

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 411-3

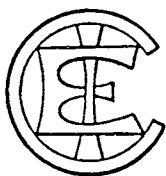
Première édition — First edition
1982

Convertisseurs de puissance pour la traction

Troisième partie: Convertisseurs autoalimentés pour la traction monophasée

Power converters for electric traction

Part 3: Self-commutated converters for single-phase traction



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, 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 inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 411-3

Première édition — First edition
1982

Convertisseurs de puissance pour la traction

Troisième partie: Convertisseurs autoalimentés pour la traction monophasée

Power converters for electric traction

Part 3: Self-commutated converters for single-phase traction



© CEI 1982

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

3, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Renvoi à diverses publications de la CEI	6
3. Conditions de service	8
4. Définitions des caractéristiques côté ligne	12

SECTION DEUX – THYRISTORS, DIODES ET ÉLÉMENTS À SEMICONDUCTEURS

5. Généralités	16
--------------------------	----

SECTION TROIS – TRANSFORMATEURS ET BOBINES D'INDUCTANCE POUR CONVERTISSEURS DE TRACTION

6. Généralités	16
7. Essais des transformateurs	18
8. Essais des inductances	20

SECTION QUATRE – GROUPES ET BLOCS CONVERTISSEURS

9. Définitions	22
10. Configurations des convertisseurs autocommutés pour la traction	34
11. Redresseur autocommuté	36
12. Onduleur autocommuté	42
13. Convertisseur autocommuté direct de courant alternatif	46
14. Convertisseur autocommuté indirect de courant alternatif	48
15. Essais des convertisseurs	48

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE – GENERAL

Clause

1. Scope	7
2. Reference to various IEC publications	7
3. Service conditions	9
4. Definitions of line-side characteristics	13

SECTION TWO – SEMICONDUCTOR THYRISTORS, DIODES AND STACKS

5. General	17
----------------------	----

SECTION THREE – CONVERTOR TRACTION TRANSFORMERS AND REACTORS

6. General	17
7. Tests on transformers	19
8. Tests on reactors	21

SECTION FOUR – CONVERTOR EQUIPMENT AND ASSEMBLIES

9. Definitions	23
10. Configurations of self-commutated traction convertors	35
11. Self-commutated rectifier	37
12. Self-commutated inverter	43
13. Self-commutated direct a.c. convertor	47
14. Self-commutated indirect a.c. convertor	49
15. Tests on convertors	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS DE PUISSANCE POUR LA TRACTION

Troisième partie: Convertisseurs autocommutés pour la traction monophasée

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 22D: Convertisseurs de puissance pour le matériel roulant, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Le projet, document 22D(Bureau Central)13, fut discuté lors de la réunion tenue à La Haye en 1975, puis soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1976.

Des modifications, document 22D(Bureau Central)17, furent discutées lors de la réunion tenue à Varsovie en 1978 puis soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1978.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Belgique
Egypte
Espagne
France
Hongrie
Italie

Japon
Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER CONVERTORS FOR ELECTRIC TRACTION**Part 3: Self-commutated convertors for single-phase traction**

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.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 22D: Power Convertors for Electric Rolling Stock, of IEC Technical Committee No. 22: Power Electronics.

The draft, Document 22D(Central Office)13, was discussed at the meeting held in The Hague in 1975, and submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1976.

Amendments, Document 22D(Central Office)17, were discussed at the meeting held in Warsaw in 1978 and submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Egypt
France
Germany
Hungary
Italy
Japan
Netherlands

Poland
South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom

CONVERTISSEURS DE PUISSANCE POUR LA TRACTION

Troisième partie: Convertisseurs autocommutés pour la traction monophasée

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux convertisseurs à semiconducteurs autocommutés, destinés à l'équipement des véhicules monophasés de traction dont la fréquence nominale d'alimentation est comprise entre 15 Hz et 60 Hz. Elle concerne les convertisseurs de types ci-après:

- redresseur;
 - convertisseur direct de courant alternatif (cycloconvertisseur);
 - convertisseur indirect de courant alternatif (onduleur associé à un redresseur),
- destinés à l'alimentation des circuits de traction des véhicules.

En principe, cette norme s'applique également aux convertisseurs destinés à l'alimentation des services auxiliaires des véhicules de traction.

Note. — Selon accord entre constructeur et utilisateur, cette norme peut aussi s'appliquer aux convertisseurs autocommutés des véhicules thermo-électriques ou des véhicules polycourant.

2. Renvoi à diverses publications de la CEI

Les articles des publications de la CEI ci-après sont applicables aux convertisseurs faisant l'objet de cette norme pour autant qu'ils ne sont pas modifiés par les articles de la présente norme.

Publication 50(551): Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), Chapitre 551: Electronique de puissance.

Publication 77: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.

Publication 146: Convertisseurs à semiconducteurs.

Publication 146-2: Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs.

Publication 146-3: Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs à semiconducteurs (hacheurs).

