de base du système d'essais d'électrification (si de tels essais ont été effectués);
- f) les types de matériaux de frottement utilisés;
- g) le type de dispositif utilisé pour la mesure de l'aptitude à la charge et le paramètre mesuré;
- h) les résultats de mesure du niveau de charge du vêtement et du tronc du mannequin.

Annexe D (normative)

Propension à la charge

D.1 Equipements

D.1.1 Généralités

Une disposition type et des dimensions applicables de l'appareillage d'essai sont présentées à la Figure 1. D'autres équipements fournissant des résultats similaires peuvent être utilisés. L'ouverture d'essai pour le dépôt et la mesure de la charge déposée doit être d'un diamètre de (50 ± 5) mm ou une ouverture quasi carrée de surface équivalente. Toutes les pointes à effet couronne sont montées dans un cercle de diamètre de (10 ± 1) mm sur une plaque amovible située à (10 ± 1) mm au-dessus du centre de l'ouverture d'essai. L'ouverture de détection à mesureur de champ doit être à (25 ± 1) mm au-dessus du centre de la zone d'essai. Lorsque la plaque avec les pointes à effet couronne est complètement enlevée, la surface d'essai doit être libre jusqu'au plan de l'ouverture de détection à mesureur de champ.

D.1.2 Confinement du matériau d'essai

Avec un matériau installé, l'ouverture d'essai dans la plaque d'appui de l'instrument doit reposer directement sur sa surface.

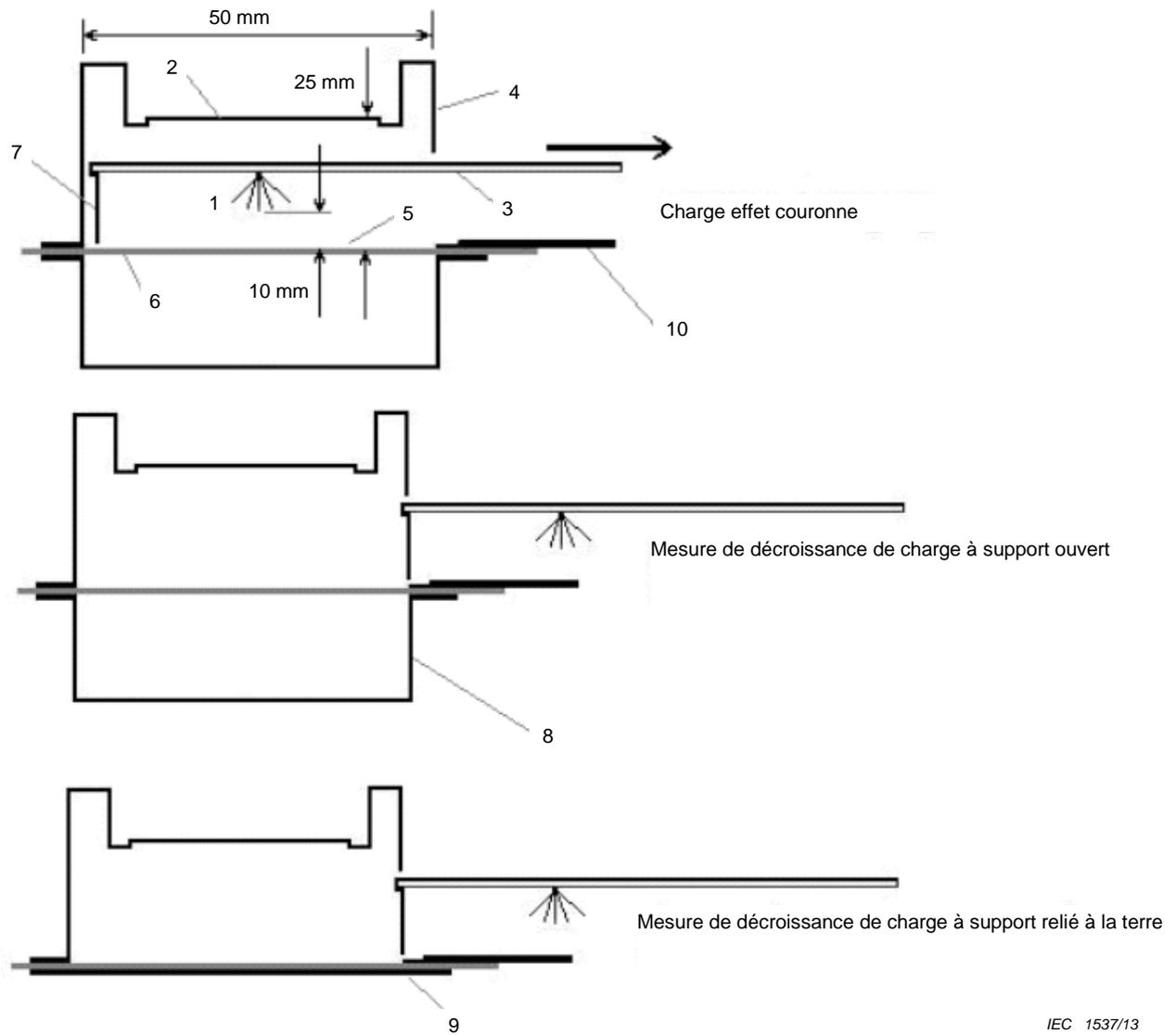
La feuille ou les matériaux souples en essai doivent être soutenus contre l'ouverture d'essai avec un support ouvert et un support relié à la terre. Ces deux dispositions (représentées à la Figure D.1) représentent les conditions extrêmes de l'application pratique. Pour les deux dispositions, les plus longs des deux temps de décroissance doivent être pris pour la comparaison avec des critères généraux d'acceptation.

D'un point de vue pratique, des mesures à support ouvert représentent la condition où les matériaux sont séparés des surfaces reliées à la terre, par exemple le bord inférieur d'un manteau ou d'une blouse qui pend loin du corps de la personne qui porte le vêtement. Le support relié à la terre représente l'autre pratique extrême d'un matériau en contact parfait avec une surface reliée à la terre, par exemple un vêtement bien ajusté au corps de la personne qui le porte ou une surface de travail sur le niveau supérieur d'un banc en métal. Un matériau approprié doit être utilisé car la nature du matériau utilisé comme surface de support relié à la terre peut affecter les mesures. Par exemple, la nature isolante de l'aluminium anodisé empêchera une migration verticale de la charge.

Pour le matériau d'essai à support ouvert, le matériau doit reposer contre la plaque d'appui de l'instrument avec une ouverture en métal reliée à la terre alignée avec l'ouverture d'essai de l'instrument et d'une largeur d'au moins 5 mm s'étendant à l'extérieur de la surface de l'ouverture d'essai. Un écran sur le côté inverse de la surface d'essai doit être relié à la terre et doit être éloigné d'au moins 25 mm sur l'ensemble de la zone d'essai;

Pour les matériaux d'essai contre un support relié à la terre, le matériau doit être monté contre une surface plane conductrice reliée à la terre et la plaque d'appui autour de l'ouverture d'essai. La surface de support reliée à la terre doit être lisse, plate et exempte de film d'oxyde isolant.

