

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 11: Methods of measurement of the surface insulation resistance of electrical steel strip and sheet

Matériaux magnétiques –

Partie 11: Méthodes de mesurage de la résistance d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 11: Methods of measurement of the surface insulation resistance of electrical steel strip and sheet

Matériaux magnétiques –

Partie 11: Méthodes de mesurage de la résistance d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.01; 29.030

ISBN 978-2-8322-9942-5

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	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Principle of measurement	5
5 Test specimen	7
6 Test apparatus	8
6.1 Contact assembly	8
6.2 Power supply	8
6.3 Current measurement	8
6.4 Applied force	8
7 Verification	9
8 Measurement procedure	9
9 Evaluation of surface insulation resistance	10
10 Uncertainty	10
11 Test report	11
Bibliography	12
Figure 1 – Fundamental arrangement of the test apparatus (schematic)	6
Figure 2 – Schematic arrangements of the test apparatus and the voltage stabilizing circuit	6

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

**Part 11: Methods of measurement of the surface
insulation resistance of electrical steel strip and sheet**

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.

IEC 60404-11 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991, Amendment 1:1998 and Amendment 2:2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Method B has been deleted and the measurement of individual currents through each contact button is enabled by Method A;
- b) an improved arrangement of the test apparatus and the voltage stabilizing circuit for Method A, "Arrangement B", is introduced.
- c) an alternative layout using two pairs of contact assemblies in opposing position of the test specimen is introduced;

- d) the restriction: “The same area of the test specimen shall not be used to test both sides.” has been deleted.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
68/665/CDV	68/681/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60404 series, published under the general title *Magnetic materials*, can be found on the IEC website.

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

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

MAGNETIC MATERIALS –

Part 11: Methods of measurement of the surface insulation resistance of electrical steel strip and sheet

1 Scope

This part of IEC 60404 is applicable to electrical steel strip and sheet insulated by coating on one or both sides.

The object of this document is to define the general principles and technical details of the measurement of the surface insulation resistance of electrical steel strip and sheet.

NOTE This test is suitable for manufacturing and quality control in the application of insulation coatings.

2 Normative references

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

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

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

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

4 Principle of measurement

The principle of the measurement is based on, and includes, the method originally described by Franklin [1]¹ which characterizes one coated surface at a time.

The fundamental arrangement of the test apparatus is shown in Figure 1. Ten metallic contact buttons of fixed area are applied to one coated surface of the test specimen, under specified conditions of voltage and pressure.

The effectiveness of the surface insulation is assessed by the measurement of currents flowing through the 10 contact buttons.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

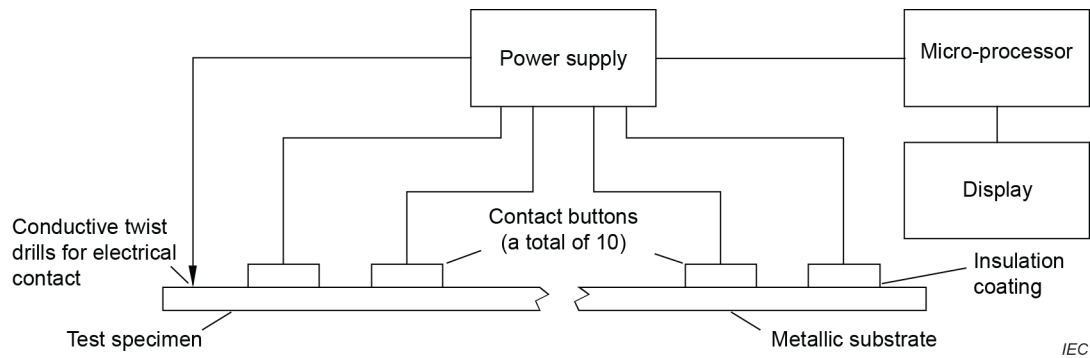
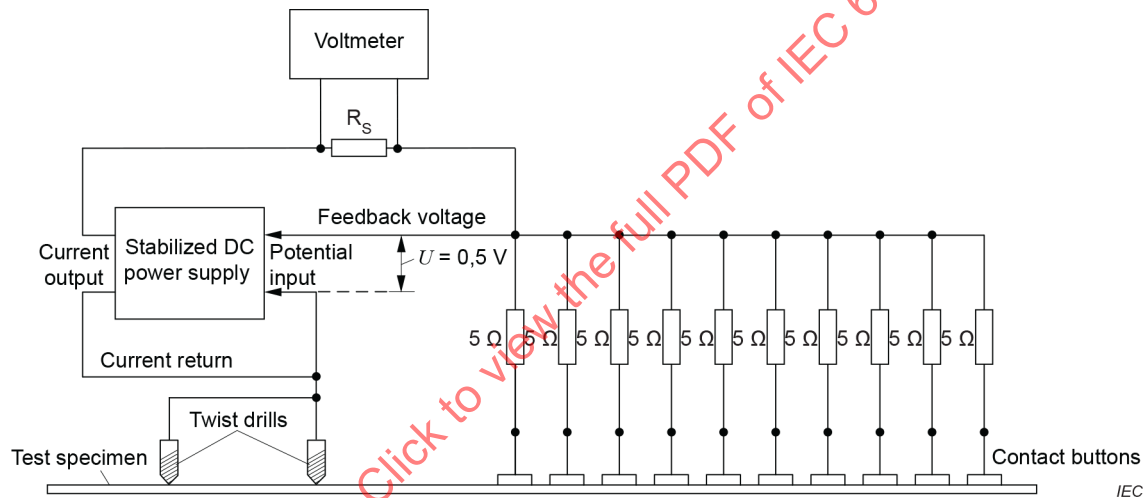