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

Publication 310: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.

Publication 349: Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.

Publication 411: Convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction.

Publication 411-1: Convertisseurs de puissance pour la traction, Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors.

Publication 571: Règles pour les équipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires.

POWER CONVERTORS FOR ELECTRIC TRACTION

Part 3: Self-commutated convertors for single-phase traction

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to self-commutated semiconductor power convertors intended for service on single-phase rolling stock supplied with current of rated frequency between 15 Hz and 60 Hz. It covers the following types of convertors:

- rectifier;
 - a.c. direct convertor (cycloconvertor);
 - a.c. indirect convertor (inverter with rectifier),
- when intended for supplying traction vehicle circuits.

In principle, this standard also applies to convertors for supplying the auxiliary services on traction vehicles.

Note. — If agreed between manufacturer and user, this standard may also apply to self-commutated convertors on thermo-electric vehicles or multi-system vehicles.

2. Reference to various IEC publications

Except where modified by clauses in the present standard, clauses in the following IEC publications are applicable to the convertors forming the subject of this standard.

Publication 50(551): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 551: Power Electronics.

Publication 77: Rules for Electric Traction Equipment.

Publication 146: Semiconductor Convertors.

Publication 146-2: Part 2: Semiconductor Self-commutated Convertors.

Publication 146-3: Part 3: Semiconductor Direct D.C. Convertors (D.C. Chopper Convertors).

Publication 165: Rules for the Testing of Electric Rolling Stock on Completion of Construction and before Entry into Service.

Publication 310: Rules for Traction Transformers and Reactors.

Publication 349: Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles.

Publication 411: Single-phase Traction Power Convertors.

Publication 411-1: Power Convertors for Electric Traction, Part 1: Single-phase Power Convertors using Thyristors.

Publication 571: Rules for Electronic Equipment Used on Rail Vehicles.

3. Conditions de service

3.1 Conditions normales de service

3.1.1 Altitude

En l'absence d'indication sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 m.

3.1.2 Température

En l'absence d'indication sur les températures ambiantes auxquelles les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que celles-ci restent comprises entre -25°C et $+40^{\circ}\text{C}$, la température moyenne annuelle n'excédant pas $+25^{\circ}\text{C}$.

3.1.3 Chocs et vibrations

En l'absence d'indication concernant les vibrations et les chocs auxquels le convertisseur et ses accessoires de montage sont susceptibles d'être soumis en service, il est admis:

- que les vibrations sont de forme sinusoïdale, que leur fréquence f reste comprise entre 1 Hz et 50 Hz, et que leur amplitude a , exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f , par les relations:

$$a = \frac{25}{f} \text{ pour } 1 \leq f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ pour } 10 \leq f \leq 50 \text{ Hz}$$

- que les accélérations maximales des chocs sont:
 - horizontalement (dans le sens de déplacement du véhicule) 30 m/s^2 ;
 - latéralement 20 m/s^2 ;
 - verticalement 10 m/s^2 .

3.1.4 Nature de la charge

Etant donné que la nature de la charge peut affecter les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur ou d'un élément de convertisseur, on doit toujours spécifier la nature de la charge.

3.1.5 Caractéristiques du réseau à courant alternatif

3.1.5.1 Forme d'onde de la tension alternative

Sauf accord particulier entre constructeur et utilisateur, il est admis que la tension côté ligne du réseau de traction est sinusoïdale (voir paragraphe 4.2) lorsque le convertisseur est déconnecté.

Note. — Si la tension du réseau à courant alternatif n'est pas rigoureusement sinusoïdale, même comprise dans les limites du paragraphe 4.2, la valeur mesurée de la tension continue peut être différente de la valeur calculée.

3. Service conditions

3.1 Usual service conditions

3.1.1 Altitude

In the absence of information on the height above sea level at which the equipment is normally to function, it is to be assumed that this height shall not exceed 1 200 m.

3.1.2 Temperature

In the absence of information on the ambient temperatures in which the equipment is normally to function, it is to be assumed that these lie between -25°C and $+40^{\circ}\text{C}$, with an annual average temperature not exceeding $+25^{\circ}\text{C}$.

3.1.3 Shocks and vibrations

In the absence of information concerning the degree of vibration and shocks, to which the convertor and its mounting arrangements are likely to be subjected in service, it is to be assumed:

- that the vibration is of sine-wave form, 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:

$$a = \frac{25}{f} \text{ for } 1 \leq f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ for } 10 \leq f \leq 50 \text{ Hz}$$

- that the maximum accelerations of shocks are:
 - horizontally (in the direction of motion of the vehicle) 30 m/s^2 ;
 - transversely 20 m/s^2 ;
 - vertically 10 m/s^2 .

3.1.4 Nature of load

In view of the fact that the nature of the load may affect the operating characteristics of a convertor component, the nature of load shall always be specified.