Si la charge se déplace plus aisément à travers le matériau d'essai volumique qu'au travers de sa surface, le fait de placer une plaque métallique reliée à la terre immédiatement derrière la zone d'essai peut diminuer le temps de décroissance de la charge. Par ailleurs, si la charge se déplace plus aisément à travers la surface du matériau d'essai, alors le temps de décroissance de la charge peut augmenter en raison de l'augmentation de la propension à la charge.



IEC 1537/13

Légende

- 1 cercle de pointes à effet couronne de 10 mm de diamètre
- 2 ouverture de détection à mesureur de champ
- 3 plaque mobile avec une surface isolante comportant des pointes à effet couronne et une surface supérieure reliée à la terre pour blinder le mesureur de champ
- 4 boîtier relié à la terre
- 5 ouverture d'essai: diamètre (50 ± 5) mm ou surface de (50 ± 5) mm \times (50 ± 5)
- 6 spécimen en essai
- 7 barrage à air pour supprimer toute ionisation résiduelle de l'air par effet couronne
- 8 renfort ouvert blindé
- 9 boîtier relié à la terre
- 10 plaque d'appui de l'instrument

Figure D.1 – Exemple de disposition pour la mesure de la décroissance de la charge par effet couronne et dispositions pour 'support ouvert' et 'support relié à la terre'

D.1.3 Dépôt de charge par effet couronne

La taille exacte et la distribution de charge déposée sur le matériau ne sont pas bien définies. La disposition fournit un modèle cohérent de charge déposée pour la mesure du temps de décroissance et de la propension à la charge.

Le temps de dépôt par effet couronne doit être (20 ± 10) ms. Des durées plus longues peuvent être utilisées pour obtenir un potentiel de surface de crête initial approprié pour les mesures. Des durées de dépôt par effet couronne supérieures à 100 ms n'amélioreront pas nécessairement la charge et peuvent endommager les surfaces sensibles. Les échantillons doivent être soumis aux essais avec une polarité positive et négative.

L'équipement pour le dépôt de charge doit s'éloigner totalement de la région d'observation du mesureur de champ en moins de 30 ms.

NOTE Les tensions typiques de charge par effet couronne sont comprises entre 3 kV et 10 kV. Pour des tensions d'effet couronne jusqu'à 10 kV, le potentiel de surface initial avec des matériaux isolant pourra atteindre 3 kV. Pour des matériaux à taux de décroissance de la charge rapide et/ou à fortes valeurs de la propension à la charge, le potentiel de surface initial peut être bien plus faible, par exemple entre 50 V et 100 V seulement. Pour de faibles quantités de charge, des tensions d'effet couronne descendant jusqu'à environ 3 kV peuvent être appropriées.

D.1.4 Mesureur de champ

Le mesureur de champ doit être capable de mesurer le potentiel de surface avec une précision de ± 5 V ou mieux avec un temps de réponse (90 % à 10 %) inférieur à 10 ms. La stabilité du zéro doit permettre la mesure du potentiel de surface avec cette précision sur les temps de décroissance les plus longs à mesurer.

Pour mesurer une propension à la charge avec de basses tensions d'effet couronne et de petites quantités de charge, les tensions de surface initiales peuvent être assez basses. Il peut être utile de faire des mesures de tension de surface à une précision de ± 1 V à 0 V.

La sensibilité du mesureur de champ doit être réglée conformément à la procédure d'étalonnage de D.5.1 pour représenter le potentiel de surface tel qu'il est présenté par une surface conductrice plane sur toute la surface de l'ouverture d'essai.

Un mesureur de champ de type "moulin à champ" à aube mobile est préférentiel. On peut accepter des détecteurs stabilisés à hacheur si la sensibilité, les niveaux de bruit et la stabilité du zéro sont appropriés. Des instruments à sonde d'induction ne sont pas susceptibles de convenir, même pour des mesures de décroissance de la charge rapide, parce que l'influence de l'ionisation d'air résiduelle par effet couronne, même si elle est légère, entraînera une dérive nulle, et l'absence de dérive nécessiterait d'être soumise à un essai.

Pendant le dépôt de charge par effet couronne et la mesure du temps de décroissance, l'ouverture de détection du mesureur de champ doit être correctement protégée de toutes connexions ou surfaces associées à des alimentations haute tension d'effet couronne. Il ne doit se trouver aucun matériau isolant à l'intérieur ni autour de la région de l'instrument située entre le mesureur de champ et l'ouverture d'essai capable de contribuer aux signaux des observations du mesureur de champ.

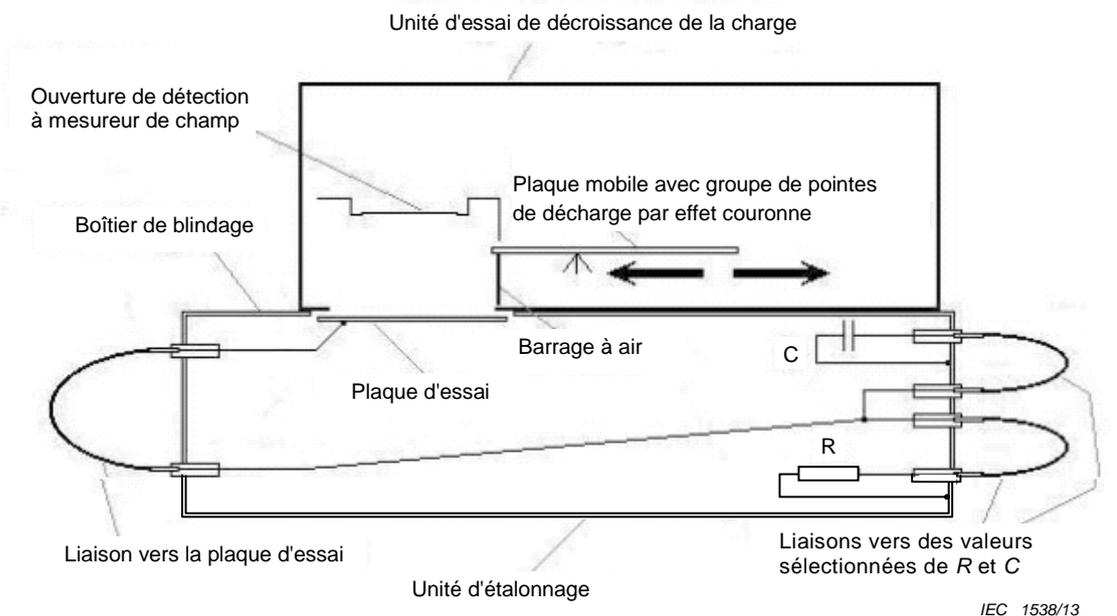
Pour des mesures avec des matériaux ayant des potentiels de surface de crête initiaux de moins de 200 V, il est nécessaire de retirer l'ionisation résiduelle de l'air créée par la décharge par effet couronne quand la plaque mobile portant les pointes de décharge par effet couronne est éloignée. Un barrage à air sur le bord arrière de la plaque mobile portant les pointes de décharge par effet couronne constitue une manière commode pour supprimer cette ionisation de l'air de la région située entre l'ouverture de détection du mesureur de champ et la surface d'essai. Toute ionisation résiduelle doit contribuer pour moins de 30 V à la mesure du potentiel de surface. Cela peut faire l'objet d'un essai par des mesures sur une surface d'essai métallique propre reliée à la terre.

