IEC 60076-25

Edition 1.0 2023-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers – Part 25: Neutral grounding resistors

Transformateurs de puissance – Partie 25: Résistances de mise à la terre du neutre

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-6431-7

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms and definitions 7
4 Service conditions 9
5 Ratings 9
5.1 Rated ambient temperature 9
5.2 Rated resistance (R) 9
5.3 Maximum resistance variation 9
5.4 Rated time 9
5.5 Rated voltage (U_r) 9
5.6 Rated insulation level 10
5.7 Rated short time current 10
5.8 Rated continuous current 10
5.9 Rated frequency 10
6 Rating plates (Nameplates) 11
6.1 General 11
6.2 Minimum information to be provided 11
7 Design and construction 11
7.1 General 11
7.2 Resistive elements 11
7.3 Resistive banks 12
7.4 Electrical connections 12
7.5 IN and OUT terminals 12
7.5.1 General 12
7.5.2 IN terminal 12
7.5.3 OUT terminal 12
7.6 Insulators 13
7.6.1 General 13
7.6.2 Insulators between resistive elements 13
7.6.3 Insulators between resistor banks and enclosure 13
7.6.4 Creepage distance 13
7.7 Enclosure 13
7.7.1 Protection against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and water 13
7.7.2 Design 13
7.7.3 Protection against corrosion 14
8 Tests 14
8.1 General 14
8.2 Test classifications 14
8.2.1 Routine tests 14
8.2.2 Type tests 14
8.2.3 Special tests 15
8.3 Test documentation 15
8.4 Routine tests 15
8.4.1 Visual inspection and dimensional verification 15

8.4.2 Rated resistance measurement 15
8.4.3 Power frequency withstand voltage test 15
8.4.4 Insulation resistance 16
8.5 Temperature rise tests 17
8.5.1 General 17
8.5.2 Continuous current duty 17
8.5.3 Rated time duty 17
8.5.4 Tolerances 18
8.5.5 Acceptance criteria 18
8.6 Special tests 18
8.6.1 Inductance measurement 18
8.6.2 Lightning impulse test 18
8.6.3 Mechanical design verification 18
8.6.4 Protection degree of enclosure 19
Annex A (informative) Resistance variation 20
A.1 General 20
A.2 Material properties 20
A.3 Effect of NGR resistance variation 20
A.4 Rate of variation 21
A.5 Consecutive faults 22
A.6 Protection coordination 22
A.7 System capacitive charging current 22
A.8 Conclusion 22
Bibliography 23

Figure A.1 – Ground fault protection settings example 21

Table 1 – Rated insulation levels 10
Table 2 – Maximum temperature rises above ambient for resistive elements 12
Table 3 – Tests classifications 14
Table A.1 – Resistance and current change with temperature rise 21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

POWER TRANSFORMERS –

Part 25: Neutral grounding resistors

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 60076-25 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
14/1097/FDIS	14/1101/RVD

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 60076 series, published under the general title *Power transformers*, 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.

POWER TRANSFORMERS –

Part 25: Neutral grounding resistors

1 Scope

This part of IEC 60076 applies to dry type natural air-cooled resistors, for neutral grounding of transformers and generators, in order to limit the earth fault current in power systems by means of metallic resistive elements.

For the purposes of this document, the resistor can be:

- used alone or in combination with other electrotechnical products not covered by this document, such as (but not limited to): a step-down single-phase transformer, an open triangle or zig-zag transformer (where the neutral point is not available) and a Petersen coil reactor (in order to increase active power contribution to the fault or reduce time constant for proper protection operation or both);
- designed, manufactured and verified on a one-off basis or fully standardized and manufactured in quantity.

Both terms "neutral grounding resistor" (NGR) and "neutral earthing resistor" (NER) can be used. However, for the purposes of this document and in order to avoid any confusion with "neutral earthing reactor" (NER), the term "neutral grounding resistor" (NGR) is used.

This document specifies:

- the characteristics of the NGR;
- the service conditions requirements for NGRs;
- the tests and test methods for confirming that these conditions have been met;
- the requirements relating to marking for NGRs.

Annex A provides guidance on how to consider the effect of resistance variation with temperature.