3.1.5 A.C. system characteristics

3.1.5.1 Waveform of the a.c. line voltage

Unless otherwise agreed between manufacturer and user, line-side voltage of the traction system shall be assumed to be sinusoidal (see Sub-clause 4.2), when the convertor is switched off.

Note. — If the a.c. line voltage is not perfectly sinusoidal even though within the limits specified in Sub-clause 4.2, the measured value of the convertor d.c. voltage may deviate from the calculated value.

3.1.5.2 Variation de la tension alternative en ligne

Conformément à la Publication 349 de la CEI, il est admis que la tension de la ligne se maintient dans les limites suivantes:

Tension (en volts)

	Minimale instantanée	La plus basse	Nominale U_{LN}	La plus élevée
Réseaux à courant monophasé: à 50 ou 60 Hz	4 500 17 500	4 750 19 000	6 250* 25 000	6 900 27 500
à 16⅔ Hz	11 000	12 000	15 000	17 250

* Il est recommandé de n'utiliser la tension de 6 250 V que lorsque les conditions locales rendent impossible l'adoption de la tension de 25 000 V.

3.1.5.3 Surtensions en ligne

Des surtensions supplémentaires de courte durée dues aux influences atmosphériques ou à des ouvertures ou fermetures de circuits peuvent se produire. Les valeurs maximales et les durées de ces surtensions doivent être spécifiées par l'utilisateur.

3.1.5.4 Impédance du réseau à courant alternatif

Puisque l'impédance du réseau alternatif influe sur les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur et varie avec la position du véhicule, les valeurs maximales et minimales de cette impédance doivent être spécifiées par l'utilisateur.

3.1.5.5 Variation de la fréquence du réseau à courant alternatif

La fréquence du réseau peut varier:

- de 16⅔ Hz à 17 Hz pour les réseaux à 16⅔ Hz;
- de 49 Hz à 51 Hz pour les réseaux à 50 Hz;
- de 59 Hz à 61 Hz pour les réseaux à 60 Hz.

pour autant qu'aucune autre valeur n'ait été convenue entre constructeur et utilisateur.

Pour les autres fréquences, les variations admissibles doivent être fixées par accord entre constructeur et utilisateur.

3.2 Conditions spéciales

Des dispositions particulières fixées par accord entre constructeur et utilisateur doivent être prises lorsque les conditions diffèrent de celles mentionnées aux paragraphes 3.1.1 à 3.1.3, par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante supérieure à 40 °C;

3.1.5.2 A.C. line voltage variations

In accordance with IEC Publication 349, it is assumed that the line voltage remains within the following limits:

Voltage (in volts)

	Instantaneous minima	Lowest	Nominal U_{LN}	Highest
A.C. single-phase systems: at 50 or 60 Hz	4 500	4 750	6 250*	6 900
	17 500	19 000	25 000	27 500
at 16⅔ Hz	11 000	12 000	15 000	17 250

* It is recommended that the voltage of 6 250 V should be used only when local conditions make it impossible for the voltage of 25 000 V to be adopted.

3.1.5.3 Line overvoltages

Additional short time overvoltages due to atmospheric influences or switching operations may occur. The maximum values and durations of these overvoltages are to be stated by the user.

3.1.5.4 A.C. system impedance

Since the a.c. system impedance affects the performance characteristics of a convertor equipment and varies with the position of the vehicle, the maximum and minimum values of this impedance shall be specified by the user.

3.1.5.5 A.C. line frequency variation

A.C. line frequency may vary:

- from 16⅔ Hz to 17 Hz for 16⅔ Hz systems;
- from 49 Hz to 51 Hz for 50 Hz systems;
- from 59 Hz to 61 Hz for 60 Hz systems.

provided that no other value has been agreed between manufacturer and user.

For other frequencies, permissible variations shall be defined by agreement between manufacturer and user.

3.2 Special conditions

Special arrangements shall be agreed between manufacturer and user when conditions differ from those mentioned in Sub-clauses 3.1.1 to 3.1.3, for example:

- altitude exceeding 1 200 m;
- ambient temperature above 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 constructeur et utilisateur.

