

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 76-4

Première édition — First edition

1976

Transformateurs de puissance

Quatrième partie: Prises et connexions

Power transformers

Part 4: Tappings and connections



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, 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**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

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.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres 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 autres 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**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

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.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 76-4

Première édition — First edition

1976

Transformateurs de puissance

Quatrième partie: Prises et connexions

Power transformers

Part 4: Tappings and connections



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN — PRISES

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Prescriptions valables pour toutes les catégories de réglage	6
2.1 Généralités	6
2.2 Prise principale	6
2.3 Spécification de l'étendue de prises	6
2.4 Spécification de l'impédance de court-circuit	6
2.5 Prescriptions relatives aux pertes dues à la charge	8
2.6 Prescriptions relatives à l'échauffement (garanties et essais)	8
2.7 Prescriptions relatives au fonctionnement à tension supérieure à la tension de prise	8
3. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant	8
3.1 Définition du réglage à flux constant (R.F.C.)	8
3.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant (R.F.C.)	10
3.3 Transformateurs à enroulements séparés de puissance nominale au plus égale à 3 150 kVA et d'étendue de prises au plus égale à $\pm 5\%$	10
4. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux variable	10
4.1 Définition du réglage à flux variable (R.F.V.)	10
4.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage à flux variable (R.F.V.)	10
5. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage combiné	12
5.1 Définition du réglage combiné (R.Cb.)	12
5.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage combiné (R.Cb.)	12

SECTION DEUX — CONNEXIONS

6. Mode de connexion des enroulements de phase	12
7. Déphasage entre enroulements	14
ANNEXE A — Exemples de spécifications de transformateurs avec prises de réglage	18
ANNEXE B — Couplages usuels des transformateurs	22
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — TAPPINGS

Clause		
1. Scope		7
2. Requirements valid for all categories of voltage variation.		7
2.1 General		7
2.2 Principal tapping		7
2.3 Specification of the tapping range		7
2.4 Short-circuit impedance specification		7
2.5 Load loss requirements		9
2.6 Requirements related to temperature rise (guarantees and tests)		9
2.7 Requirements related to operation at a voltage higher than the tapping voltage		9
3. Definition and additional requirements for constant flux voltage variation		9
3.1 Definition of constant flux voltage variation (C.F.V.V.)		9
3.2 Additional requirements for constant flux voltage variation (C.F.V.V.)		11
3.3 Separate winding transformers of rated power up to and including 3 150 kVA and a tapping range up to and including $\pm 5\%$		11
4. Definition and additional requirements for variable flux voltage variation		11
4.1 Definition of variable flux voltage variation (V.F.V.V.)		11
4.2 Additional requirements for variable flux voltage variation (V.F.V.V.)		11
5. Definition and additional requirements for combined voltage variation		13
5.1 Definition of combined voltage variation (Cb.V.V.)		13
5.2 Additional requirements for combined voltage variation (Cb.V.V.)		13

SECTION TWO — CONNECTIONS

6. Connections of phase windings	13
7. Phase displacement between windings	15
APPENDIX A — Examples of specifications for transformers with tapplings	19
APPENDIX B — Transformer connections in general use	23
FIGURES	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Quatrième partie : Prises et connexions

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes n° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Elle constitue la quatrième partie d'une série de cinq qui, lorsqu'elle sera complète, remplacera la deuxième édition de la Publication 76 (1967).

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bruxelles en 1971 et un deuxième projet fut discuté lors de la réunion tenue à Athènes en 1972, d'où résulta un projet, document 14(Bureau Central)28, qui fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1974.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Danemark
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Hongrie
Israël
Italie

Japon
Norvège
Pays-Bas
Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

La publication 76 a été divisée en cinq parties, indiquées ci-après, qui sont publiées en fascicules séparés:

- Publication 76-1: Première partie: Généralités.
- Publication 76-2: Deuxième partie: Echauffement.
- Publication 76-3: Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques.
- Publication 76-4: Quatrième partie: Prises et connexions.
- Publication 76-5: Cinquième partie: Tenue au court-circuit.

En attendant la publication de la troisième partie, les prescriptions relatives aux niveaux d'isolement et essais diélectriques de la Publication 76 (1967) continuent à s'appliquer, ainsi que les Annexes C et E en attendant la publication d'un guide d'application.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS

Part 4: Tappings and connections

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 publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 14, Power Transformers.

It is the fourth of a series of five parts which, when completed, will supersede the second edition of Publication 76 (1967).

A first draft was discussed at the meeting held in Brussels in 1971, and a second draft was discussed at the meeting held in Athens in 1972, as a result of which a draft, Document 14(Central Office)28, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication.

Australia
Austria
Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan
Netherlands

Norway
Poland
Portugal
Romania
South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Publication 76 has been divided into the following five parts which are published as separate booklets:

- Publication 76-1, Part 1: General.
- Publication 76-2, Part 2: Temperature Rise.
- Publication 76-3, Part 3: Insulation Levels and Dielectric Tests.
- Publication 76-4, Part 4: Tappings and Connections.
- Publication 76-5, Part 5: Ability to Withstand Short Circuit.

