

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip

Matériaux magnétiques –

Partie 11: Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillets magnétiques



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 Varembé
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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip

Matériaux magnétiques –

Partie 11: Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CD

ICS 17.220.01; 29.030

ISBN 978-2-88912-053-6

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 and field of application	5
2 Principle of measurement	5
3 Test specimen	6
4 Apparatus.....	6
4.1 Contact assembly	6
4.2 Power supply	7
4.3 Current measurement.....	7
4.4 Determination of applied force	8
5 Calibration	9
6 Measuring procedure	9
7 Evaluation of surface insulation resistance	9
8 Test report.....	10
Figure 1 – Arrangement of apparatus for the measurement of surface insulation resistance	5
Figure 2 – Arrangement of stabilizing circuit: mode A.....	8
Figure 3 – Arrangement of stabilizing circuit: mode B.....	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip

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.

This International Standard has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This consolidated version of IEC 60404-11 consists of the first edition (1991) [documents 68(CO)69 and 68(CO)76], its amendment 1 (1998) [documents 68/181/FDIS and 68/186/RVD] and its amendment 2 (2012) [documents 68/434/FDIS and 68/435/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip

1 Scope and field of application

This International Standard is intended to define a measurement method for the determination of the characteristics of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip.

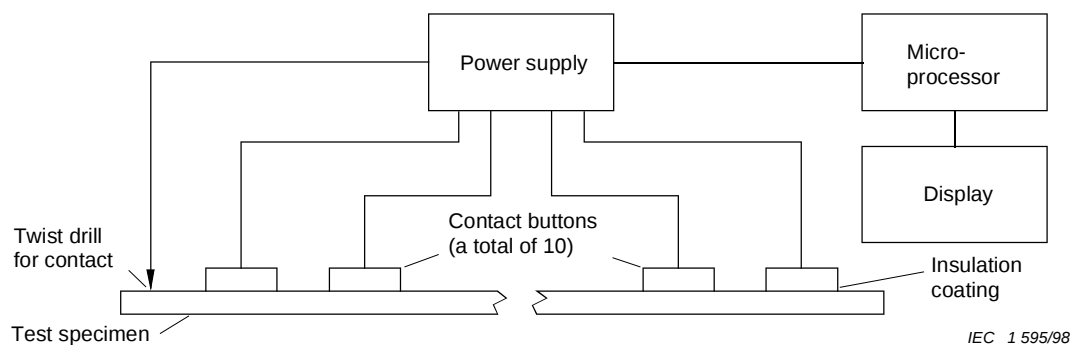
This method is applicable to magnetic sheet and strip insulated on one or both surfaces and is suitable for manufacturing control in the application of insulation coatings.

2 Principle of measurement

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

The arrangement of the apparatus is shown in figure 1. Ten metallic contacts of fixed area are applied to one coated surface of the sheet, under specified conditions of voltage and pressure.

The effectiveness of the surface insulation is assessed by the measurement of the currents through the 10 contacts.



**Figure 1 – Arrangement of apparatus for the measurement of
surface insulation resistance**

* Franklin, R.F., "Measurement and control of interlaminar resistance of laminated magnetic cores", *ASTM Bulletin*, no. 144, January 1947, p. 57.

Each contact button is individually fed from a d.c. power supply in one of the two ways which constitute the two modes of measurement used in this standard, namely:

- a) *Mode A* The voltage between the supply side of the $5\ \Omega \pm 1\%$ resistors (see figure 2) and the drill contacts is stabilized at $500\ \text{mV} \pm 0,5\%$ over a current range of 0 to 1 A. The two twist drills perform the function of current return contacts with the substrate.
- b) *Mode B* The voltage between each contact button and the drill contacts is stabilized at $250\ \text{mV} \pm 0,5\%$ over a current range from 0 to 2,5 A for the analysis of individual electrode currents. The two twist drills perform different functions. One drill provides the current return contact with the substrate. The other drill serves as a potential sensor for the voltage feedback control. This method removes the influence of the variable contact resistance between the current return drill and the substrate.

The voltage across subsidiary current sensing resistors of low-value, connected in series with each electrode, but not included within the stabilized voltage, serves to indicate the value of the current, as shown in figures 2 and 3.

