

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 310

Première édition — First edition

1969

Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction

Rules for traction transformers and reactors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

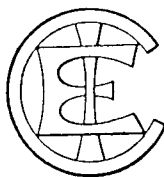
Publication 310

Première édition — First edition

1969

Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction

Rules for traction transformers and reactors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
CHAPITRE I: DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE	
1. Domaine d'application	6
2. Conditions de service	6
CHAPITRE II: DÉFINITIONS	
SECTION UN – DÉFINITIONS RELATIVES AUX TRANSFORMATEURS	
3. Réglage de la tension	8
4. Prises	8
5. Tensions nominales des enroulements d'un transformateur	10
6. Puissances nominales	10
SECTION DEUX – DÉFINITIONS RELATIVES AUX INDUCTANCES	
7. Classification des inductances	12
8. Définitions de l'inductance	12
9. Régime nominal des inductances	14
CHAPITRE III: REFROIDISSEMENT	
10. Désignation des transformateurs et des inductances selon leur mode de refroidissement	14
CHAPITRE IV: LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT	
11. Classification des matières isolantes	16
12. Limites d'échauffement	16
CHAPITRE V: PLAQUES SIGNALÉTIQUES	
13. Plaque signalétique des transformateurs	18
14. Plaque signalétique des inductances	18
CHAPITRE VI: ESSAIS	
15. Catégories d'essais	18
SECTION UN – ESSAIS DES TRANSFORMATEURS	
16. Généralités – liste des essais	20
17. Tolérances	22
18. Vérification préliminaire	22
19. Mesure de la résistance des enroulements	22
20. Mesure des rapports de transformation	24
21. Mesure du courant primaire et des pertes à vide	24
22. Mesure des tensions de court-circuit	24
23. Mesure des pertes dues à la charge	26
24. Détermination des pertes totales	28
25. Essai d'échauffement	28
26. Essais diélectriques	30
27. Essais de tenue au court-circuit	34
SECTION DEUX – ESSAIS DES INDUCTANCES	
28. Liste des essais	36
29. Tolérances	38
30. Vérification préliminaire	38
31. Mesure de la résistance des enroulements	38
32. Détermination des pertes	38
33. Mesure de l'inductance	40
34. Essais d'échauffement	42
35. Essais diélectriques	42
36. Essai aux ondes de choc	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
CHAPTER I: SCOPE AND SERVICE CONDITIONS	
1. Scope	7
2. Service conditions	7
CHAPTER II: DEFINITIONS	
SECTION ONE – DEFINITIONS FOR TRANSFORMERS	
3. Voltage control	9
4. Tappings	9
5. Rated voltages of transformer windings	11
6. Rated power	11
SECTION TWO – DEFINITIONS FOR REACTORS	
7. Classification of reactors	13
8. Definitions of inductance	13
9. Rating of reactors	15
CHAPTER III: COOLING	
10. Identification of transformers and reactors according to cooling method	15
CHAPTER IV: LIMITS OF TEMPERATURE RISE	
11. Classification of insulating materials	17
12. Temperature-rise limits	17
CHAPTER V: RATING PLATES	
13. Transformer rating plate	19
14. Reactor rating plate	19
CHAPTER VI: TESTS	
15. Categories of tests	19
SECTION ONE – TESTS ON TRANSFORMERS	
16. General – list of tests	21
17. Tolerances	23
18. Preliminary check	23
19. Measurement of winding resistance	23
20. Measurement of voltage ratios	25
21. Measurement of no load primary current and losses	25
22. Measurement of impedance voltages	25
23. Measurement of load losses	27
24. Determination of total losses	29
25. Temperature-rise test	29
26. Dielectric tests	31
27. Behaviour under short-circuit conditions	35
SECTION TWO – TESTS ON REACTORS	
28. List of tests	37
29. Tolerances	39
30. Preliminary check	39
31. Measurement of winding resistance	39
32. Determination of losses	39
33. Measurement of inductance	41
34. Temperature-rise tests	43
35. Dielectric tests	43
36. Impulse voltage withstand test	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÈGLES APPLICABLES AUX TRANSFORMATEURS DE
TRACTION ET AUX INDUCTANCES DE TRACTION**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation est l'aboutissement du projet présenté en 1963 par l'Union Internationale des Chemins de Fer à l'occasion de la révision de la 1^{re} édition de la Publication 77: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.