La valeur du potentiel de surface de crête initial mesurée par le mesureur de champ est affectée par le taux initial de décroissance de la charge et par le temps de retrait de la plaque portant les pointes de décharge par effet couronne. Quand le temps de retrait de la plaque est comparable au taux de décroissance, la durée du mouvement de la plaque affectera la valeur du potentiel de surface de crête initial et donc la valeur de la propension à la charge calculée.

Dans le cadre de l'évaluation de l'aptitude des matériaux en modélisant le comportement observé avec tribochargement, il est approprié d'utiliser la tension mesurée (100 ± 10 ms après la fin de la charge pour définir la tension initiale.

D.1.5 Equipement pour l'étalonnage du temps de décroissance de la charge

Les instruments de mesure de décroissance de la charge doivent être étalonnés en utilisant une surface conductrice plane couvrant toute la zone d'ouverture d'essai avec une petite séparation (moins de 0,5 mm) sous le bord de l'ouverture d'essai pour pouvoir appliquer des tensions d'étalonnage. La Figure D.2 montre une disposition appropriée.



Légende

- R résistance
- C condensateur

Figure D.2 – Equipement pour l'étalonnage du temps de décroissance de la charge

D.1.6 Equipement pour mesurer la quantité de charge transférée

La charge reçue par la surface d'un échantillon avec une charge par effet couronne peut être mesurée en utilisant une disposition de support d'échantillon comme cela est illustré à la Figure D.3.

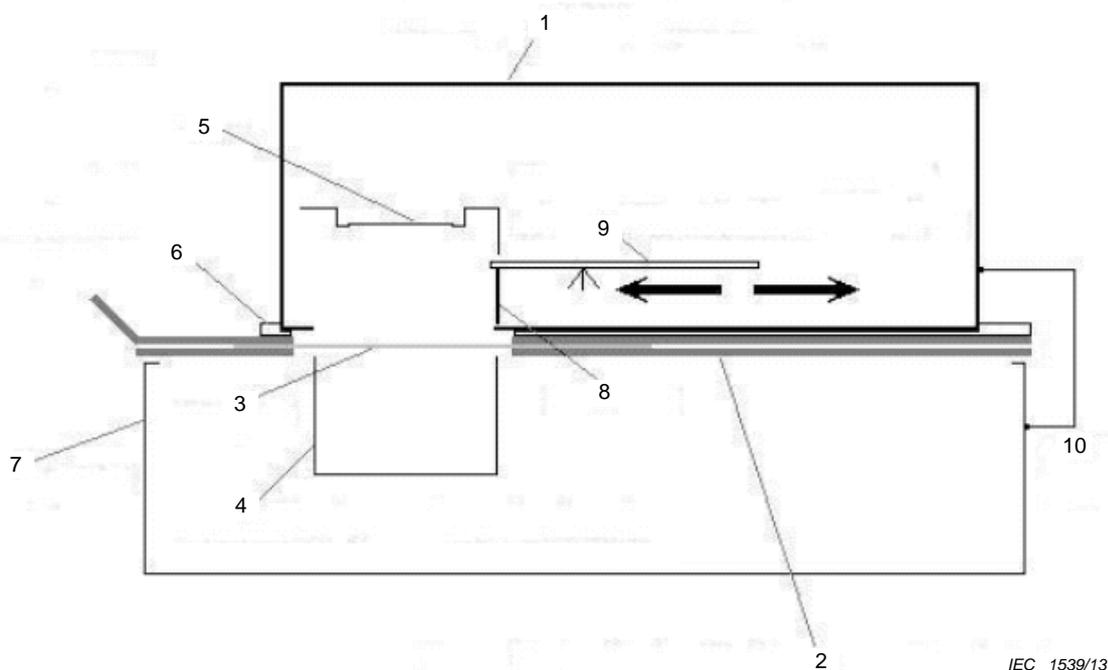
L'ouverture pour l'échantillon dans les plaques de support doit être plus grande que l'ouverture d'essai dans la plaque d'appui de l'unité d'essai de décroissance de la charge pour éviter un écoulement direct de la charge par effet couronne vers ces plaques. Ceci peut être soumis à un essai en observant un signal de charge de conduction négligeable en l'absence d'échantillon. La performance des instruments de mesure de charge surfacique doit être évaluée conformément à la procédure d'étalonnage de D.5.2. La charge transférée à la surface d'essai est mesurée en deux parties:

- a) la charge directement couplée aux plaques de support d'échantillon;

b) la charge restant où elle est déposée.

NOTE L'approche apparemment simple consistant à mesurer la charge quittant l'unité d'essai de décroissance de la charge ne donnera pas de valeurs correctes pour la charge. La raison est que si la charge reste sur la surface du matériau d'essai et ne se déplace pas rapidement hors des plaques de support d'échantillon, elle se couplera de nouveau à la structure de l'unité et ne sera donc pas entièrement disponible pour la mesure.

La charge de conduction couplée directement, et pendant la période des observations, aux plaques de support est mesurée par un circuit de mesure de charge de terre virtuelle approprié. La charge restant dans la région du dépôt est détectée par une électrode d'induction située sous l'échantillon à support ouvert. Si la forme de l'électrode de détection d'induction est similaire à la forme mécanique de l'appareil de décroissance de la charge au-dessus de la zone d'essai, alors la moitié de la charge restant sera couplée à l'équipement et l'autre moitié à l'électrode d'induction. La composante de charge d'induction sera alors deux fois la charge reçue par l'électrode d'induction. La sensibilité précise des mesures de charge d'induction et de l'étalonnage global de l'unité de mesure de charge est déterminée comme cela est spécifié en D.5.2.



Légende

- 1 unité d'essai de décroissance de la charge
- 2 plaques de support de mesure de charge de conduction
- 3 échantillon
- 4 électrode de détection d'induction
- 5 ouverture de détection à mesureur de champ
- 6 isolation entre l'unité d'essai de décroissance de la charge et les plaques de support d'échantillon
- 7 boîtier de blindage
- 8 barrage à air
- 9 plaque mobile avec groupe de pointes de décharge par effet couronne
- 10 liaison de terre entre l'unité d'essai de décroissance de la charge et le boîtier de blindage et circuits de mesure de charge de zéro volt

Figure D.3 – Disposition pour la mesure de la charge reçue

D.2 Aspects généraux des procédures de mesure

D.2.1 Temps de décroissance de la charge

Le temps de décroissance de la charge est le temps entre la tension initiale créée par la charge placée sur la surface et une fraction choisie et indiquée des points finaux de celle-ci. Le tribochargement n'entraîne aucune influence sur des éléments proches des charges sur les surfaces de séparation pendant environ 100 ms. Ceci est dû à la cadence des actions du corps et à la proximité entre les charges séparées. Bien que le comportement de la décroissance de la charge avec une charge par effet de couronne juste après la fin de l'action de charge présente un intérêt technique, il n'est pas approprié aux performances pratiques ni aux risques engendrés. La valeur de la tension initiale à utiliser est donc la tension présente (100 ± 10) ms après la fin de l'action de charge. La fraction de tension initiale pour le point final du temps de décroissance de la charge peut être $1/e$ ou 10 %. Ces temps s'écrivent $t_{1/e}$ et $t_{10\%}$.