Because the current path is between the contacts and the metallic substrate, this is not a true measurement of interlaminar resistance. However, this test provides a useful indication of surface insulation quality.

3 Test specimen

Each test specimen shall be formed from a single sheet or length of strip. The width and length of the test specimen shall be respectively greater than the width and length of the contact assembly described in clause 4. This measurement is destructive; the test specimen can only be used once.

To obtain a representative result, test specimens shall be taken from the full sheet width.

4 Apparatus

4.1 Contact assembly

The test specimen is pressed between a plate and the contact assembly. The contact assembly consists of 10 vertically-mounted metallic rods which move axially against springs in a mounting block. These 10 contact rods are normally arranged in two rows. However, for convenience these 10 contacts can be arranged in one row. Each rod shall be provided with a contact button of bronze or other suitable material (for example, stainless steel) and shall be electrically insulated from the mounting frame.

NOTE Articulation of contact buttons improves contact by compensating for minor misalignments.

Each of the 10 contact buttons shall have a contact area of $64,5\ \text{mm}^2 \pm 1\%$, giving a total area for the 10 buttons of $645\ \text{mm}^2 \pm 1\%$.

Electrical contact with the substrate of the test specimen shall be achieved by means of two spring-loaded twist drills of about 3 mm diameter which pierce the insulation coating.

4.2 Power supply

Mode A: A d.c. power supply capable of maintaining a stabilized voltage of 500 mV across the electrodes at a current of 0,1 A per electrode (1,0 A total) shall be used.

Mode B: A d.c power supply capable of maintaining a stabilized voltage of 250 mV at a current of 2,5 A for an individual electrode shall be used. A single supply and a current-sensing resistor, R_s , can be used and switched to each contact button in turn, or a 10-outlet system can be used with each electrode fed simultaneously and independently.

4.3 Current measurement

The current flowing through the contact buttons shall be measured with an uncertainty of $\pm 2\%$ or better. This can be achieved by inserting a low value (e.g. 0,2 Ω) resistor in the supply to the contact buttons, at a point outside the connection to the stabilizing circuit, and measuring the voltage drop across the low value resistor by means of a suitable voltmeter.

The electrical arrangements of the stabilizing circuit and current measurement system are shown in figures 2 and 3 for modes A and B respectively.

