

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 76

Deuxième édition — Second edition

1967

Transformateurs de puissance

Power transformers



Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

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Withdrawn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 76

Deuxième édition — Second edition

1967

Transformateurs de puissance

Power transformers



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	6
PRÉFACE	6
Articles	
SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE	
1 Domaine d'application	10
2 Conditions de service	10
3 Dispositions pour conditions de service exceptionnelles	12
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
4 Définitions	14
SECTION TROIS — RÉGIME NOMINAL	
5 Généralités	32
6 Puissance nominale	32
7 Valeurs préférentielles de la puissance nominale	32
SECTION QUATRE — PRISES	
8 Généralités	34
9 Prises hors tension	34
10 Prise principale	34
11 Catégories de réglage	34
12 Spécification des conditions concernant la tension	36
13 Etendue des prises	36
14 Grandeurs relatives aux prises	38
SECTION CINQ — DÉSIGNATION SUIVANT LE MODE DE REFROIDISSEMENT	
15 Symboles à utiliser	42
16 Disposition des symboles	42
SECTION SIX — LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT	
17 Limites d'échauffement	44
18 Réduction de l'échauffement dans le cas des transformateurs utilisant un fluide de refroidissement à température élevée	46
19 Réduction de l'échauffement dans le cas des transformateurs utilisés à une altitude élevée	46
SECTION SEPT — NIVEAUX D'ISOLEMENT	
20 Généralités	48
21 Enroulements à isolation graduée	50
22 Transformateurs utilisés à des altitudes élevées	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
SECTION ONE — SCOPE AND SERVICE CONDITIONS	
1 Scope	11
2 Service conditions	11
3 Provision for unusual service conditions	13
SECTION TWO — DEFINITIONS	
4 Definitions	15
SECTION THREE — RATING	
5 General	33
6 Rated power	33
7 Preferred values of rated power	33
SECTION FOUR — TAPPINGS	
8 General	35
9 Off-circuit tapplings	35
10. Principal tapping	35
11 Categories of regulation	35
12 Specification of voltage conditions	37
13 Tapping range	37
14 Tapping quantities	39
SECTION FIVE — IDENTIFICATION ACCORDING TO COOLING METHOD	
15 Identification symbols	43
16 Arrangement of symbols	43
SECTION SIX — LIMITS OF TEMPERATURE RISE	
17 Temperature-rise limits	45
18 Reduced temperature rises for transformers designed for high cooling-medium temperatures	47
19 Reduced temperature rises for transformers designed for high altitudes	47
SECTION SEVEN — INSULATION LEVELS	
20 General	49
21 Windings with graded insulation	51
22 Transformers for use at high altitudes	53

SECTION HUIT — TENUE DES TRANSFORMATEURS AU COURT-CIRCUIT

Articles

23	Généralités	54
24	Conditions de surintensité	54
25	Exigences mécaniques	56
26	Exigences thermiques	56
27	Transformateurs associés directement à d'autres appareils	58
28	Transformateurs spéciaux	58
29	Essais de court-circuit	58
30	Enroulements auxiliaires	58

SECTION NEUF — PLAQUES SIGNALÉTIQUES

31	Plaques signalétiques	60
----	-----------------------	----

SECTION DIX — DIAGRAMMES VECTORIELS

32	Mode de connexion des enroulements de phase	64
33	Déphasage entre enroulements	64

SECTION ONZE — TOLÉRANCES

34	Tolérances	66
----	------------	----

SECTION DOUZE — ESSAIS

35	Conditions générales pour les essais de type, essais individuels et essais spéciaux	68
36	Mesure de la résistance des enroulements (essai individuel)	68
37	Mesure du rapport de transformation et contrôle de la polarité ou du symbole de couplage (essai individuel)	70
38	Mesure des tensions de court-circuit (essai individuel)	70
39	Mesure des pertes dues à la charge (essai individuel)	70
40	Mesure des pertes et du courant à vide (essai individuel)	70
41	Essais d'échauffement (essai de type)	72
42	Essais diélectriques	82
43	Essai par tension induite (essai individuel)	82
44	Essai par tension appliquée (essai individuel)	84
45	Essai de choc en onde pleine (essai de type)	86
46	Essai aux ondes de choc comprenant un essai en onde coupée (essai spécial)	88
47	Renouvellement des essais diélectriques	92

FIGURE		94
--------	--	----

ANNEXE A	Renseignements à fournir à l'appel d'offres et à la commande	96
ANNEXE B	Choix des niveaux d'isolement	100
ANNEXE C	Détermination de la variation de la tension pour une condition de charge spécifiée	104
ANNEXE D	Couplages usuels de transformateurs	110
ANNEXE E	Marche en parallèle des transformateurs triphasés	114
ANNEXE F	Exemples de spécification de transformateurs avec prises de réglage	120
ANNEXE G	Exemples de schémas types pour l'essai (à la masse) par tension induite d'enroulements à isolation graduée	126

SECTION EIGHT — ABILITY TO WITHSTAND SHORT CIRCUIT

Clause

23	General	55
24	Overcurrent conditions	55
25	Mechanical requirements	57
26	Thermal requirements	57
27	Transformers directly associated with other apparatus	59
28	Special transformers	59
29	Short-circuit tests	59
30	Auxiliary windings	59

SECTION NINE — RATING PLATES

31	Rating plates	61
----	---------------	----

SECTION TEN — VECTOR DIAGRAMS

32	Connections of phase-windings	65
33	Phase displacement between sets of windings	65

SECTION ELEVEN — TOLERANCES

34	Tolerances	67
----	------------	----

SECTION TWELVE — TESTS

35	General requirements for type, routine and special tests	69
36	Measurement of winding resistance (routine test)	69
37	Voltage ratio measurement and check of polarity or vector-group symbol (routine test)	71
38	Measurement of impedance voltages (routine test)	71
39	Measurement of load loss (routine test)	71
40	Measurement of no-load loss and current (routine test)	71
41	Test of temperature rise (type test)	73
42	Application of dielectric tests	83
43	Induced overvoltage withstand test (routine test)	83
44	Separate-source voltage-withstand test (routine test)	85
45	Full-wave impulse-voltage withstand test (type test)	87
46	Impulse-voltage withstand test including chopped waves (special test)	89
47	Subsequent dielectric tests	93

FIGURE		94
--------	--	----

APPENDIX A — Information required with enquiry and order	97
--	----

APPENDIX B — Selection of insulation levels	101
---	-----

APPENDIX C — Calculation of voltage drop (or rise) for a specified load condition	104
---	-----

APPENDIX D — Details of transformer connections in general use	111
--	-----

APPENDIX E — Parallel operation of three-phase transformers	114
---	-----

APPENDIX F — Examples of specifications for regulated transformers	121
--	-----

APPENDIX G — Typical connection diagrams for induced voltage tests on windings with graded insulation	126
---	-----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

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 a été établie par le Comité d'Etudes N° 14 de la CEI Transformateurs de puissance

Elle remplace la première édition parue en 1955

Les travaux de révision commencèrent lors de la réunion tenue à Stockholm en 1958. Un projet fut discuté lors des réunions tenues à Paris en 1959, à Londres en 1960, à Interlaken en 1961, et à Bruxelles en 1962. A la suite de cette dernière réunion, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1964.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	Roumanie
Chine (République Populaire de)	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Yougoslavie
France	

Le Comité National de l'U R S S a voté contre la publication, ne pouvant accepter certaines des recommandations de la section sept, Niveaux d'isolement, de l'annexe B, Choix des niveaux d'isolement, et des articles de la section douze, Essais, qui se rapportent aux niveaux d'isolement. En particulier, des

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C 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 has been prepared by IEC Technical Committee No 14, Power Transformers

It supersedes the first edition issued in 1955

Work of revision started at the meeting held in Stockholm in 1958. Drafts were discussed at the meetings held in Paris in 1959, London in 1960, Interlaken in 1961 and Brussels in 1962. As a result of this last meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1964.

The following countries voted explicitly in favour of publication

Australia	Korea (Republic of)
Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Poland
China (People's Republic of)	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Turkey
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Israel	Yugoslavia
Italy	

The U S S R National Committee voted against publication because of the unacceptability of some of the recommendations in Section Seven, Insulation levels, Appendix B, Selection of insulation levels, and those clauses of Section Twelve, Tests, which relate to insulation levels. In particular,

niveaux d'isolement plus bas que ceux indiqués au tableau VIII sont utilisés en U R S S pour les tensions les plus élevées du réseau de 100 kV et au-dessus. Dans la pratique en vigueur en U R S S, les tensions d'essai figurant dans le tableau VIII ne sont valables que pour l'isolement intérieur des transformateurs immergés dans l'huile, les tensions d'essai de tenue à fréquence industrielle pour les tensions les plus élevées du réseau, de 3,6 kV à 24 kV inclus et pour 123 kV (Norme 2) étant quelque peu plus élevées que celles indiquées. En outre, en U R S S, des essais en onde coupée analogues à ceux spécifiés à l'article 46 ont un statut égal aux essais de choc en onde pleine spécifiés à l'article 45, mais la forme de l'onde coupée et la méthode d'essai diffèrent de celles indiquées dans la recommandation.

