

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
310**

Deuxième édition
Second edition
1991-11

**Transformateurs de traction et inductances
de traction**

Traction transformers and inductors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 310: 1991

AVA Documents
Document Sharing Hub

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
310

Deuxième édition
Second edition
1991-11

**Transformateurs de traction et inductances
de traction**

Traction transformers and inductors

© CEI 1991 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 pro-
cédé, 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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



Documents

Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
CHAPITRE I: DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE	
1 Domaine d'application	8
2 Conditions de service	10
CHAPITRE II: DÉFINITIONS	
Section 1– Définitions relatives aux transformateurs	
3 Classification des transformateurs	12
4 Prises	14
5 Tensions assignées des enroulements d'un transformateur	14
6 Puissances assignées	14
Section 2 – Définitions relatives aux inductances	
7 Classification des inductances	16
8 Définitions de l'inductance	16
9 Valeurs assignées des inductances	18
CHAPITRE III: REFROIDISSEMENT	
10 Désignation des transformateurs et inductances selon leur mode de refroidissement	18
CHAPITRE IV: LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT	
11 Classification des matières isolantes	22
12 Limites d'échauffement	22
CHAPITRE V: PLAQUES SIGNALÉTIQUES	
13 Plaque signalétique des transformateurs	24
14 Plaque signalétique des inductances	26
CHAPITRE VI: ESSAIS	
15 Catégories d'essais	26

CONTENTS

		Page
	FOREWORD	7
Clause		
	CHAPTER I: SCOPE AND SERVICE CONDITIONS	
1	Scope	9
2	Service conditions	11
	CHAPTER II: DEFINITIONS	
	Section 1 – Definitions for transformers	
3	Classification of transformers	13
4	Tappings	15
5	Rated voltages of transformer windings	15
6	Rated power	15
	Section 2 – Definitions for inductors	
7	Classification of inductors	17
8	Definitions of inductance	17
9	Rated values of inductors	19
	CHAPTER III: COOLING	
10	Identification of transformers and inductors according to cooling method	19
	CHAPTER IV: LIMITS OF TEMPERATURE RISE	
11	Classification of insulating materials	23
12	Limits of temperature rise	23
	CHAPTER V: RATING PLATES	
13	Transformer rating plate	25
14	Inductor rating plate	27
	CHAPTER VI: TESTS	
15	Categories of tests	27

Articles	Pages
Section 1 – Essais des transformateurs	
16 Généralités – Liste des essais	28
17 Tolérances	30
18 Vérifications préliminaires (essai de série)	30
19 Mesure de la résistance des enroulements (essais de type et de série)	30
20 Mesure des rapports de transformation (essais de type et de série)	32
21 Mesure du courant primaire et des pertes à vide (essais de type et de série)	32
22 Mesure des tensions de court-circuit (essais de type et de série)	34
23 Mesure des pertes dues à la charge (essais de type et de série)	34
24 Détermination des pertes totales (essai de type)	36
25 Essai d'échauffement (essai de type)	38
26 Essais diélectriques (essais de type et de série)	40
27 Essai de tenue au court-circuit (essai de type facultatif)	44
28 Essais mécaniques (essais d'investigation)	46
Section 2 – Essais des inductances	
29 Liste des essais	48
30 Tolérances	50
31 Vérifications préliminaires (essai de série)	50
32 Mesure de la résistance des enroulements (essai de série)	50
33 Détermination des pertes (essai de type)	50
34 Mesure de l'inductance (essais de type et de série)	52
35 Essais d'échauffement (essais de type)	54
36 Essais diélectriques (essais de type et de série)	54
37 Essais mécaniques (essais d'investigation)	58
Annexe A – Liste des points pour lesquels un agrément entre l'exploitant et le constructeur est nécessaire ou pour lesquels des informations ou spécifications complémentaires doivent être données par l'exploitant ou le constructeur	
	62