4. Définitions des caractéristiques côté ligne

4.1 Généralités

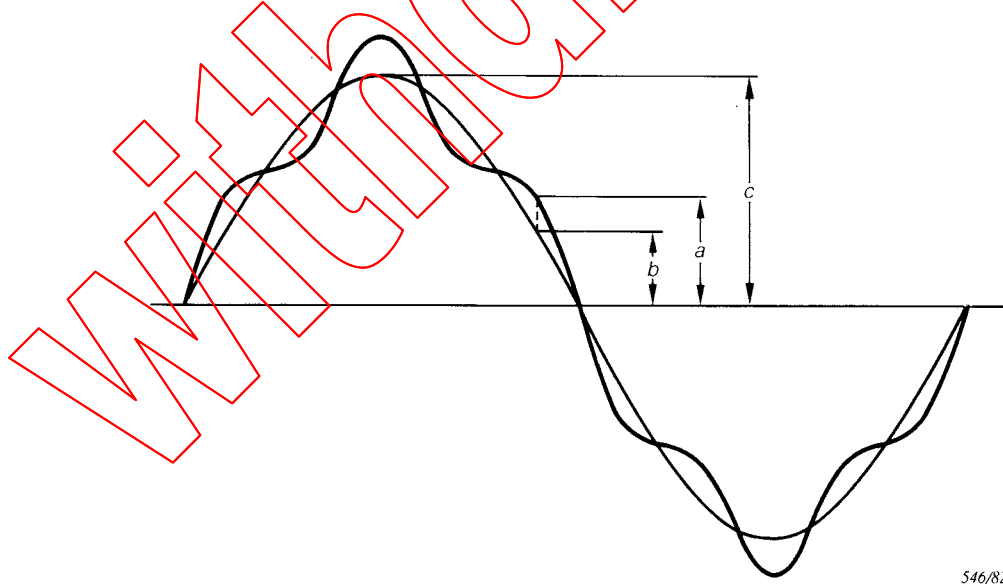
Pour les véhicules de traction électrique, non seulement la consommation d'énergie active mais aussi celle d'énergie réactive et les réactions de la ligne sont normalement d'un grand intérêt. Les définitions suivantes sont applicables pour désigner ces actions réciproques.

4.2 Forme d'onde de la tension alternative

La forme d'onde d'une tension est considérée comme sinusoïdale dans la présente norme si la valeur maximale de la différence $(a - b)$, indiquée sur la figure 1, b étant la valeur instantanée de l'onde fondamentale, ne dépasse pas 10% de la valeur de crête c de l'onde fondamentale, c'est-à-dire une valeur:

$$|a - b| \leq 0,10 c$$

Note. — Il convient de fixer, par accord entre constructeur et utilisateur, la méthode de mesure de la forme d'onde de la tension côté ligne.



546/82

FIGURE 1

4.3 Facteur de déphasage

Cosinus de l'angle de déphasage entre la composante fondamentale de la tension et celle du courant, du côté courant alternatif, voir l'exemple donné à la figure 2, page 14.

- minimum temperature below -25°C ;
- high average temperature plus high air humidity;
- torrential rain, sandstorms, snowstorms, etc.

A 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 manufacturer and user.

4. Definitions of line-side characteristics

4.1 General

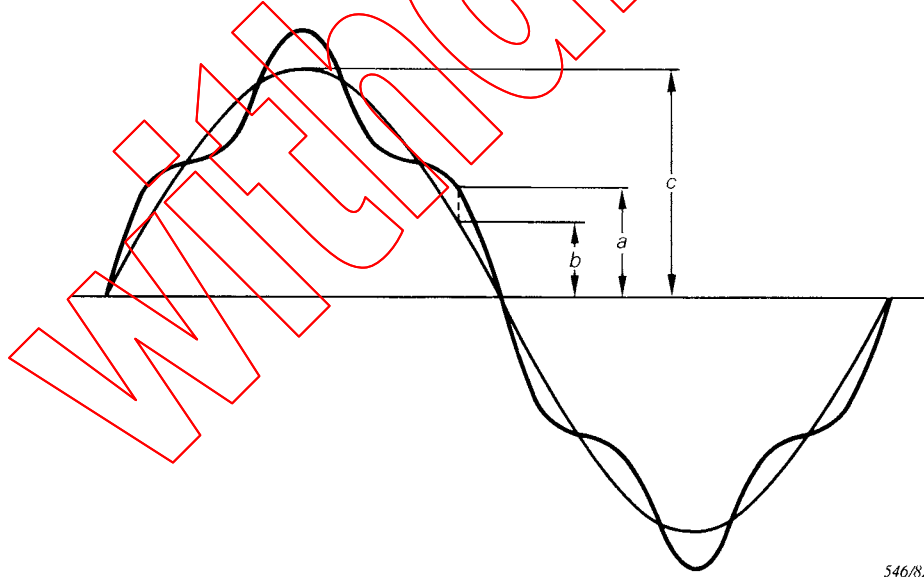
For electric traction vehicles not only the active power consumption but also the reactive power and the line reactions are normally of main interest. In describing these relationships the following definitions apply.

4.2 Waveform of the a.c. line voltage

The waveform of a voltage is considered sinusoidal in this standard, if the largest deviation $(a - b)$ in Figure 1 from the instantaneous value b of the fundamental wave, does not exceed 10% of the crest value c of the fundamental wave, that is:

$$|a - b| \leq 0.10c$$

Note. — The method of measurement of the line-side voltage waveform should be agreed between manufacturer and user.



546/82

FIGURE 1

4.3 Displacement factor

The cosine of the displacement angle between the fundamental components of voltage and current on the a.c. side; for example see Figure 2, page 15.