Until Part 3 is published, the insulation levels and dielectric test requirements of Publication 76 (1967) continue to apply. Also, pending publication of an application guide, Appendices C and E will continue to apply.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Quatrième partie : Prises et connexions

SECTION UN — PRISES

1. Domaine d'application

La présente norme concerne uniquement les transformateurs ayant un seul enroulement à prises. Pour les auto-transformateurs, cela signifie que le nombre de spires par phase est constant soit pour l'enroulement haute tension (H.T.), soit pour l'enroulement basse tension (B.T.). (Les autotransformateurs munis de prises côté neutre doivent faire l'objet d'un accord.)

Les réglages qui introduisent un déphasage dans les tensions ne sont pas considérés.

2. Prescriptions valables pour toutes les catégories de réglage

2.1 Généralités

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

2.2 Prise principale

Sauf spécification contraire, la prise principale (voir la Publication 76-1: Première partie: Généralités, paragraphe 3.5.1.1) est la prise médiane si le nombre de positions de réglage est impair, ou, si ce nombre est pair, celle des deux prises médianes qui est associée au plus grand nombre effectif de spires de l'enroulement à prises; si la prise ainsi définie n'est pas une prise à pleine puissance, la prise principale est la prise à pleine puissance la plus proche (la prise principale étant une prise à pleine puissance conformément au paragraphe 3.5.4 de la Publication 76-1).

2.3 Spécification de l'étendue de prises

L'étendue de prises d'un enroulement à prises s'exprime comme suit:

- s'il y a des prises additives et des prises soustractives: $\pm a\%$ ou $+a\%$, $-b\%$;
- s'il y a seulement des prises additives ou seulement des prises soustractives: $+a\%$ ou $-b\%$.

2.4 Spécification de l'impédance de court-circuit

Le ou les enroulements auxquels l'impédance de court-circuit est rapportée doivent être indiqués comme suit:

- pour un transformateur à deux enroulements, il suffira d'indiquer auquel des deux enroulements l'impédance de court-circuit est rapportée (impédance H.T., impédance B.T.);
- pour un transformateur à plusieurs enroulements, l'impédance de court-circuit de la paire H.T./B.T., rapportée à l'enroulement H.T. par exemple, sera appelée impédance H.T./B.T. (H.T. étant souligné) ou impédance H.T. de la paire H.T./B.T.

POWER TRANSFORMERS

Part 4: Tappings and connections

SECTION ONE — TAPPINGS

1. Scope

This standard is restricted to transformers having only one tapped winding. For auto-transformers, this means that the number of turns per phase in either the high-voltage (H.V.) or low-voltage (L.V.) winding is constant (auto-transformers with tapped neutrals are subject to agreement).

Tap changing involving a phase displacement in the voltage is not taken into account.

2. Requirements valid for all categories of voltage variation

2.1 General

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

2.2 Principal tapping

Unless otherwise specified, the principal tapping (see Publication 76-1, Part 1: General, Sub-clause 3.5.1.1) is 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 effective number of turns of the tapped winding; if the tapping so defined is not a full-power tapping, the principal tapping is the closest full-power tapping (the principal tapping being a full-power tapping according to Sub-clause 3.5.4 of Publication 76-1).

2.3 Specification of the tapping range

The tapping range of the tapped winding is expressed as follows:

- if there are both plus and minus tappings: $\pm a\%$ or $+a\%$, $-b\%$;
- if there are only plus tappings or only minus tappings: $+a\%$ or $-b\%$.

2.4 Short-circuit impedance specification

The winding(s) to which the short-circuit impedance is related shall be indicated as follows:

- for a two-winding transformer, indication of the winding to which the short-circuit impedance is related will suffice (H.V. impedance, L.V. impedance);
- for a multi-winding transformer, the short-circuit impedance of the H.V./L.V. windings pair, related to the H.V. winding for instance, will be referred to as the H.V./L.V. impedance (H.V. being underlined) or as the H.V. impedance of the H.V./L.V. pair.

Selon les conditions de service, l'impédance de court-circuit peut être rapportée à l'un ou à l'autre des enroulements. Si la puissance active circule toujours de l'enroulement H.T. vers l'enroulement B.T., il est recommandé de rapporter l'impédance de court-circuit à l'enroulement H.T.

Les transformateurs à trois enroulements et les autotransformateurs à faible rapport de transformation (tels que ceux à rapport inférieur à 2) nécessitent d'être considérés spécialement, et les règles suivantes peuvent ne pas s'appliquer.

2.4.1 Impédance de court-circuit sur la prise principale

L'impédance de court-circuit, en ohms par phase, rapportée à un enroulement, doit être spécifiée en plus de la « tension de court-circuit à courant nominal » exprimée en pour-cent.

2.4.2 Impédance de court-circuit sur d'autres prises

Si nécessaire, les impédances de court-circuit pourront être spécifiées pour d'autres prises. S'il en est ainsi, les impédances des prises extrêmes devront être incluses.