Clause	Page
Section 1 – Tests on transformers	
16 General – List of tests	29
17 Tolerances	31
18 Preliminary checks (routine test)	31
19 Measurement of winding resistance (type and routine tests)	31
20 Measurement of voltage ratios (type and routine tests)	33
21 Measurement of no-load primary current and losses (type and routine tests)	33
22 Measurement of impedance voltages (type and routine tests)	35
23 Measurement of load losses (type and routine tests)	35
24 Determination of total losses (type test)	37
25 Temperature-rise test (type test)	39
26 Dielectric tests (type and routine tests)	41
27 Behaviour under short-circuit conditions (optional type test)	45
28 Mechanical tests (investigation tests)	47
Section 2 – Tests on inductors	
29 List of tests	49
30 Tolerances	51
31 Preliminary checks (routine test)	51
32 Measurement of winding resistance (routine test)	51
33 Determination of losses (type test)	51
34 Measurement of inductance (type and routine tests)	53
35 Temperature-rise tests (type tests)	55
36 Dielectric tests (type and routine tests)	55
37 Mechanical tests (investigation tests)	59
Annex A - List of items for which an agreement between user and manufacturer is needed or for which further information or specifications shall be given by user or by manufacturer	
	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE TRACTION ET INDUCTANCES DE TRACTION

AVANT-PROPOS

- 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.

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique.

Cette deuxième édition remplace la première édition de 1969.

Le texte de cette publication est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
9(BC)280/CMT 165	9(BC)285

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TRACTION TRANSFORMERS AND INDUCTORS

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.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 9: Electric traction equipment.

This second edition replaces the first edition of 1969.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
9(CO)280/CMT 165	9(CO)285

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

TRANSFORMATEURS DE TRACTION ET INDUCTANCES DE TRACTION

CHAPITRE I: DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux transformateurs de traction des véhicules moteurs à courant monophasé côté ligne et aux divers types d'inductances insérées dans les circuits de puissance ou auxiliaires des véhicules moteurs électriques, telles que:

- les inductances de filtrage;
- les inductances de lissage;
- les inductances de commutation;
- les inductances de protection des convertisseurs statiques de puissance;
- les shunts inductifs des moteurs de traction;
- les inductances utilisées pour les transitions entre crans des graduateurs;
- les inductances des circuits de freinage;
- les inductances d'antiparasitage.

NOTES

- 1 Les prescriptions de la CEI 76 sont applicables aux transformateurs de traction dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec la présente norme ou avec les publications CEI spécialisées traitant des applications à la traction.
- 2 Pour les transformateurs et les inductances des convertisseurs statiques de puissance, il convient de se reporter également à la CEI 411.

1.1 Extension du domaine d'application

La présente norme peut également être appliquée, après accord entre exploitant et constructeur, aux transformateurs de traction des véhicules à courant triphasé côté ligne 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.

1.2 Exclusions

La présente norme ne couvre pas les accessoires tels que: graduateurs, résistances, échangeurs de chaleur, ventilateurs, etc., destinés à être montés sur les transformateurs ou les inductances et qui doivent être essayés séparément suivant les règles les concernant.

Lorsque les graduateurs font partie intégrante des transformateurs, ils ne peuvent en être séparés lorsqu'on essaie ces derniers.

TRACTION TRANSFORMERS AND INDUCTORS

CHAPTER I: SCOPE AND SERVICE CONDITIONS

1 Scope

This International Standard applies to traction transformers on single-phase a.c. line-side powered vehicles and to the various types of inductors inserted in the power or auxiliary circuits of electric vehicles, such as:

- filter inductors;
- smoothing inductors;
- commutation inductors;
- protection inductors in static power converters;
- inductive shunts for traction motors;
- inductors used for transition between tap changer notches;
- braking circuit inductors;
- interference suppression inductors.

NOTES

- 1 The requirements of IEC 76 are applicable to traction transformers where they do not conflict with this standard, or with the specialized IEC publications dealing with traction applications.
- 2 For transformers and inductors for static power converters, reference should also be made to IEC 411.

1.1 *Extension of the scope*

This standard can also be applied, after agreement between user 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 polyphase auxiliary circuits of the vehicles, except for instrument transformers and transformers of a rated output below 1 kVA single-phase or 5 kVA polyphase.

1.2 *Exclusions*

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

When tap changers are an integral part of the transformers, they cannot be separated while the latter are tested.

1.3 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 76-1: 1976, *Transformateurs de puissance - Partie 1: Généralités.*

CEI 76-2: 1976, *Transformateurs de puissance - Partie 2: Echauffement.*

CEI 76-3: 1980, *Transformateurs de puissance - Partie 3: Niveaux d'isolement et essais diélectriques. Modification n° 1 (1981).*

CEI 76-4: 1976, *Transformateurs de puissance - Partie 4: Prises et connexions.*

CEI 76-5: 1982, *Transformateurs de puissance - Partie 5: Tenue au court-circuit.*

CEI 85: 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.*

CEI 165: 1973, *Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.*

CEI 349: 1971, *Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.*

CEI 411, *Convertisseurs de puissance pour la traction.*

CEI 850: 1988, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction.*

2 Conditions de service

2.1 La présente norme s'applique aux appareils utilisés dans les conditions suivantes:

2.1.1 Altitude

Sauf spécification contraire, il est admis que la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle les appareils sont appelés à travailler en service normal n'excède pas 1 200 m.