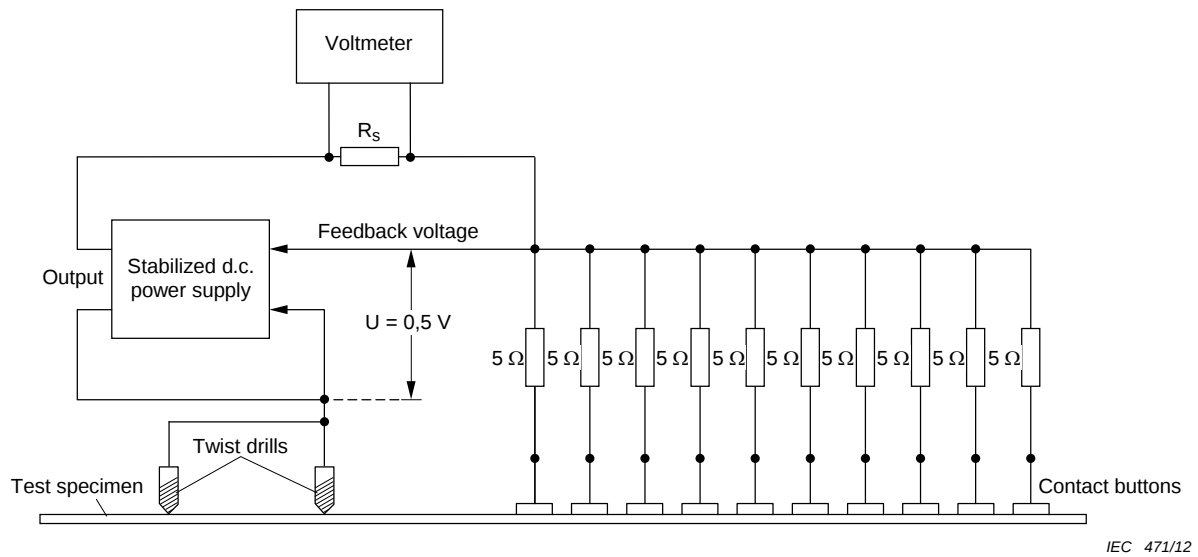


Figure 2 – Arrangement of stabilizing circuit: mode A

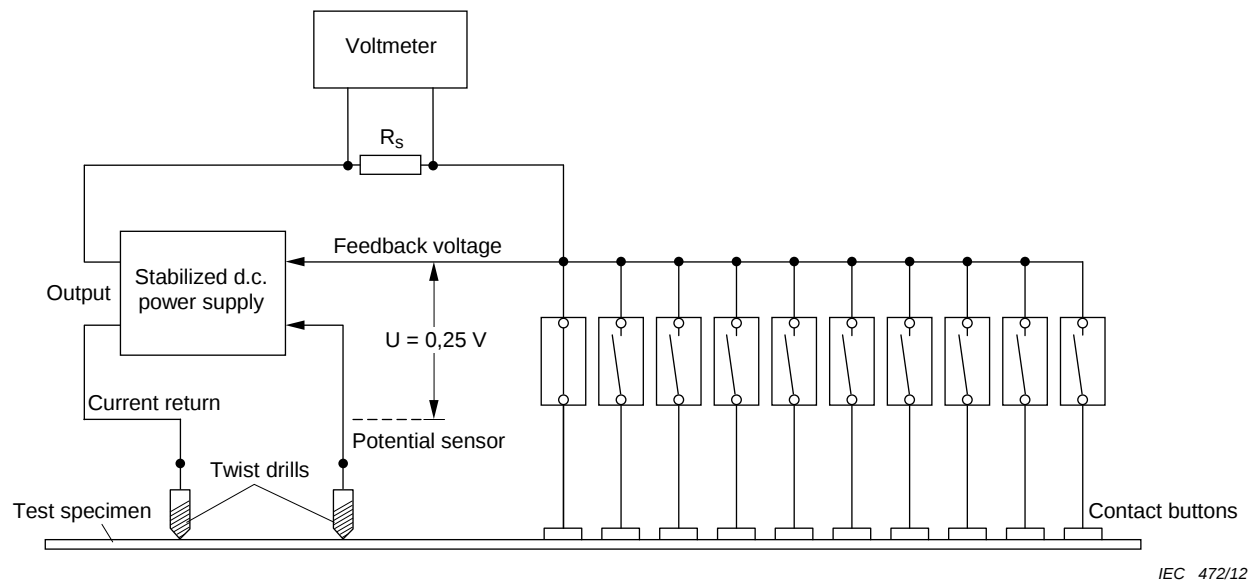


Figure 3 – Arrangement of stabilizing circuit: mode B

4.4 Determination of applied force

The total force applied by all of the contacts pressing on the test specimen shall be determined by any suitable means with an uncertainty of $\pm 5\%$ or better.

5 Calibration

The calibration of the system shall be checked in three ways:

- a) The electrodes and drills shall be applied to a clean copper sheet at nominal testing pressure. The total current passing through the 10 electrodes shall be $1,0 \text{ A} \pm 3 \%$ for mode A. For mode B the electrode to drill voltage shall be less than 25 mV with a current of 2,5 A flowing. If this is not the case, the electrodes shall be checked for cleanliness and the twist drills checked for sharpness and contact resistance.
- b) Carbon paper pressed onto white paper by the electrodes at nominal testing pressure shall give a set of even smudges free from signs of force concentration. Pressure measurement sheets that could indicate applied pressure as colour density variations can be used instead of the carbon paper and white paper.
- c) Standard resistors of $0,1 \Omega$, 1Ω , 10Ω and 100Ω connected between the drills and each electrode in turn shall be used to show that the stabilization is adequate and that the required current levels can be achieved.

6 Measuring procedure

The test specimen shall be positioned between the baseplate and the 10 contact buttons and a force of $1\,290 \text{ N} \pm 5 \%$ shall be gradually applied. This corresponds to a pressure of 2 N/mm^2 for the total contact area of 645 mm^2 .

The stabilized d.c. voltage shall be gradually applied to the electrodes and the total current for mode A, or each electrode current for mode B, shall be recorded individually or by computer.