Le Comité Mixte International du Matériel de Traction électrique, lors de la réunion tenue à Venise en 1963, avait en effet estimé que les règles particulières aux transformateurs utilisés sur les véhicules moteurs et figurant dans ladite publication devraient, à l'avenir, faire l'objet d'une publication distincte traitant également des inductances de traction dont la construction et les conditions de service restent très proches de celles des transformateurs de traction.

Diverses modifications au projet initial furent apportées par un Groupe de Travail préparatoire, puis par le Comité Mixte lors de sa session de Prague en 1967.

A la suite de cette dernière réunion, un projet de recommandation fut soumis, en décembre 1967, à l'approbation des Comités nationaux de la C E I suivant la Règle des Six Mois, ainsi qu'à l'Union Internationale des Chemins de Fer.

Ce projet a reçu l'accord explicite des Comités nationaux de la C E I des pays suivants:

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Belgique	Pays-Bas
Corée (République de)	Royaume-Uni
France	Suisse
Hongrie	Turquie
Iran	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

et de l'Union Internationale des Chemins de Fer.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RULES FOR TRACTION TRANSFORMERS AND REACTORS

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation is based on the draft submitted in 1963 by the International Union of Railways on the occasion of the revision of the 1st edition of Publication 77, Rules for Electric Traction Equipment.

The International Mixed Committee on Electric Traction Equipment, at the meeting held in Venice in 1963, considered that the special rules applicable to transformers used on electric traction vehicles should, in future, form the subject of a separate publication also dealing with traction reactors, whose design and service conditions approximate closely to those for traction transformers.

Various amendments to the original draft were made by a Preparatory Working Group, and then by the International Mixed Committee at its meeting in Prague in 1967.

Following this latter meeting, a draft Recommendation was circulated, in December 1967, to the IEC National Committees for approval under the Six Months' Rule and to the International Union of Railways.

This draft was explicitly approved by the following IEC National Committees of the following countries:

Australia	Japan
Belgium	Korea (Republic of)
France	Netherlands
Germany	South Africa
Hungary	Switzerland
Iran	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom

and by the International Union of Railways.

RÈGLES APPLICABLES AUX TRANSFORMATEURS DE TRACTION ET AUX INDUCTANCES DE TRACTION

CHAPITRE I : DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1. Domaine d'application

Les présentes règles s'appliquent aux transformateurs de traction des véhicules moteurs à courant monophasé et aux divers types d'inductances insérées dans les circuits principaux ou auxiliaires des véhicules moteurs électriques, telles que:

- les shunts inductifs des moteurs de traction;
- les inductances utilisées pour les transitions entre crans de graduateurs;
- les inductances des circuits de freinage;
- les inductances d'anode ou de cathode;
- les inductances de lissage;
- les inductances de suppression d'interférences.

Notes 1. – Les prescriptions de la Publication 76 de la CEI: Transformateurs de puissance, sont applicables aux transformateurs de traction dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec les présentes règles.

2. – Pour les transformateurs et les inductances de convertisseurs statiques, il convient de se reporter en outre à la Publication de la CEI traitant des convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction, en préparation, qui spécifie les prescriptions supplémentaires à appliquer auxdits appareils.

1.1 Extension des règles

Les présentes règles peuvent également être appliquées, après accord entre exploitant et constructeur, aux transformateurs de traction des véhicules à courant triphasé et aux transformateurs insérés dans les circuits auxiliaires mono ou polyphasés des véhicules, exception faite des transformateurs de mesure et des transformateurs de puissance nominale inférieure à 1 kVA en monophasé ou à 5 kVA en polyphasé.

1.2 Exclusions

Les présentes règles ne couvrent pas les accessoires tels que: graduateurs, résistances, radiateurs, ventilateurs, etc., destinés à être montés sur les transformateurs ou les inductances et qui doivent être essayés séparément suivant des règles spéciales.

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

Les essais sur les graduateurs seuls seront exécutés suivant les règles CEI en vigueur.

