



IEC 60310

Edition 4.0 2016-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Traction transformers and inductors on board rolling stock

Applications ferroviaires – Transformateurs de traction et bobines d'inductance à bord du matériel roulant

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-3107-4

**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.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
3.1 General definitions	10
3.2 Definitions for transformers	11
3.3 Definitions for inductors.....	11
4 Classification.....	12
4.1 Classification of transformers	12
4.2 Classification of inductors.....	12
5 Service conditions	12
6 Rated current and load profile.....	13
6.1 Load profile.....	13
6.2 Rated current.....	13
7 Rated voltage and power of transformer windings.....	13
7.1 Rated line-side voltage.....	13
7.2 Rated secondary voltage	13
7.3 Rated power of transformer	14
8 Transformer tapplings.....	14
9 Cooling.....	14
9.1 Identification of transformers and inductors according to cooling method	14
9.2 Arrangement of symbols.....	15
9.2.1 Enclosed transformers and inductors.....	15
9.2.2 Non-enclosed transformers and inductors	15
9.2.3 Air cooling	15
10 Temperature limits.....	15
10.1 Classification of insulating materials	15
10.2 Temperature limits of solid insulation.....	16
10.3 Temperature limits for liquid	16
10.4 Temperature limits for other parts.....	17
11 Mechanical design.....	17
12 Rating plates	17
13 Tests.....	18
13.1 Categories of tests	18
13.1.1 General	18
13.1.2 Type tests.....	18
13.1.3 Routine tests.....	18
13.1.4 Investigation tests.....	18
13.2 Tests on transformers	18
13.2.1 General – List of tests	18
13.2.2 Tolerances.....	20
13.2.3 Visual checks (type, routine test) and functional tests (optional type and routine test)	20
13.2.4 Mass (type and optional routine test).....	20
13.2.5 Measurement of winding resistance (type and routine tests).....	21

13.2.6	Measurement of voltage ratio, polarities and vector groups (type and routine tests).....	21
13.2.7	Measurement of no-load primary current and losses (type and routine tests).....	22
13.2.8	Measurement of impedance voltages or short-circuit impedances (type and routine tests).....	22
13.2.9	Measurement of fundamental load losses (type and routine tests).....	23
13.2.10	Determination of total losses (type test).....	24
13.2.11	Temperature-rise test (type test).....	24
13.2.12	Insulation resistance test (optional type and routine test).....	28
13.2.13	Dielectric tests (type and routine tests).....	28
13.2.14	Partial discharge test (type or optional routine test for dry-type, investigation test for immersed type).....	34
13.2.15	Short-circuit withstand test (optional type test).....	36
13.2.16	Shock and vibration test (optional type test).....	38
13.2.17	Voltage transmission ratio – VTR (optional type test).....	40
13.2.18	Noise measurement (type test).....	41
13.2.19	Leakage magnetic flux density measurement (optional type test).....	41
13.2.20	Electrical Frequency Response Analysis FRA (investigation test).....	42
13.2.21	Inrush current measurement (optional type test).....	42
13.3	Tests on inductors.....	43
13.3.1	List of tests.....	43
13.3.2	Tolerances.....	43
13.3.3	Visual checks (type and routine test).....	44
13.3.4	Mass (type and optional routine test).....	44
13.3.5	Measurement of winding resistance (type and routine test).....	44
13.3.6	Determination of losses (type test).....	44
13.3.7	Measurement of inductance (type and routine tests).....	45
13.3.8	Temperature-rise test (type tests).....	48
13.3.9	Insulation resistance test (optional type and routine test).....	48
13.3.10	Dielectric tests (type and routine tests).....	48
13.3.11	Partial discharge test (type or optional routine test for the dry-type).....	49
13.3.12	Short-circuit withstand test (optional type test).....	49
13.3.13	Shock and vibration test (optional type test).....	50
13.3.14	Vibration test with current flowing (investigation test).....	50
13.3.15	Noise measurement (type test).....	50
13.3.16	Leakage magnetic flux density measurement (optional type test).....	50
Annex A (informative) List of items for which an agreement between purchaser and manufacturer is needed or for which further information or specifications shall be given by the purchaser or by the manufacturer.....		51
A.1	Items subject to agreement between purchaser and manufacturer.....	51
A.1.1	Transformer and inductors.....	51
A.1.2	Transformers.....	52
A.1.3	Inductors.....	53
A.2	Information to be given by purchaser to manufacturer.....	54
A.2.1	Transformers and inductors.....	54
A.2.2	Transformers.....	55
A.2.3	Inductors.....	55
A.3	Information to be given by manufacturer to purchaser.....	56
A.3.1	Transformers and inductors.....	56