2.1.2 Température

Sauf s'il en est convenu autrement entre constructeur et exploitant eu égard aux conditions de température nationales, il est supposé que les températures ambiantes auxquelles les appareils sont appelés à fonctionner en service normal restent comprises entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, la moyenne annuelle n'excédant pas $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Si l'air ambiant extérieur est chauffé avant de pénétrer dans l'échangeur de chaleur du transformateur (ou de l'inductance), cette information et la température de l'air d'entrée doivent être données au constructeur.

1.3 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 76-1: 1976, *Power transformers - Part 1: General.*

IEC 76-2: 1976, *Power transformers - Part 2: Temperature rise.*

IEC 76-3: 1980, *Power transformers - Part 3: Insulation levels and dielectric tests. Amendment No. 1 (1981).*

IEC 76-4: 1976, *Power transformers - Part 4: Tappings and connections.*

IEC 76-5: 1982, *Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuits.*

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation.*

IEC 165: 1973, *Rules for the testing of electric rolling stock on completion of construction and before entry into service.*

IEC 349: 1971: *Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles.*

IEC 411, *Power converters for electric traction.*

IEC 850: 1988, *Supply voltage of traction systems.*

2 Service conditions

2.1 This standard applies to equipment used in the following conditions:

2.1.1 Altitude

Unless otherwise specified, the height above sea level at which the equipment is to work in normal operation is assumed not to exceed 1 200 m.

2.1.2 Temperature

Unless otherwise agreed upon between user and manufacturer in line with national temperature conditions, the ambient temperature at which the equipment is to work in normal operation lies between -25 °C and $+40\text{ °C}$ with a yearly average not exceeding 25 °C .

If external ambient air is heated before entering the transformer (or inductor) heat exchanger, this information and the temperature of the entering air shall be given to the manufacturer.

2.1.3 Chocs mécaniques et vibrations

En l'absence d'informations concernant le niveau des chocs et vibrations auxquels les appareils sont susceptibles d'être soumis en service, il est supposé que:

- les vibrations sont sinusoïdales, que la fréquence f de ces vibrations est comprise entre 1 Hz et 50 Hz et que l'amplitude a , exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f par les équations:

$$a = 25/f \text{ pour } 1 \text{ Hz} < f < 10 \text{ Hz}$$

$$a = 250/f^2 \text{ pour } 10 \text{ Hz} < f < 50 \text{ Hz}$$

- les accélérations maximales des chocs sont les suivantes:

· horizontalement (sens de mouvement du véhicule)	30 m/s ²
· transversalement	20 m/s ²
· verticalement	10 m/s ²

NOTES

- 1 En plus des vibrations résultant des conditions d'environnement mécanique, il convient de tenir compte des vibrations qui pourraient aussi résulter des conditions d'environnement électrique.
- 2 Les prescriptions ci-dessus sont données à titre indicatif et sont à considérer comme étant encore à l'étude. Un groupe de travail a été créé pour l'étude des conditions à satisfaire dans le domaine des chocs et des vibrations pour tous les équipements de traction.

2.2 Conditions de service spéciales

Des dispositions spéciales fixées par accord entre exploitant et constructeur seront prises lorsque les conditions diffèrent de celles mentionnées en 2.1, par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante dépassant +40 °C ou inférieure à -25 °C;
- température moyenne élevée conjuguée avec une forte humidité de l'air;
- pluies torrentielles, tempêtes de sable ou de neige, etc.

La vérification de l'efficacité des dispositions ainsi arrêtées pourra faire éventuellement l'objet d'essais de type facultatifs, pouvant être effectués sur le véhicule lui-même suivant des modalités à fixer par accord entre exploitant et constructeur.

CHAPITRE II: DÉFINITIONS

Section 1 – Définitions relatives aux transformateurs

NOTE - Sauf stipulations contraires de la présente section, les définitions générales données par la CEI 76 sont valables pour les transformateurs couverts par la présente norme.

3 Classification des transformateurs

Selon les dispositions prévues pour le réglage en charge de la tension secondaire d'alimentation des circuits de traction, les transformateurs de traction peuvent être classés en:

- transformateurs à rapport fixe;
- transformateurs à réglage basse tension;
- transformateurs à réglage haute tension.