2. Conditions de service

2.1 Les règles s'appliquent 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.

RULES FOR TRACTION TRANSFORMERS AND REACTORS

CHAPTER I : SCOPE AND SERVICE CONDITIONS

1. Scope

The present rules apply to traction transformers on single-phase a.c. powered vehicles and to the various types of reactors inserted in the main or auxiliary circuits of electric vehicles, such as:

- inductive shunts for traction motors;
- reactors used for transition between tap changer notches;
- braking circuit reactors;
- anode or cathode reactors;
- smoothing reactors;
- interference suppression reactors.

Notes 1. – The requirements of IEC Publication 76, Power Transformers, are applicable to traction transformers in so far as they do not conflict with the present rules.

- 2. – For transformers and reactors for static converters, reference shall be made to the IEC Publication dealing with single-phase traction static power converters, in preparation, which specifies the additional requirements for such equipment.

1.1 Extension of the rules

The present rules can also be applied after agreement between user and manufacturer, to the traction transformers of three-phase vehicles and to the transformers inserted in the single-phase or polyphase auxiliary circuits of the vehicles, except instrument transformers and transformers of a rated output below 1 kVA single phase or 5 kVA polyphase.

1.2 Exclusions

The present rules do not cover accessories such as: tap changers, resistors, radiators, blowers, etc., intended for mounting on the transformers or reactors which must be tested separately according to particular rules.

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

Tests on tap changers alone shall be carried out in accordance with the relevant IEC rules.

2. Service conditions

2.1 The rules apply 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 *Température*

Sauf spécification contraire, il est admis que les températures ambiantes auxquelles les appareils sont appelés à fonctionner en service normal restent comprises entre -25°C et $+40^{\circ}\text{C}$, la moyenne annuelle n'excédant pas 25°C .

2.1.3 *Chocs mécaniques*

Sauf spécification contraire, il est admis que les accélérations maximales des chocs auxquels les transformateurs, les inductances sont susceptibles d'être soumis en service seront les suivantes:

horizontalement	{ dans le sens du déplacement du véhicule	3 g
	{ latéralement	2 g
verticalement		1 g

g étant la valeur de l'accélération due à la pesanteur.

Les accessoires d'appareillage tels que contacteurs, relais, etc. montés sur les transformateurs ou les inductances devront être étudiés en vue de supporter les vibrations définies par la Publication 77 de la CEI: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.

2.2 *Conditions spéciales*

Des dispositions particulières fixées par accord entre exploitant et constructeur seront prises lorsque les conditions diffèrent de celles mentionnées au paragraphe 2.1 par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante dépassant 40°C ;
- température minimale 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 modalités à fixer par accord entre l'exploitant et le constructeur.

CHAPITRE II : DÉFINITIONS

SECTION UN - DÉFINITIONS RELATIVES AUX TRANSFORMATEURS

Note. — Sauf stipulations contraires de la présente section, les définitions générales données par la Publication 76 de la CEI sont valables pour les transformateurs couverts par les présentes règles.

3. **Réglage de la tension**

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.

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 dont l'existence doit être indiquée sur le schéma et dans la spécification en précisant, en principe, la tension et le courant correspondants et, s'il y a lieu, leurs caractéristiques limites d'utilisation.

2.1.2 *Temperature*

Unless otherwise specified, the ambient temperatures at which the equipment is to work in normal operation lie between -25°C and $+40^{\circ}\text{C}$ with a yearly average not exceeding 25°C .

2.1.3 *Mechanical shocks*

Unless otherwise specified, the maximum accelerations of shocks to which the transformers and reactors are likely to be submitted in service shall be assumed as follows:

horizontally	in the direction of motion of the vehicle	3 g
	transversely	2 g
vertically		1 g

g being the value of acceleration due to gravity.

Controlgear accessories such as contactors, relays, etc., mounted on transformers or reactors, must be designed in order to withstand the vibrations defined in IEC Publication 77, Rules for Electric Traction Equipment.

2.2 *Special conditions*

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

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

Check 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 ONE – DEFINITIONS FOR TRANSFORMERS

Note. – Unless otherwise specified in this Section, the general definitions given in IEC Publication 76 are valid for the transformers covered by the present rules.

3. **Voltage control**

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-tension control;
- transformers with high-tension control.