A.3.2	Transformers	56
A.3.3	Inductors	56
Annex B (informative)	Thermal ageing and insulation life time	57
B.1	Insulation life time and thermal ageing	57
B.2	Definitions of thermal endurance	57
B.3	Thermal endurance calculations	58
B.4	Special considerations for thermal design and test	59
B.4.1	General	59
B.4.2	Cooling medium temperature at the external interface	59
B.4.3	Rated current	60
B.4.4	Temperature rise test of a dry-type transformer/inductor	60
B.5	Thermal conformity of the insulation system	60
B.6	End of life criterion	60
Annex C (informative)	Example of thermal endurance calculation to demonstrate the suitability of an insulation system for a specified application	61
C.1	Preliminary	61
C.2	Example 1 – Temperature limits for a dry-type transformer/inductor	61
C.3	Example 2 – Thermal endurance calculation	61
C.3.1	General	61
C.3.2	Operating conditions to be provided by the purchaser	62
C.3.3	Thermal endurance characteristics to be provided by the manufacturer	62
C.3.4	Temperature rise test results	62
C.3.5	Calculations	63
Annex D (informative)	Wet dielectric tests for dry-type transformers and inductors	65
D.1	General	65
D.2	Wet test 1 (optional type test or optional routine test): short soaking	65
D.3	Wet test 2 (investigation test or optional type test): misting	66
D.4	Wet test 3 (investigation test): thermal shock – long soaking – misting	66
D.4.1	General	66
D.4.2	Temperature conditioning	66
D.4.3	Thermal shock	66
D.4.4	Dielectric test	66
D.5	Common test procedure and criteria for wet dielectric tests	66
Annex E (informative)	Load profiles	68
Bibliography	69
Figure 1	– Examples of set up for induced voltage withstanding tests	31
Figure 2	– Examples of set up for separate source voltage withstanding tests	32
Figure 3	– Examples of impulse test connections for traction, inductor and auxiliary transformers	33
Figure 4	– Partial discharge test: voltage versus time	35
Figure 5	– Configurations for VTR test	41
Figure 6	– Example of test circuit	42
Table 1	– Letter symbols for cooling method	14
Table 2	– Order of symbols	15
Table 3	– Temperature limits of solid insulation	16

Table 4 – Temperature limits for liquid.....	16
Table 5 – List of checks and tests to be made on traction transformers	19
Table 6 – Tolerances	20
Table 7 – Reference temperatures	21
Table 8 – Dielectric test voltage	30
Table 9 – Partial discharge measurements	35
Table 10 – List of checks and tests to be made on inductors.....	43
Table 11 – Tolerances	44
Table 12 – Test method of voltage between terminals withstand test.....	49
Table C.1 – Temperature limits and expected lifetime for a dry-type transformer or inductor (examples)	61
Table C.2 – Load cycle histogram	62
Table C.3 – Temperature histogram	62
Table C.4 – Temperature rise test results	63
Table C.5 – Thermal endurance calculation	63
Table C.6 – Equivalent current and temperatures	64

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – TRACTION TRANSFORMERS AND INDUCTORS ON BOARD ROLLING STOCK

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.