Withdrawn

insulation levels lower than those given in Table VIII are used in the U S S R for transformers for system highest voltages of 100 kV and above. In the current practice of the U S S R, the test voltages given in Table VIII are valid only for the internal insulation of oil-immersed transformers, the power-frequency test voltages for system highest voltages from 3.6 kV to 24 kV inclusive and for 123 kV (Standard 2) being somewhat higher than those stated. Further, in the U S S R, chopped-wave tests similar to those specified in Clause 46, are equal in status to the full wave tests specified in Clause 45, but the shape of the chopped wave and the test method differ from those given in this Recommendation.

Withdrawn

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1 Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux transformateurs de puissance (y compris les auto-transformateurs), à l'exception de certains petits transformateurs et transformateurs spéciaux dont la liste suit

- Transformateurs de puissance nominale inférieure à 1 kVA en monophasé ou à 5 kVA en polyphasé
- Transformateurs de mesure (faisant l'objet de la Publication 185 de la CEI)
- Transformateurs pour convertisseurs statiques (faisant l'objet des Publications 84, 119 et 146 de la CEI)
- Transformateurs de démarrage
- Transformateurs d'essais
- Transformateurs de tractions montés sur matériel roulant
- Transformateurs de soudure

Lorsqu'il n'existe pas de recommandation de la CEI pour les transformateurs mentionnés ci-dessus ou pour d'autres transformateurs spéciaux, la présente recommandation peut être appliquée en tout ou partie

2 Conditions de service

La présente recommandation contient les prescriptions détaillées pour les transformateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes

- a) *Altitude* Altitude au-dessus du niveau de la mer ne dépassant pas 1 000 m (3 300 ft) ou altitudes supérieures si l'acheteur le spécifie

Note — Pour altitudes plus élevées, voir article 3

- b) *Température du fluide de refroidissement* Dans le cas des appareils refroidis à l'eau, la température de l'eau à l'entrée ne dépasse pas 25 °C. Dans le cas des appareils refroidis à l'air, la température de l'air ne dépasse en aucun cas 40 °C et n'est jamais inférieure à -25 °C à moins qu'il n'en soit spécifié autrement

En outre, pour les appareils refroidis à l'air, la température de l'air ne dépasse en aucun cas les valeurs suivantes

30 °C pour la température moyenne journalière,
20 °C pour la température moyenne annuelle

Note — Pour des températures plus élevées, voir article 3

- c) *Forme d'onde de la tension d'alimentation* La tension d'alimentation a une forme d'onde pratiquement sinusoïdale

POWER TRANSFORMERS

SECTION ONE — SCOPE AND SERVICE CONDITIONS

1 Scope

This Recommendation applies to power transformers (including auto-transformers) with the exception of certain small and special transformers as follows

- Single-phase transformers rated at less than 1 kVA and polyphase transformers rated at less than 5 kVA
- Instrument transformers (covered by IEC Publication 185)
- Transformers for static converters (covered by IEC Publications 84, 119 and 146)
- Starting transformers
- Testing transformers
- Traction transformers mounted on rolling stock
- Welding transformers

Where IEC Recommendations do not exist for the transformers mentioned above, or for other special transformers, this Recommendation may be applicable either as a whole or in part

2 Service conditions

This Recommendation gives detailed requirements for transformers for use under the following conditions

- a) *Altitude* A height above sea level not exceeding 1 000 m (3 300 ft) or altitudes in excess of this height above sea level where specified by the purchaser

Note — For greater altitudes, see Clause 3

- b) *Temperature of cooling medium* For water-cooled apparatus, cooling water at a temperature not exceeding 25 °C at the inlet. For air-cooled apparatus, air at a temperature never exceeding 40 °C, or below — 25 °C, unless specially stipulated by the purchaser

In addition, for air-cooled apparatus, the air temperature never exceeds the following values

30 °C average in any one day,
20 °C average in any one year

Note — For higher temperatures, see Clause 3

- c) *Wave shape of supply voltage* A supply voltage of which the wave shape is approximately sinusoidal

- d) Symétrie des tensions d'alimentation polyphasées* Dans le cas des transformateurs polyphasés, les tensions d'alimentation sont pratiquement symétriques

3 Dispositions pour conditions de service exceptionnelles

Des recommandations particulières sont données en ce qui concerne le régime nominal et les essais des transformateurs du type sec et des transformateurs immergés dans l'huile à refroidissement par air, destinés à être utilisés dans le cas où les températures de l'air de refroidissement dépassent celles données à l'article 2 b) ci-dessus d'une quantité limitée. Des recommandations particulières sont données également pour tous les types de transformateurs destinés à être utilisés à une altitude de plus de 1 000 m (3 300 ft) au-dessus du niveau de la mer (Voir articles 18, 19 et 22)

Il n'est pas donné de recommandations particulières en ce qui concerne l'échauffement des transformateurs à refroidissement par air lorsque la température de l'air de refroidissement dépasse de plus de 10 deg C les valeurs indiquées à l'article 2 b) ci-dessus ou des transformateurs à refroidissement par eau lorsque la température de l'eau de refroidissement dépasse 25 °C. Les spécifications particulières pour ces transformateurs doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Withdrawn

d) Symmetry of polyphase supply voltages For polyphase transformers, supply voltages which are approximately symmetrical

3 Provision for unusual service conditions

Supplementary recommendations are given for the rating and testing of dry-type and oil-immersed type air-cooled transformers designed for use where the cooling air temperatures exceed those given in Clause 2 *b)* above by a limited amount. Supplementary recommendations are also given for all types of transformers designed for use at altitudes in excess of 1 000 m (3 300 ft) above sea level. (See Clauses 18, 19, and 22.)

No specific recommendations are given regarding the temperature rises of air-cooled transformers where the temperature of the cooling air exceeds the values given in Clause 2 *b)* above by more than 10 deg C or for water-cooled transformers where the temperature of the available cooling water exceeds 25 °C. The special requirements for such transformers are a matter for agreement between the manufacturer and the purchaser.

Withdrawn

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

4 Définitions

Les définitions ci-après sont applicables à la présente recommandation. Les autres termes utilisés ont la signification qui leur est attribuée par le Vocabulaire Electrotechnique International.

4.1 Généralités

4.1.1 Transformateur

Appareil statique à induction électromagnétique, destiné à transformer un système de courants alternatifs en un ou plusieurs systèmes de courants alternatifs de même fréquence et d'intensité et de tension généralement différentes.

4.1.2 Auto-transformateur

Transformateur dans lequel au moins deux enroulements ont une partie commune.

4.1.3 Transformateur survolteur-dévolteur

Transformateur dont l'un des enroulements est destiné à être inséré en série dans un circuit dans le but d'en modifier la tension. L'autre enroulement est un enroulement d'excitation.

4.1.4 Transformateur immergé dans l'huile

Transformateur dont le circuit magnétique et les enroulements sont immergés dans l'huile.

Note — Au regard de la présente recommandation, les askarelis sont assimilés à l'huile.

4.1.5 Transformateur sec

Transformateur dont le circuit magnétique et les enroulements ne sont pas immergés dans un diélectrique liquide.

4.2 Bornes et point neutre

4.2.1 Borne

Pièce conductrice destinée à relier un enroulement à des conducteurs extérieurs.

4.2.2 Borne de ligne

Borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau.

4.2.3 Borne neutre

a) *Pour les transformateurs polyphasés*

Borne reliée à un point neutre d'un enroulement monté en étoile ou en zigzag.

b) *Pour les transformateurs monophasés*

Borne destinée à être reliée à un point neutre d'un réseau.

4.2.4 Point neutre

a) Point commun auquel aboutissent les conducteurs d'un système polyphasé en étoile.

b) Point d'un système symétrique qui est normalement au potentiel zéro.

4.2.5 Bornes homologues

Bornes des différents enroulements d'un transformateur, marquées avec les mêmes lettres en caractères majuscules et minuscules ou des symboles correspondants.

SECTION TWO — DEFINITIONS

4 Definitions

For the purposes of this Recommendation, the following definitions apply. Other terms used have the meanings ascribed to them in the International Electrotechnical Vocabulary.

4.1 General

4.1.1 Transformer

A static piece of apparatus which, by electro-magnetic induction, transforms alternating voltage and current between two or more windings at the same frequency and usually at different values of voltage and current.

4.1.2 Auto-transformer

A transformer in which at least two windings have a common part.

4.1.3 Booster transformer

A transformer of which one winding is intended to be connected in series with a circuit in order to alter its voltage. The other winding is an energizing winding.

4.1.4 Oil-immersed type transformer

A transformer of which the core and windings are immersed in an oil.

Note — For the purposes of this Recommendation, an askarel insulating liquid is regarded as an oil.

4.1.5 Dry-type transformer

A transformer of which the core and windings are not immersed in an insulating liquid.

4.2 Terminals and neutral point

4.2.1 Terminal

A conducting element intended for connecting a winding to external conductors.

4.2.2 Line terminal

A terminal intended for connection to a line conductor of a system.

4.2.3 Neutral terminal

a) For polyphase transformers

The terminal connected to the neutral point of a star-connected or zigzag-connected winding.

b) For single-phase transformers

The terminal intended for connection to a neutral point of a system.

