

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.
--

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