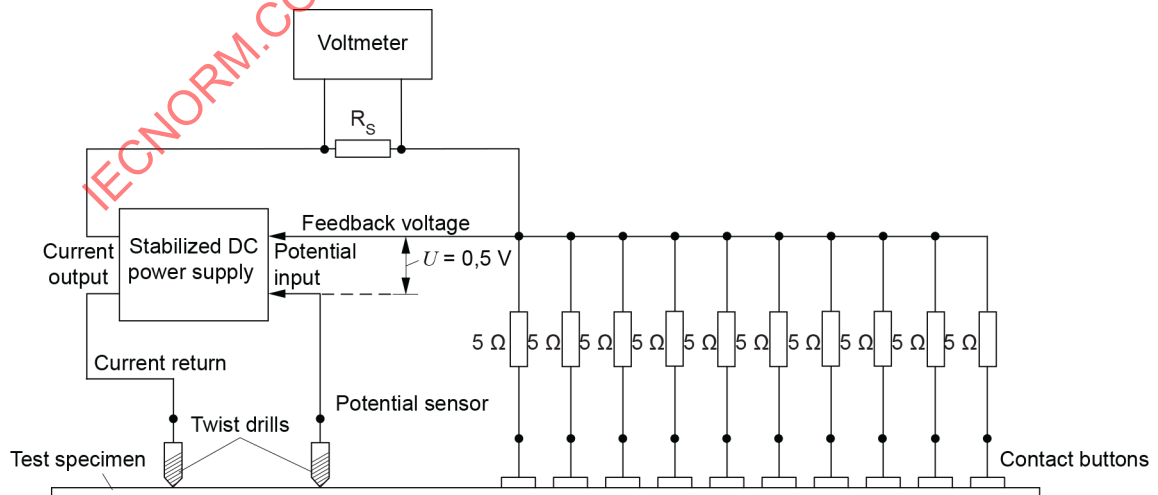
Figure 1 – Fundamental arrangement of the test apparatus (schematic)

A power supply feeds each contact button with a stabilized DC voltage, and the currents through the 10 contact buttons are measured.

The arrangements of the test apparatus and the voltage stabilizing circuit are shown in Figure 2.



a) Arrangement A



b) Arrangement B

Figure 2 – Schematic arrangements of the test apparatus and the voltage stabilizing circuit

Ten contact buttons are applied to one coated surface of the test specimen. 5 Ω resistors of ± 1 % precision are connected in series with each contact button as shown in Figure 2. Two conductive twist drills contact electrically with the metallic substrate under the insulation coating.

The voltage between the supply side of the 5 Ω resistors and the twist drills is stabilized at DC 0,5 V with a relative tolerance of $\pm 0,5$ % over a current range from 0 A to 1,0 A.

The two twist drills may be placed at each end of the contact buttons and applied to the same side of the test specimen.