4.2.4 Neutral point

a) The common point of the star in a polyphase system

b) The point of a symmetrical system which is normally at zero potential

4.2.5 Corresponding terminals

Terminals of different windings of a transformer, marked with the same letter or corresponding symbol in different characters.

4 3 Enroulements

4 3 1 Enroulement

Ensemble des spires formant un circuit électrique associé à l'une des tensions pour lesquelles le transformateur a été établi

Notes 1 — Pour un transformateur polyphasé, « l'enroulement » est l'ensemble des enroulements de phase (voir paragraphe 4 3 2)

2 — Pour un auto-transformateur, la partie commune des enroulements est appelée « enroulement commun », et l'autre partie « enroulement série »

3 — Pour un transformateur survolteur-dévolteur, l'enroulement destiné à être inséré en série dans un circuit est appelé « enroulement série », et l'autre enroulement est appelé « enroulement d'excitation »

4 3 2 Enroulement de phase

Ensemble des spires formant une phase d'un enroulement polyphasé

Note — Le terme « enroulement de phase » ne doit pas être employé pour l'ensemble des bobines d'une colonne déterminée

4 3 3 Enroulement haute tension *

Enroulement dont la tension nominale est la plus élevée

4 3 4 Enroulement basse tension *

Enroulement dont la tension nominale est la plus basse

Note — Dans les transformateurs survolteurs-dévolteurs, l'enroulement dont la tension nominale est la plus basse peut être celui dont le niveau d'isolement est le plus élevé

4 3 5 Enroulement à tension intermédiaire *

Dans les transformateurs à plus de deux enroulements, enroulement dont la tension nominale est intermédiaire entre la plus haute et la plus basse des tensions nominales

4 3 6 Enroulement auxiliaire

Enroulement prévu pour une charge faible comparée à la puissance nominale du transformateur

4 3 7 Enroulement de stabilisation

Enroulement supplémentaire en triangle, spécialement utilisé sur des transformateurs à couplage étoile-étoile ou étoile-zigzag dans le but de réduire l'impédance homopolaire de l'enroulement connecté en étoile (Voir paragraphe 4 7 5)

Notes 1 — Il peut être nécessaire de diminuer cette impédance par exemple pour réduire l'importance de l'harmonique 3 ou pour équilibrer les tensions entre phases et neutre

2 — Un enroulement est considéré comme enroulement de stabilisation si ses bornes ne sont pas sorties pour être reliées à un circuit extérieur. Cependant un ou deux points de l'enroulement destinés à constituer le même sommet du triangle peuvent être sortis par exemple pour être mis à la terre. Sur un transformateur triphasé, si d'autres points de l'enroulement sont sortis, l'enroulement doit être considéré comme un enroulement normal répondant à l'une des définitions des articles 4 3 3, 4 3 4 ou 4 3 5 suivant le cas

4 4 Régime nominal

4 4 1 Régime nominal

Ensemble des valeurs numériques attribuées aux grandeurs qui définissent le fonctionnement du transformateur dans les conditions spécifiées dans la présente recommandation et qui servent de base aux garanties du constructeur et aux essais

* L'enroulement qui, en service, reçoit la puissance active du réseau d'alimentation peut être désigné comme « l'enroulement primaire »; celui qui fournit la puissance active au circuit d'utilisation comme « l'enroulement secondaire »

4 3 Windings

4 3 1 Winding

The assembly of turns forming an electrical circuit associated with one of the voltages assigned to the transformer

Notes 1 — For a polyphase transformer, the “winding” is the combination of the phase-windings (See Sub clause 4 3 2)

2 — For an auto-transformer, the common part of the windings is called the “common winding”; the other part is called the “series winding”

3 — For a booster transformer, the winding intended to be connected in series with a circuit is called the “series winding”; the other is called the “energizing winding”

4 3 2 Phase-winding

The assembly of turns forming one phase of a polyphase winding

Note — The term “phase-winding” should not be used for identifying the assembly of coils on a certain leg

4 3 3 High-voltage winding *

The winding for the highest rated voltage

4 3 4 Low-voltage winding *

The winding for the lowest rated voltage

Note — For a booster transformer, the winding having the lower rated voltage may be that having the higher insulation level

4 3 5 Intermediate-voltage winding *

A winding of a multi-winding transformer whose rated voltage is intermediate between the highest and lowest rated voltages

4 3 6 Auxiliary winding

A winding intended only for a load small compared with the rated power of the transformer

4 3 7 Stabilizing winding

A supplementary delta-connected winding, especially provided on star-star or star-zigzag connected transformers to decrease the zero-sequence impedance of the star-connected winding (See Sub-clause 4 7 5)

Notes 1 — Decrease of this impedance may be necessary, for example, to reduce the magnitude of third-harmonic voltages or to stabilize voltages to the neutral

2 — A winding is regarded as a stabilizing winding if its terminals are not brought out for connection to an external circuit. However, one or two points of the winding which are intended to form the same corner point of the delta may be brought out, for example, for earthing. For a three-phase transformer, if other points of the winding are brought out, the winding should be regarded as a normal winding as defined in Sub clauses 4 3 3, 4 3 4 or 4 3 5, as the case may be

4 4 Rating

4 4 1 Rating

Those numerical values assigned to the quantities which define the operation of the transformer in the conditions specified in this Recommendation and on which the manufacturer's guarantees and the tests are based

* The winding which receives the active power from the supply system in service conditions can be designated as the “primary”, that which delivers the active power to the load circuit as the “secondary”

4 4 2 Grandeurs nominales

Grandeurs (tension, courant, etc.) dont les valeurs numériques définissent le régime nominal

Notes 1 — Sauf spécification contraire, les grandeurs nominales sont relatives aux prises principales (voir paragraphe 4 5 1)
Pour les grandeurs relatives aux autres prises, voir paragraphe 4 5 et section quatre

2 — Les tensions et courants sont toujours exprimés par leurs valeurs efficaces à moins qu'il n'en soit spécifié autrement

4 4 3 Plaque signalétique

Plaque fixée au transformateur et portant les valeurs des grandeurs nominales ainsi que d'autres indications essentielles

Note — Les grandeurs nominales et les autres indications à apposer sur la plaque signalétique sont mentionnées à la section neuf

4 4 4 Tension nominale d'un enroulement

Tension spécifiée pour être appliquée ou développée en fonctionnement à vide entre les bornes de ligne d'un enroulement d'un transformateur polyphasé, ou entre les bornes d'un enroulement d'un transformateur monophasé

Notes 1 — Les tensions nominales de tous les enroulements apparaissent simultanément en fonctionnement à vide, lorsque la tension appliquée à l'un d'entre eux a sa valeur nominale

2 — Dans le cas de transformateurs monophasés destinés à constituer un groupe triphasé, la tension nominale d'un enroulement destiné à être connecté en étoile est indiquée par une fraction dont le numérateur est la tension entre phases et dont le dénominateur est $\sqrt{3}$, par exemple:

$$\frac{380}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

Il en est de même des enroulements série des transformateurs survolteurs-dévolteurs

4 4 5 Rapport de transformation nominal

Rapport entre la tension nominale d'un enroulement et celle d'un autre enroulement caractérisé par une tension nominale inférieure ou égale

4 4 6 Fréquence nominale

Fréquence à laquelle le transformateur est destiné à fonctionner

4 4 7 Puissance nominale

Valeur conventionnelle de la puissance apparente (en kVA ou MVA) destinée à servir de base à la construction du transformateur, aux garanties du constructeur et aux essais en déterminant une valeur bien définie du courant nominal admissible lorsque la tension nominale est appliquée, dans les conditions spécifiées par la présente recommandation

Notes 1 — Les deux enroulements d'un transformateur à deux enroulements ont la même puissance nominale, laquelle est par définition la puissance nominale du transformateur

2 — Dans le cas des transformateurs à plus de deux enroulements, la puissance nominale de chacun des enroulements doit être mentionnée. La moitié de la somme arithmétique des valeurs de la puissance nominale des enroulements donne une indication approximative des dimensions d'un transformateur à plus de deux enroulements en comparaison avec un transformateur à deux enroulements

3 — Lorsque la tension nominale est maintenue aux bornes de l'un des enroulements, la puissance apparente qui peut être fournie par l'autre ou l'un des autres enroulements dans le fonctionnement en charge à son courant nominal, diffère de la puissance nominale de ce dernier enroulement d'une quantité qui correspond à la chute (ou à l'élévation) de tension correspondante (voir paragraphe 4 7 4). Cette puissance apparente est égale au produit de la tension réelle en charge aux bornes dudit enroulement, par le courant nominal (voir paragraphe 4 4 8) correspondant à cet enroulement et par le facteur de phase approprié (voir tableau I)

4 4 2 *Rated quantities*

Quantities (voltage, current, etc.) the numerical values of which define the rating

Notes 1 — Unless otherwise specified, rated quantities are related to principal tapplings (see Sub-clause 4 5 1) For quantities related to other tapplings see Sub-clause 4 5 and Section Four

2 — Voltages and currents are always expressed by their r m s values, unless otherwise specified

4 4 3 *Rating plate*

A plate, fixed to a transformer, giving its rated and other essential data

Note — The rated and other data to be given on the rating plate are specified in Section Nine