Les tolérances applicables seront alors définies comme suit :

a) Si la prise principale est la prise médiane, ou l'une des deux prises médianes, les tolérances pour la prise principale doivent être celles prévues dans la Publication 76-1, tableau III, point 3a). Pour toute autre prise, la tolérance doit être majorée d'un pourcentage égal à la moitié de la variation du facteur de prise (en pour-cent) entre la prise principale et la prise considérée.

b) Dans les autres cas, l'étendue de prises doit être considérée comme équilibrée par rapport à la prise médiane et les tolérances doivent être calculées comme ci-dessus mais en supposant que les tolérances prévues dans la Publication 76-1, tableau III, s'appliquent à la prise médiane. Cela peut signifier que la tolérance sur la prise principale est supérieure à celle du point 3a) du tableau III de la Publication 76-1.

Pour une étendue de prises spécifiée, la méthode la plus simple est de fixer seulement, en se conformant aux règles de calcul précédentes, les valeurs minimales et maximales d'impédance, tolérances comprises.

Note. — Quand l'étendue totale de prises dépasse 25% ou quand les tolérances calculées comme ci-dessus pourraient conduire à des niveaux d'impédance inacceptables, les tolérances devront faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

2.5 Prescriptions relatives aux pertes dues à la charge

L'acheteur doit indiquer pour quelles prises, autres que la prise principale, le constructeur doit fournir la valeur de ces pertes. Elles comprennent normalement les prises extrêmes.

Le courant de référence dans le cas de transformateurs à deux enroulements est, pour chaque prise, égal au « courant de prise ». Pour les transformateurs à plus de deux enroulements, le courant ou la puissance de référence doit être précisé.

2.6 Prescriptions relatives à l'échauffement (garanties et essais)

Les limites d'échauffement sont valables pour toutes les prises mais l'essai d'échauffement n'est fait que sur une prise, sauf dans des cas spéciaux.

2.7 Prescriptions relatives au fonctionnement à une tension supérieure à la tension de prise

Pour toutes les prises, les prescriptions sont les mêmes que pour la prise principale, sauf que les mots « tension nominale » et « courant nominal » sont remplacés par « tension de prise » et « courant de prise ». (Pour la prise principale, voir la Publication 76-1, paragraphe 4.4.)

3. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant

3.1 Définition du réglage à flux constant (R.F.C.)

Réglage où la tension de prise est :

- la tension nominale pour tout enroulement sans prise;
- la tension nominale multipliée par le facteur de prise pour l'enroulement à prises.

Notes 1. — Le flux magnétique est le même, quelle que soit la prise, d'où le nom « réglage à flux constant ».

2. — La figure 1a, page 24, représente les variations des tensions de prise en fonction du facteur de prise.

Dependent on system conditions, the short-circuit impedance may usually be related to either one of the windings. If the power flow is only from the H.V. winding to the L.V. winding, it is advisable to relate the short-circuit impedance to the H.V. winding.

Three-winding transformers and auto-transformers with a low voltage ratio (such as below 2) need special consideration and the following rules may not apply.

2.4.1 *Short-circuit impedance on the principal tapping*

The short-circuit impedance, in ohms per phase, related to one winding shall be specified in addition to the “impedance voltage at rated current” expressed as a percentage.

2.4.2 *Short-circuit impedance on other tapings*

If necessary, the short-circuit impedances on other tapings may be specified. If this is done, the extreme tapping impedances should be included.

The tolerances applicable are then defined as follows:

- a) If the principal tapping corresponds to the mean tapping position or to one of the two middle tapping positions, the tolerances applicable on this principal tapping shall be those stated in Publication 76-1, Table III, Item 3a). On any other tapping, the tolerance shall be increased by a percentage equal to one-half of the difference in percentage tapping factor between that tapping and the principal tapping.
- b) In the other cases, the tapping range shall be considered as balanced about the mid-tapping position and the tolerances shall be calculated as before but assuming that tolerances according to Publication 76-1, Table III, apply to the mid-tapping position. This may mean a tolerance on the principal tapping in excess of that in Publication 76-1, Table III, item 3a).

For a specified tapping range, the simplest method is to fix, according to the above calculation rule, only the minimum and maximum values of impedance, including the tolerances.

Note. — For tapping ranges in excess of an overall 25 % or where the tolerances derived may result in unacceptable levels of impedance, tolerances shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

2.5 *Load loss requirements*

The purchaser should state for which tapping connections, in addition to that on the principal tapping, values for load loss should be declared by the manufacturer. They usually include the extreme tapings.

The reference current of two-winding transformers is, for any tapping, equal to the tapping current. For multi-winding transformers, the reference current or reference power should be stated.

2.6 *Requirements related to temperature rise (guarantees and tests)*

The temperature-rise limits are valid for all tapings; except in special cases, the temperature-rise test need be carried out on only one tapping.

2.7 *Requirements related to operation at a voltage higher than the tapping voltage*

For all tapings, requirements are the same as for the principal tapping, the words “rated voltage” and “rated current” being changed to “tapping voltage” and “tapping current”. (For the principal tapping, see Publication 76-1, Sub-clause 4.4.)