If the insulation quality of a single surface is to be evaluated in the test, 10 readings shall be taken using the 10 contact buttons on 10 separate representative areas of the sheet or on 10 test specimens.

If the insulation quality of both surfaces is to be jointly evaluated in the test then five applications of the contact buttons shall be made to each surface on five separate representative areas or test specimens. The same area of the test specimen shall not be used to test both sides.

7 Evaluation of surface insulation resistance

The recorded currents shall be used to calculate reported values of insulation resistance in the following ways:

- a) For Mode A, the coefficient of surface insulation resistance shall be determined by inserting the 10 values of the current flowing through the 10 electrodes in parallel (either all from one surface or five from each of the two coated surfaces) in the following formula:

$$C = A \left[\frac{U}{\frac{1}{10} \sum_{1}^{10} I_A} - \frac{R}{10} \right] = 645 \left[\frac{0,5}{\frac{1}{10} \sum_{1}^{10} I_A} - 0,5 \right] \quad (1)$$

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, in mm^2
- U is the voltage applied to the contacts and 5Ω resistors, in V
- R is the resistance in series with each contact, equal to 5Ω
- I_A is the measured total electrode current (10 values), in A

NOTE If five measurements are taken from each surface, the value C is the coefficient of the surface insulation resistance of one surface, which represents the mean of the two surfaces of the product.

- b) For Mode B, the surface insulation resistance shall be calculated from each of the 100 values of electrode current using the formula:

$$R = 0,25 / I_B \quad (2)$$

where

- R is the surface insulation resistance, in Ω
- I_B is the individual electrode current, in A

The 100 resistance values shall be arranged in ascending order of magnitude. The results shall be expressed as marker values R_{16} and R_{50} where R_{16} is the 16th value and R_{50} is the 50th value.

NOTE For the purposes of building engineering insight into the applicability of results, the values $\sum_{1}^{10} I_A$ and $\sum_{1}^{100} I_B$ may be noted and included in the test report.

The processing of data is conveniently carried out by a microprocessor controlling the test system. Such a microprocessor may also be used to measure the resistance between the two insulation piercing drills to verify that the substrate has been well contacted.

The feedback system used in mode B allows a contact resistance, between the current return drill and the substrate, of up to about $1,5 \Omega$. The feedback system should be capable of maintaining a supply voltage, between the electrodes and the substrate, of 250 mV under these conditions.

8 Test report

The test report shall include:

- a) the nature of the coating and whether the coating is applied to one or both surfaces of the steel;
- b) for Mode A, the value of the coefficient of the surface insulation resistance for either a single insulated surface, or for the sheet as a whole if the two surfaces are insulated;
- c) for Mode B, the values of surface insulation resistance equal to the two marker values R_{50} and R_{16} in Ω ;
- d) the number of this standard.

The test report may also include:

- e) the value of $\sum_{1}^{10} I_A$;
- f) the value of $\sum_{1}^{100} I_B$.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Objet et domaine d'application	15
2 Principe de mesure	15
3 Epreuve	16
4 Appareillage	16
4.1 Ensemble des contacts	16
4.2 Source de courant	17
4.3 Mesurage du courant	17
4.4 Détermination de la force appliquée	18
5 Calibrage	19
6 Mode opératoire	19
7 Evaluation de la résistance d'isolement superficiel	19
8 Rapport d'essai	20
Figure 1 – Organisation de l'appareillage pour la mesure de la résistance d'isolement superficiel	15
Figure 2 – Organisation du circuit de stabilisation: mode A	18
Figure 3 – Organisation du circuit de stabilisation: mode B	18

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 11: Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques

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 présente Norme internationale a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

La présente version consolidée de la CEI 60404-11 comprend la première édition (1991) [documents 68(BC)69 et 68(BC)76], son amendement 1 (1998) [documents 68/181/FDIS et 68/186/RVD] et son amendement 2 (2012) [documents 68/434/FDIS et 68/435/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 11: Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale a pour objet de définir une méthode de mesure pour la détermination des caractéristiques de résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques.