4 4 4 *Rated voltage of a winding*

The voltage assigned to be applied, or developed at no load, between the line terminals of a winding of a polyphase transformer, or between the terminals of a winding of a single-phase transformer

Notes 1 — The rated voltages of all windings appear simultaneously at no load when the voltage applied to one of them has its rated value

2 — For single-phase transformers intended to be associated in a three-phase bank, the voltage of a winding intended to be connected in star is indicated by a fraction, in which the numerator is the line-to-line voltage, and the denominator is $\sqrt{3}$, for example:

$$\frac{380}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

The same applies to series windings of booster transformers

4 4 5 *Rated voltage ratio*

The ratio of the rated voltage of a winding to the rated voltage of another winding associated with a lower or equal rated voltage

4 4 6 *Rated frequency*

The frequency at which the transformer is designed to operate

4 4 7 *Rated power*

A conventional value of apparent power (in kVA or MVA), establishing a basis for the design, the manufacturer's guarantees and the tests, determining a well-defined value for the rated current that may be carried with rated voltage applied, under the conditions specified in this Recommendation

Notes 1 — Both windings of a two winding transformer have the same rated power, which by definition is the rated power of the transformer

2 — For multi-winding transformers, the rated power for each of the windings should be stated. Half the arithmetic sum of the values of the rated power of the windings gives a rough estimate of the dimensions of a multi-winding transformer as compared with a two-winding transformer

3 — With constant rated voltage applied to one of the windings, the apparent power that can really be delivered by (one of) the other winding(s) loaded with its rated current will deviate from the rated power of the latter winding by an amount depending on the corresponding voltage drop (or rise) (See Sub-clause 4 7 4) This apparent power is equal to the product of the actual voltage on load of the latter winding, the rated current (see Sub-clause 4 4 8) related to that winding and the appropriate phase factor (see Table I)

4 4 8 Courant nominal

Courant arrivant à une borne de ligne d'un enroulement, obtenu en divisant la puissance nominale de l'enroulement par la tension nominale de cet enroulement et par un facteur de phase approprié (voir tableau I)

Notes 1 — Si la connexion en triangle ou en polygone est faite en reliant extérieurement deux à deux les bornes des enroulements de phases, ce courant correspond à la valeur obtenue pour l'ensemble de deux bornes ainsi reliées

2 — Dans le cas de transformateurs monophasés destinés à constituer un groupe triphasé, le courant nominal d'un enroulement destiné à être connecté en triangle est indiqué par une fraction dont le numérateur est le courant nominal du groupe triphasé et dont le dénominateur est $\sqrt{3}$, par exemple:

$$\frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

4 5 Prises

4 5 1 Prise principale

Pour un enroulement à prises, prise à laquelle se réfère le régime nominal

Note — Pour le choix de cette prise, voir article 10

4 5 2 Grandeurs de prise

Grandeurs relatives aux prises autres que la prise principale

4 5 3 Puissance de prise

Valeur conventionnelle de la puissance apparente d'un enroulement qui, lorsque l'enroulement à prises est connecté sur la prise considérée et que les tensions appropriées appliquées ou développées ont les valeurs correspondant au fonctionnement à vide, détermine la valeur admissible du courant à travers une borne de ligne de cet enroulement

Note — Les tensions appropriées dépendent de la catégorie de réglage (voir article 11 et paragraphe 14 2)

4 5 4 Tension de prise

Valeur de la tension développée à vide entre les bornes de ligne d'un enroulement polyphasé à prises — ou entre les bornes d'un enroulement monophasé à prises — connecté sur la prise correspondante, quand la tension nominale est appliquée à l'autre enroulement, ce dernier, s'il a des prises, étant connecté sur la prise principale

4 5 5 Tension d'échelon

Différence entre les tensions de prise de deux prises adjacentes

Note — Elle peut être donnée comme un pourcentage de la tension nominale

4 5 6 Prise additive

Prise reliée à un enroulement de façon à utiliser un plus grand nombre de spires effectives que celui qui correspond à la prise principale

4 5 7 Prise soustractive

Prise reliée à un enroulement de façon à utiliser un plus petit nombre de spires effectives que celui qui correspond à la prise principale

4 4 8 *Rated current*

The current, flowing through a line terminal of a winding, derived by dividing the rated power of the winding by the rated voltage of the winding and by an appropriate phase factor (see Table I)

Notes 1 — If the delta or other polygon connection is made externally by linking the terminals of two phase-windings in pairs, this current corresponds to the value obtained for the pair of terminals thus connected

2 — For single-phase transformers intended to be associated in a three-phase bank, the current of a winding intended to be connected in delta is indicated by a fraction, in which the numerator is the corresponding line current and the denominator is $\sqrt{3}$, for example:

$$\frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

4 5 *Tappings*

4 5 1 *Principal tapping*

The tapping to which the rating of a tapped winding is related

Note — For the choice of this tapping, see Clause 10

4 5 2 *Tapping quantities*

Quantities related to tappings other than the principal tapping

4 5 3 *Tapping power*

A conventional value of apparent power of a winding which, when the tapped winding is connected on the tapping concerned and when the appropriate voltages applied or developed have the values corresponding to no load, determines the current which may be carried through a line terminal of this winding

Note — The appropriate voltages depend on the category of regulation (see Clause 11 and Sub clause 14 2)

4 5 4 *Tapping voltage*

The value of the voltage developed at no load between the line terminals of a tapped polyphase winding, or between the terminals of a tapped single-phase winding, connected on the corresponding tapping, when rated voltage is applied to the other winding which, if tapped, is connected on its principal tapping

4 5 5 *Step voltage*

The difference between the tapping voltages of two adjacent tappings

Note — It may be given as a percentage of the rated voltage

4 5 6 *Plus tapping*

A tapping so located in a tapped winding as to introduce into this winding a greater number of effective turns than those corresponding to the principal tapping

4 5 7 *Minus tapping*

A tapping so located in a tapped winding as to introduce into this winding fewer effective turns than those corresponding to the principal tapping

4 5 8 *Étendue de prises*

L'étendue totale de prises d'un enroulement à prises comprend l'étendue de prises additives et l'étendue de prises soustractives, qui sont les différences entre sa tension de prise la plus élevée ou sa tension de prise la plus basse d'une part, et sa tension nominale d'autre part, habituellement exprimées en pourcentage positif et en pourcentage négatif de la tension nominale

4 5 9 *Courant de prise*

Courant admissible à une borne de ligne d'un enroulement à prises raccordé à la prise correspondante

4 5 10 *Étendue de variation de tension*

Domaine dans lequel varient les tensions (à vide) aux bornes de ligne d'un enroulement à prises ou sans prises

4 6 *Pertes et courant à vide*

4 6 1 *Pertes à vide*

Puissance active absorbée quand la tension nominale, à la fréquence nominale, est appliquée aux bornes de l'un des enroulements, l'autre ou les autres enroulements étant à circuit ouvert

4 6 2 *Courant à vide*

Courant à une borne de ligne d'un enroulement quand la tension nominale à la fréquence nominale est appliquée à cet enroulement, l'autre ou les autres enroulements étant à circuit ouvert

Notes 1 — Le courant à vide d'un enroulement est souvent exprimé en pourcentage du courant nominal de cet enroulement. Pour les transformateurs à plus de deux enroulements, il est exprimé en pourcentage du courant nominal de l'enroulement ayant la puissance nominale la plus élevée

2 — Pour les transformateurs polyphasés, les courants à vide aux différentes bornes de ligne peuvent être inégaux. Si, dans ce cas, les valeurs des différents courants à vide ne sont pas indiquées séparément, le courant à vide est supposé égal à la moyenne arithmétique de ces courants

4 6 3 *Perte due à la charge*

a) *D'un transformateur à deux enroulements*

Puissance active absorbée à la fréquence nominale quand le courant nominal traverse la ou les bornes de ligne de l'un des enroulements, les bornes de l'autre enroulement étant court-circuitées. La valeur est rapportée à la température de référence indiquée au tableau XV

b) *D'un transformateur à plus de deux enroulements, relatives à une certaine paire d'enroulements*

Puissance active absorbée à la fréquence nominale lorsqu'un courant correspondant au courant nominal de celui des enroulements de la paire dont la puissance nominale est la plus faible traverse la ou les bornes de ligne de l'un des enroulements, les bornes de l'autre enroulement de la même paire étant court-circuitées et le ou les enroulements restants étant à circuit-ouvert. Les valeurs relatives aux différentes paires d'enroulements sont rapportées à la température de référence indiquée au tableau XV

4 6 4 *Pertes totales*

Somme des pertes à vide et des pertes dues à la charge

Notes 1 — Dans les transformateurs à plus de deux enroulements, les pertes totales sont rapportées à une combinaison de charges spécifiée

2 — Les pertes dans les appareils auxiliaires ne sont pas comprises dans cette définition; elles doivent être indiquées séparément

4 5 8 *Tapping range*

The total tapping range of a tapped winding consists of the plus and minus tapping ranges, which are the differences between its highest and lowest tapping voltages, on the one hand, and its rated voltage, on the other hand, usually expressed as a plus and a minus percentage of that rated voltage