3. **Definition and additional requirements for constant flux voltage variation**

3.1 *Definition of constant flux voltage variation (C.F.V.V.)*

Voltage variation when the tapping voltage is:

- rated voltage for any untapped winding;
- rated voltage multiplied by the tapping factor for the tapped winding.

Notes 1. — The magnetic flux is the same for all tapping positions, hence the name “constant flux voltage variation”.

2. — Figure 1a, page 24, shows the variation of the tapping voltages as a function of the tapping factor.

3.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant (R.F.C.)

a) Les spécifications doivent indiquer (voir l'exemple 1 de l'annexe A):

- la catégorie de réglage: R.F.C.;
- la puissance nominale du transformateur ou, dans le cas de transformateurs à plus de deux enroulements, la puissance nominale de chaque enroulement;
- les tensions nominales;
- quel est l'enroulement à prises et quelle est son étendue de prises;
- le nombre de positions de réglage ou l'échelon de réglage. Dans le premier cas, les échelons de réglage seront supposés être approximativement égaux.

Note. — En l'absence de toute indication concernant la catégorie de réglage, celle-ci sera supposée être le R.F.C.

b) Puissance de prise et courants de prise (voir les figures 1c et 1b, page 24)

Si rien n'est spécifié, cela implique que toutes les prises sont des prises à pleine puissance.

Si une « prise à courants maximaux » est spécifiée, cela implique qu'au-dessus de cette prise (facteurs de prise plus élevés), les prises sont des prises à pleine puissance, et qu'au-dessous de cette prise le courant de prise est constant pour l'enroulement à prises, d'où une puissance de prise réduite.

Notes 1. — Dans le premier cas (prises à pleine puissance seulement), la prise soustractive extrême peut être appelée « prise à courants maximaux ».

2. — Pour des transformateurs à enroulements séparés (voir la Publication 76-1, note de bas de page du paragraphe 3.1.1), la prise à utiliser pour l'essai d'échauffement est la « prise à courants maximaux », sauf spécification contraire.

3.3 Transformateurs à enroulements séparés de puissance nominale au plus égale à 3 150 kVA et d'étendue de prises au plus égale à $\pm 5\%$

Sauf spécification contraire:

- la prise principale est aussi la prise à courants maximaux (courant de prise de l'enroulement à prises égal au courant nominal pour toutes les prises soustractives);
- les garanties de pertes dues à la charge et d'impédance de court-circuit se rapportent à la prise principale seulement.

4. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux variable

4.1 Définition du réglage à flux variable (R.F.V.)

Réglage où la tension de prise est constante pour l'enroulement à prises et égale à sa tension nominale (voir la figure 2a, page 25).

4.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage à flux variable (R.F.V.)

a) Les spécifications doivent indiquer (voir l'exemple 2 de l'annexe A):

- la catégorie de réglage: R.F.V.;
- la puissance nominale du transformateur ou, dans le cas de transformateurs à plus de deux enroulements, la puissance nominale de chaque enroulement;
- les tensions nominales; pour chaque enroulement sans prise, les valeurs extrêmes de la tension de prise sont indiquées et la tension nominale est soulignée;
- quel est l'enroulement à prises et quelle est son étendue de prises;
- le nombre de positions de réglage ou l'échelon de réglage.

b) Puissance de prise et courants de prise (voir les figures 2c et 2b, page 25)

Si rien n'est spécifié, cela implique que toutes les prises sont des prises à pleine puissance.

Si une « prise à courants maximaux » est spécifiée, cela implique qu'au-dessous de cette prise (facteurs de prise plus faibles), les prises sont des prises à pleine puissance, et qu'au-dessus de cette prise le courant de prise est constant pour l'enroulement sans prise.

3.2 Additional requirements for constant flux voltage variation (C.F.V.V.)

a) Specifications shall indicate (see example 1 of Appendix A):

- the category of voltage variation: C.F.V.V.;
- the rated power of the transformer, or the rated power of each winding in the case of a multi-winding transformer;
- the rated voltages;
- which winding is the tapped winding, and its tapping range;
- the number of tapping positions or the tapping step. In the first case, the tapping steps shall be supposed to be approximately equal.

Note. — In the absence of any indication of the category of voltage variation, C.F.V.V. is assumed.

b) *Tapping power and tapping currents (see Figures 1c and 1b, page 24)*

If nothing is specified, it is implied that all tapplings are full-power tapplings.

If a “maximum current tapping” is specified, it is implied that above this tapping (higher tapping factors), the tapplings are full-power tapplings, and that below this tapping the tapping current is constant for the tapped winding, hence a reduced tapping power.

Notes 1. — In the first case (only full-power tapplings), the extreme minus tapping may be called “maximum current tapping”.

2. — For transformers with separate windings (see Publication 76-1, footnote to Sub-clause 3.1.1), the tapping to use for the temperature-rise test is the “maximum current tapping”, unless otherwise specified.

3.3 Separate winding transformers of rated power up to and including 3150 kVA and a tapping range up to and including $\pm 5\%$

Unless otherwise specified:

- the principal tapping is the maximum current tapping (tapping current of the tapped winding equal to rated current for all the minus tapplings);
- the guarantees of short-circuit impedance and load loss relate only to the principal tapping.