In Arrangement A, the two twist drills perform the function of current return contacts with the metallic substrate [see Figure 2 a)].

In Arrangement B, the two twist drills perform different functions [see Figure 2 b)]. One drill provides the current return contact with the metallic substrate. The other drill serves as a potential sensor for the voltage feedback control. This feedback control removes the influence of the contact resistance between the current return drill and the metallic substrate.

NOTE The contribution of the contact resistance on the measurement is significant when measuring a relatively low surface insulation resistance.

Arrangement B is recommended when measuring a relatively low surface insulation resistance.

The total current flowing through the insulation coating between the 10 contact buttons and the metallic substrate in parallel connection is measured (see Figure 2).

The value of the total current shall be determined by measuring the voltage drop across the current sensing resistor R_s connected in series with the current circuit. The current sensing resistor shall not be included within the voltage stabilizing circuit.

The individual contact button currents may be analysed by measuring the individual voltage drops across each 5 Ω resistor.

Because the current path is between the contact buttons and the metallic substrate, this test is not a true measurement of interlaminar resistance, in which the current path is between two metallic substrates of adjacent sheets. However, this test provides a useful index of the quality of the surface insulation resistance.

5 Test specimen

The test specimen shall be a length of strip or a sheet. The width and length of the test specimen shall be greater than the width and length of the contact assembly (see 6.1).

The test specimen shall be representative for the material to be tested. The surfaces shall be clean and free from powder, dust and oil, etc. which may be the result of handling of the test specimen. Measurements shall be performed at room temperature of (23 ± 5) °C.

This measurement is destructive, the surface of the test specimen where the contact assembly touched shall not be used again.

NOTE To obtain a representative result, several test specimens can be taken evenly across the full width of the strip or sheet.

6 Test apparatus

6.1 Contact assembly

The contact assembly consists of 10 vertically mounted contact rods and two twist drills of approximately 3 mm in diameter. These 10 contact rods shall be able to move individually and axially against springs in a mounting block. The contact rods shall press on the surface of the test specimen with the same force. In order to achieve electrical contact with the metallic substrate, the two twist drills shall be rotated when pressed on the test specimen. The twist drills shall pierce the insulation coating but shall not pierce through the test specimen.

The 10 contact rods shall be arranged in one or two rows.

Each rod shall be provided with a contact button of bronze or other equivalent low resistive material with sufficient hardness (for example, stainless steel). The contact buttons shall be electrically insulated from the mounting block.

Each of the 10 contact buttons shall have a contact area of 64,5 mm² with a relative tolerance of ± 1 %, giving a total area for the 10 buttons of 645 mm² with a relative tolerance of ± 1 %. Each contact button shall press on the test specimen uniformly over the whole contact area and shall avoid concentrating the force at the edge of the contact button.

NOTE 1 A force concentration at the edge of the contact button can destroy the insulation coating and cause a direct contact between the contact button and the metallic substrate. Therefore, misalignments of the contact buttons can cause an erroneous large current through the contact buttons. Articulated joints which allow the contact buttons to follow the surface of the test specimen improve the contacts by compensating for minor misalignments.

NOTE 2 In case the purchaser and the manufacturer agree to use a different contact button size, e.g. 100 mm², for each contact button (e.g. total area of 1 000 mm²), the measured values differ from the values measured with contact buttons of the standard size of 64,5 mm² for each contact button (total area of 645 mm²).

The test specimen shall be pressed between a baseplate and the contact assembly. Alternatively, the test specimen may be pressed between pairs of contact assemblies (arrangement of the 10 contact buttons each) of the same dimensions in opposing positions provided that the comparability of the results can be demonstrated. This arrangement allows successive measurement of both sides of the test specimen without turning over the test specimen.

6.2 Power supply

The power supply shall be capable of maintaining a stabilized voltage of DC 0,5 V with a relative tolerance of $\pm 0,5$ % over a current range from 0 A to 1,0 A.

6.3 Current measurement

The total current flowing through the contact buttons shall be measured with an uncertainty of $\pm 0,5$ % or better.

The value of the total current shall be determined by measuring the voltage drop across the current sensing resistor R_s of a low resistance value (e.g. 0,2 Ω) by means of a suitable voltmeter (see Figure 2).

NOTE An ammeter with a low internal resistance value can be used instead of the resistor R_s and the voltmeter.