International Standard IEC 60310 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This fourth edition cancels and replaces the third edition issued in 2004 and constitutes a technical revision.

This edition takes into account the new generic railway standards, more specifically general service conditions referring to IEC 62498-1 and shock and vibration considerations referring to IEC 61373. It also includes the following significant technical changes with regard to the previous edition:

- temperature limits;
- temperature-rise test;
- dielectric tests;
- partial discharge test;

- inductance measurement methods;
- voltage between terminals withstand test;
- thermal ageing and insulation lifetime (informative);
- examples of thermal endurance calculation (informative);
- wet dielectric tests (informative);
- load profiles (informative).

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

FDIS	Report on voting
9/2080/FDIS	9/2117/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum of February 2018 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

RAILWAY APPLICATIONS – TRACTION TRANSFORMERS AND INDUCTORS ON BOARD ROLLING STOCK

1 Scope

This International Standard applies to traction and auxiliary power transformers installed on board rolling stock and to the various types of power inductors inserted in the traction and auxiliary circuits of rolling stock, of dry or liquid-immersed design.

NOTE The requirements of IEC 60076 (all parts) are applicable to transformers and inductors where they do not conflict with this standard, or with the specialized IEC publications dealing with traction applications.

This standard can also be applied, after agreement between purchaser and manufacturer, to the traction transformers of three-phase a.c. line-side powered vehicles and to the transformers inserted in the single-phase or poly-phase auxiliary circuits of vehicles, except instrument transformers and transformers of a rated output below 1 kVA single-phase or 5 kVA poly-phase.

This standard does not cover accessories such as tap changers, resistors, heat exchangers, fans, etc., intended for mounting on the transformers or inductors, which are tested separately according to relevant rules.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

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

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

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

IEC 60076-4, *Power transformers – Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors*

IEC 60076-5, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-6:2007, *Power transformers – Part 6: Reactors*

IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60076-10, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60076-12:2008, *Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type transformers*

IEC 60076-14, *Power transformers – Part 14: Liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials*

IEC 60076-18, *Power transformers – Part 18: Measurement of frequency response*

IEC 60077-1, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60836, *Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltage of traction systems*

IEC 61039, *Classification of insulating liquids*

IEC 61099, *Insulating liquids – Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes*

IEC 61373:2010, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61378-1:2011, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications*

IEC 62497-1, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-1, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9614-2, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	74
1 Domaine d'application.....	76
2 Références normatives	76
3 Termes et définitions	78
3.1 Définitions générales.....	78
3.2 Définitions relatives aux transformateurs	79
3.3 Définitions relatives aux bobines d'inductance	79
4 Classification.....	80
4.1 Classification des transformateurs	80
4.2 Classification des bobines d'inductance	80
5 Conditions de service	81
6 Courant assigné et profil de charge.....	81
6.1 Profil de charge.....	81
6.2 Courant assigné.....	81
7 Tension assignée et puissance d'enroulements de transformateur	81
7.1 Tension assignée côté réseau	81
7.2 Tension assignée secondaire	82
7.3 Puissance assignée du transformateur	82
8 Prises de transformateur.....	82
9 Refroidissement	82
9.1 Désignation des transformateurs et des bobines d'inductance selon le mode de refroidissement	82
9.2 Disposition des symboles	83
9.2.1 Transformateurs et bobines d'inductance enveloppés	83
9.2.2 Transformateurs et bobines d'inductance non enveloppés.....	83
9.2.3 Refroidissement à air	84
10 Limites de température	84
10.1 Classification des matériaux isolants	84
10.2 Limites de température de l'isolation solide.....	84
10.3 Limites de température pour de l'isolation liquide	85
10.4 Limites de température pour les autres parties.....	86
11 Conception mécanique	86
12 Plaques signalétiques	86
13 Essais	87
13.1 Catégories d'essais	87
13.1.1 Généralités	87
13.1.2 Essais de type	87
13.1.3 Essais individuels de série	87
13.1.4 Essais d'investigation.....	87
13.2 Essais sur les transformateurs.....	87
13.2.1 Généralités – Liste des essais.....	87
13.2.2 Tolérances.....	89
13.2.3 Contrôles visuels (essai de type, essai individuel de série) et essais fonctionnels (essai de type et essai individuel de série facultatifs).....	89
13.2.4 Masse (essai de type et essai individuel de série facultatif).....	90