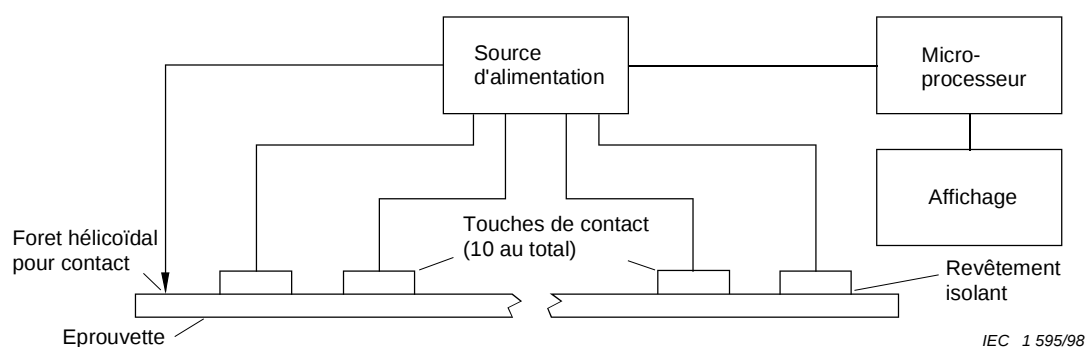
Cette méthode est applicable aux tôles ou feuillards magnétiques isolés sur une ou deux faces et est adaptée au contrôle de fabrication dans le cas d'application de revêtements isolants.

2 Principe de mesure

Le principe de mesure s'appuie sur, et inclut, la méthode décrite à l'origine par Franklin* qui permet de caractériser une seule face revêtue à la fois.

L'organisation de l'appareillage est décrite par la figure 1. Dix contacts métalliques de surfaces déterminées sont appliqués sur une seule face revêtue de la tôle, sous des conditions définies de tension électrique et de pression.

L'efficacité de l'isolation superficielle est évaluée par la mesure des courants traversant les 10 contacts.



**Figure 1 – Organisation de l'appareillage pour la mesure
de la résistance d'isolement superficiel**

* Franklin, R.F., «Measurement and control of interlaminar resistance of laminated magnetic cores», *ASTM Bulletin*, n° 144, janvier 1947, p. 57.

Chaque touche de contact est alimentée individuellement par une source de courant continu selon une des deux manières constituant les deux modes de mesure en vigueur dans cette norme, à savoir:

- a) *Mode A* La tension électrique entre l'extrémité des résistances de $5\ \Omega \pm 1\ \%$ (voir figure 2) connectées à la source et les forets de contact est stabilisée à $500\ \text{mV} \pm 0,5\ \%$ pour une plage de courant allant de 0 à 1 A. Les deux forets hélicoïdaux assurent la fonction de contact avec le substrat pour le passage du courant.
- b) *Mode B* La tension électrique entre chaque touche de contact et les forets de contact est stabilisée à $250\ \text{mV} \pm 0,5\ \%$ pour une plage de courant allant de 0 à 2,5 A en vue de l'analyse des courants d'électrodes individuels. Les deux forets hélicoïdaux assurent des fonctions différentes. Un foret fournit le contact avec le substrat pour le passage du courant. L'autre foret sert de détecteur de potentiel pour le contrôle de la tension de régulation. Cette méthode supprime l'influence d'une variation de la résistance de contact entre le foret de passage de courant et le substrat.

La tension électrique aux bornes des résistances auxiliaires de détection de faibles valeurs et connectées en série avec chaque électrode mais non incluses dans le système de stabilisation de tension, sert à indiquer l'intensité du courant, comme le montrent les figures 2 et 3.

Du fait que le chemin suivi par le courant se situe entre les contacts et le substrat métallique, il ne s'agit pas d'une mesure réelle de la résistance interlaminaire. Quoi qu'il en soit, cet essai procure une indication utile sur la qualité de l'isolement superficiel.

3 Epreuve

Chaque éprouvette doit être issue d'une seule tôle ou longueur de feuillard. La largeur et la longueur de l'éprouvette doivent être respectivement plus grandes que la largeur et la longueur de l'ensemble des contacts décrit à l'article 4. Ce mesurage étant destructif, l'éprouvette ne peut être utilisée qu'une seule fois.

Afin d'obtenir un résultat représentatif, les éprouvettes doivent être prélevées sur toute la largeur de la tôle.