2 Normative references

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

IEC 60060-1:2010, *High voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60076-3:2013, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*
IEC 60076-3:2013/AMD1:2018

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
IEC 60529/AMD1:1999
IEC 60529/AMD2:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 26
1 Domaine d'application 28
2 Références normatives 28
3 Termes et définitions 29
4 Conditions de service 31
5 Caractéristiques assignées 31
5.1 Température ambiante assignée 31
5.2 Résistance assignée (R) 31
5.3 Variation maximale de la résistance 31
5.4 Durée assignée 31
5.5 Tension assignée (U_r) 31
5.6 Niveau d'isolement assigné 32
5.7 Courant de courte durée assigné 32
5.8 Courant continu assigné 32
5.9 Fréquence assignée 33
6 Plaques signalétiques 33
6.1 Généralités 33
6.2 Informations minimales à fournir 33
7 Conception et construction 33
7.1 Généralités 33
7.2 Éléments résistifs 33
7.3 Groupes résistifs 34
7.4 Connexions électriques 34
7.5 Bornes IN et OUT 34
7.5.1 Généralités 34
7.5.2 Borne IN 34
7.5.3 Borne OUT 34
7.6 Isolateurs 35
7.6.1 Généralités 35
7.6.2 Isolateurs entre les éléments résistifs 35
7.6.3 Isolateurs entre les groupes de résistances et l'enveloppe 35
7.6.4 Ligne de fuite 35
7.7 Enveloppe 35
7.7.1 Protection contre le contact avec des parties sous tension et contre la pénétration de corps étrangers solides et d'eau 35
7.7.2 Conception 35
7.7.3 Protection contre la corrosion 36
8 Essais 36
8.1 Généralités 36
8.2 Catégories d'essais 36
8.2.1 Essais individuels de série 36
8.2.2 Essais de type 37
8.2.3 Essais spéciaux 37
8.3 Documentation d'essai 37
8.4 Essais individuels de série 37
8.4.1 Examen visuel et vérification dimensionnelle 37

8.4.2 Mesurage de la résistance assignée 37
8.4.3 Essai de tension de tenue à fréquence industrielle 38
8.4.4 Résistance d'isolement 39
8.5 Essais d'échauffement 39
8.5.1 Généralités 39
8.5.2 Service en courant continu 39
8.5.3 Durée de service assignée 40
8.5.4 Tolérances 40
8.5.5 Critères d'acceptation 40
8.6 Essais spéciaux 41
8.6.1 Mesurage de l'inductance 41
8.6.2 Essai de tenue aux chocs de foudre 41
8.6.3 Vérification de la conception mécanique 41
8.6.4 Degré de protection procuré par l'enveloppe 41
Annexe A (informative) Variation de la résistance 42
A.1 Généralités 42
A.2 Propriétés des matériaux 42
A.3 Effet de la variation de la résistance de la MALT 42
A.4 Taux de variation 44
A.5 Défauts consécutifs 44
A.6 Coordination de la protection 44
A.7 Courant de charge capacitif du réseau 44
A.8 Conclusion 45
Bibliographie 46

Figure A.1 – Exemple de paramètres de protection contre les défauts à la terre 43

Tableau 1 – Niveaux d'isolement assignés 32
Tableau 2 – Échauffements maximaux des éléments résistifs au-dessus de la température ambiante 34
Tableau 3 – Catégories d'essais 36
Tableau A.1 – Variation de la résistance et du courant sous l'effet de l'échauffement 43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 25: Résistances de mise à la terre du neutre

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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 60076-25 a été établie par le comité d'études 14 de l'IEC: Transformateurs de puissance. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
14/1097/FDIS	14/1101/RVD

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 60076, publiées sous le titre général *Transformateurs de puissance*, 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.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 25: Résistances de mise à la terre du neutre

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60076 s'applique aux résistances de type sec refroidies par air naturel pour la mise à la terre (MALT) du neutre des transformateurs et des générateurs dans le but de limiter le courant de défaut à la terre dans les réseaux d'énergie au moyen d'éléments résistifs métalliques.

Pour les besoins du présent document, la résistance peut être:

- utilisée seule ou avec d'autres produits électrotechniques non couverts par le présent document, notamment: un transformateur abaisseur monophasé, un transformateur en triangle ouvert ou en zigzag (où le point neutre n'est pas disponible) et une bobine Petersen (afin d'augmenter la contribution de la puissance active au défaut et/ou de réduire la constante de temps pour améliorer la protection);
- conçue, fabriquée et vérifiée à l'unité ou entièrement normalisée et fabriquée en quantité.

En anglais, les deux termes "neutral grounding resistor" (NGR) et "neutral earthing resistor" (NER) peuvent être utilisés pour désigner la résistance de mise à la terre du neutre (MALT). Toutefois, pour les besoins du présent document et afin d'éviter toute confusion avec la "réactance de mise à la terre du neutre" (NER, *Neutral Earthing Reactor*), le terme "neutral grounding resistor" (NGR) est utilisé.

Le présent document spécifie:

- les caractéristiques de la MALT;
- les exigences de conditions de service des MALT;
- les essais et les méthodes d'essai pour confirmer que ces conditions ont été remplies;
- les exigences relatives au marquage des MALT.

L'Annexe A fournit des recommandations pour prendre en compte l'impact de la température sur la variation de la résistance.

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).

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Lignes directrices en matière d'application*

IEC 60076-3:2013, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*
IEC 60076-3:2013/AMD1:2018

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*
IEC 60529/AMD1:1999
IEC 60529/AMD2:2013