Il convient de ne pas considérer comme 'constante de temps' le temps entre la tension initiale et $1/e$. Ceci impliquerait que la courbe de décroissance soit de forme exponentielle, ce qui n'est généralement pas le cas.

D.2.2 Tension initiale

La forme de la variation de tension de surface avec le temps après la fin de l'action de charge varie généralement peu avec la quantité de charge transférée. Ainsi le niveau de tension atteint (100 ± 10) ms après la fin de l'action de charge n'est pas directement important. La seule chose nécessaire est de déterminer avec une bonne qualité la date de fin à 10 % de cette tension.

Les temps de décroissance de la charge sur de petits signaux où le bruit du signal peut être important par rapport à l'amplitude du signal doivent être mesurés avec soin. N'importe quelle technique de calcul de la moyenne doit tenir compte du besoin d'une réponse rapide sur les régimes transitoires initiaux rapides des courbes des courts temps de décroissance.

D.2.3 Courbe de décroissance de tension

Il est utile d'enregistrer la forme de la courbe de décroissance de la charge. Dans de nombreux cas, le taux de décroissance ralentit de manière importante pendant la décroissance et des niveaux appréciables de la charge surfacique peuvent être maintenus pendant de longues périodes. Cet effet est également indiqué en comparant les temps de décroissance à 10 % et ceux à $1/e$.

NOTE Les enregistrements des courbes de décroissance de la charge permettent de procéder ultérieurement à un nouvel examen des performances.

D.2.4 Mesure des temps

Des temps de décroissance peuvent être mesurés, soit directement par les circuits électroniques, soit sur des enregistrements à l'oscilloscope. Pour surmonter les problèmes liés aux limitations du rapport signal/bruit aux bas niveaux des signaux, il peut être nécessaire de procéder à des moyennes locales des mesures plutôt que d'utiliser les valeurs maximales et minimales des signaux.

D.2.5 Vérification de la cohérence des mesures

Lorsque les temps de décroissance sont inférieurs à 100 s, il est utile de faire un certain nombre de mesures répétées au même endroit et d'effectuer des mesures avec des tensions d'effet couronne élevées et basses et avec les deux polarités de charge. Ces mesures montrent la constance du comportement des matériaux et des variations des performances avec la quantité de charge.

NOTE Il est souhaitable d'effectuer des mesures pour vérifier si l'effet couronne entraîne des variations des caractéristiques des échantillons, à la fois sur le temps de décroissance de la charge et sur la propension à la charge. Toute variation engendrée par l'effet couronne peut être facilement examinée en effectuant des mesures au même endroit, au début au niveau d'une faible charge par effet couronne, puis au niveau d'une forte charge par effet couronne et de nouveau au niveau d'une faible charge par effet couronne.

La forme de courbes de décroissance de la charge peut présenter des variations par rapport à la quantité de charge déposée. Il est prudent de réaliser des essais sur une gamme de quantités de charge comparables à des quantités susceptibles de se produire dans un cas pratique. Le tribochargement par frottement peut impliquer des quantités de charge dans la gamme de 10 nC à 50 nC. Il est donc approprié d'effectuer des mesures avec des quantités de charge décroissantes depuis 50 nC.

D.2.6 Surmonter une pré-charge

Lorsque des échantillons sont manipulés pour les placer en vue des essais, leur surface peut se pré-charge. Lorsque des échantillons sont positionnés, il est recommandé de remettre la plaque mobile en place, afin que le mesureur de champ puisse détecter une charge sur la surface de l'échantillon et indiquer ces observations. Ce potentiel de surface initial sur les échantillons relativement isolants peut être minimisé par une manipulation soigneuse avec un minimum de glissements.

Une pré-charge appréciable signifie des tensions de surface supérieures à 2 % de la valeur attendue ou mesurée de la tension de crête initiale.

Des tensions supérieures à cette valeur peuvent perturber les résultats des mesures de temps de décroissance jusqu'à 10 %. Deux options principales sont disponibles en cas de pré-charge appréciable:

- a) attendre que la pré-charge se soit dissipée. C'est-à-dire attendre la chute du potentiel de surface initial;
- b) effectuer une étude sur la décroissance de cette pré-charge sans ajouter de charge par effet couronne. C'est-à-dire effectuer une mesure en coupant la tension par effet couronne ou en la réglant sur 0 V. Il convient de noter que la décroissance d'une telle pré-charge peut être plus lente que la décroissance de la charge par effet couronne locale. Cette observation est néanmoins utile.

Il n'est pas recommandé de tenter d'effectuer des mesures de qualité en ajoutant une charge par effet couronne à une surface ou à un matériau déjà bien chargé.

On ne le recommande pas aussi que la pré charge sur le matériel soit neutralisée par chacun signifie d'autre que l'attente. Un dépôt de charge neutralisante ne peut que donner l'illusion de neutralité, en créant des zones de charges étroitement couplées.

D.2.7 Autres artéfacts à éviter

Trois autres artéfacts valent la peine d'être cités:

- a) Si le barrage à air sur le bord avant de la plaque mobile touche la surface de l'échantillon, un tribochargement peut se produire. Ceci peut apparaître lors d'essais avec tissus légers. Il convient d'étirer la surface du tissu sous l'ouverture d'essai, mais celui-ci peut être soulevé par le mouvement d'air induit. Cet effet peut être vérifié en effectuant des mesures sans charge par effet couronne. Il peut être évité en soulevant légèrement la plaque d'appui de l'instrument par rapport au niveau de l'échantillon.
- b) Avec certains matériaux, on peut observer un très court potentiel de surface de crête transitoire (1 ms à 2 ms) avant la courbe de décroissance de la charge réelle. Ceci est généralement positif. L'apparition de ce régime transitoire perturbera le fonctionnement de la synchronisation des logiciels. On pense que ceci est dû à la séparation de charge verticale entre les surfaces avant et arrière au niveau de la flexion de l'échantillon.
- c) Si une charge statique est retenue sur la surface de la plaque mobile située en face de la surface d'essai, alors une charge peut apparaître sur l'échantillon par le champ électrique

d'induction. Cet effet peut être minimisé en réduisant au minimum la zone non reliée à la terre sur le côté inférieur de la plaque mobile.

D.3 Procédure pour mesurer la propension à la charge

D.3.1 Généralités

Des mesures sont effectuées sur une zone plate d'un matériau avec un support de bord relié à la terre. Des mesures sont effectuées avec un support ouvert, dans lequel aucune surface n'est reliée à la terre ni chargée derrière la zone d'essai, et toute la zone d'essai repose contre une surface métallique propre reliée à la terre. Ces conditions modélisent les deux extrémités des applications pratiques. Une charge localisée est déposée pendant une courte période de temps au milieu de la zone d'essai. Elle peut être déposée par tribochargement ou, plus facilement, par décharge par effet couronne à haute tension, comme cela est décrit à l'Article D.2. La charge par effet couronne est une méthode de charge acceptable et commode. En effet, des études ont montré que les performances des matériaux correspondent bien à celles obtenues par tribochargement. Un certain nombre de références applicables sont données dans la bibliographie.