13.2.5	Mesure de la résistance des enroulements (essai de type et essai individuel de série).....	90
13.2.6	Mesure des rapports de transformation, polarités et couplages (essai de type et essai individuel de série)	90
13.2.7	Mesure du courant primaire et des pertes à vide (essai de type et essai individuel de série).....	91
13.2.8	Mesure des tensions de court-circuit ou des impédances de court-circuit (essai de type et essai individuel de série).....	91
13.2.9	Mesure des pertes dues à la charge fondamentale (essai de type et essai individuel de série).....	92
13.2.10	Détermination des pertes totales (essai de type).....	93
13.2.11	Essai d'échauffement (essai de type)	93
13.2.12	Essai de résistance d'isolement (essai de type et essai individuel de série facultatifs)	98
13.2.13	Essais diélectriques (essai de type et essai individuel de série)	98
13.2.14	Essai de décharge partielle (essai de type ou essai individuel de série facultatif pour le type sec, essai d'investigation pour le type immergé)	104
13.2.15	Essai de tenue au court-circuit (essai de type facultatif).....	106
13.2.16	Essai de chocs et de vibrations (essai de type facultatif).....	108
13.2.17	Rapport de transmission de tension – VTR (essai de type facultatif).....	110
13.2.18	Mesure du bruit (essai de type)	111
13.2.19	Mesure de la densité de flux magnétique de fuite (essai de type facultatif)	111
13.2.20	Analyse de la réponse en fréquence électrique (FRA) (essai d'investigation).....	112
13.2.21	Mesure du courant d'appel (essai de type facultatif).....	112
13.3	Essais sur bobines d'inductance	113
13.3.1	Liste des essais	113
13.3.2	Tolérances.....	114
13.3.3	Contrôles visuels (essai de type et individuel de série)	115
13.3.4	Masse (essai de type et individuel de série facultatif).....	115
13.3.5	Mesure de la résistance des enroulements (essai de type et essai individuel de série).....	115
13.3.6	Détermination des pertes (essai de type).....	115
13.3.7	Mesure de l'inductance (essai de type et essai individuel de série).....	115
13.3.8	Essais d'échauffement (essais de type)	119
13.3.9	Essai de résistance d'isolement (essai de type et essai individuel de série facultatifs)	119
13.3.10	Essais diélectriques (essai de type et essai individuel de série)	119
13.3.11	Essai de décharge partielle (essai de type ou essai individuel de série facultatif pour le type sec)	120
13.3.12	Essai de tenue au court-circuit (essai de type facultatif).....	120
13.3.13	Essai de chocs et de vibrations (essai de type facultatif).....	121
13.3.14	Essai de vibrations avec circulation de courant (essai d'investigation).....	121
13.3.15	Mesure du bruit (essai de type)	121
13.3.16	Mesure de la densité de flux magnétique de fuite (essai de type facultatif)	121
Annexe A (informative) Liste des points pour lesquels un accord entre l'acheteur et le fabricant est nécessaire ou pour lesquels des informations ou spécifications complémentaires doivent être fournies par l'acheteur ou par le fabricant.....		
A.1	Points sujets à accord entre l'acheteur et le fabricant.....	122
A.1.1	Transformateurs et bobines d'inductance.....	122