4 5 9 *Tapping current*

The maximum permissible current through a line terminal of a tapped winding when connected on the tapping concerned

4 5 10 *Voltage variation range*

The range of the variable (no-load) voltages at the line terminals of a tapped or an untapped winding

4 6 *Losses and no-load current*

4 6 1 *No-load loss*

The active power absorbed when rated voltage at rated frequency is applied to the terminals of one of the windings, the other winding(s) being open-circuited

4 6 2 *No-load current*

The current flowing through a line terminal of a winding when rated voltage is applied at rated frequency, the other winding(s) being open-circuited

Notes 1 — The no load current of a winding is often expressed as a percentage of the rated current of the same winding. For multi-winding transformers this percentage is referred to the winding with the highest rated power

2 — For polyphase transformers, the no-load currents through the different line terminals may be unequal. If, in this case, the values of the different no-load currents are not given separately, the no-load current is assumed to be the arithmetic mean value of these currents

4 6 3 *Load loss*

a) *Of two-winding transformers*

The active power absorbed at rated frequency when rated current is flowing through the line terminal(s) of one of the windings, the terminals of the other winding being short-circuited. The value is related to the reference temperature shown in Table XV

b) *Of multi-winding transformers, related to a certain combination of two windings*

The active power absorbed at rated frequency when a current flows through the line terminal(s) of one of the windings of the combination, corresponding to the smaller of the rated power values of both windings of that combination, the terminals of the other winding of the combination being short-circuited and the remaining winding(s) being open-circuited. The various values for the different combinations are related to the reference temperature shown in Table XV

4 6 4 *Total losses*

The sum of no-load loss and load loss

Notes 1 — For multi-winding transformers, the total losses refer to a specified loading combination

2 — The losses in auxiliary plant are not included in the total losses. They should be stated separately

4 7 Tensions de court-circuit — variation de tension

4 7 1 Tension de court-circuit à courant nominal

a) D'un transformateur à deux enroulements

Tension à la fréquence nominale qu'il est nécessaire d'appliquer entre les bornes de ligne d'un enroulement polyphasé — ou les bornes d'un enroulement monophasé — pour y faire circuler le courant nominal quand les bornes de l'autre enroulement sont mises en court-circuit, la valeur est rapportée à la température de référence indiquée au tableau XV

b) D'un transformateur à plus de deux enroulements, relative à une certaine paire d'enroulements

Tension à la fréquence nominale qu'il est nécessaire d'appliquer entre les bornes de ligne d'un enroulement polyphasé — ou les bornes d'un enroulement monophasé — d'une certaine paire d'enroulements, l'autre enroulement de la même paire étant court-circuité, pour y faire circuler un courant correspondant au courant nominal de celui des enroulements de la paire dont la puissance nominale est la plus faible, le ou les enroulements restants étant à circuit ouvert. Les valeurs relatives aux différentes paires d'enroulements sont rapportées à la température de référence indiquée au tableau XV

Notes 1 — (Valable pour a) et b)) La tension de court-circuit nominale s'exprime habituellement en pour-cent de la tension nominale de l'enroulement auquel la tension est appliquée

2 — (Valable pour b)) Afin de simplifier certains calculs, il peut être commode de convertir les tensions de court-circuit des différentes paires en les rapportant à la même puissance nominale

3 — Lorsque l'expression « tension de court-circuit » est utilisée dans un sens général dans cette recommandation, elle signifie une grandeur analogue à la tension de court-circuit à courant nominal mais qui peut se rapporter à d'autres valeurs du courant ou à des connexions sur d'autres prises que la prise principale, ou à ces deux cas

4 7 2 Tension résistive

Composante d'une tension de court-circuit en phase avec le courant

Note — Voir note 3, paragraphe 4 7 1

4 7 3 Tension réactive

Composante d'une tension de court-circuit en quadrature avec le courant

Note — Voir note 3, paragraphe 4 7 1

4 7 4 Variation de tension pour une condition de charge spécifiée

Différence entre la tension nominale aux bornes d'un enroulement et la tension en charge aux bornes du même enroulement à une charge et un facteur de puissance spécifiés, la tension, appliquée à l'autre ou à l'un des autres enroulements étant maintenue à sa valeur nominale. Elle est exprimée en pourcentage de la tension nominale du premier enroulement

Note — Dans le cas des transformateurs à plus de deux enroulements, la variation de tension dépend non seulement du courant et du facteur de puissance dans l'enroulement lui-même, mais aussi du courant et du facteur de puissance dans les autres enroulements

4 7 5 Impédance homopolaire

Impédance, exprimée en ohms par phase, à la fréquence nominale, entre les bornes de ligne d'un enroulement polyphasé en étoile ou en zigzag reliées ensemble et sa borne neutre

Notes 1 — L'impédance homopolaire peut avoir plusieurs valeurs, car elle dépend non seulement du mode de connexion de l'enroulement lui-même, mais aussi du couplage des autres enroulements et des connexions de leurs bornes

2 — L'impédance homopolaire peut dépendre de la valeur du courant

4 7 Impedance voltage and voltage drop

4 7 1 Impedance voltage at rated current

a) Of two-winding transformers

The voltage required to be applied at rated frequency to the line terminals of a winding of a polyphase transformer, or to the terminals of a winding of a single-phase transformer, to cause the rated current to flow through these terminals when the terminals of the other windings are short-circuited. The value is related to the reference temperature shown in Table XV.

b) Of multi-winding transformers, related to a certain combination of two windings

The voltage required to be applied at rated frequency to the line terminals of one of the windings of the combination for a polyphase transformer, or to the terminals of such a winding for a single-phase transformer, to cause a current to flow through these terminals corresponding to the smaller of the rated power values of both windings of that combination, the terminals of the other winding of the combination being short-circuited and the remaining winding(s) being open-circuited. The various values for the different combinations are related to the reference temperature shown in Table XV.

Notes 1 — (Applicable to both a) and b)) The rated impedance voltage is usually expressed as a percentage of the rated voltage of the winding to which the voltage is applied.

2 — (Applicable to b) only) In order to simplify certain calculations it may be convenient to recalculate the impedance voltages of the various combinations in terms of the same rated power.

3 — Where, in this Recommendation, the expression “impedance voltage” is used in a general sense, it means a quantity similar to the impedance voltage at rated current, but possibly related to other values of current and/or to connections to tapings other than the principal tapping.

4 7 2 Resistance voltage

The component of an impedance voltage in phase with the current.

Note — See Note 3 to Sub-clause 4 7 1.

4 7 3 Reactance voltage

The component of an impedance voltage in quadrature with the current.

Note — See Note 3 to Sub-clause 4 7 1.

4 7 4 Voltage drop (or rise) (regulation) for a specified load condition

The difference between the rated voltage of a winding and the voltage developed at a specified load and power-factor, the voltage supplied to (one of) the other winding(s) being at its rated value. It is expressed as a percentage of the rated voltage of the former winding.

Note — For multi-winding transformers, the voltage drop (or rise) depends not only on the load and power-factor of the winding itself, but also on the load and power-factor of the other windings.

4 7 5 Zero-sequence impedance

The impedance, expressed in ohms per phase at rated frequency, between the line terminals of a polyphase star or zigzag-connected winding connected together and its neutral terminal.

Notes 1 — The zero-sequence impedance may have several values, because it depends not only on the method of connection of the winding itself, but also on the way in which the other windings and their terminals are connected.

2 — The zero sequence impedance is often dependent on the value of the current.

4 8 *Echauffement*

4 8 1 *Echauffement*

Différence entre la température de la partie considérée et, dans le cas des transformateurs refroidis à l'air, la température de l'air de refroidissement, dans le cas des transformateurs refroidis à l'eau, la température de l'eau à l'entrée du dispositif de refroidissement

4 9 *Isolement*

4 9 1 *Niveau d'isolement*

L'ensemble des valeurs de tension (à fréquence industrielle et aux ondes de choc) qui caractérisent l'isolement de chacun des enroulements et de leurs parties associées du point de vue de son aptitude à supporter les contraintes diélectriques

Note — Le niveau d'isolement est généralement exprimé par les deux valeurs de la tension d'essai à fréquence industrielle et de la tension d'essai au choc en onde pleine; pour les enroulements qui ne sont pas prévus pour être essayés aux ondes de choc, il est exprimé seulement par la première de ces deux valeurs

4 9 2 *Enroulement à isolation uniforme*

Enroulement dans lequel l'isolation à la masse est en tout point prévue pour supporter la même tension d'essai par tension appliquée à fréquence industrielle que l'extrémité côté ligne

4 9 3 *Enroulement à isolation graduée*

Enroulement dans lequel l'isolation à la masse est décroissante et prévue pour une certaine tension côté ligne et pour une tension plus faible côté neutre

Note — Un tel enroulement ne subit par suite l'essai par tension appliquée à fréquence industrielle qu'à une valeur appropriée au niveau d'isolement de l'extrémité côté neutre

4 9 4 *Installation en situation exposée*

Installation dans laquelle le transformateur est exposé à des surtensions d'origine atmosphérique

Note — Une telle installation est généralement reliée à une ligne aérienne, soit directement, soit par une courte longueur de câble