La tension de surface créée par la charge déposée et le taux de décroissance de cette tension avec le temps sont mesurés sans contact de surface avec un support ouvert et relié à la terre, comme cela est décrit à l'Article D.2.

La quantité de charge transférée par l'action de charge est mesurée en utilisant l'équipement décrit en D.1.5.

D.3.2 Montage

Installer la surface d'essai dans l'appareil de décroissance de la charge par effet couronne comme cela est décrit à l'Article D.2.

D.3.3 Tension de surface avant un essai

Vérifier que la tension de surface avant un essai est basse avant chaque essai. Il convient qu'elle soit inférieure de 2 % par rapport à la tension de surface de crête initiale attendue ou observée, atteinte à la charge.

D.3.4 Mesure du temps de décroissance de la charge

Mesurer le temps de décroissance de chaque tension de surface entre la tension mesurée à un instant $t(i)$ après la fin de la charge et 10 % de ce niveau. Un temps de retard $t(i)$, entre la fin de la charge et la tension de surface prise pour le début des mesures de temps de décroissance, de (100 ± 10) ms est généralement approprié. Ce temps de retard se rapporte au temps pris par tribochargement pour que des surfaces se séparent et pour que l'influence de la charge surfacique sur les éléments voisins se développe.

Il n'est pas nécessaire d'atteindre une tension de surface initiale spécifique. La tension initiale doit seulement être suffisante pour obtenir une mesure de temps de décroissance de bonne qualité.

Effectuer au moins 2 mesures de temps de décroissance de la charge et de la propension à la charge, en utilisant la polarité positive et la polarité négative à chacune des tensions par effet couronne suivantes: $(2,7 \pm 0,1)$ kV; $(3,0 \pm 0,1)$ kV; $(4,0 \pm 0,1)$ kV et $(5,0 \pm 0,1)$ kV. Des durées d'effet couronne de (15 ± 5) ms sont appropriées.

Si des mesures initiales représentent que des valeurs de la propension à la charge sont proches de l'unité, il peut être acceptable de ne pas effectuer d'autres mesures. Des mesures supplémentaires seront nécessaires si elles montrent une importante variation par rapport à la position sur l'échantillon d'essai.

NOTE Avec la gamme de décharge par effet couronne indiquée ci-dessus, des mesures de tension sont effectuées avec les tensions de surface et les quantités associées de charge pour les deux polarités sur une gamme de quantités de charge allant jusqu'à quelques nano-coulombs (nC). Ceci couvre les conditions qui se rapportent à des situations de tribochargement.

D.3.5 Calcul de propension à la charge

La propension à la charge sur la surface d'essai est le rapport du potentiel de surface obtenu par unité de charge pour une couche mince d'un bon isolant divisé par le potentiel de surface obtenu par unité de charge avec une distribution de charge surfacique similaire sur le matériau d'essai

La propension à la charge (C_L) sur la surface est obtenue à partir de la mesure de la charge reçue par la surface d'essai, Q , et le potentiel de surface initial, V , observé. La valeur est calculée en comparant le rapport observé du potentiel de surface initial par unité de charge au rapport observé avec une couche très mince d'un bon isolant (par exemple du film adhérent étirable) qui présente un temps de décroissance suffisamment court pour obtenir dans un temps raisonnable un faible potentiel de surface avant un essai. Ce rapport est équivalent au rapport entre la valeur de capacité apparente calculée pour le matériau d'essai C et celle d'une couche très mince d'un bon isolant, C^* . Les formules suivantes doivent être utilisées pour calculer la propension à la charge:

Capacité apparente du matériau de référence (couche très mince d'un bon isolant):

$$C^* = Q_{\text{ref}}/V_{\text{ref}} \quad (\text{D.1})$$

Capacité apparente du matériau d'essai:

$$C = Q/V \quad (\text{D.2})$$

Propension à la charge:

$$C_L = C/C^*$$

$$C_L = (Q/V) / (Q_{\text{ref}}/V_{\text{ref}}) \quad (\text{D.3})$$

où Q_{ref} est la charge totale reçue et V_{ref} est le potentiel de surface initial observé sur le matériau de référence, Q est la charge totale reçue par le matériau d'essai, et V est le potentiel de surface initial observé sur le matériau d'essai.

Une fois qu'une valeur a été obtenue pour la capacité apparente $C^* = Q_{\text{ref}}/V_{\text{ref}}$ pour le matériau de référence dans la disposition d'essai particulière, elle peut être utilisée comme valeur de référence dans les mesures suivantes de la propension à la charge, à condition que toutes les caractéristiques de la disposition d'essai restent les mêmes.

Les valeurs de charges capacitatives calculées à partir de chaque mesure de tension initiale à (100 ± 10) ms et la quantité de charge associée sont tracées en fonction des quantités de charge impliquées comme illustré à la Figure D.4. Les pentes moyennes de variation pour la polarité positive et la polarité négative sont extrapolées à charge nulle. L'extrapolation des valeurs de la propension à la charge à charge nulle s'est montrée la meilleure manière d'adapter une charge par effet couronne aux performances du tribochargement.

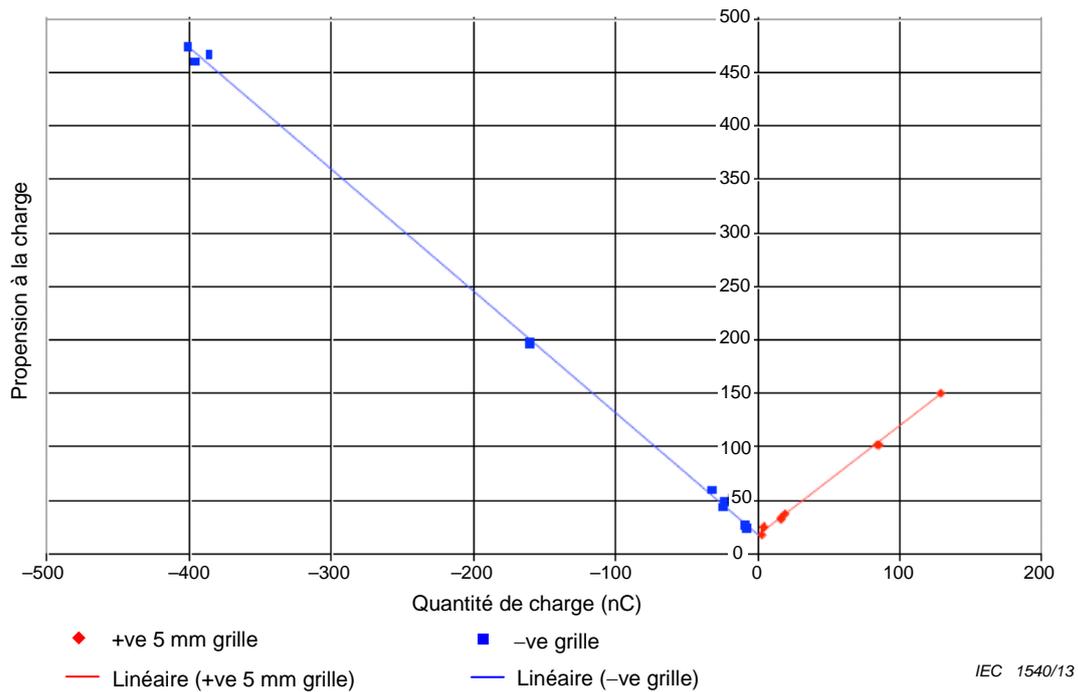


Figure D.4 – Exemple de variation de la propension à la charge avec la quantité d'effet couronne