6.4 Applied force

A pressure of 2 N/mm² with a relative tolerance of ± 5 % shall be applied to each of the 10 contact buttons pressing on the test specimen. This corresponds to a force of 1 290 N with a relative tolerance of ± 5 % for the total contact area of 645 mm².

7 Verification

The system shall be verified in four ways:

- a) The 10 contact buttons and 2 twist drills shall be applied to a clean and flat copper sheet at the nominal testing pressure. The total current flowing through the 10 contact buttons shall be between 0,97 A and 1,00 A. If this is not the case, the cleanliness of the contact buttons and the contact resistance between the power supply and the copper sheet shall be checked.
- b) Standard resistors of 0,1 Ω , 1 Ω , 10 Ω and 100 Ω connected between the twist drills and each contact button in turn may be used in order to show that the stabilization of voltage is adequate and that the required current levels can be achieved.
- c) The total force applied to all the 10 contact buttons pressing on the base plate or the 10 contact buttons in opposing positions shall be verified by any suitable means, e.g. load cells, with an uncertainty of ± 5 % or better.
- d) Pressure measurement sheets, that can indicate applied pressure as colour density variations, shall be pressed between the 10 contact buttons and a flat plate at the nominal testing pressure. In the case of measurements performed with two sets of contact buttons in opposite positions (see 6.1), a plate equipped with pressure measurement sheets on both sides shall be inserted between the pairs of contact assemblies for the purpose of such verification. The 10 marks shall be even and free from signs of force concentration. Carbon paper pressed on white paper by the contact buttons can be used instead of the pressure measurement sheet. Contact buttons giving uneven marks shall be replaced with new ones ensuring even pressure.

8 Measurement procedure

The test specimen shall be positioned between the 10 contact buttons and the baseplate. Alternatively, the test specimen shall be positioned between two sets of 10 contact buttons in opposing positions (see 6.1).

The force of 1 290 N shall be gradually applied to the 10 contact buttons pressing on the test specimen.

The voltage of DC 0,5 V shall be applied across the supply side of the 5 Ω resistors and the twist drills. The total current I_A shall be recorded directly or by a micro-processor (see Figure 1).

If the surface insulation resistance of one coated surface of the test specimen is to be evaluated in the test, the total current I_A shall be taken from 10 separate representative areas, on the same surface of one or several test specimens, and the average value of the total current $\bar{I}_A$ shall be calculated for the 10 values.

If the surface insulation resistance of both coated surfaces of the test specimen is to be evaluated in the test, the total current I_A shall be taken from 5 separate representative areas, each on both surfaces of one or several test specimens, and the average value of the total current $\bar{I}_A$ shall be calculated from the 10 values.

As an alternative, upon agreement between the purchaser and the manufacturer, two sides of the test specimen may be evaluated separately by adding the total currents I_A from the 5 measurements per side separately and calculating the average values of the total current $\bar{I}_A$ of each side separately.

Care shall be taken so that the contact buttons are not placed on any marks of the contact buttons and the drills from previous measurements. It is particularly important to avoid the drill marks from measuring the first side when measuring the opposite side.

9 Evaluation of surface insulation resistance

The average value of the total current $\bar{I}_A$ shall be calculated by averaging the 10 recorded values of the total current I_A (either all from the same surface or 5 each from two surfaces) using Formula (1):

$$\bar{I}_A = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} I_A \quad (1)$$

where

I_A is the total current, in A;

$\bar{I}_A$ is the average value of the total current I_A , in A.

In the alternative case that the two sides of the specimen are evaluated separately, Formula (1) is applied to each surface by replacing 10 by 5.

C is the coefficient of surface insulation resistance for one coated surface of the test specimen. If 5 measurements are taken each from both coated surfaces, the value C is the coefficient of the surface insulation resistance per one coated surface in $\Omega \text{ mm}^2/\text{side}$, which represents the mean of both coated surfaces. Twice the value C corresponds to the coefficient of interlaminar resistance in $\Omega \text{ mm}^2/\text{sheet}$ for both coated surfaces.

In the case of one coated surface, it is only possible to calculate the coefficient of the surface insulation resistance per one coated surface in $\Omega \text{ mm}^2/\text{side}$.

