RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
60894

Première édition
First edition
1987-03

Guide de procédure d'essai pour la mesure de la tangente de l'angle de pertes des bobines et barres d'enroulements de machines

Guide for a test procedure for the measurement of loss tangent of coils and bars for machine windings

© IEC 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE K

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Publication 894 de la CEI
(Première édition - 1987)
Guide de procédure d'essai pour la mesure de la tangente de l'angle de perte des bobines et barres d'enroulement des machines

IEC Publication 894
(First edition - 1987)
Guide for a test procedure for the measurement of loss tangent of coils and bars of machine windings

C O R R I G E N D U M 1

Correction du texte anglais seulement.

Correction of the English text only.

Page 9

Sub-clause 3.1, instead of:

3.1 *Loss tangent (tan δ)*

The tangent of the dielectric loss angle of an insulation system as a function of voltage. Sometimes used for this property are tan delta, dissipation factor, dielectric loss factor.

Note.- Other terms sometimes used for this property are tan δ, dissipation factor, dielectric loss factor.

read:

3.1 *Loss tangent (tan δ)*

The tangent of the dielectric loss angle of an insulation system as a function of voltage.

Note.- Other terms sometimes used for this property are tan delta, dissipation factor, dielectric loss factor.

Page 18

Figure 2, legend, last line, instead of:

Position B of earthing switch for testing windings in earthed care.

read:

Position B of earthing switch for testing windings in earthed core.

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

INTRODUCTION 6

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Objet 8
3. Définitions 8
4. Mesure de la tangente de l'angle de pertes 10
5. Méthode de mesure 10
   5.1 Dispositif de mesure 10
   5.2 Préparation de la bobine ou de la barre d'essai 10
   5.3 Procédure d'essai 12
6. Evaluation 12

ANNEXE A — Machines postimprégnées 14

ANNEXE B — Electrode de mesure et anneaux de garde 16

FIGURES 18

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

INTRODUCTION 7

Clause

1. Scope 7
2. Object 9
3. Definitions 9
4. Measurement of loss tangent 11
5. Method of measurement 11
   5.1 Measuring equipment 11
   5.2 Preparation of the test coil or bar 11
   5.3 Test procedure 13
6. Evaluation 13

APPENDIX A — Post impregnated machines 15

APPENDIX B — Measuring electrode and guard rings 17

FIGURES 18

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE PROCÉDURE D'ESSAI POUR LA MESURE DE LA TANGENTE DE L'ANGLE DE PERTES DES BOBINES ET BARRES D'ENROULEMENTS DE MACHINES

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi le Comité d'Etudes n° 2, de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapports de vote
2(BC)510	2(BC)516	2(BC)518 et 518A 2(BC)522	2(BC)521 2(BC)524

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent rapport:

Publications nos 60-2 (1973): Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais.

212 (1971): Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.

270 (1981): Mesures des décharges partielles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE FOR A TEST PROCEDURE FOR THE MEASUREMENT OF LOSS TANGENT OF COILS AND BARS FOR MACHINE WINDINGS

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 2: Rotating Machinery.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Reports on Voting
2(CO)510	2(CO)516	2(CO)518 and 518A 2(CO)522	2(CO)521 2(CO)524

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

The following IEC publications are quoted in this report:

Publications Nos. 60-2 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures.
212 (1971): Standard Conditions for Use prior to and during the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.
270 (1981): Partial Discharge Measurements.

GUIDE DE PROCÉDURE D'ESSAI POUR LA MESURE DE LA TANGENTE DE L'ANGLE DE PERTES DES BOBINES ET BARRES D'ENROULEMENTS DE MACHINES

INTRODUCTION

Les caractéristiques des pertes diélectriques à l'étude sont celles concernant en premier lieu l'isolation principale de masse entre le faisceau du conducteur (y compris éventuellement la protection interne contre les décharges partielles) et la protection externe anti-effluves. Seule la partie de l'isolation conductrice qui est diélectriquement en série avec l'isolation de masse entre dans la mesure.

L'angle de pertes diélectriques (δ) de l'isolation est exprimé en termes de tangente de cet angle (tan δ), défini au sens du présent guide comme tangente de l'angle de pertes. Lorsque la tangente de l'angle de pertes a une valeur comprise entre 0 et environ 100×10^{-3}, elle a pratiquement la même valeur que le facteur de puissance diélectrique (le sinus de l'angle de pertes diélectriques).

La tangente de l'angle de pertes est généralement mesurée dans une plage de tensions à intervalles de 0,2 U_N à partir de 0,2 U_N. Le terme delta tangente delta (Δ tan δ) s'applique à la différence entre la tangente de l'angle de pertes mesurée entre des intervalles consécutifs de 0,2 U_N (voir figure 1, page 18). Il est défini au sens du présent guide comme le delta de la tangente de l'angle de pertes.

La mesure de la tangente de l'angle de pertes en utilisant des anneaux de garde à des tensions inférieures aux tensions d'amorçage des décharges représente l'amplitude des pertes diélectriques dans l'isolation solide. Une perte supérieure à la normale de manière significative mesurée dans l'une quelconque des bobines ou barres indique une certaine différence dans la structure de l'isolation, telle qu'il peut en résulter d'une composition incorrecte de la résine ou d'une polymérisation non appropriée. L'effet du degré de polymérisation (réticulation) de la résine sur la tangente de l'angle de pertes peut être constaté lorsque la mesure est effectuée en fonctionnement sur des stators totalement bobinés, car les pertes se réduisent fréquemment lors du début de vie de la machine. Cela indique que le degré de polymérisation de la résine s'accentue fréquemment pendant un certain temps après le processus normal de fabrication.