4. **Tappings**

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

4.1 *Prise principale*

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

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

Pour les véhicules moteurs polycourant, les prises principales peuvent être différentes dans chaque système.

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

5. **Tensions nominales des enroulements d'un transformateur**

5.1 *Tension nominale côté ligne*

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

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

Note. – La Publication de la CEI traitant des règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers, en préparation, donne la liste des tensions nominales des réseaux de traction.

5.2 *Tension nominale secondaire*

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

6. **Puissances nominales**

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 nominale de chacun de ses enroulements, exprimée en kilovoltampères, et définie comme étant le produit de la tension nominale de cet enroulement par son courant nominal.

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

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

Note. – La puissance nominale de l'enroulement côté ligne d'un transformateur peut être inférieure à la somme des puissances nominales 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.

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 continuously rated current, the transformer line-side winding being supplied at rated voltage and frequency.

When both line-side windings and traction windings have intermediate tapplings, the principal tapplings are those specified.

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

The voltage ratio at no-load 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 tapplings, the rated voltage shall be referred to the principal tapping.

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

Note. – The IEC Publication dealing with rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles, in preparation, 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 (for example: traction, auxiliaries, train heating). The specification of the transformer shall indicate the rated power, in kilovoltamperes, of each winding defined as the product of the rated voltage of this winding by its rated current.

The rating of a transformer is its continuous rating.

The rated current of a winding is the current this winding can withstand indefinitely 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, carry their rated loads.

Note. – The rated power of the line-side winding of a transformer can be less than the sum of the rated power 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 DEUX – DÉFINITIONS RELATIVES AUX INDUCTANCES

7. Classification des inductances

Selon leur utilisation, les inductances peuvent se classer en :

- *Inductances à courant alternatif*
inductances insérées dans des circuits à courant alternatif telles que les inductances de transition entre crans de gradateurs, les inductances des circuits de freinage des moteurs monophasés à collecteur, etc.
- *Inductances à courant continu*
inductances insérées dans des circuits à courant continu telles que les shunts inductifs de moteurs de traction, etc.
- *Inductances à courant ondulé*
inductances insérées dans des circuits parcourus par un courant unidirectionnel présentant une ondulation périodique notable, telles les inductances de lissage de moteurs à courant ondulé, etc.

8. Définitions de l'inductance

En l'absence de garantie fixée à la commande, la valeur de l'inductance d'une bobine devra être spécifiée par le constructeur avant exécution des essais. 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 l'inductance alimentée par une tension alternative sinusoïdale de valeur et de fréquence spécifiées.

8.2 Inductance transitoire

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

8.3 Inductance en courant ondulé

Se déduit de relevés des tensions aux bornes de l'inductance traversée par un courant ondulé spécifié ¹⁾.

¹⁾ Il est rappelé que, conformément à la Publication de la CEI traitant des convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction, en préparation, 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.

SECTION TWO – DEFINITIONS FOR REACTORS

7. Classification of reactors

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

- *Alternating current reactors*
reactors inserted in a.c. circuits, such as transition reactors used for transition between notches of tap changers, reactors for a.c. commutator motor braking circuits, etc.
- *Direct current reactors*
reactors inserted in d.c. circuits, such as inductive shunts for traction motors, etc.
- *Pulsating current reactors*
reactors inserted in circuits in which flows a unidirectional current with a significant periodic ripple, such as smoothing reactors for pulsating current motors, etc.

8. Definitions of inductance

In the absence of guarantee fixed at the time of ordering, the value of the inductance of a reactor shall be specified by the manufacturer before execution of the tests. Values of inductance for reactor coils 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 measurement of the a.c. current passing through the reactor when it is supplied by a sinusoidal alternating voltage of specified value and frequency.

8.2 Transient inductance

Is derived from the oscillographic record of current in the reactor or from the measurement of the variation of magnetic flux; the tests are carried out with direct current either by means of a sudden closing of the circuit or by a sudden short-circuiting of the reactor.

8.3 Pulsating current inductance

Is derived from a record of the terminal voltage when a specified pulsating current is passed through the reactor ¹⁾.

¹⁾ It should be mentioned that, in accordance with the IEC Publication dealing with single-phase traction static power converters, in preparation, 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 $I_{\min.}$ represent the maximum and minimum values of the current wave respectively.