D.4 Evaluation

L'évaluation des matériaux est basée sur la tension de surface mesurée (100 ± 10) ms après la fin d'une courte période de charge, $t(i)$. Des jugements sont faits à partir d'une des deux caractéristiques de performances:

- a) si le temps normalisé pour que la tension de surface diminue de la valeur observée à $t(i)$ jusqu'à 10 % de celle-ci avec le support ouvert et avec le support relié à la terre est inférieur à un temps spécifié, $t(a)$;

et/ou

- b) si la valeur de la propension à la charge extrapolée à charge nulle (basée sur la tension de surface à $t(i)$) est supérieure à N et également si le temps nécessaire pour que la tension de surface chute de la valeur à $t(i)$ jusqu'à 10 % est inférieur à $t(b)$.

Pour les applications générales, $t(a)$ doit être $(1,0 \pm 0,1)$ s, N doit valoir 40 et $t(b)$ doit être (20 ± 1) s.

Si le temps nécessaire pour la décroissance de la charge après $t(i)$ est court par rapport au temps de séparation des surfaces, et s'il existe un chemin de fuite pour la charge vers la terre, alors aucune tension de surface importante ne peut apparaître.

S'il est clair à partir des mesures initiales que les valeurs de la propension à la charge sont trop basses pour permettre un contrôle efficace des tensions de surface, alors les mesures peuvent être concentrées sur des mesures de temps de décroissance de la charge.

S'il est seulement possible de mesurer le temps de décroissance de la charge (par exemple avec les surfaces installées), alors cette mesure sera suffisante à condition que le temps de décroissance soit inférieur au temps d'acceptation $t(a)$, par exemple $(1,0 \pm 0,1)$ s. La tension de surface maximale V_{max} (volts) qui peut apparaître en pratique pour une quantité de charge

$q(nC)$ peut être obtenue à partir des valeurs de la propension à la charge extrapolées à charge nulle sous la forme

$$V_{\max} = f q / (CL_q = 0) \quad (D.4)$$

où f est un facteur et $CL_q = 0$ est la valeur de la propension à la charge mesurée avec une charge par effet couronné extrapolée à charge nulle. En pratique, des valeurs pour q sont susceptible d'être inférieures à 50 nC et la valeur du facteur f est autour de 75.

NOTE L'extrapolation des valeurs de la propension à la charge à charge nulle s'est montrée la meilleure manière d'adapter une charge par effet couronné aux performances du tribochargement.

Les valeurs maximales de tension dérivées comme ci-dessus peuvent être comparées aux niveaux de tension de seuil de risque pour des cas pratiques. Par exemple, si la tension de surface maximale admissible est 100 V, alors la valeur de la propension à la charge doit dépasser 40.

En plus des exigences sur la propension à la charge présentées ci-dessus, il est nécessaire que toute charge générée localement puisse s'écouler vers la terre. Si ce n'est pas le cas, alors plusieurs charges entraîneront une accumulation progressive du potentiel de surface. En supposant que le matériau ait un point de liaison à la terre (par exemple le corps d'une personne portant un vêtement est relié à la terre par des chaussures ou un bracelet de mise à la terre), alors le temps de décroissance de la charge à 10 % de la valeur atteinte à $t(i)$ doit être inférieur à (20 ± 1) s avec le support relié à la terre. Dans le cas de vêtements où la zone chargée peut traverser une couture depuis la liaison à la terre, alors les mesures doivent être faites à la fois à l'endroit où une couture sépare le point de mise à la terre et la zone d'essai, et lorsque la connexion à la terre est sur la même zone de tissu que celle chargée directement.

D.5 Procédures d'étalonnage

D.5.1 Etalonnage des instruments de mesure de décroissance de la charge par effet couronné

D.5.1.1 Eléments à étalonner

L'étalonnage d'un instrument de mesure de décroissance de la charge implique deux parties:

- a) l'étalonnage de la sensibilité au potentiel de surface du mesureur de champ;
- b) l'étalonnage des performances de mesure du temps de décroissance.

NOTE Un étalonnage formel nécessite l'établissement d'incertitudes de mesure (voir le guide ISO/CEI 98-1 [5]).

D.5.1.2 Etalonnage de la sensibilité au potentiel de surface

L'étalonnage de la sensibilité au potentiel de surface est fait en termes de potentiel uniforme sur la surface conductrice recouvrant toute la zone d'ouverture d'essai. La source de tension doit fournir une tension stable, de faible ondulation et des deux polarités, d'au moins 1 000 V. Le système de mesure de la tension doit couvrir la mesure des deux polarités et être séparé de la source de tension afin d'être formellement étalonné indépendamment. La précision de la mesure de la tension doit être meilleure que 0,2 %. La stabilité de la tension d'étalonnage doit être 0,2 %.

D.5.1.3 Etalonnage du temps de décroissance

Des résistances et des condensateurs étalonnés sont connectés en parallèle entre la terre et la plaque d'étalonnage conductrice au-dessus de l'ouverture d'essai. Les résistances et les condensateurs doivent être de bonne qualité, avec des caractéristiques de tension linéaires et être capables de résister à des tensions pouvant atteindre 3 kV.

Des valeurs de temps de décroissance, en secondes, sont dérivées du produit des valeurs des résistances (ohms) et des condensateurs (farads). Les valeurs de temps de décroissance doivent être données pour chaque décade de temps sur la plage de fonctionnement principale de l'instrument. Pour couvrir la plage d'intérêt des matériaux antistatiques utilisés, il convient que les valeurs de temps de décroissance fournies couvrent la gamme 100 ms à 100 s.

L'étalonnage formel des résistances et des condensateurs doit être effectué dans l'équipement utilisé pour l'étalonnage des instruments de décroissance de la charge.

D.5.1.4 Procédure d'étalonnage

L'instrument de mesure de décroissance de la charge est monté sur l'équipement d'étalonnage, allumé et stabilisé. Connecter la plaque d'étalonnage à la terre et mesurer la valeur initiale du potentiel de surface nul à l'aide du mesureur de champ. Appliquer des tensions étalonnées à la plaque pour obtenir des valeurs de niveaux de tension bien espacés de 50 V à 1 000 V. Répéter les mesures pour l'autre polarité de tension.