4. Definition and additional requirements for variable flux voltage variation

4.1 Definition of variable flux voltage variation (V.F.V.V.)

Voltage variation when the tapping voltage is constant for the tapped winding and equal to its rated voltage (see Figure 2a, page 25).

4.2 Additional requirements for variable flux voltage variation (V.F.V.V.)

a) Specifications shall indicate (see example 2 of Appendix A):

- the category of voltage variation: V.F.V.V.;
- the rated power of the transformer or the rated power of each winding in the case of a multi-winding transformer;
- the rated voltages; for each untapped winding, the extreme tapping voltages are to be specified and the rated voltage underlined;
- which winding is the tapped winding and its tapping range;
- the number of tapping positions or the tapping step.

b) *Tapping power and tapping currents (see Figures 2c and 2b, page 25)*

If nothing is specified, it is implied that all tapplings are full-power tapplings.

If a “maximum current tapping” is specified, it is implied that below this tapping (lower tapping factors) the tapplings are full-power tapplings, and that above this tapping the tapping current is constant for the untapped winding.

c) Prescriptions relatives aux pertes à vide et au courant à vide

Un accord entre le constructeur et l'acheteur devra définir :

- pour quelles prises le constructeur doit fournir des valeurs de pertes à vide (en plus de la prise principale), et pour quelles prises il doit fournir des valeurs de courant à vide;
- quelles sont les tensions à considérer pour chacune de ces prises.

5. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage combiné

5.1 Définition du réglage combiné (R.Cb.)

Réglage combinant comme suit le R.F.C. et le R.F.V. (voir la figure 3a, page 25):

- au-dessous d'un certain facteur de prise, les tensions de prise de l'enroulement sans prise sont constantes;
- au-dessus de ce facteur, les tensions de prise de l'enroulement à prises sont constantes.

La prise correspondant au facteur de prise précité est dite « prise à tensions maximales ».

5.2 Prescriptions complémentaires pour le réglage combiné (R.Cb.)

a) Les spécifications doivent indiquer (voir l'exemple 3 de l'annexe A):

- la catégorie de réglage: R.Cb.;
- la puissance nominale du transformateur ou, dans le cas de transformateurs à plus de deux enroulements, la puissance nominale de chaque enroulement;
- les tensions nominales;
- quel est l'enroulement à prises et quelle est son étendue de prises;
- le nombre de positions de réglage ou l'échelon de réglage;
- quelle est la « prise à tensions maximales » avec les tensions de prise correspondantes (voir la figure 3a).

b) Courants et puissance de prise

Si une « prise à courants maximaux » est spécifiée, avec les courants de prise correspondants, cela implique qu'au-dessous de cette prise (facteurs de prise plus faibles) le courant de prise est constant pour l'enroulement à prises, et qu'au-dessus de cette prise le courant de prise est constant pour l'enroulement sans prise (voir la figure 3b, page 25). Cette prise, la prise à tensions maximales et les prises intermédiaires sont les prises à pleine puissance; les autres prises sont des prises à puissance réduite (voir la figure 3c, page 25).

Note relative à a) et b)

Les indications demandées dans a) et b) peuvent être présentées sous forme de tableau comme cela est fait dans l'article A3 de l'annexe A.

c) Prescriptions relatives aux pertes à vide et au courant à vide

Voir le paragraphe 4.2c).

SECTION DEUX — CONNEXIONS

6. Mode de connexion des enroulements de phase

Le mode de connexion en étoile, en triangle ou en zig-zag des enroulements de phase d'un transformateur triphasé ou des enroulements de même tension de transformateurs monophasés formant un groupe triphasé doit être indiqué par les lettres Y, D ou Z pour l'enroulement à haute tension (H.T.), y, d ou z pour l'enroulement à tension intermédiaire ou à basse tension (B.T.). Si le point neutre de l'enroulement en étoile ou en zig-zag est sorti, l'indication doit respectivement être YN ou ZN et yn ou zn.

c) Requirements related to no-load loss and no-load current

It shall be agreed between the manufacturer and the purchaser:

- for which tapplings (other than the principal tapping) values of no-load losses should be stated by the manufacturer, and for which tapplings values of no-load current should be stated;
- the voltages to be considered for those tapplings.

5. Definition and additional requirements for combined voltage variation

5.1 Definition of combined voltage variation (Cb.V.V.)

Voltage variation which combines as follows C.F.V.V. and V.F.V.V. (see Figure 3a, page 25):

- below a certain tapping factor, the tapping voltages of the untapped winding are constant;
- above this factor, the tapping voltages of the tapped winding are constant.

The tapping corresponding to this tapping factor is called the “maximum voltage tapping”.