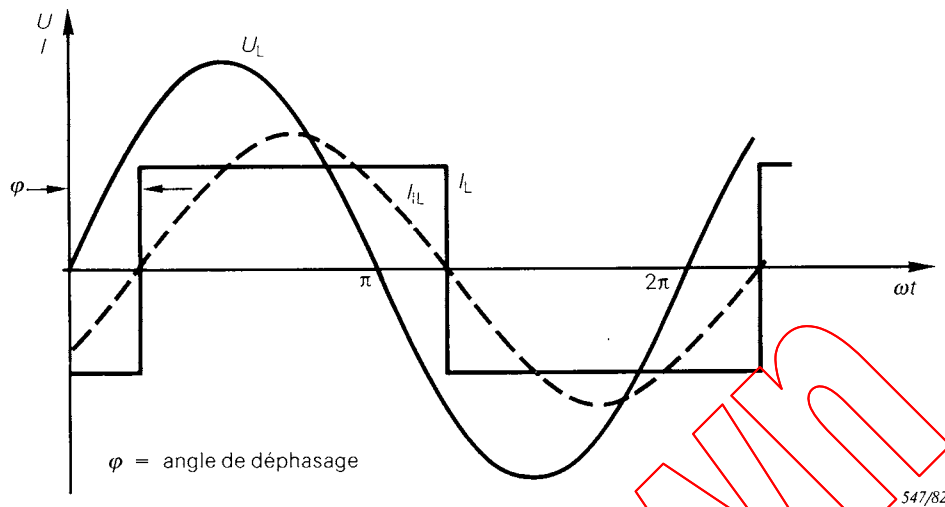


FIGURE 2

4.4 Résidu harmonique (V.E.I. 551-06-06)

Grandeur obtenue en retranchant d'une grandeur alternative la composante fondamentale. Voir l'exemple donné à la figure 3.

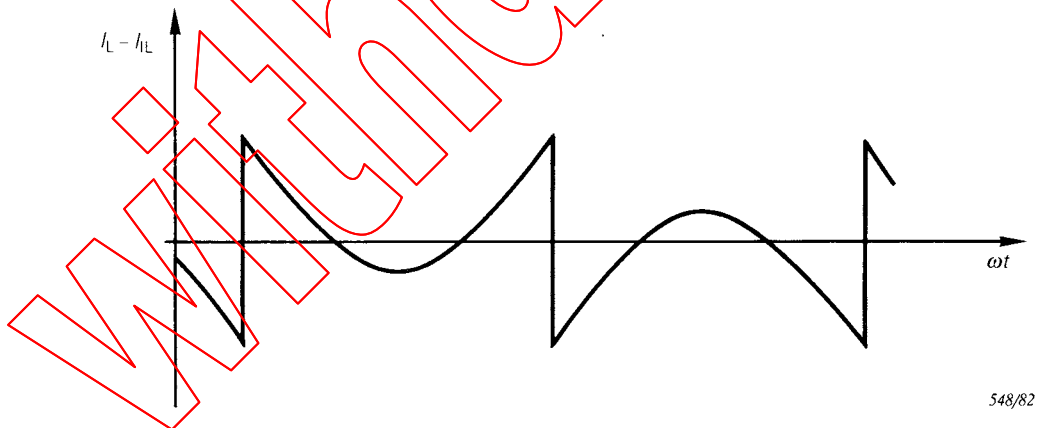


FIGURE 3

4.5 Composantes en harmoniques

Composantes du résidu I_{nL} , $1 < n \leq \infty$, exprimées en fonction de l'ordre et des valeurs efficaces des termes de la série de Fourier qui décrit la fonction périodique.

4.6 Résidu relatif

Rapport entre la valeur efficace du résidu et la valeur efficace de la fonction périodique non sinusoïdale totale.

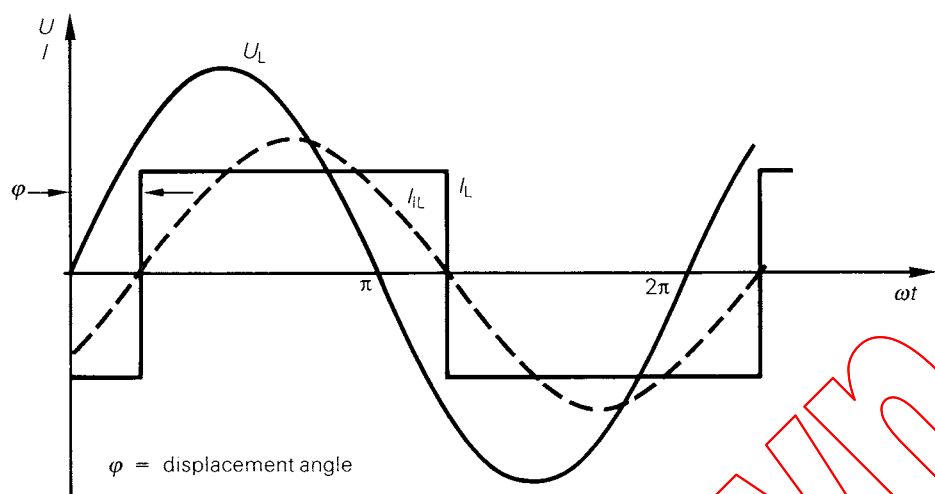


FIGURE 2

4.4 Harmonic content (I.E.V. 551-06-06)

The quantity obtained by subtracting the fundamental component from an alternating quantity, for example, see Figure 3.