4 9 5 *Installation en situation non exposée*

Installation dans laquelle le transformateur n'est pas exposé à des surtensions d'origine atmosphérique

Note — Une telle installation est généralement reliée à un réseau de câbles souterrains

4 9 6 *Tension nominale du réseau*

Tension efficace entre phases par laquelle un réseau est dénommé

Note — Cette tension n'est pas nécessairement égale à la tension nominale de l'enroulement du transformateur connecté au réseau

4 9 7 *Tension la plus élevée du réseau*

Valeur la plus élevée de la tension efficace entre phases qui peut être maintenue à un instant quelconque et en un point quelconque du réseau dans les conditions d'exploitation normale

Notes 1 — Cette valeur ne tient pas compte des variations temporaires de tension dues aux défauts ou au déclenchement brusque de charges importantes

2 — La tension à circuit ouvert de certaines prises peut dépasser la tension la plus élevée du réseau en service normal
Voir annexe B

4 8 *Temperature rise*

4 8 1 *Temperature rise*

The difference between the temperature of the part under consideration and, for air-cooled transformers, the temperature of the cooling air; for water-cooled transformers, the temperature of the water at the intake of the cooling equipment

4 9 *Insulation*

4 9 1 *Insulation level*

That combination of voltage values (both power-frequency and impulse) which characterizes the insulation of each of the windings and their associated parts with regard to capability of withstanding dielectric stresses

Note — The insulation level is generally expressed by the value of both the power frequency test voltage and the full wave impulse test voltage, but for windings not designed for impulse testing it is expressed by the power-frequency test voltage only

4 9 2 *Uniformly-insulated winding*

A winding in which the insulation to earth is at all points designed to withstand the separate-source power-frequency test voltage appropriate to the line end

4 9 3 *Graded-insulated winding*

A winding in which the insulation to earth is graded from the amount at the line end to a smaller amount at the neutral end

Note — Such a winding therefore will withstand a separate-source power-frequency test voltage of a value appropriate only to the insulation level of the neutral end

4 9 4 *Exposed installation*

An installation in which the transformer is exposed to overvoltages of atmospheric origin

Note — Such installations are usually connected to overhead transmissions lines, either directly or through a short length of cable

4 9 5 *Non-exposed installation*

An installation in which the transformer is not exposed to overvoltages of atmospheric origin

Note — Such installations are usually connected to cable networks

4 9 6 *System nominal voltage*

The 1 m s line-to-line voltage by which a system is designated

Note — This voltage is not necessarily the same as the rated voltage of the winding of the transformer connected to the system

4 9 7 *System highest voltage*

The highest 1 m s line-to-line voltage that can be maintained under normal operating conditions at any time and at any point on the system

Notes 1 — It excludes temporary voltage variations due to fault conditions or the sudden disconnection of large loads

2 — The open-circuit voltage of certain tapings may exceed the system highest voltage See Appendix B

4 10 Connexions et couplages

4 10 1 Connexion étoile

Connexion des enroulements dans laquelle une extrémité de chaque enroulement de phase d'un transformateur polyphasé ou de chaque enroulement de même tension nominale pour les transformateurs monophasés constituant un groupe polyphasé est connectée à un point commun (point neutre), l'autre extrémité étant reliée à la borne de ligne correspondante

4 10 2 Connexion triangle

Connexion en série des enroulements de phase d'un transformateur triphasé, ou des enroulements de même tension nominale de transformateurs monophasés constituant un groupe triphasé, effectuée de manière à réaliser un circuit fermé

4 10 3 Connexion en triangle ouvert

Connexion des enroulements dans laquelle les trois enroulements de phases d'un transformateur triphasé, ou les enroulements de même tension nominale de transformateurs monophasés constituant un groupe triphasé, sont connectés en triangle sans fermeture du triangle à l'un de ses sommets

4 10 4 Connexion en zigzag

Connexion en étoile des enroulements de phase d'un transformateur polyphasé, chaque branche étant constituée de parties dans lesquelles sont induites des tensions déphasées

4 10 5 Enroulements indépendants

Enroulements de phase d'un transformateur polyphasé qui ne sont pas reliés ensemble à l'intérieur du transformateur

4 10 6 Déphasage

Ecart angulaire entre les vecteurs représentant les tensions entre le point neutre (réel ou fictif) et les bornes homologues de deux enroulements lorsqu'un système de tensions direct est appliqué aux bornes de l'enroulement à haute tension dans l'ordre de séquence alphabétique de ces bornes si elles sont repérées par des lettres, ou dans leur ordre de séquence numérique si elles sont repérées par des chiffres. Les vecteurs sont supposés tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une horloge.

Le déphasage s'exprime par un indice horaire qui est l'heure indiquée sur le cadran d'une horloge dont la grande aiguille (aiguille des minutes) est arrêtée sur 12 heures, et coïncide avec le vecteur de la tension entre le point neutre (réel ou fictif) et une borne de ligne de l'enroulement à haute tension et dont la petite aiguille (aiguille des heures) coïncide avec le vecteur de la tension entre le point neutre (réel ou fictif) et la borne de ligne homologue de l'enroulement à basse tension (ou à tension intermédiaire).

4 10 7 Symbole de couplage

Symbole conventionnel indiquant les modes de connexions respectifs des enroulements à haute tension, à tension intermédiaire, s'il y a lieu, et à basse tension, et leurs déphasages respectifs, exprimé par l'indice horaire.

4 11 Types d'essais

4 11 1 Essais de réception

Essais effectués pour prouver à l'acheteur que le transformateur est conforme aux spécifications

4 10 Connections

4 10 1 Star connection

The winding connection so arranged that one end of each of the phase-windings of a polyphase transformer, or of each of the windings for the same rated voltage of single-phase transformers associated in a polyphase bank, is connected to a common point (the neutral point) and the other end to its appropriate line terminal

4 10 2 Delta connection

The winding connection so arranged that the phase-windings of a three-phase transformer, or the windings for the same rated voltage of single-phase transformers associated in a three-phase bank, are connected in series to form a closed circuit

4 10 3 Open-delta connection

The winding connection in which the phase-windings of a three-phase transformer, or the windings for the same rated voltage of single-phase transformers associated in a three-phase bank, are connected in series without closing one corner of the delta

4 10 4 Zigzag or interconnected-star connection

The winding connection in star of the phase-windings of a polyphase transformer, each one of which is made up of parts in which phase-displaced voltages are induced

4 10 5 Open windings

Phase-windings of a polyphase transformer which are not interconnected within the transformer

4 10 6 Phase displacement

The angular difference between the vectors representing the voltages between the neutral point (real or imaginary) and the corresponding terminals of two windings, a positive-sequence voltage system being applied to the high-voltage terminals following each other in alphabetical sequence if they are lettered, or in numerical sequence if they are numbered. The vectors are assumed to rotate in a counter-clockwise sense

The phase displacement is expressed as the hour number, shown on a clock whose large (minute) hand is pointing at 12 and coincides with the vector of the voltage between the neutral point (real or imaginary) and the high-voltage line terminal, and whose small (hour) hand coincides with the vector of the voltage between the neutral point (real or imaginary) and the corresponding low-voltage or intermediate voltage terminal

4 10 7 Vector-group symbol

A conventional notation indicating the respective connections of the high-voltage, intermediate voltage (if any), and low-voltage windings and their relative phase displacement(s) expressed as clock-hour figure(s)

4 11 Kinds of tests

4 11 1 Acceptance tests

Those tests which demonstrate to the satisfaction of the purchaser that the transformer complies with the specification

4 11 2 *Essai individuel*

Essai effectué sur chaque transformateur pris individuellement

4 11 3 *Essai de type*

Essai effectué sur un transformateur représentatif d'autres transformateurs en vue de montrer que ces transformateurs satisfont aux conditions spécifiées qui ne sont pas contrôlées par les essais individuels

Note — Un transformateur est considéré comme représentatif d'autres appareils s'il est complètement identique en ce qui concerne les grandeurs nominales et la construction, mais l'essai de type est également considéré comme valable s'il est effectué sur un transformateur qui présente de légères différences portant sur les grandeurs nominales ou d'autres caractéristiques. Si l'essai est un essai de réception, ces différences devront faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

4 11 4 *Essai spécial*

Essai autre qu'un essai de type ou qu'un essai individuel, défini par accord entre le constructeur et l'acheteur, et effectué seulement sur un ou plusieurs transformateurs d'une même fourniture

Withdrawn

4.11.2 Routine test

A test to which each individual transformer is subjected

4.11.3 Type test

A test made on a transformer which is representative of other transformers, to demonstrate that these transformers comply with specified requirements not covered by routine tests

Note — A transformer is considered to be representative of others if it is fully identical in rating and construction, but the type test is also considered valid if it is made on a transformer which has minor deviations of rating or other characteristics. If the test is an acceptance test, these deviations should be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

4.11.4 Special test

A test other than a type test or a routine test, agreed by the manufacturer and the purchaser and applicable only to one or more transformers of a particular contract

Withdrawn

SECTION TROIS — RÉGIME NOMINAL

5 Généralités

Le constructeur doit attribuer au transformateur des valeurs nominales qui sont marquées sur la plaque signalétique (voir section neuf). Ces valeurs nominales doivent être telles que le transformateur puisse fournir un courant égal à son courant nominal dans des conditions de charge continue sans dépasser les limites d'échauffement spécifiées à la section six, en admettant que la tension appliquée est égale à la tension nominale d'alimentation et que cette alimentation est effectuée à la fréquence nominale.