5.2 Additional requirements for combined voltage variation (Cb.V.V.)

a) Specifications shall indicate (see example 3 of Appendix A):

- the category of voltage variation: Cb.V.V.;
- the rated power of the transformer or the rated power of each winding in the case of a multi-winding transformer;
- the rated voltages;
- which winding is the tapped winding and its tapping range;
- the number of tapping positions or the tapping step;
- which tapping is the “maximum voltage tapping” with the corresponding tapping voltages (see Figure 3a).

b) Tapping currents and power

If a “maximum current tapping” is specified, with the corresponding tapping currents, it is implied that below this tapping (lower tapping factors), the tapping current is constant for the tapped winding, and that above this tapping the tapping current is constant for the untapped winding (see Figure 3b, page 25). This tapping, the maximum voltage tapping and the intermediate tapplings are the full-power tapplings. The other tapplings are reduced-power tapplings (see Figure 3c, page 25).

Note relating to a) and b)

The information considered in *a)* and *b)* can be given in a table as in Clause A3 of Appendix A.

c) Requirements related to no-load loss and no-load current

See Sub-clause 4.2c).

SECTION TWO — CONNECTIONS

6. Connections of phase windings

The star, delta, or zigzag connection of a set of phase windings of a three-phase transformer or of windings of the same voltage of single-phase transformers associated in a three-phase bank shall be indicated by the letters Y, D or Z for the high-voltage (H.V.) winding and y, d or z for the intermediate and low-voltage (L.V.) windings. If the neutral point of a star-connected or of a zigzag-connected winding is brought out, the indication shall be YN or ZN, and yn or zn respectively.

Pour les autotransformateurs où deux enroulements ont une partie commune, celui de ces deux enroulements qui a la tension nominale la plus faible est indiqué par la lettre a; par exemple un autotransformateur connecté en étoile avec le point neutre sorti est désigné par YN, a.

7. Déphasage entre enroulements

On prend pour vecteur origine celui qui correspond à l'enroulement H.T. La figure 4, page 26, donne des exemples de diagrammes vectoriels montrant l'emploi de l'indice horaire de couplage (voir la Publication 76-1, paragraphe 3.10.6) *.

Pour les transformateurs à plus de deux enroulements, le vecteur de référence reste celui de l'enroulement H.T., et le symbole relatif à cet enroulement est donné en premier lieu. Les autres symboles suivent dans l'ordre des tensions nominales décroissantes des autres enroulements.

Dans le cas d'autotransformateurs où deux enroulements ont une partie commune, la lettre a, qui correspond à l'enroulement de tension nominale la plus faible de la paire, sera écrite après la lettre correspondant à l'enroulement de tension nominale la plus élevée de la paire, par exemple YN, a0, d11 (la paire d'enroulements autoconnectés comprend l'enroulement H.T.) ou D, yn11, a11 (la paire d'enroulements autoconnectés ne comprend pas l'enroulement H.T.).

Note. — L'annexe B donne des indications détaillées sur un certain nombre de couplages d'emploi général, mais elle ne doit pas être considérée comme limitative.

Exemple 1:

Transformateur ayant deux enroulements comme suit:

- un enroulement à 20 000 V en triangle;
- un enroulement à 400 V en étoile avec point neutre sorti.

La tension sur l'enroulement connecté en étoile est en avance de 30° par rapport à l'autre tension (indice horaire 11).

Le couplage est, en conséquence, désigné par D, yn11.

Exemple 2:

Transformateur ayant trois enroulements comme suit:

- un enroulement à 123 kV en étoile avec point neutre sorti;
- un enroulement à 36 kV en étoile avec point neutre sorti;
- un enroulement à 7,2 kV en triangle.

Les tensions des deux enroulements connectés en étoile sont en phase (indice horaire 0) et la tension de l'enroulement connecté en triangle est en avance de 30° par rapport aux précédentes (indice horaire 11).

Le couplage est, en conséquence, désigné par YN, yn0, d11.

Exemple 3:

Transformateur ayant trois enroulements comme suit:

- un enroulement à 6 000 V en étoile avec point neutre non sorti;
- un enroulement à 380 V en étoile avec point neutre sorti;
- un enroulement à 220 V en zig-zag avec point neutre sorti.

* Sur la figure 4, page 26, et aussi sur la figure 5, pages 27 et 28, et sur la figure 6, page 28, les marques des bornes I, II, III et i, ii, iii sont utilisées dans les diagrammes à des fins d'illustration seulement. Ces marques correspondent à des symboles littéraux qui diffèrent selon les pays.

For auto-transformers in which two windings have a common part, the winding of this pair which has the lower rated voltage is indicated by the letter a, for example a star-connected auto-transformer with the neutral point brought out is designated by YN, a.

7. Phase displacement between windings

The vector relating to the H.V. winding is taken as the vector of origin. Examples of vector diagrams showing the use of the clock hour figure (see Publication 76-1, Sub-clause 3.10.6) are given in Figure 4, page 26.*

For multi-winding transformers, the vector for the H.V. winding remains the reference vector and the symbol for this winding is given first. Other symbols follow in diminishing sequence of rated voltages of the other windings.

In the case of auto-transformers in which two windings have a common part, the letter a, which corresponds to the winding with the lower rated voltage of the pair, shall be written after the letter corresponding to the winding with the higher rated voltage of the pair, for instance YN, a0, d11 (the pair of auto-connected windings includes the high-voltage winding) or D, yn11, a11 (the pair of auto-connected windings does not include the H.V. winding).