2.1.3 Shock and vibration

In the absence of information concerning the degree of vibration and shock to which the transformers and inductors are likely to be subjected in service, it is to be assumed:

- that the vibrations are sinusoidal, that the frequency f of vibration is between 1 Hz and 50 Hz, and that the amplitude a , expressed in millimetres, is given as a function of f , by the equations:

$$a = 25/f \text{ for } 1 \text{ Hz} < f < 10 \text{ Hz}$$

$$a = 250/f^2 \text{ for } 10 \text{ Hz} < f < 50 \text{ Hz}$$

- that the maximum shock accelerations are:
 - . horizontally (in the direction of motion of the vehicle) 30 m/s²
 - . transversely 20 m/s²
 - . vertically 10 m/s²

NOTES

1 In addition to vibrations arising from the mechanical environment, consideration should be given to vibrations that could also occur as a result of the electrical environment.

2 The above requirements are given as guidance only and should be considered as under consideration. A Working Group has been entrusted with the study of vibration and shock requirements for all traction equipment.

2.2 Special service conditions

Special arrangements shall be agreed between user and manufacturer when conditions differ from those mentioned in 2.1, for example:

- altitude exceeding 1 200 m;
- ambient temperature above +40 °C or below -25 °C;
- high average temperature plus high air humidity;
- torrential rains, sand or snow storms, etc.

Checking on the effectiveness of such arrangements could, if required, form the subject of optional type tests which could be carried out on the vehicle itself in accordance with methods to be agreed between user and manufacturer.

CHAPTER II: DEFINITIONS

Section 1 – Definition for transformers

NOTE - Unless otherwise specified in this section, the general definitions given in IEC 76 are valid for the transformers covered by this standard.

3 Classification of transformers

Depending on arrangements made for on-load variation of the secondary voltage of the traction circuits, the traction transformers can be classified as:

- fixed ratio transformers;
- transformers with low-voltage tapping;
- transformers with high-voltage tapping.

4 Prises

En vue de permettre de modifier le rapport de transformation du transformateur, un ou plusieurs de ses enroulements peuvent être munis de prises intermédiaires qui doivent être indiquées sur le schéma et dans la spécification en précisant leurs caractéristiques limites d'utilisation.

4.1 *Prise principale*

La prise principale est celle qui permet d'obtenir aux bornes des moteurs de traction la tension assignée de ces moteurs lorsqu'ils absorbent leur courant assigné en régime continu, l'enroulement côté ligne du transformateur étant alimenté sous sa tension assignée et à la fréquence assignée.

Lorsque des prises intermédiaires sont placées à la fois sur l'enroulement côté ligne et sur l'enroulement traction, les prises principales doivent être indiquées.

Pour les véhicules moteurs polycourant, les prises principales peuvent être différentes pour chaque système d'alimentation.

Le rapport de transformation à vide doit être précisé pour la prise principale.

5 Tensions assignées des enroulements d'un transformateur

5.1 *Tension assignée côté ligne*

La tension assignée côté ligne est la valeur efficace de la tension applicable à l'ensemble de l'enroulement côté ligne dans les conditions normales de fonctionnement. Si cet enroulement est muni de prises, la tension assignée doit se référer à la prise principale.

Sauf accord particulier entre exploitant et constructeur, la tension assignée côté ligne est spécifiée comme étant égale à la tension nominale du réseau.

NOTE La CEI 850 donne la liste des tensions nominales des réseaux de traction.

5.2 *Tension assignée secondaire*

La tension assignée d'un enroulement secondaire d'un transformateur est la valeur efficace de la tension à vide aux bornes de cet enroulement, lorsque l'enroulement côté ligne du transformateur, sur sa prise principale, est alimenté à sa tension assignée et à la fréquence assignée.

6 Puissances assignées

Les transformateurs de traction comportent en général plusieurs enroulements secondaires (par exemple: traction, auxiliaires, chauffage du train). La spécification du transformateur doit indiquer la puissance assignée de chacun de ses enroulements, exprimée en kilovoltampère, et définie comme étant le produit de la tension assignée de cet enroulement par son courant assigné.

Le régime assigné d'un transformateur est son régime continu.

4 Tappings

In order to permit variation of the voltage ratio of the transformer, one or more of its windings may be equipped with intermediate tappings, which shall be indicated on the diagram and in the specification, with a statement of their maximum operating characteristics.