6 Puissance nominale

La puissance nominale ainsi attribuée doit tenir compte des conditions de fonctionnement correspondant à celles spécifiées à la section un et s'obtient en faisant le produit de la tension nominale par le courant nominal et le facteur de phase approprié indiqué dans le tableau I ci-dessous.

TABLEAU I
Facteur de phase

Nombre de phases	Facteur de phase
1 3	1 $\sqrt{3}$

Notes 1 — La puissance nominale ainsi attribuée correspond à un service continu — les conditions relatives à d'autres services doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

2 — Bien que la puissance nominale se rapporte à la tension nominale, le transformateur doit pouvoir fournir sa puissance nominale en étant alimenté sous une tension supérieure de 5% à la tension nominale.

7 Valeurs préférentielles de la puissance nominale

Le tableau II indique les valeurs préférentielles de la puissance nominale pour les transformateurs triphasés, mais la conformité à la présente recommandation ne nécessite pas l'adoption des seules valeurs du tableau. Il convient toutefois de les adopter dans toute la mesure du possible. Elles figurent dans la série R 10 de la recommandation R 3 de l'ISO. Nombres normaux. Séries de nombres normaux.

TABLEAU II
Valeurs préférentielles de la puissance nominale pour les transformateurs triphasés

kVA	kVA	kVA
5	31,5	200
6,3	40	250
8	50	315
10	63	400
12,5	80	500
16	100	630
20	125	800
25	160	1 000, etc

SECTION THREE — RATING

5 General

The manufacturer shall ascribe ratings to the transformer, which shall be marked on the rating plate (see Section Nine). These ratings shall be such that the transformer can deliver its rated current under steady loading conditions without exceeding the limits of temperature rise specified in Section Six, assuming that the applied voltage is equal to the rated voltage and that the supply is at rated frequency.

6 Rated power

The rated power so assigned shall take into account service conditions corresponding to those specified in Section One and shall be related to the product of rated voltage, rated current and the appropriate phase factor given in Table I below.

TABLE I
Phase factors

Number of phases	Phase factor
1	1
3	$\frac{1}{\sqrt{3}}$

Notes 1 — The rated power assigned here corresponds to continuous duty — conditions for other duties should be the subject of an agreement between the manufacturer and the purchaser.

2 — Although the rating is related to the rated voltage, the transformer should be capable of delivering its rated current at an applied voltage 5% higher than the rated voltage.

7 Preferred values of rated power

Preferred values of rated power for three-phase transformers are listed in Table II, but compliance with this Recommendation does not require the adoption of only the values given in that table. The values should, however, be adopted whenever possible. They are in the R 10 series given in ISO Recommendation R 3, Preferred Numbers Series of Preferred Numbers.

TABLE II
Preferred values of rated power for three-phase transformers

kVA	kVA	kVA
5	31.5	200
6.3	40	250
8	50	315
10	63	400
12.5	80	500
16	100	630
20	125	800
25	160	1 000, etc

SECTION QUATRE — PRISES

Notes 1 — Seules les tensions à vide doivent figurer dans les spécifications et sur les plaques signalétiques. L'acheteur, lorsqu'il prépare son appel d'offres, peut déduire ses tensions à vide des tensions en charge par une estimation grossière de la chute ou de l'élévation de tension, et les valeurs ainsi obtenues peuvent être vérifiées par la suite quand on connaît les valeurs exactes de cette chute ou élévation de tension.

2 — Lorsque le mot « tension » est accompagné d'un astérisque (*) dans le texte de cette section ou de l'annexe F, il faut entendre, dans les cas où la tension n'est pas appliquée aux bornes du transformateur mais y est produite, que ce mot s'applique à la tension produite à vide.

3 — Dans les articles 11 à 14 de cette section, on envisage seulement le cas, le plus courant en pratique, des transformateurs ne comportant qu'un seul enroulement muni de prises de réglage.

8 Généralités

Les transformateurs ne sont pas munis de prises à moins que ce ne soit demandé dans la spécification, et, dans ce cas, on doit préciser si elles sont destinées au réglage hors tension ou en charge.

9 Prises hors tension

Si l'on spécifie des prises hors tension sans préciser l'étendue des prises et les tensions d'échelons, on admettra comme valeurs normales $\pm 5\%$ pour l'étendue des prises et $\pm 2,5\%$ pour les tensions d'échelon.

10 Prise principale

Sauf spécification contraire, on considérera comme prise principale (voir paragraphe 4.5.1) la prise médiane si le nombre de positions est impair, ou, si ce nombre est pair, celle des deux prises médianes qui est associée au plus grand nombre de spires actives de l'enroulement à prises.

11 Catégories de réglage

Il y a lieu de distinguer, en ce qui concerne l'effet de la variation de tension sur un certain nombre de caractéristiques d'un transformateur muni de prises sur un seul enroulement, trois catégories de réglage.

a) Réglage à flux constant (RFC)

La tension * est sensiblement constante aux bornes du ou des enroulements sans prises, et elle est variable aux bornes de l'enroulement à prises. Ce genre de réglage correspond à une tension * constante par spire et, par conséquent, à un flux magnétique (à vide) constant.

b) Réglage à flux variable (RFV)

La tension * est sensiblement constante aux bornes de l'enroulement à prises, et elle est variable aux bornes du ou des enroulements sans prises. Ce genre de réglage correspond à une tension * variable par spire et, par conséquent, à un flux magnétique (à vide) variable.

c) Réglage mixte (RM)

La tension * est variable à la fois aux bornes de l'enroulement à prises et du ou des enroulements sans prises. Pour une valeur donnée constante de la tension * aux bornes du ou des enroulements sans prises, le réglage correspond à un flux magnétique (à vide) constant, mais quand on passe de cette valeur à une autre le réglage correspond à un flux magnétique (à vide) variable.

* Voir note 2 au commencement de la section quatre (ci-dessus).

SECTION FOUR — TAPPINGS

Notes 1 — In specifications and on rating plates, only no-load voltages should be mentioned. The purchaser when drafting his enquiry may derive these no-load values from voltages on load by a rough estimation of the voltage drop (or rise), which can be checked afterwards when exact values of this drop (or rise) are known.

2 — The asterisk (*) added to "voltage" in this section and in Appendix F means that for a voltage not applied to, but developed at, the terminals, no load condition is implied.

3 — In Clauses 11-14 of this section, only the case (the most common in practice) of transformers which have only one winding provided with regulating tapplings is envisaged.

8 General

Transformers are not provided with tapplings unless specifically required. When tapplings are required, it shall be stated if they are intended for off-circuit or for on-load tap-changing.

9 Off-circuit tapplings

If off-circuit tap-changing is specified, but the tapping range and the step voltages are not stated, standard values of $\pm 5\%$ for the tapping range and of 2.5% for the step voltages are assumed.

10 Principal tapping

Unless otherwise specified, the principal tapping (see Sub-clause 4.5.1) is taken to correspond with the mean tapping position if the number of tapping positions is odd or, if this number is even, that one of the two middle tapping positions which is associated with the higher number of effective turns on the tapped winding.

11 Categories of regulation

With respect to the influence of voltage variation on several characteristics of a transformer having tapplings inserted in only one winding, three categories of regulation should be distinguished:

a) *Constant-flux regulation (CFR)*

Voltage * substantially constant at the untapped winding(s) and variable at the tapped winding. This type of regulation is associated with a constant voltage * per turn and, consequently, with a constant magnetic flux (at no load).

b) *Variable-flux regulation (VFR)*

Voltage * substantially constant at the tapped winding and variable at the untapped winding(s). This type of regulation is associated with a variable voltage * per turn and, consequently, with a variable magnetic flux (at no load).

c) *Mixed regulation (MR)*

Voltage * variable at the tapped winding and at the untapped winding(s). For a given constant value of the voltage * at the untapped winding(s), the regulation is associated with a constant magnetic flux (at no load) but, when passing from this value to another one, with a variable magnetic flux (at no load).

* See Note 2 at the beginning of Section Four (above)

Notes 1 — L'acheteur doit spécifier la catégorie de réglage dont il a besoin. S'il ne le fait pas, le fabricant choisit une des catégories. La catégorie de réglage adoptée doit être indiquée clairement, en utilisant les symboles R F C, R F V ou R M mentionnés ci-dessus. Si rien n'est indiqué, c'est la catégorie R F C qui est supposée adoptée.

2 — Pour les transformateurs de la catégorie R F C, une variation de flux magnétique (à vide) jusqu'à $\pm 5\%$ est permise. Si cette valeur n'est pas dépassée, le réglage est considéré comme étant de la catégorie R F C.

3 — Si un transformateur qui a été dimensionné pour l'une des catégories de réglage doit être utilisé dans une autre, il y a lieu d'admettre certaines limitations d'emploi. Si un transformateur est destiné à des conditions de service correspondant à plus d'une catégorie, il doit être dimensionné pour les conditions les plus dures de flux magnétique et de courant.