NOTE The described procedure in ASTM A717 [2] produces a surface insulation resistivity which corresponds to twice the value of C .

The coefficient of surface insulation resistance C shall be determined using Formula (2).

$$C = A \cdot \left(\frac{U}{\bar{I}_A} - \frac{R_c}{10} \right) = 645 \cdot \left(\frac{0,5}{\bar{I}_A} - 0,5 \right) \quad (2)$$

where

C is the coefficient of surface insulation resistance, in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{side}$;

A is the total area of the 10 contact buttons, equal to 645 mm^2 ;

U is the voltage applied across the supply side of the 5Ω resistors and the twist drills, equal to $0,5 \text{ V}$;

R_c is the resistance of the resistors in series with each contact button, equal to 5Ω ;

$\bar{I}_A$ is the average value of the total current I_A , in A.

10 Uncertainty

Even with the best practices in design, instrumentation, maintenance, and operation, the uncertainty of the measurement according to the test method is greatly influenced by the nature of the surfaces of the test specimens. However, in many cases, the indication of the estimated uncertainty of measurements may be needed. If so, the estimation of the uncertainty shall be made in accordance with ISO/IEC Guide 98-3.

11 Test report

The test report shall include the following, as applicable:

- a) the type and identity of the test specimen;
- b) the nature of the coating and whether the coating is applied to one or both sides of the strip or sheet;
- c) the number of this standard (IEC 60404-11) including its year of publication;
- d) the value of the coefficient of the surface insulation resistance:
 - for one coated surface, the value C , in $\Omega \text{ mm}^2/\text{side}$ or $\Omega \text{ cm}^2/\text{side}$;
 - or both coated surfaces, twice the value C , in $\Omega \text{ mm}^2/\text{sheet}$ or $\Omega \text{ cm}^2/\text{sheet}$;
- e) the average value of the total current $\bar{I}_A$, in mA;
- f) the average values of the total currents per side separately, in mA (if agreed between the purchaser and the manufacturer);
- g) any deviation from the procedure;
- h) any unusual feature observed;
- i) the date of the test.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

Bibliography

- [1] Franklin, R.F., *Measurement and control of interlaminar resistance of laminated magnetic cores*, ASTM Bulletin, no. 144, January 1947, p. 57
- [2] ASTM A717 / A717M – 12(2018), *Standard Test Method for Surface Insulation Resistivity of Single-Strip Specimens*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Principe de mesure	17
5 Epreuve	19
6 Appareillage d'essai	20
6.1 Ensemble des contacts	20
6.2 Alimentation électrique	20
6.3 Mesurage du courant	20
6.4 Force appliquée	21
7 Vérification	21
8 Procédure de mesure	21
9 Evaluation de la résistance d'isolement superficiel	22
10 Incertitude	23
11 Rapport d'essai	23
Bibliographie	24
Figure 1 – Montage général de l'appareillage d'essai (schéma)	18
Figure 2 – Montages de l'appareillage d'essai et du circuit de stabilisation de tension (schémas)	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

**Partie 11: Méthodes de mesurage de la résistance
d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60404-11 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1991, l'Amendement 1:1998 et l'Amendement 2:2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la Méthode B a été supprimée, et la Méthode A permet de mesurer les courants qui traversent chaque touche de contact;
- b) un montage amélioré, "Montage B", a été ajouté pour l'appareillage d'essai et le circuit de stabilisation de tension de la Méthode A;

- c) une variante de montage, qui utilise deux paires d'ensembles de contacts situés en position opposée à l'éprouvette, a été introduite;
- d) la restriction "Une même portion de l'éprouvette ne doit pas être utilisée pour caractériser les deux faces" a été supprimée.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
68/665/CDV	68/681/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-11:2021

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 11: Méthodes de mesurage de la résistance d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 s'applique aux bandes et tôles en acier électrique isolées par un revêtement sur une seule face ou sur les deux faces.

Le présent document a pour objet de définir les principes généraux et les éléments techniques pour le mesurage de la résistance d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique.

NOTE Cet essai convient à la fabrication et au contrôle de la qualité dans l'application des revêtements isolants.

2 Références normatives

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

Guide ISO/IEC 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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

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

4 Principe de mesure

Le principe de mesure repose sur et inclut la méthode initialement décrite par Franklin [1]¹ qui caractérise une face revêtue à la fois.