A.1.2	Transformateurs.....	123
A.1.3	Bobines d'inductance	124
A.2	Informations à donner par l'acheteur au fabricant.....	125
A.2.1	Transformateurs et bobines d'inductance.....	125
A.2.2	Transformateurs.....	126
A.2.3	Bobines d'inductance	127
A.3	Informations à donner par le fabricant à l'acheteur	127
A.3.1	Transformateurs et bobines d'inductance.....	127
A.3.2	Transformateurs.....	128
A.3.3	Bobines d'inductance	128
Annexe B (informative)	Vieillessement thermique et durée de vie de l'isolation.....	129
B.1	Durée de vie de l'isolation et vieillissement thermique.....	129
B.2	Définitions d'endurance thermique.....	130
B.3	Calculs d'endurance thermique.....	130
B.4	Considérations particulières pour la conception et l'essai thermique.....	131
B.4.1	Généralités	131
B.4.2	Température du fluide de refroidissement à l'interface externe.....	132
B.4.3	Courant assigné.....	132
B.4.4	Essai d'échauffement du transformateur/de la bobine d'inductance de type sec.....	132
B.5	Conformité thermique des systèmes d'isolation.....	132
B.6	Critère de fin de vie.....	132
Annexe C (informative)	Exemple de calcul d'endurance thermique pour démontrer la conformité d'un système d'isolation pour une application spécifiée.....	134
C.1	Préliminaire.....	134
C.2	Exemple 1 – Limites de température pour un transformateur/une bobine d'inductance de type sec.....	134
C.3	Exemple 2 – Calcul d'endurance thermique.....	134
C.3.1	Généralités	134
C.3.2	Conditions de fonctionnement à fournir par l'acheteur.....	135
C.3.3	Caractéristiques d'endurance thermique à fournir par le fabricant.....	135
C.3.4	Résultats des essais d'échauffement.....	135
C.3.5	Calculs	136
Annexe D (informative)	Essais diélectriques humides pour des transformateurs et des bobines d'inductance de type sec.....	139
D.1	Généralités	139
D.2	Essai humide 1 (essai de type ou essai individuel de série facultatifs): trempage court.....	139
D.3	Essai humide 2 (essai d'investigation ou essai de type facultatif): brumisation.....	140
D.4	Essai humide 3 (essai d'investigation): choc thermique – trempage long – brumisation.....	140
D.4.1	Généralités	140
D.4.2	Conditionnement en température.....	140
D.4.3	Choc thermique.....	140
D.4.4	Essai diélectrique.....	141
D.5	Procédure d'essai commune et critères pour les essais diélectriques humides.....	141
Annexe E (informative)	Profils de charge.....	142
Bibliographie	143

Figure 1 – Exemples de montage pour les essais de tenue de tension induite	101
Figure 2 – Exemples de montage pour les essais de tenue de tension de source séparée	102
Figure 3 – Exemples de connexions d'essais aux ondes de choc pour des transformateurs de traction, des bobines d'inductance et des transformateurs auxiliaires	103
Figure 4 – Essai de décharge partielle: tension en fonction du temps	105
Figure 5 – Configurations pour l'essai VTR	111
Figure 6 – Exemple de circuit d'essai	113
Tableau 1 – Symboles littéraux pour le mode de refroidissement	83
Tableau 2 – Ordre des symboles	83
Tableau 3 – Limites de température de l'isolation solide	85
Tableau 4 – Limites de température pour de l'isolation liquide	85
Tableau 5 – Liste des vérifications et des essais à réaliser sur les transformateurs de traction	88
Tableau 6 – Tolérances	89
Tableau 7 – Températures de référence	90
Tableau 8 – Tension d'essai diélectrique	100
Tableau 9 – Mesures de décharge partielle	105
Tableau 10 – Liste des vérifications et essais à réaliser sur les bobines d'inductance	113
Tableau 11 – Tolérances	114
Tableau 12 – Méthode d'essai de tenue à la tension entre bornes	120
Tableau C.1 – Limites de température et durée de vie prévue pour un transformateur ou une bobine d'inductance de type sec (exemples)	134
Tableau C.2 – Histogramme de cycle de charge	135
Tableau C.3 – Histogramme de température	135
Tableau C.4 – Résultats d'essais d'échauffement	136
Tableau C.5 – Calcul de l'endurance thermique	137
Tableau C.6 – Courant et températures équivalents	138

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – TRANSFORMATEURS DE TRACTION ET BOBINES D'INDUCTANCE À BORD DU MATÉRIEL ROULANT

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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale IEC 60310 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition publiée en 2004, et constitue une révision technique.