4 Appareillage

4.1 Ensemble des contacts

L'échantillon est comprimé entre un plateau et l'ensemble des contacts. L'ensemble des contacts consiste en 10 tiges métalliques verticales pouvant se déplacer axialement contre l'action de ressorts fixés à un bâti. Ces 10 tiges de contact sont normalement ordonnées en deux rangées. Cependant, par commodité, ces 10 contacts peuvent être disposés sur une seule rangée. Chaque tige doit être munie d'une touche de contact en bronze ou autre matériau adapté (acier inoxydable, par exemple) et doit être isolée électriquement du bloc support.

NOTE L'articulation des touches de contact améliore le contact en compensant les défauts d'alignement mineurs.

Chacune des 10 touches de contact doit avoir une surface de contact de $64,5\ \text{mm}^2 \pm 1\ \%$, soit une surface totale de $645\ \text{mm}^2 \pm 1\ \%$ pour les 10 touches.

Le contact électrique avec le substrat de l'éprouvette doit être réalisé au moyen de deux forets hélicoïdaux d'environ 3 mm de diamètre, montés sur ressorts, destinés à perforer le revêtement isolant.

4.2 Source de courant

Mode A: Une source de courant continu capable d'entretenir une tension stabilisée de 500 mV aux bornes des électrodes sous un courant de 0,1 A par électrode (1,0 A total) doit être utilisée.

Mode B: Une source de courant continu capable d'entretenir une tension stabilisée de 250 mV sous un courant de 2,5 A par électrode individuelle doit être utilisée. Une alimentation unique couplée à une résistance de détection de courant, R_s , peut être utilisée et connectée tour à tour à chaque touche de contact, ou bien un système à 10 sorties alimentant simultanément et indépendamment chaque électrode peut être employé.

4.3 Mesurage du courant

Le courant traversant les touches de contact doit être mesuré avec une incertitude de $\pm 2\%$ ou meilleure. Cela peut être réalisé en insérant une résistance de faible valeur (par exemple $0,2\ \Omega$) entre la source et les touches de contact en un point extérieur à la connexion au circuit de stabilisation, et en mesurant la chute de potentiel aux bornes de la résistance de faible valeur au moyen d'un voltmètre approprié.

Les dispositifs électriques du circuit de stabilisation et des systèmes de mesure du courant sont décrits aux figures 2 et 3 pour les modes A et B respectivement.