Note. — Appendix B gives details of a number of connections that are in general use, but it does not purport to be complete.

Example 1:

A transformer with two windings as follows:

- 20 000 V delta winding;
- 400 V star winding with neutral point brought out.

The voltage on the star-connected winding leads the other voltage by 30° (clock hour figure 11).

The connection designation is therefore D, yn11.

Example 2:

A transformer with three windings as follows:

- 123 kV star winding with neutral point brought out;
- 36 kV star winding with neutral point brought out;
- 7.2 kV delta winding.

The voltages on the two star-connected windings are in phase with each other (clock hour figure 0), and the voltage on the delta-connected winding leads the other voltages by 30° (clock hour figure 11).

The connection designation is therefore YN, yn0, d11.

Example 3:

A transformer with three windings as follows:

- 6 000 V star winding with neutral point not brought out;
- 380 V star winding with neutral point brought out;
- 220 V zigzag winding with neutral point brought out.

* In Figure 4, page 26, and also in Figure 5, pages 27 and 28, and Figure 6, page 28, the terminal markings I, II, III and i, ii, iii are used in the diagrams for purposes of illustration only. These markings correspond to markings designated by letter symbols which differ between various countries.

Les tensions des deux enroulements connectés en étoile sont en phase (indice horaire 0) et la tension de l'enroulement connecté en zig-zag est en retard de 30° par rapport aux précédentes (indice horaire 1).

Le couplage est, en conséquence, désigné par Y, yn0, zn1.

Note commune aux articles 6 et 7

En pratique, compte tenu en particulier des prescriptions données dans l'article 7, aucune confusion ne se produira si, dans la transmission des données, on utilise seulement des lettres majuscules ou des lettres minuscules pour les désignations. De même, quand cela ne créera aucun risque de confusion, les virgules entre les désignations pour chaque enroulement pourront être omises.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60076-4:1976

The voltages on the two star-connected windings are in phase with each other (clock hour figure 0) and the voltage on the zigzag-connected winding lags the other voltage by 30° (clock hour figure 1).

The connection designation is therefore Y, yn0, zn1.

Note to Clauses 6 and 7

In practice, due in particular to the rules laid down in Clause 7, no misunderstanding will arise if, in data transmission, only upper or lower case letters are used in the connection designations. Also, where no misunderstanding will result, the commas between the designations for each winding can be omitted.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60076-4:1976

ANNEXE A

EXEMPLES DE SPÉCIFICATIONS DE TRANSFORMATEURS AVEC PRISES DE RÉGLAGE

(annexe à la section un)

A1. Réglage à flux constant

Exemple avec deux variantes:

Transformateur triphasé de régime nominal 66 kV/20 kV, 40 MVA, avec prises sur l'enroulement 66 kV, d'étendue $\pm 10\%$, en 11 positions de réglage.

a) variante 1, ne comporte que des prises à pleine puissance:

catégorie de réglage: R.F.C.;

puissance nominale: 40 MVA;

tensions nominales: 66 kV/20 kV;

enroulement à prises 66 kV (étendue de prises $\pm 10\%$);

nombre de positions de réglage: 11.

b) variante 2, avec des prises à puissance réduite, ajouter:

prise à courants maximaux: prise -5% .

Note. — En l'absence de précisions supplémentaires, le courant de prise de l'enroulement H.T. est alors limité à 368 A depuis la prise -5% jusqu'à la prise extrême -10% , où la puissance de prise est réduite à 38 MVA.

A2. Réglage à flux variable

Transformateur triphasé de régime nominal 66 kV/6 kV, 20 MVA, avec prises sur l'enroulement H.T., d'étendue $+15\% -5\%$, mais ayant une tension de prise constante pour l'enroulement H.T. et variable pour l'enroulement B.T. de:

$$\frac{6}{0,95} = 6,32 \text{ kV à } \frac{6}{1,15} = 5,22 \text{ kV.}$$

Variante 1, ne comporte que des prises à pleine puissance:

catégorie de réglage: R.F.V.;

puissance nominale: 20 MVA;

tensions nominales: 66 kV/6 kV;

prises sur enroulement 66 kV (étendue de prises $+15\% -5\%$);

nombre de positions de réglage: 11;

tensions de prise de l'enroulement 6 kV: 6,32 kV, 6 kV, 5,22 kV.

Variante 2, avec des prises à puissance réduite, ajouter:

prise à courants maximaux: prise $+5\%$.

Note. — Le « courant de prise » de l'enroulement sans prise (B.T.) est alors limité à 2 020 A depuis la prise $+5\%$ jusqu'à la prise extrême $+15\%$, dont la puissance de prise est réduite à 18,2 MVA.

APPENDIX A

EXAMPLES OF SPECIFICATIONS FOR TRANSFORMERS WITH TAPPINGS

(appendix to Section One)

A1. Constant flux voltage variation

Example with two variants:

Transformer having a 66 kV/20 kV three-phase 40 MVA rating and a $\pm 10\%$ tapping range on the 66 kV winding, with 11 tapping positions.

a) *Variant 1*, there are only full-power tapplings:

category of voltage variation: C.F.V.V.;

rated power: 40 MVA;

rated voltages: 66 kV/20 kV;

tapped winding: 66 kV (tapping range $\pm 10\%$);

number of tapping positions: 11.

b) *Variant 2*, with reduced power tapplings, add:

maximum current tapping: tapping -5% .