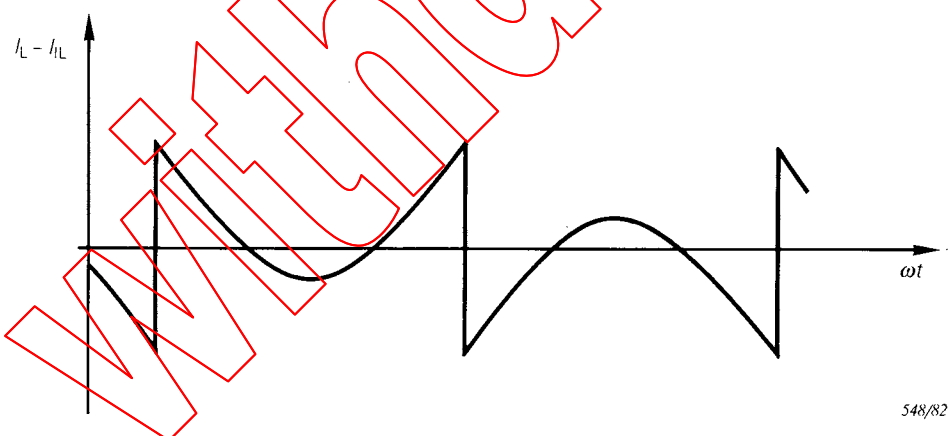


FIGURE 3

4.5 Harmonic components

The components of the harmonic content L_{nL} , $1 < n \leq \infty$ as expressed in terms of the order and the r.m.s. value of the Fourier series terms describing the periodic function.

4.6 Relative harmonic content

The ratio of the r.m.s. value of the harmonic content to the r.m.s. value of the total non-sinusoidal periodic function.

$$\text{Résidu relatif} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_{nL}^2}{\sum_{n=1}^{\infty} I_{nL}^2}}$$

4.7 Taux fondamental (V.E.I. 551-06-08)

Rapport entre la valeur efficace de la composante fondamentale à la valeur efficace de la grandeur alternative.

4.8 Facteur de puissance

Rapport entre la puissance active totale et la puissance apparente, côté alternatif: $\lambda = P/S$.

4.9 Courant perturbateur

Note. — Les véhicules électriques à convertisseurs peuvent provoquer des perturbations dans les réseaux de télécommunications ou de signalisation. Les définitions concernant le courant perturbateur doivent faire l'objet d'accords entre constructeur et utilisateur. En ce qui concerne les réseaux de télécommunications, on utilisera de préférence les définitions du C.C.I.T.T. (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique).

SECTION DEUX — THYRISTORS, DIODES ET ÉLÉMENTS À SEMICONDUCTEURS

5. Généralités

Les diodes et thyristors pour convertisseurs traités par la présente norme doivent répondre aux conditions spécifiées au chapitre III de la Publication 411 de la CEI et dans l'annexe de la Publication 411-1 de la CEI. Les essais des dispositifs à semiconducteurs doivent être exécutés comme indiqué dans ces publications. Toutefois les essais n'ont pas besoin d'être répétés si les dispositifs sont identiques ou similaires à des dispositifs qui ont été précédemment essayés.

SECTION TROIS — TRANSFORMATEURS ET BOBINES D'INDUCTANCE POUR CONVERTISSEURS DE TRACTION

6. Généralités

Les règles de la présente section s'appliquent seulement aux caractéristiques par lesquelles les transformateurs et les inductances des convertisseurs de traction diffèrent des transformateurs et des inductances de traction ordinaires. Sur tous les autres points, les règles spécifiées dans la Publication 310 de la CEI doivent être appliquées aux transformateurs et aux inductances de convertisseurs.

Les régimes continus des divers enroulements du transformateur doivent être déterminés par le constructeur, conformément aux prescriptions de l'article 6 de la Publication 310 de la CEI, en prenant en considération le cycle de service spécifié pour le véhicule, la charge des enroulements auxiliaires et la déformation de l'onde imputable au lissage et à l'angle d'empiètement, suivant accord entre constructeur et utilisateur.

$$\text{Relative harmonic content} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_{nL}^2}{\sum_{n=1}^{\infty} I_{nL}^2}}$$

4.7 *Relative fundamental content* (I.E.V. 551-06-08)

The ratio of the r.m.s. value of the fundamental component to the r.m.s. value of the alternating quantity.