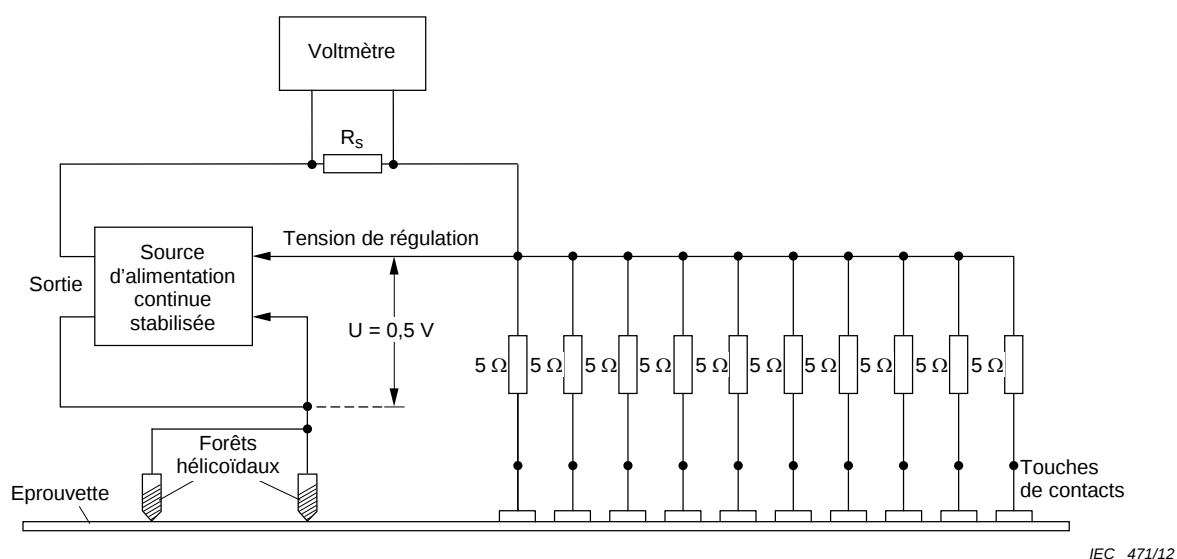


Figure 2 – Organisation du circuit de stabilisation: mode A

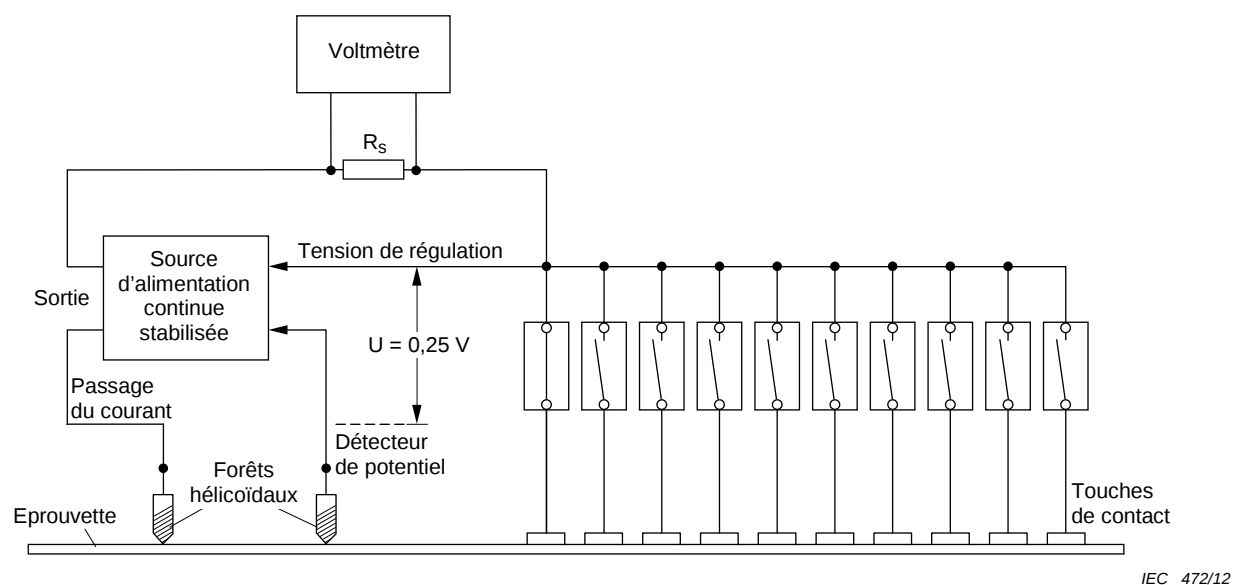


Figure 3 – Organisation du circuit de stabilisation: mode B

4.4 Détermination de la force appliquée

La force totale appliquée par l'ensemble des contacts sur l'éprouvette doit être déterminée par tout moyen adéquat avec une incertitude de $\pm 5\%$ ou meilleure.

5 Calibrage

Le calibrage du système doit être contrôlé de trois façons:

- Les électrodes et les forets doivent être appliqués sur une tôle en cuivre propre à la pression nominale d'essai. Le courant total traversant les 10 électrodes doit être égal à $1,0 \text{ A} \pm 3 \%$ pour le mode A. Pour le cas du mode B, la tension foret-électrode doit être inférieure à 25 mV pour une intensité de 2,5 A. Si tel n'est pas le cas, la propriété des électrodes doit être contrôlée, ainsi que l'affûtage des forets et la résistance de contact qu'ils présentent.
- Un papier carbone pressé, à la valeur nominale d'essai, sur un papier blanc par les électrodes doit donner un ensemble d'empreintes régulières, sans bavures attestant de la présence de concentration de contraintes. Des feuilles pour la mesure de la pression qui pourraient indiquer la pression appliquée comme des variations de densité de couleur peuvent être utilisées à la place du papier carbone et du papier blanc.
- Des résistances standard de $0,1 \Omega$, 1Ω , 10Ω et 100Ω , connectées entre les forets et, tour à tour, chaque électrode, doivent être utilisées afin de vérifier que la stabilisation est correcte et qu'il est possible d'atteindre le niveau d'intensité prévu.