Lorsque la tension d'essai augmente, des décharges partielles à l'intérieur des occlusions gazeuses (vacuoles) de la structure isolante provoquent une augmentation de la tangente de l'angle de pertes dès que le gradient sur chaque vacuole dépasse la valeur critique. Des pertes non linéaires par conduction dans la structure de l'isolation peuvent être présentes et provoquer également une augmentation de la tangente de l'angle de pertes avec la tension.

Les valeurs maximales de la tangente de l'angle de pertes à 0,2 U_N (tangente de l'angle de pertes 0,2) et la différence de valeur de la tangente de l'angle de pertes par intervalles de tension de 0,2 U_N (Δ tan δ) sont généralement spécifiées.

Les mesures de la tangente de l'angle de pertes sont analysées dans le présent guide; elles concernent les caractéristiques de pertes moyennes (ou globales) de l'isolation dans son intégralité. Elles ne donnent aucune indication sur la répartition des pertes à l'intérieur d'un échantillon; en conséquence, la présence de zones localisées à hautes pertes dans une isolation par ailleurs à faibles pertes n'est pas détectée.

Pour la mesure des décharges partielles (décharges électriques localisées), se référer à la Publication 270 de la CEI.

1. Domaine d'application

Les caractéristiques d'un système d'isolation peuvent être évaluées en termes de rigidité diélectrique, résistance d'isolement, pertes diélectriques, etc.

GUIDE FOR A TEST PROCEDURE FOR THE MEASUREMENT OF LOSS TANGENT OF COILS AND BARS FOR MACHINE WINDINGS

INTRODUCTION

The dielectric loss characteristics under consideration are those mainly relating to the main ground-wall insulation between the conductor structure (including internal corona shielding if such exists) and the external corona shielding. Only that part of the conductor insulation which is dielectrically in series with the ground-wall insulation enters into the measurement.

The dielectric loss angle (δ) of the insulation is declared in terms of the tangent of this angle (tan δ), which for the purpose of this guide is defined as loss tangent. When the loss tangent is within the range 0 to approximately 100×10^{-3}, it has practically the same value as the dielectric power factor (the sine of the dielectric loss angle).

Loss tangent is usually measured over a range of voltages at 0.2 U_N intervals starting at 0.2 U_N. The term delta tan delta (Δ tan δ) refers to the difference in loss tangent measured between adjacent 0.2 U_N intervals (see Figure 1, page 18). It is defined as delta loss tangent for the purpose of this guide.

Loss tangent measurement using guard electrodes at voltages below the inception of discharges represents the magnitude of dielectric loss in the solid insulation. A significantly higher than normal loss measured on any coil or bar indicates some difference in the structure of the insulation, such as may arise from incorrect resin composition or inadequate cure. The effect of the degree of resin cure (crosslinking) on loss tangent can be seen when measurement is made in service on fully wound stators, in that the loss often reduces during the early life of the machine. This indicates that the degree of resin cure often increases for some time after the normal manufacturing process.

As the test voltage is raised, partial discharges within gaseous inclusions (voids) in the insulation structure cause an increase in loss tangent as the critical gradient on each void is exceeded. Conductive non-linear losses in the insulation structure may be present and also cause an increase in loss tangent with voltage.

Maximum values of loss tangent at 0.2 U_N (loss tangent 0.2) and loss tangent difference per 0.2 U_N voltage interval (Δ tan δ) are usually specified.

The loss tangent measurements which are discussed in this guide relate to the mean, or global, loss characteristics of the insulation as a whole. They give no indication of the distribution of loss within the specimen; therefore, the presence of localized areas of high loss in an otherwise low loss insulation is not detected.

For the measurement of partial discharges (localized electrical discharges) refer to IEC Publication 270.

1. Scope

The characteristics of an insulation system can be evaluated in terms of dielectric strength, insulation resistance, dielectric loss, etc.

Le présent rapport est applicable à une méthode de mesure des pertes diélectriques d'un système d'isolation concernant les parties d'encoche de bobines ou de barres neuves pour machines électriques tournantes de tension assignée U_N supérieure ou égale à 5 kV.

L'essai est applicable à des bobines ou à des barres préformées pour lesquelles l'isolation est polymérisée avant la mise en place de l'enroulement dans le stator.

Pour les essais des machines postimprégnées, voir l'annexe A.

2. Objet

La régularité du niveau de fabrication est jugée, dans une certaine mesure, à partir de la tangente de l'angle de pertes diélectriques en fonction de la tension et par l'analyse statistique des résultats d'essais.

Pour un système d'isolation connu, on peut estimer les propriétés suivantes:

— une faible valeur de la tangente de l'angle de pertes à basse tension (0,2 U_N) indique un degré élevé de réticulation moléculaire de l'agent liant (degré de polymérisation de la résine).

— l'amplitude de la variation de la tangente delta par augmentation de la tension fournit quelques indications sur la présence de vacuoles dans l'isolation.

This report is applicable to a method of measuring dielectric loss properties of the insulation system of the slot portions of new coils or bars for rotating electrical machines having rated voltage U_N of 5 kV and above.

The test is applicable to form wound coils or bars in which the insulation is cured before the winding is inserted in the stator.

For tests on post-impregnated machines, see Appendix A.

2. Object

The uniformity of manufacture is judged to some extent by measurement of the dielectric loss tangent as a function of voltage and by statistical evaluation of the test results.

For a known insulation system, the following properties can be assessed:

- a low loss tangent at low voltage (0.2 U_N) indicates a high degree of molecular crosslinking of the bonding medium (degree of resin cure),
- the magnitude of delta tan delta by increase of voltage gives some indication of the void content of the insulation.