Connecter un ensemble de résistances et de capacités entre la terre et la plaque d'étalonnage. Appliquer à l'aide de l'instrument de mesure de décroissance de la charge une charge suffisante à la plaque d'étalonnage pour obtenir un potentiel de surface de crête initial qui convient à la mesure du temps de décroissance. Des potentiels de surface initiaux dans la gamme de 100 V à 1 000 V conviennent. Mesurer le temps entre le potentiel de surface de crête initial et 1/e de celui-ci en utilisant des installations de mesure du temps de décroissance de la charge de l'instrument normal. Si des installations électroniques et informatiques de mesure du temps de décroissance sont disponibles, alors les deux doivent être utilisées ensemble.

Au moins 3 mesures de temps de décroissance doivent être effectuées pour chaque polarité de charge pour chaque réglage de valeur de temps de décroissance. Pour chaque ensemble de 6 lectures, la valeur moyenne du temps de décroissance et l'écart type doivent être calculés.

D.5.2 Etalonnage des instruments de mesure de transfert de charge par effet couronne

D.5.2.1 Eléments à étalonner

L'étalonnage d'un instrument de mesure de la charge par effet couronne reçue par des échantillons implique deux parties:

- a) l'étalonnage de la sensibilité à la charge des circuits de mesure de charge de conduction et d'induction;
- b) l'étalonnage de l'interprétation des observations de charge d'induction.

D.5.2.2 Sensibilité des mesures de charge d'induction et de conduction

Une quantité définie de charge est fournie en chargeant un condensateur étalonné à une tension définie. L'étalonnage de la charge implique de décharger ce condensateur directement dans les électrodes impliquées dans la mesure de la charge d'induction et de conduction. Si les circuits de mesure de charge sont des circuits d'entrée de terre virtuels, alors toute la charge sur le condensateur est transférée au circuit de mesure de charge et le signal de sortie peut être comparé à la quantité de charge d'entrée connue.

D.5.2.3 Sensibilité relative de la mesure de charge d'induction

La sensibilité relative des observations de charge d'induction est le signal de charge mesuré comparé à la quantité de charge placée sur la surface de l'échantillon à la position du dépôt de charge. Ceci est mieux déterminé par des études de décroissance de la charge avec l'unité d'essai de décroissance de la charge montée sur le support de l'échantillon de mesure de charge en utilisant un échantillon d'essai mince qui est un isolant assez homogène et de

temps de décroissance de la charge de plusieurs secondes. Initialement, les signaux de mesure de charge seront seulement des signaux de charge d'induction. Ces signaux deviendront progressivement uniquement des signaux de charge de conduction. Puisque la charge totale est constante, le facteur de sensibilité relative est le facteur par lequel le signal d'induction décroissant doit être multiplié de sorte que lorsqu'il est ajouté au signal de conduction croissant, la somme, c'est-à-dire la valeur de charge totale, est stable pendant le temps de l'observation.

La sensibilité précise des mesures de charge d'induction est évaluée en utilisant un échantillon mince de matériau dissipatif simple (par exemple du papier, un film de cellophane ou un film adhésif étirable), avec un temps de décroissance de quelques secondes. Les variations de conduction Q_c et les signaux d'induction Q_i sont enregistrés numériquement pendant la période initiale de la décroissance de la charge, par exemple jusqu'au temps $1/e$.

Une feuille de calcul peut alors être utilisée pour trouver le modèle de facteur numérique, f_1 , par lequel des signaux d'induction instantanés doivent être multipliés de sorte que lorsqu'ils sont ajoutés aux signaux de conduction instantanée correspondants, on obtienne un signal total Q_{tot} qui ne varie pas au cours du temps d'observation:

$$Q_{tot} = Q_c + f_1 * Q_i \quad (D.5)$$

Ce processus est illustré sur la Figure D.5.

Une fois qu'une valeur a été obtenue pour le facteur f_1 , elle peut être utilisée comme valeur de référence dans les mesures de charge suivantes, à condition que toutes les caractéristiques de la disposition d'essai restent les mêmes.

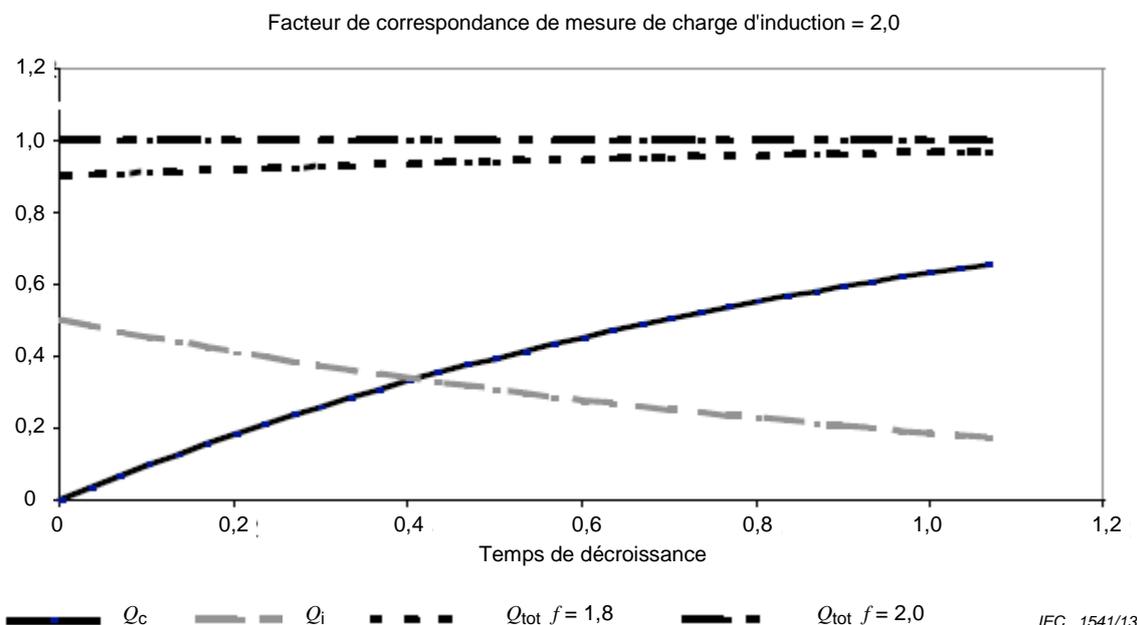


Figure D.5 – Ajustement de facteur pour faire correspondre les mesures d'induction aux mesures de conduction

Annexe E (informative)

Essais de tribochargement simple

E.1 Equipement

E.1.1 Matériaux de charge

Les matériaux de charge peuvent être sous forme d'objets solides (par exemple des tubes en plastique, des blocs, des billes, etc.) ou des matériaux flexibles (par exemple des feuilles de plastique, des textiles tissés ou tricotés, etc.).

Il convient de choisir des matériaux de charge, connus pour générer des charges élevées sur des vêtements sans aucune forme de protection statique. A titre de guide, il convient que la charge générée sur des vêtements non protégés soit au moins le double de la limite supérieure acceptable spécifiée pour l'installation ou le système.