4.8 *Power factor*

The ratio of the total active power to the apparent power on the a.c. side $\lambda = P/S$

4.9 *Interference current*

Note. — Converter electric vehicles may cause disturbance to telecommunication systems or signalling systems. The definitions concerning interference current shall be agreed upon between manufacturer and user. Concerning telecommunication systems the definitions of C.C.I.T.T. (International Telephone and Telegraph Consultative Committee), should be used in preference.

SECTION TWO — SEMICONDUCTOR THYRISTORS, DIODES AND STACKS

5. **General**

Diodes and thyristors for converters covered by this standard shall meet the requirements specified in Chapter III of IEC Publication 411 and the appendix of IEC Publication 411-1. Test on semiconductor devices shall be performed as indicated therein. However, tests need not be repeated, if the devices are identical with or similar to ones previously tested.

SECTION THREE — CONVERTOR TRACTION TRANSFORMERS AND REACTORS

6. **General**

These rules relate only to those characteristics wherein convertor traction transformers and reactors differ from ordinary traction transformers and reactors. In other respects, the rules specified in IEC Publication 310 shall apply also to convertor transformers and reactors.

The continuous ratings of the various transformer windings shall be determined by the manufacturer in accordance with the requirements of Clause 6 of IEC Publication 310, taking into account the duty cycle specified for the vehicle, the load on the auxiliary windings and the wave distortion produced by smoothing and the angle of overlap, as may be agreed between manufacturer and user.

7. Essais des transformateurs

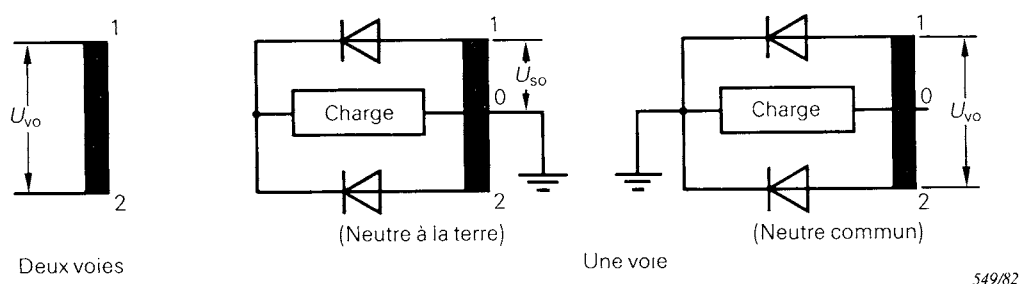


FIG. 4. — Schémas des enroulements côté cellules.

7.1 Généralités

Les essais et mesures à effectuer sur les transformateurs de convertisseurs ainsi que leurs modalités d'exécution sont ceux prévus dans la Publication 310 de la CEI, sous réserve des modifications et compléments indiqués dans les paragraphes 7.2 à 7.5 de la présente norme.

7.2 Mesure des tensions de court-circuit (essai de type)

Les essais de type et de série effectués comme indiqué dans la Publication 310 de la CEI doivent être complétés, le cas échéant, par les essais de type ci-après:

7.2.1 Dans le cas de plusieurs enroulements indépendants côté cellules, les tensions de court-circuit doivent être mesurées entre chaque paire d'enroulements.

7.2.2 Dans le cas de montages à une voie, les tensions de court-circuit doivent être mesurées aux bornes de l'enroulement côté ligne, en établissant successivement le court-circuit entre les bornes 0 et 1, 0 et 2, puis entre les bornes 1 et 2 de l'enroulement côté cellules (voir figure 4).

Ces mesures doivent être effectuées seulement sur la prise principale.

7.3 Détermination des pertes totales (essai de type)

Les calculs doivent être exécutés conformément aux prescriptions de la Publication 310 de la CEI.

Dans le cas de plusieurs enroulements indépendants côté cellules, la mesure des pertes doit être effectuée avec tous les enroulements côté cellules connectés de façon à simuler les conditions en fonctionnement.

Dans le cas de montages à une voie, les pertes doivent être prises égales à la demi-somme des pertes relevées lorsque le court-circuit est établi successivement entre les bornes 0 et 1, puis 0 et 2 (voir figure 4).

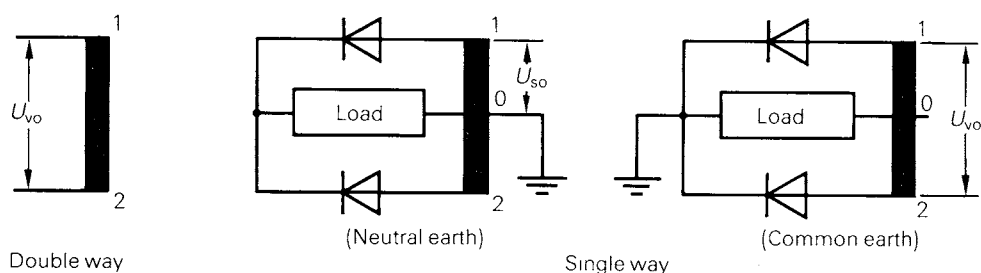
7.4 Essais d'échauffement (essais de type)

Ces essais ne peuvent être exécutés qu'après installation du transformateur dans le convertisseur auquel il est destiné ou dans un appareil spécialement étudié à cet effet.