La Figure 1 représente le montage général de l'appareillage d'essai. Dix touches de contact métalliques de surface déterminée sont appliquées sur une seule face revêtue de l'éprouvette, dans les conditions spécifiées de tension et de pression.

L'efficacité de l'isolement superficiel est évaluée par mesurage des courants, qui traversent les 10 touches de contact.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

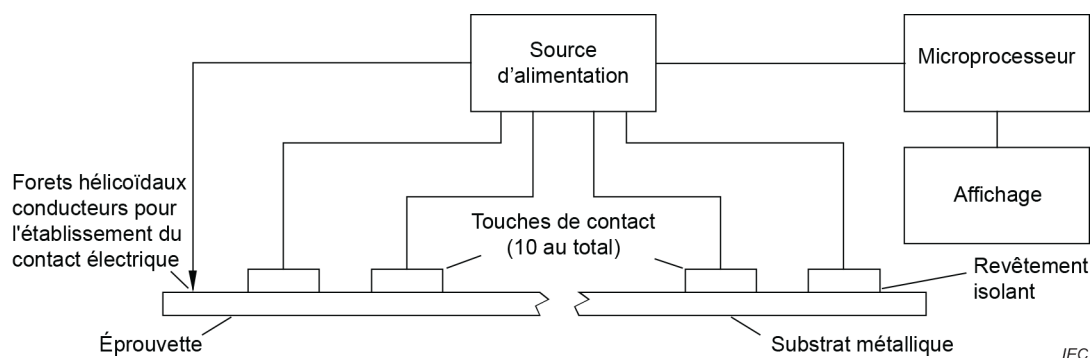
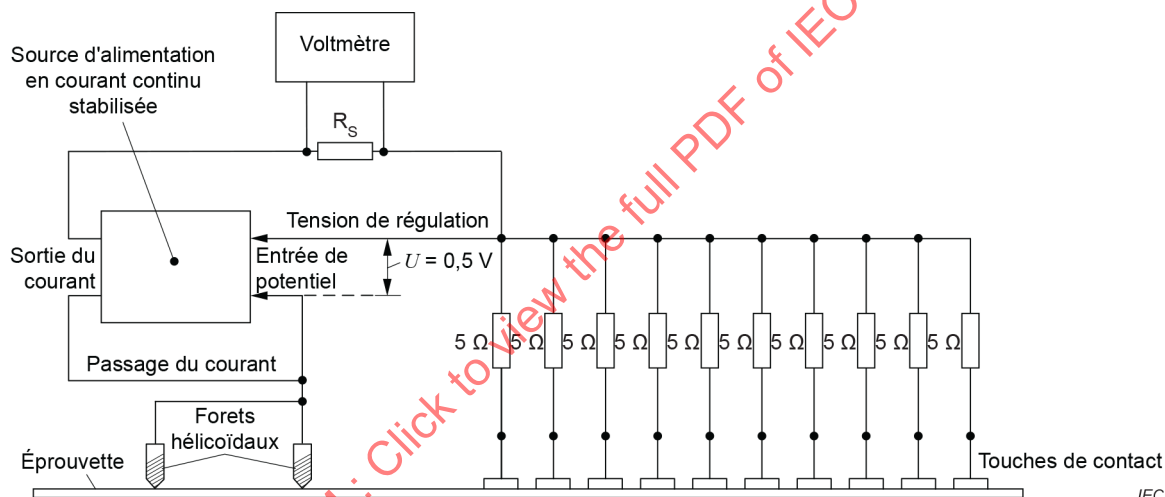