Il convient d'utiliser au moins deux matériaux de charge: un matériau électropositif et un matériau électronégatif.

Si des matériaux de charge sont réutilisés, il convient de les nettoyer régulièrement pour s'assurer qu'ils ne comportent pas de contaminants qui pourraient affecter leur aptitude à la charge.

E.1.2 Instruments de mesure

Les moyens les plus commodes pour déterminer le niveau de charge sur des vêtements consistent à mesurer le potentiel de surface ou le champ électrostatique en utilisant un mesureur de champ ou un voltmètre sans contact.

Il convient que l'instrument de mesure soit capable de mesurer au moins le double de la limite supérieure acceptable spécifiée pour l'installation ou le système, avec une précision de $\pm 10\%$ de cette valeur limite. Il convient que le temps de réponse soit de l'ordre de 0,1 s et il convient que le zéro soit stable sur toute la durée des mesures.

E.2 Procédure

E.2.1 Tribochargement de vêtements par mouvements de la personne qui les porte

Il convient que la personne qui porte les vêtements en essai effectue des mouvements normaux, par exemple se pencher, balancer les bras, etc., de sorte que le tribochargement se produise entre différentes surfaces des vêtements portés. Il convient de mesurer le champ ou la tension de surface à différents endroits autour du corps.

E.2.2 Tribochargement avec des matériaux de charge

La pratique et l'expérience sont nécessaires pour déterminer la meilleure méthode de tribochargement. Par exemple, des frottements vigoureux selon un mouvement circulaire, de grands coups rapides dans une seule direction, des frappes ou des mouvements de fouet.

Il convient de tribocharger le vêtement en essai de la façon choisie avec le premier matériau de charge choisi et il convient de mesurer immédiatement la tension de surface ou le champ résultant. Il convient de répéter cette procédure avec les autres matériaux de charge à différents endroits autour du corps.

Il convient que l'endroit du tribochargement tiennent compte des zones de vêtements les plus susceptibles de se charger, par exemple le dos qui peut être en contact avec des chaises, et des zones susceptibles de présenter des risques élevés, par exemple les extrémités des manches qui sont les plus proches des dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques.

Bibliographie

- [1] CEI 61340-4-3, *Electrostatique – Partie 4-3: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Chaussures*
- [2] CEI 61340-4-5, *Electrostatique – Partie 4-5: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Méthodes de caractérisation de la protection électrostatique des chaussures et des revêtements de sol par rapport à une personne*
- [3] EN 1149-1:1996, *Vêtements de protection – Propriétés électrostatiques – Partie 1: méthode d'essai pour résistivité de surface*
- [4] CEI/TR 61340-3-1, *Electrostatique – Partie 3-1: Méthodes pour la simulation des effets électrostatiques – Formes d'onde d'essai des décharges électrostatiques pour le modèle du corps humain (HBM)*
- [5] ISO/CEI Guide 98-1, *Incertitude de mesure – Partie 1: Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure*

Références supplémentaires non citées

GOMPF, R., "Standard test method for evaluating triboelectric charge generation and decay" NASA Report MMA-1985-79 Rev 2, July 1988

CHUBB, J.N., "Instrumentation and standards for testing static control materials" IEEE Trans Ind. Appl. vol 26 (6) Nov/Dec 1990 p1182

CHUBB, J.N. and MALINVERNI, P., "Experimental comparison of methods of charge decay measurements for a variety of materials" EOS/ESD Symposium 1992 p5A.5.1

CHUBB, J.N., "Dependence of charge decay characteristics on charging parameters" 'Electrostatics 1995', York April 3-5, 1995 Inst Phys Confr Series 143 p103

CHUBB, J.N., "Corona charging of practical materials for charge decay measurements" J. Electrostatics 37 1996 p53

CHUBB, J.N., "The assessment of materials by tribo and corona charging and charge decay measurements" 'Electrostatics 1999' Univ Cambridge, March 1999 Inst Phys Int Conference

GOMPF, R., HOLDSTOCK, P., CHUBB, J.N. "Electrostatic test methods compared" EOS/ESD Symposium, Sept 26-30 1999

CHUBB, J.N., "Measurement of tribo and corona charging features of materials for assessment of risks from static electricity" IEEE Trans Ind. Appl. 36 (6) Nov/Dec 2000 p1515

CHUBB, J.N., "New approaches for electrostatic testing of materials" J. Electrostatics 54 March 2002 p233 (Proceedings ESA2000 Annual meeting, Brock University, Niagara Falls, June 18-21, 2000)

CHUBB, John, "An Introduction to Electrostatic Measurements", Nova Science Publishers, Inc., New York, 2010

CHUBB, J.N., HOLDSTOCK, P., DYER, M. "Can cleanroom garments create electrostatic risks?" 'Cleanroom Technology' 8 (3) March 2002 p38

CHUBB, J.N., HOLDSTOCK, P., DYER, M. "Can surface voltages on inhabited garments be predicted" Inst Phys 'Electrostatics 2003' Conference, Heriot-Watt Univ 23-27 March 2003

CHUBB, J.N., HOLDSTOCK, P., DYER, M. "Predicting maximum surface voltages on inhabited cleanroom garments in practical use" ESTECH Phoenix 18-21 May 2003

HOLDSTOCK, P., DYER, M.J.D. CHUBB, J.N., "Test procedure for predicting surface voltages on inhabited garments" EOS/ESD Symposium 2003. Las Vegas. 21-25 Sept 2003

KOWALSKI J.M., WRÓBLEWSKA M., "Premises for Practical Evaluation of the Anti-electrostatic properties of Protective Garments", Fibres & Textiles in Eastern Europe; Jan./Dec.2006, v.14, No.5 (59), p. 23-28

PAASI, Jaakko, KALLIOHAKA, Tapio, LUOMA, Tuija, SOININEN, Mervi, SALMELA, Hannu, NURMI, Salme, COLETTI, Gianfranco, GUASTAVINO, Francesco, FAST, Lars, NILSSON, Anders, LEMAIRE, Philippe, LAPERRE, Jan, VOGEL, Christian, HAASE, Jürgen, PELTONIEMI, Terttu, VIHARIÄKOSKI, Toni, REINA, Giuseppe, SMALLWOOD, Jeremy, BÖRJESSON, Arne, "Evaluation of existing test methods for ESD garments" VTT research report BTUO45-041224, Tampere 2004

PAASI, Jaakko, FAST, Lars, LEMAIRE, Philippe, VOGEL, Christian, VIHARIÄKOSKI, Toni, REINA, Giuseppe, CHUBB, John, HOLDSTOCK, Paul, HEIKKILÄ, Pirjo, "ESTAT-Garments Interlaboratory Tests", VTT Research report BTUO45-051337, Tampere, 2005

PAASI, Jaakko, FAST, Lars, LEMAIRE, Philippe, VOGEL, Christian, COLETTI, Gianfranco, PELTONIEMI, Terttu, REINA, Giuseppe, SMALLWOOD, Jeremy, BÖRJESSON, Arne, "Recommendations for the use and test of ESD protective garments in electronics industry", VTT Research report BTUO45-051338, Tampere, 2005

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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