4 — On trouvera dans l'annexe F des exemples de spécification de transformateurs appartenant aux diverses catégories de réglage.

12 Spécification des conditions concernant la tension

Si un enroulement à prises ou sans prises doit être conçu pour une tension * variable, l'étendue des variations de tension (voir paragraphe 4.5.10) doit être spécifiée.

L'étendue des variations de tension d'un enroulement s'indique soit en énonçant sa tension nominale suivie des valeurs extrêmes des variations de la tension * en plus et en moins, exprimées en pour-cent de cette tension nominale, soit en énonçant par ordre décroissant les valeurs des tensions * extrêmes et de la tension nominale.

Notes 1 — Certaines valeurs intermédiaires des tensions demandées par l'acheteur peuvent être incompatibles avec le dimensionnement du transformateur. Dans ce cas le constructeur doit fournir à l'acheteur des indications sur les valeurs qui peuvent être pratiquement obtenues.

2 — Les pourcentages s'indiquent comme suit :

— si les composantes en plus et en moins de l'étendue de variation sont égales (par exemple égales à $a\%$), par $\pm a\%$;

— si ces composantes sont inégales (par exemple $+a\%$ et $-b\%$), par $+a\%$, $-b\%$;

— s'il n'existe de variation que dans un seul sens (par exemple $+a\%$ seulement ou $-b\%$ seulement), par $+a\%$ ou par $-b\%$ selon le cas.

Les désignations doivent indiquer clairement celle des valeurs qui correspond à la tension nominale (par exemple en la soulignant).

Dans le cas d'un enroulement sans prises, on écrit entre parenthèses toutes les valeurs exprimées en pourcentages ou en tensions, à l'exception de la tension nominale.

Pour la catégorie R M, il est recommandé de spécifier en outre celles des combinaisons des tensions * variables devant être obtenues simultanément aux bornes des enroulements à prises et sans prises, qui déterminent les valeurs extrêmes du rapport de transformation. Si ces combinaisons ne sont pas spécifiées, on admettra que les valeurs extrêmes du rapport de transformation doivent permettre de couvrir toutes les combinaisons de tensions jusqu'aux limites opposées des étendues de variation de tension des enroulements.

13 Étendue des prises

L'étendue des prises (voir paragraphe 4.5.8), à prévoir pour l'enroulement à prises est déterminée par la ou les étendues de variation de tension (et éventuellement par les combinaisons limites de tensions * variables qu'il y a lieu de considérer comme indiqué à l'article 12).

L'étendue des prises est généralement constituée par un certain nombre de tensions d'échelon (voir paragraphe 4.5.5).

Le nombre de positions de réglage qui est demandé doit être mentionné dans la spécification.

Pour les diverses catégories de réglage, la relation entre l'étendue des prises à prévoir et la ou les étendues de variation de tension obéit aux règles suivantes :

R F C : L'étendue des prises est identique à l'étendue des variations de tension, du fait que toutes deux se rapportent à l'enroulement à prises.

* Voir note 2 au commencement de la section quatre (page 34).

Notes 1 — The purchaser should specify which category of regulation is wanted. If nothing is specified, the manufacturer chooses a certain category. The category of regulation applied should be clearly indicated, using the symbols C F R, V F R or M R given above. If nothing is indicated, category C F R is assumed to be applied.

2 — For transformers of category C F R, a variation of the magnetic flux (at no load) up to 5% is permissible. If this value is not exceeded, the regulation is considered to be C F R.

3 — If a transformer, designed under one category, should be used under another category, certain operating limitations should be recognized. If a transformer is destined for service conditions according to more than one category, it should be designed to meet the most onerous conditions of magnetic flux and load current.

4 — For examples of specifying transformers for the different categories of regulation, see Appendix F.

12 Specification of voltage conditions

If a tapped or untapped winding is to be designed for a variable voltage *, the voltage variation range (see Sub-clause 4.5.10) must be specified.

The voltage variation range of a winding is indicated either by showing its rated voltage, followed by the extreme plus and minus voltage * variations expressed as percentages of that rated voltage, or by showing, in a decreasing order, the values of its extreme voltages * and of its rated voltage.

Notes 1 — Certain intermediate values of voltages required by the purchaser may be incompatible with the design. In this case, the manufacturer should provide the purchaser with information on the values which can be obtained in practice.

2 — Percentages are indicated as follows:

— if the range contains equal plus and minus components (e.g. $\pm a\%$), by: $\pm a\%$;

— if the components are unequal (e.g. $+a\%$ and $-b\%$), by: $+a\% - b\%$;

— if there is only a plus or only a minus component (e.g. only $+a\%$ or only $-b\%$), by: $+a\%$ or by $-b\%$ respectively.

It should be quite clearly indicated which of the values is related to the rated voltage (e.g. by underlining this value).

In the case of untapped windings, all values, whether of percentages or voltages, should be put between parentheses (round brackets), values of rated voltages excepted.

For category M R, it is advisable to specify those combinations of the variable voltages * that are required simultaneously in both the tapped and the untapped windings, which determine the extreme values of the ratio. In these combinations are not specified, it is to be assumed that the extreme values of the voltage ratio should cover all the combinations of voltages up to the opposite limits of the voltage variation ranges of the windings.

13 Tapping range

The tapping range (see Sub-clause 4.5.8) to be provided for the tapped winding is determined by the specified voltage variation range(s) (and if necessary by the limits of combinations of variable voltages * as mentioned in Clause 12).

The tapping range is usually made up of a number of step voltages (see Sub-clause 4.5.5).

The number of tapping positions required should be mentioned in the specification.

For the different categories of regulation the relation between the tapping range to be provided and the voltage variation range(s) required, is as follows:

C F R The tapping range is identical with the voltage variation range, because both are related to the tapped winding.

* See Note 2 at the beginning of Section Four (page 35).

R F V L'étendue des prises (de l'enroulement à prises) n'est pas identique à l'étendue ou aux étendues des variations de tension (du ou des enroulements sans prises) mais peut s'en déduire directement (Voir annexe F 2)

R M L'étendue des prises (de l'enroulement à prises) n'est pas identique aux étendues de variation de tension (des enroulements à prises et sans prises) mais peut se déduire des valeurs extrêmes du rapport de transformation comme indiqué à l'article 12 (Voir annexe F 3)

Notes 1 — Certaines modifications de l'étendue ou des étendues de variation de tension demandées peuvent être souhaitables en vue de conduire à une étendue des prises qui se prête à un dimensionnement plus favorable. De telles modifications doivent faire l'objet d'un accord particulier entre le constructeur et l'acheteur (Voir annexe F 2 1)

2 — Pour les catégories R F V et R M, où l'étendue des prises ne coïncide pas avec l'étendue ou les étendues de variation de tension, il est recommandé de ne mentionner que les étendues de variation de tension dans la spécification ou sur la plaque signalétique. Y adjoindre des tensions de prises — qui ne correspondent généralement pas à des tensions vraies en service — ou une étendue des prises peut donner lieu à confusion. Pour la catégorie R M, cependant, des indications plus détaillées sont indispensables, comme mentionné dans l'annexe F

14 Grandeurs relatives aux prises

14.1 Limites d'échauffement

Il est admis que les limites d'échauffement du transformateur puissent ne pas être tout à fait respectées à la puissance nominale lorsque l'appareil est connecté sur certaines prises autres que la prise principale. Sauf spécification contraire, cela est considéré comme acceptable lorsque l'étendue de variation de tension ne dépasse pas $\pm 5\%$, mais, si cette valeur est dépassée, il convient de spécifier la puissance de prise du transformateur correspondant à la connexion sur certaines prises autres que la prise principale.

14.2 Puissance de prise

La valeur de la puissance de prise (valable pour l'enroulement à prises et les enroulements sans prises) relative à la connexion de l'enroulement à prises sur une prise déterminée est à associer aux valeurs appropriées suivantes des tensions (voir paragraphe 4.5.3.)

R F C Tension nominale aux bornes du ou des enroulements sans prises, et tension de prise aux bornes de l'enroulement à prises

R F V Tension nominale aux bornes de l'enroulement à prises et tension * variable aux bornes du ou des enroulements sans prises, spécifiée pour la connexion à la prise considérée

R M Aux bornes des divers enroulements, combinaison des tensions * variables spécifiées pour la connexion à la prise considérée

Note — Pour les diverses combinaisons de tensions* spécifiées pour la connexion à une même prise, des valeurs différentes de la puissance de prise peuvent être spécifiées (voir annexe F)

14.3 Courants

Les valeurs des courants aux bornes de ligne des enroulements avec ou sans prises, qui correspondent à la connexion à une certaine prise, s'obtiennent toujours en divisant la puissance de prise correspondante du transformateur par la tension * appropriée associée relative à l'enroulement considéré (voir article 14.2) et par le facteur de phase approprié (voir tableau I)

14.4 Pertes dues à la charge et tension de court-circuit

Si l'étendue de variation de tension dépasse $+ 5\%$, la désignation des prises autres que la prise principale pour lesquelles le constructeur devra fournir des valeurs des pertes dues à la charge et de la tension de court-circuit, ainsi que les tolérances à leur appliquer, doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur

* Voir note 2 au commencement de la section quatre (page 34)