Cette édition tient compte des nouvelles normes génériques ferroviaires, en particulier en ce qui concerne les conditions générales de service en référence à l'IEC 62498-1 et les considérations en matière de chocs et de vibrations en référence à l'IEC 61373. Elle inclut également les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- limites de températures;
- essai d'échauffement;

- essais diélectriques;
- essai de décharges partielles;
- méthodes de mesure d'inductance;
- essai de tenue à la tension entre bornes;
- vieillissement thermique et durée de vie d'isolation (informatif);
- exemples de calcul d'endurance thermique (informatif);
- essais diélectriques sous pluie (informatif);
- profils de charge (informatif).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2080/FDIS	9/2117/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de février 2018 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – TRANSFORMATEURS DE TRACTION ET BOBINES D'INDUCTANCE À BORD DU MATÉRIEL ROULANT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux transformateurs de traction et de puissance auxiliaire à bord du matériel roulant et aux divers types de bobines d'inductance d'alimentation insérées dans les circuits de traction ou auxiliaires du matériel roulant, de conception sèche ou immergée dans un liquide.

NOTE Les exigences de l'IEC 60076 (toutes les parties) sont applicables aux transformateurs et aux bobines d'inductance dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec la présente Norme ou avec les publications IEC spécialisées traitant des applications de traction.

La présente Norme peut également être appliquée, après accord entre l'acheteur et le fabricant, aux transformateurs de traction des véhicules à courant alternatif triphasé côté réseau et aux transformateurs insérés dans les circuits auxiliaires monophasés ou polyphasés des véhicules, exception faite des transformateurs de mesure et des transformateurs de puissance assignée inférieure à 1 kVA en monophasé ou à 5 kVA en polyphasé.

La présente Norme ne couvre pas les accessoires tels que changeurs de prises, résistances, échangeurs de chaleur, ventilateurs, etc., destinés à être installés sur les transformateurs ou les bobines d'inductance et qui sont soumis à essai séparément suivant les règles les concernant.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60050-811, *Vocabulaire Électrotechnique international (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

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

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 60076-1:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement des transformateurs immergés dans le liquide*

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

IEC 60076-4, *Transformateurs de puissance – Partie 4: Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manœuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

IEC 60076-5, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

IEC 60076-6:2007, *Transformateurs de puissance – Partie 6: Bobines d'inductance*

IEC 60076-7, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

IEC 60076-10, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

IEC 60076-11, *Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

IEC 60076-12:2008, *Transformateurs de puissance – Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de puissance de type sec*

IEC 60076-14, *Transformateurs de puissance – Partie 14: Transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux isolants haute température*

IEC 60076-18, *Transformateurs de puissance – Partie 18: Mesure de la réponse en fréquence*

IEC 60077-1, *Applications ferroviaires – Équipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

IEC 60085, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

IEC 60836, *Spécifications pour liquides isolants silicones neufs pour usages électrotechniques*

IEC 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61039, *Classification des liquides isolants*

IEC 61099, *Liquides isolants – Spécifications relatives aux esters organiques de synthèse neufs destinés aux matériels électriques*

IEC 61373:2010, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 61378-1:2011, *Transformateurs de conversion – Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles*

IEC 62497-1, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62498-1, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Équipement embarqué du matériel roulant*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9614-2, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 2: Mesurage par balayage*