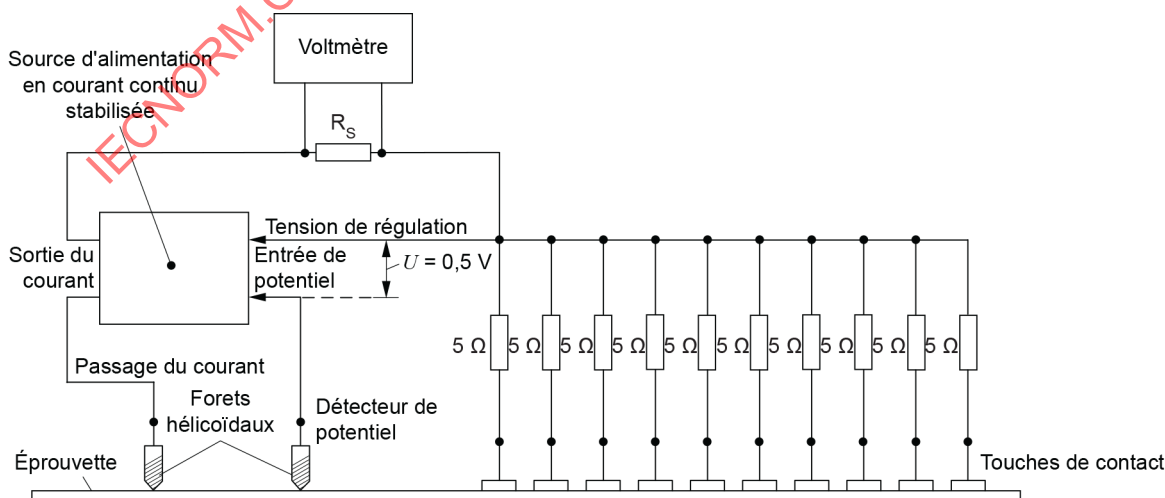
Figure 1 – Montage général de l'appareillage d'essai (schéma)

Une source d'alimentation alimente chaque touche de contact à une tension en courant continu stabilisée, et l'intensité des courants qui traversent les 10 touches de contact est mesurée.

La Figure 2 représente les montages de l'appareillage d'essai et du circuit de stabilisation de tension.



a) Montage A



b) Montage B

Figure 2 – Montages de l'appareillage d'essai et du circuit de stabilisation de tension (schémas)

Dix touches de contact sont appliquées sur une seule face revêtue de l'éprouvette. Des résistances de $5\ \Omega$ d'une précision de $\pm 1\ %$ sont connectées en série à chaque touche de contact (voir Figure 2). Deux forets hélicoïdaux conducteurs sont mis en contact électrique avec le substrat métallique sous le revêtement isolant.

La tension en amont des résistances de $5\ \Omega$ et des forets hélicoïdaux est stabilisée à $0,5\ \text{V}$ en courant continu avec une tolérance relative de $\pm 0,5\ %$ sur une plage d'intensités entre $0\ \text{A}$ et $1,0\ \text{A}$.

Les deux forets hélicoïdaux peuvent être placés à chaque extrémité de la touche de contact appliquée sur la même face de l'éprouvette.

Dans le Montage A, les deux forets hélicoïdaux assurent la fonction des contacts de passage de courant avec le substrat métallique [voir Figure 2 a)].

Dans le Montage B, les deux forets hélicoïdaux assurent des fonctions différentes [voir Figure 2 b)]. Un foret assure le contact de passage de courant avec le substrat métallique. L'autre foret sert de détecteur de potentiel pour le contrôle de la tension de régulation. Ce contrôle de régulation élimine l'influence de la résistance de contact entre le foret de passage de courant et le substrat métallique.

NOTE La contribution de la résistance de contact au mesurage est importante lorsque le mesurage concerne une résistance d'isolement superficiel de valeur relativement faible.

Le Montage B est recommandé pour le mesurage d'une résistance d'isolement superficiel de valeur relativement faible.

Le courant total qui traverse le revêtement isolant entre les 10 touches de contact et le substrat métallique en connexion parallèle est mesuré (voir Figure 2).

La valeur du courant total doit être déterminée par mesurage de la chute de tension aux bornes de la résistance de détection de courant R_s reliée en série au circuit. La résistance de détection de courant ne doit pas être incluse dans le circuit de stabilisation de tension.

Les courants des touches de contact peuvent être analysés par mesurage des chutes de tension aux bornes de chaque résistance de $5\ \Omega$.

Etant donné que le passage du courant s'effectue entre les touches de contact et le substrat métallique, cet essai ne réalise pas un mesurage réel de la résistance interlaminaire, où le passage du courant s'effectue entre deux substrats métalliques de tôles adjacentes. Cependant, cet essai permet d'obtenir une indication utile sur la qualité de la résistance d'isolement superficiel.

5 Epreuve

L'éprouvette doit être constituée d'une longueur de bande ou de tôle. La largeur et la longueur de l'éprouvette doivent être supérieures à la largeur et à la longueur de l'ensemble des contacts (voir 6.1).