Certains transformateurs ont une résistance ohmique trop faible pour permettre une mesure précise de l'échauffement par la méthode de variation de résistance. Dans ce cas la mesure d'échauffement doit être exécutée en utilisant un ou plusieurs couples thermoélectriques.

Note. — Les essais d'échauffement des transformateurs sont normalement effectués à l'occasion de l'essai d'échauffement du convertisseur, voir paragraphe 15.2.6.

7. Tests on transformers



549/82

FIG. 4. — Diagrams of the cell-side windings.

7.1 General

The tests and measurements and their methods of performance to be applied to convertor transformers are those specified in IEC Publication 310 except for the modifications or additions given in Sub-clauses 7.2 to 7.5 of this standard.

7.2 Measurement of impedance voltages (type test)

The scope of the type and routine tests carried out as stated in IEC Publication 310 shall be enlarged where necessary by the following type tests:

- 7.2.1 In the case of several independent cell windings, impedance voltages shall be measured between each pair of windings.
- 7.2.2 In the case of single-way connection, the impedance voltages shall be measured at the terminals of the line winding, the short-circuit being established successively between terminals 0 and 1, 0 and 2 and between terminals 1 and 2 of the cell winding (see Figure 4).

The measurements shall be taken at the principal tap only.

7.3 Determination of total losses (type test)

Calculations shall be made according to the requirements of IEC Publication 310.

In the case of several independent cell windings, the losses shall be measured with all cell windings connected to simulate the operating conditions.

In the case of single-way connection the losses shall be taken as half the sum of the losses recorded, when the short circuit is established between terminals 0 and 1, 0 and 2 successively (see Figure 4).

7.4 Temperature-rise tests (type tests)

These tests can be performed only when the transformer is fitted in the convertor for which it has been designed or in an apparatus specially designed for the purpose.

Some transformers have an ohmic resistance too small to permit accurate measurement of the temperature-rise by the resistance variation. In this case the temperature-rise measurement shall be made using one or more thermocouples.

Note. — The temperature-rise tests of transformers are normally performed in connection with the temperature-rise test of the convertor, see Sub-clause 15.2.6.

7.5 Essais d'isolement (essais de série)

Ces essais doivent être effectués conformément aux prescriptions de l'article 26 de la Publication 310 de la CEI.

Toutefois, la tension d'essai à appliquer aux enroulements côté cellules doit être celle donnée dans le tableau I.

TABLEAU I

Montages		
Une voie		Deux voies
Neutre à la terre	Neutre commun	
$2,25 U_{so} + 2000 \text{ V}$	$2,25 U_{vo} + 2000 \text{ V}$	$2,25 U_{vo} + 2000 \text{ V}$
U_{so} et U_{vo} étant les tensions définies à la figure 4, page 18		

8. Essais des inductances

8.1 Généralités

Les essais et mesures à effectuer sur les inductances ainsi que leurs modalités d'exécution sont ceux prévus dans la Publication 310 de la CEI, sous réserve des modifications et compléments indiqués dans les paragraphes 8.2 à 8.4 de la présente norme.

8.2 Mesure de l'inductance (essai de type)

Les essais de type et de série effectués comme indiqué dans la Publication 310 de la CEI doivent, dans le cas des inductances de lissage à noyau de fer, être complétés par l'essai de type ci-après.

La méthode de mesure de l'inductance doit tenir compte de l'ondulation du courant superposé au courant continu. Cette méthode doit être déterminée par accord entre constructeur et utilisateur.

L'inductance doit être mesurée en fonction de la valeur moyenne du courant, dans tout le domaine d'utilisation de l'inductance.

Sur l'inductance ayant satisfait à l'essai de type ci-dessus, on doit relever l'impédance et l'inductance en courant alternatif, à une fréquence industrielle convenue, pour plusieurs valeurs du courant telles que la tension ne puisse atteindre des valeurs dangereuses. Le constructeur et l'utilisateur se mettront alors d'accord sur le choix d'un point de la courbe impédance/courant ainsi obtenue: ce point sera adopté comme base pour les essais de série ultérieurs.

8.3 Essais d'échauffement (essais de type)

Ces essais ne peuvent être exécutés qu'après installation de l'inductance dans le convertisseur auquel elle est destinée ou dans un appareil spécialement étudié à cet effet.

Certaines inductances ont une résistance ohmique trop faible pour permettre une mesure précise de l'échauffement par la méthode de variation de résistance. Dans ce cas la mesure de l'échauffement doit être effectuée en utilisant un ou plusieurs couples thermoélectriques.

Note. — Les essais d'échauffement des inductances sont normalement effectués à l'occasion de l'essai d'échauffement du convertisseur, voir le paragraphe 15.2.6.