4.1 *Principal tapping*

The principal tapping is that which enables the rated traction motor voltage to be obtained at the terminals of the motors when they are taking their rated current, the transformer line-side winding being supplied at rated voltage and frequency.

When both line-side windings and traction windings have intermediate tappings, the principal tappings shall be indicated.

For multi-system vehicles, the principal tappings may be different for each system.

The no-load voltage ratio shall be defined for the principal tapping.

5 Rated voltages of transformer windings

5.1 *Rated line-side voltage*

The rated line-side voltage is the r.m.s. voltage applicable in normal operating conditions to the line-side winding group. If this winding has tappings, the rated voltage shall be referred to the principal tapping.

Unless otherwise agreed between user and manufacturer, the rated line-side voltage is specified as being equal to the nominal voltage of the traction system.

NOTE - IEC 950 gives the list of the nominal voltages of traction systems.

5.2 *Rated secondary voltage*

The rated voltage of a secondary winding of a transformer is the r.m.s. no-load voltage at the terminals of the winding when the principal tapping of the line-side winding of the transformer is fed at its rated voltage and frequency.

6 Rated power

Traction transformers usually have several secondary windings (e.g. traction, auxiliaries, train heating). The specification of the transformer shall indicate the rated power, in kilovoltampere, of each winding defined as the product of the rated voltage of this winding and its rated current.

The rating of a transformer is its continuous rating.

Le courant assigné d'un enroulement est le courant que cet enroulement peut supporter en régime permanent sans que son échauffement dépasse la limite indiquée à l'article 12. Pour un enroulement traction, le courant assigné doit correspondre à la prise principale. Cette définition du courant assigné s'applique dans l'hypothèse où les autres enroulements normalement chargés fournissent leur charge assignée.

NOTE - La puissance assignée de l'enroulement côté ligne d'un transformateur peut être inférieure à la somme des puissances assignées des divers enroulements secondaires; cela est admissible par exemple pour le transformateur d'un convertisseur statique avec montage à simple voie ou pour un transformateur de traction comportant un secondaire pour le chauffage du train utilisé seulement durant la saison froide.

Section 2 – Définitions relatives aux inductances

7 Classification des inductances

Selon leur utilisation, les inductances peuvent se classer en:

- *Inductances à courant alternatif*

Inductances traversées par des courants alternatifs, telles que les inductances de transition entre prises de graduateurs, les inductances des circuits de freinage des moteurs monophasés à collecteur, les inductances d'antiparasitage, etc.

- *Inductances à courant continu*

Inductances traversées par des courants continus avec une composante alternative faible ou négligeable, telles que les inductances de filtrage, les shunts inductifs de moteurs de traction, les inductances de circuits de freinage en courant continu, etc.

- *Inductances à courant ondulé*

Inductances traversées par des courants continus présentant une ondulation périodique notable, telles les inductances de lissage de moteurs de traction, etc.

- *Inductances de convertisseur*

Inductances insérées dans les convertisseurs de puissance pour assurer la commutation ou la protection.

8 Définitions de l'inductance

Les valeurs de l'inductance des bobines d'inductance dépendent des différentes catégories d'utilisation et sont définies comme suit, étant entendu qu'elles doivent comporter l'indication de la nature et de la valeur du courant utilisé pour leur mesure.

8.1 Inductance en courant alternatif

Se déduit de la mesure du courant alternatif traversant la bobine d'inductance alimentée par une tension alternative sinusoïdale de valeur et de fréquence spécifiées.

L'inductance en courant alternatif est la valeur à prendre en compte pour les inductances à courant alternatif et pour les inductances de convertisseur.

8.2 Inductance transitoire

Se déduit du relevé oscilloscopique du courant dans l'inductance ou de la mesure de la variation du flux magnétique; par exemple, les essais peuvent être effectués en courant continu, en opérant soit par fermeture brusque du circuit, soit par mise en court-circuit brusque de l'inductance.

The rated current of a winding is the current this winding can sustain permanently without exceeding the temperature-rise limit stated in clause 12. For a traction winding, the rated current shall correspond to the principal tapping. This definition of rated current applies when other windings, which are normally on load, deliver their rated loads.

NOTE - The rated power of the line-side winding of a transformer can be less than the sum of the rated powers of its various secondary windings; this is permissible, for example, for the transformer of a single way connected static convertor or for a traction transformer having a secondary for train heating which is only used during the cold season.