L'éprouvette doit être représentative du matériau à soumettre à l'essai. Les surfaces doivent être propres et exemptes de poudre, de poussière, d'huile, etc., qui peuvent provenir de la manipulation de l'éprouvette. Les mesurages doivent être réalisés à une température ambiante de $(23 \pm 5)\ ^\circ\text{C}$.

Etant donné que ce mesurage est destructif, la surface de l'éprouvette en contact avec l'ensemble des contacts ne doit pas être réutilisée.

NOTE Pour obtenir un résultat représentatif, plusieurs éprouvettes peuvent être prélevées uniformément sur toute la largeur de la bande ou de la tôle.

6 Appareillage d'essai

6.1 Ensemble des contacts

L'ensemble des contacts est constitué de 10 tiges de contact verticales et de 2 forets hélicoïdaux d'environ 3 mm de diamètre. Ces 10 tiges de contact doivent être capables de se déplacer individuellement et axialement contre des ressorts fixés à un bâti. Les tiges de contact doivent exercer une force égale sur la surface de l'éprouvette. Afin d'obtenir un contact électrique avec le substrat métallique, les deux forets hélicoïdaux doivent être tournés lorsqu'ils appuient sur l'éprouvette. Les forets hélicoïdaux doivent percer le revêtement isolant, mais ne doivent pas percer l'éprouvette.

Les 10 tiges de contact doivent être disposées en une ou deux rangées.

Chaque tige doit comporter une touche de contact en bronze ou réalisée dans un autre matériau à faible résistivité équivalente et de dureté suffisante (acier inoxydable, par exemple). Les touches de contact doivent être isolées électriquement du bâti.

Chacune des 10 touches de contact doit avoir une surface de contact de $64,5 \text{ mm}^2$ avec une tolérance relative de $\pm 1 \%$, soit une surface totale de $645 \text{ mm}^2 \pm 1 \%$ pour les 10 touches. Chaque touche de contact doit appuyer uniformément sur l'ensemble de la zone de contact de l'éprouvette et ne doit pas concentrer la force sur le bord de la touche de contact.

NOTE 1 Une concentration de la force sur le bord de la touche de contact peut détruire le revêtement isolant et provoquer un contact direct entre la touche de contact et le substrat métallique. Par conséquent, les défauts d'alignement des touches de contact peuvent causer un courant erroné important aux bornes des touches de contact. Les articulations qui permettent aux touches de contact de suivre la surface de l'éprouvette améliorent les contacts en compensant les défauts d'alignement mineurs.

NOTE 2 Lorsqu'un accord entre l'acheteur et le fabricant prévoit l'utilisation d'une touche de contact de surface différente (100 mm^2 , par exemple) pour chaque touche de contact (surface totale de $1\,000 \text{ mm}^2$, par exemple), les valeurs mesurées diffèrent dans ce cas des valeurs mesurées avec des touches de contact de dimensions normalisées $64,5 \text{ mm}^2$ par touche de contact (surface totale de 645 mm^2).

L'éprouvette doit être comprimée entre un socle et l'ensemble des contacts. À défaut, l'éprouvette peut être comprimée entre deux ensembles de contacts (montage des 10 touches de contact chacun) de mêmes dimensions et situés à des positions opposées, sous réserve de pouvoir démontrer la comparabilité des résultats. Ce montage permet de réaliser des mesurages successifs sur les deux faces de l'éprouvette, sans la retourner.

6.2 Alimentation électrique

L'alimentation électrique doit être capable de maintenir une tension stabilisée de 0,5 V en courant continu avec une tolérance relative de $\pm 0,5 \%$ sur une plage d'intensités entre 0 A et 1,0 A.

6.3 Mesurage du courant

Le courant total qui traverse les touches de contact doit être mesuré avec une incertitude de $\pm 0,5 \%$ ou mieux.

La valeur du courant total doit être déterminée par mesurage de la chute de tension aux bornes de la résistance de détection du courant R_s de faible résistance ($0,2 \Omega$, par exemple) au moyen d'un voltmètre adéquat (voir Figure 2).

NOTE Un ampèremètre à faible résistance interne peut être utilisé en lieu et place de la résistance R_s et du voltmètre.