6 Mode opératoire

L'éprouvette doit être placée entre le plateau et les 10 touches de contact et une force de $1\,290 \text{ N} \pm 5 \%$ doit être appliquée graduellement. Cela correspond à une pression de 2 N/mm^2 pour la surface totale des contacts qui est de 645 mm^2 .

La tension continue stabilisée doit être appliquée graduellement aux électrodes et le courant total pour le mode A, ou chaque courant d'électrode pour le mode B, doit être relevé individuellement ou à l'aide d'un ordinateur.

Si l'essai consiste à déterminer la qualité d'isolement d'une seule face, les 10 lectures doivent être effectuées en appliquant les 10 touches de contact sur 10 surfaces indépendantes représentatives de la tôle, ou sur 10 éprouvettes.

Si l'essai consiste en la détermination conjointe de la qualité d'isolement des deux faces alors cinq applications des touches de contact doivent être réalisées pour chaque face, sur cinq surfaces indépendantes ou éprouvettes. Une même portion de l'éprouvette ne doit pas être utilisée pour caractériser les deux faces.

7 Evaluation de la résistance d'isolement superficiel

Les intensités enregistrées doivent être utilisées afin de calculer les valeurs de résistance d'isolement devant figurer dans le rapport d'essai comme suit:

- Pour le mode A, le coefficient de résistance d'isolement superficiel doit être déterminé en insérant les 10 valeurs d'intensité du courant traversant les 10 électrodes en parallèle (soit toutes pour une face ou cinq pour chacune des deux faces revêtues) dans la relation suivante:

$$C = A \left[\frac{U}{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} I_A} - \frac{R}{10} \right] = 645 \left[\frac{0,5}{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} I_A} - 0,5 \right] \quad (1)$$

où

C est le coefficient de la résistance d'isolement superficiel, en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{face}$

A est l'aire totale des 10 touches de contact en mm^2

U est la tension appliquée à l'ensemble contact résistance de 5Ω , en V

R est la résistance en série avec chaque contact, égale à 5Ω

I_A est le courant d'électrode total (10 valeurs) en A

NOTE Si cinq mesures sont effectuées sur chaque face, la valeur C est le coefficient de la résistance d'isolement superficiel d'une face, qui représente la moyenne des deux faces du produit.

b) Pour le mode B, la résistance d'isolement superficiel doit être calculée à partir de chacune des 100 valeurs de courants d'électrodes, en utilisant la relation:

$$R = 0,25 / I_B \quad (2)$$

où

R représente la résistance d'isolement superficiel en Ω

I_B représente le courant d'électrode individuel en A

Les 100 valeurs de résistance ainsi obtenues doivent être ordonnées par ordre croissant. Les résultats doivent être exprimés en termes de repères R_{16} et R_{50} où R_{16} est la 16^e valeur et R_{50} la 50^e valeur.

NOTE Dans le souci d'avoir un aperçu de l'applicabilité de ces résultats à la construction industrielle de machines,

les valeurs $\sum_{1}^{10} I_A$ et $\sum_{1}^{100} I_B$ pourront être notées et incluses dans le rapport d'essai.

Le traitement des données est effectué de manière satisfaisante par un microprocesseur contrôlant également l'appareillage d'essai. Un tel microprocesseur peut être également utilisé pour mesurer la résistance entre les deux forets afin de vérifier que leur contact avec le substrat a été réalisé correctement.

Le système de régulation utilisé dans le mode B permet une résistance de contact entre le foret pour le passage du courant et le substrat, allant jusqu'à environ $1,5 \Omega$. Il convient que le système de régulation soit capable de maintenir une tension d'alimentation, entre les électrodes et le substrat, de 250 mV dans ces conditions.

8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir:

- la nature du revêtement et la mention de son application sur une seule ou sur les deux faces de l'acier;
- pour le mode A, la valeur du coefficient de résistance d'isolement superficiel pour, soit une seule face isolée, soit l'ensemble de la tôle si les deux faces sont isolées;
- pour le mode B, les valeurs de résistance d'isolement superficiel égales aux repères R_{50} et R_{16} en Ω ;
- le numéro de cette norme.

Le rapport d'essai pourra également faire figurer:

e) la valeur de $\sum_{1}^{10} I_A$;

f) la valeur de $\sum_{1}^{100} I_B$.

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