Section 2 – Definitions for inductors

7 Classification of inductors

According to their utilization, inductors can be classified as follows:

- *Inductors for alternating current*

Inductors that carry alternating current, such as transition inductors used for transition between tapplings of tap changers, inductors for a.c. commutator motor braking circuits, interference suppression inductors, etc.

- *Inductors for direct current*

Inductors that carry direct current with small or negligible a.c. components, such as d.c. filter inductors, inductive shunts for traction motors, inductors for d.c. motor braking circuits, etc.

- *Inductors for pulsating current*

Inductors that carry direct current with a significant periodic ripple, such as smoothing inductors for traction motors, etc.

- *Inductors for convertors*

Inductors inserted inside electronic power convertors for purposes of commutation or protection.

8 Definitions of inductance

Values of inductance for inductors are related to the different classes of utilization and are defined as follows, with the understanding that they shall include an indication of the nature and value of the current used in their measurement.

8.1 A.C. inductance

Is derived from the measurement of the alternating current carried by the inductor when it is supplied by a sinusoidal alternating voltage of specified value and frequency.

A.C. inductance is the value to take into account for both inductors for alternating current and inductors for convertor.

8.2 Transient inductance

Is derived from the oscillographic record of current in the inductor or from the measurement of the variation of magnetic flux; for example, the test could be carried out with direct current either by means of a sudden closing of the circuit or by a sudden short-circuiting of the inductor.

8.3 Inductance en courant ondulé

Se déduit de relevés des tensions aux bornes de l'inductance traversée par un courant ondulé spécifié¹⁾.

9 Valeurs assignées des inductances

Les définitions relatives aux valeurs assignées des inductances sont les mêmes que celles qui sont applicables aux machines tournantes de traction (voir CEI 349).

Les valeurs assignées et les conditions d'exploitation (courant, tension, fréquence, durée, cycle de service, ventilation, etc.) seront soit garanties par le constructeur, soit soumises par celui-ci à l'accord de l'exploitant avant l'exécution des essais.

CHAPITRE III: REFROIDISSEMENT

10 Désignation des transformateurs et inductances selon leur mode de refroidissement

10.1 Désignation des symboles

Les transformateurs et inductances seront identifiés selon le mode de refroidissement employé. Les symboles littéraux à utiliser selon les modes de refroidissement sont donnés au tableau 1.

Tableau 1 – Symboles littéraux

Nature de l'agent de refroidissement	Symboles
Huile minérale ou liquide isolant synthétique dont le point de feu est ≤ 300 °C	O
Liquide synthétique avec point de feu > 300 °C	K
Liquide isolant synthétique dont le point de feu est supérieur à son point d'ébullition	L
Gaz	G
Eau	W
Air	A
Nature de la circulation	Symboles
Naturelle	N
Forcée (avec huile non dirigée)	F
Forcée (avec huile dirigée)	D

1) Il est rappelé que, conformément à la CEI 411, le taux d'ondulation d'un courant ondulé, exprimé en pour-cent, est défini conventionnellement par la formule:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

dans laquelle $I_{\max}$ et $I_{\min}$ représentent respectivement la valeur maximale et la valeur minimale de l'onde de courant.

8.3 Pulsating current inductance

Is derived from a record of the terminal voltage when a specified pulsating current is passing through the inductor¹⁾.

9 Rated values of inductors

Definitions related to the rated values of inductors are the same as those applicable to traction rotating machines (see IEC 349).

The rated values and service conditions (current, voltage, frequency, duration, duty cycle, ventilation, etc.) shall be either guaranteed by the manufacturer, or submitted by the manufacturer for the agreement of the user, before execution of the tests.

CHAPTER III: COOLING

10 Identification of transformers and inductors according to cooling method

10.1 Identification symbols

Transformers and inductors shall be identified according to the cooling method employed. Letter symbols for use in connection with each cooling method shall be as given in table 1.

Table 1 – Letter symbols

Kind of cooling medium	Symbol
Mineral oil or synthetic insulating liquid with fire-point ≤ 300 °C	O
Synthetic insulating liquid with fire-point > 300 °C	K
Synthetic insulating liquid having a fire-point greater than its boiling-point	L
Gas	G
Water	W
Air	A
Kind of circulation	Symbol
Natural	N
Forced (non-directed oil)	F
Forced-directed oil	D

¹⁾ It should be mentioned that, in accordance with IEC 411, the ripple factor of a pulsating current, expressed as a percentage, is conventionally defined by the formula:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

in which $I_{\max}$ and $I_{\min}$ respectively represent the maximum and minimum values of the current wave.