Note. — Unless additional specifications are given, the tapping current of the H.V. winding is then limited to 368 A from the tapping -5% to the extreme tapping -10% where the tapping power is reduced to 38 MVA.

A2. Variable flux voltage variation

Transformer having a 66 kV/6 kV three-phase 20 MVA rating and a $+15\% -5\%$ tapping range on the H.V. winding, but having a constant tapping voltage for the H.V. winding and a variable tapping voltage for the L.V. winding, between:

$$\frac{6}{0.95} = 6.32 \text{ kV and } \frac{6}{1.15} = 5.22 \text{ kV}$$

Variant 1, there are only full-power tapplings:

category of voltage variation: V.F.V.V.;

rated power: 20 MVA;

rated voltages: 66 kV/6 kV;

tapplings on winding 66 kV (tapping range $+15\% -5\%$);

number of tapping positions: 11;

tapping voltages of 6 kV winding: 6.32 kV, 6 kV, 5.22 kV.

Variant 2, with reduced power tapplings, add:

maximum current tapping: tapping $+5\%$.

Note. — The “tapping current” of the untapped winding (L.V.) is then limited to 2 020 A from the tapping $+5\%$ to the extreme tapping $+15\%$ where the tapping power is reduced to 18.2 MVA.

A3. Réglage combiné

Les spécifications peuvent être données comme dans le tableau ci-après, où :

- la « prise à tensions maximales » est la prise +6 %;
- la « prise à courants maximaux » est la prise -9 %.

Réglage combiné Régime nominal 160 kV/20 kV — 40 MVA — Triphasé Enroulement à prises: H.T. — Etendue de prises $\pm 15\%$ Nombre de positions de réglage: 21						
Prises	Rapport de transformation	Tensions de prise		Courants de prise		Puissance de prise S MVA
		U_{HT} kV	U_{BT} kV	I_{HT} A	I_{BT} A	
1 (+15%)	9,20	169,6	18,43	125,6	1 155	36,86
Intermédiaires	Décroissant	169,6	Croissante	Croissant	1 155	Croissante
7 (+6%)	8,48	169,6	20	136,2	1 155	40
Intermédiaires	Décroissant	Décroissante	20	Croissant	1 155	40
11 (0%)	8	160	20	144,4	1 155	40
Intermédiaires	Décroissant	Décroissante	20	Croissant	1 155	40
17 (-9%)	7,28	145,6	20	158,7	1 155	40
Intermédiaires	Décroissant	Décroissante	20	158,7	Décroissant	Décroissante
21 (-15%)	6,80	136	20	158,7	1 080	37,4

Notes 1. — En complétant les lignes intermédiaires, le tableau ci-dessus peut être utilisé sur une plaque signalétique.

2. — Comparaison de ces spécifications avec des spécifications R.F.C. qui seraient :

160 $\pm 15\%$ /20 kV — 40 MVA

La seule différence est que la tension de prise H.T. ne dépasse pas la « tension la plus élevée du réseau » du réseau H.T. qui est de 170 kV (valeur normalisée de la CED).

Il n'y a pas de différence dans les courants.

A3. Combined voltage variation

The specifications may be stated as in the following table, where:

- the “maximum voltage tapping” is the tapping +6%;
- the “maximum current tapping” is the tapping –9%.

Combined voltage variation Rating: 160 kV/20 kV — 40 MVA — three-phase Tapped winding: H.V. — Tapping range $\pm 15\%$ Number of tapping positions: 21						
Tappings	Voltage ratio	Tapping voltages		Tapping currents		Tapping power <i>S</i> MVA
		<i>U_{HV}</i> kV	<i>U_{LV}</i> kV	<i>I_{HV}</i> A	<i>I_{LV}</i> A	
1 (+15%)	9.20	169.6	18.43	125.6	1 155	36.86
Intermediate	Decreasing	169.6	Increasing	Increasing	1 155	Increasing
7 (+6%)	8.48	169.6	20	136.2	1 155	40
Intermediate	Decreasing	Decreasing	20	Increasing	1 155	40
11 (0%)	8	160	20	144.4	1 155	40
Intermediate	Decreasing	Decreasing	20	Increasing	1 155	40
17 (–9%)	7.28	145.6	20	158.7	1 155	40
Intermediate	Decreasing	Decreasing	20	158.7	Decreasing	Decreasing
21 (–15%)	6.80	136	20	158.7	1 080	37.4

Notes 1. — On completing the intermediate lines, the preceding table can be used on a rating plate.

2. — Compare these specifications and C.F.V.V. specifications which would be:

$$160 \pm 15\%/20 \text{ kV} - 40 \text{ MVA.}$$

The only difference is that the H.V. tapping voltage does not exceed the “system highest voltage” of the H.V. system, which is 170 kV (IEC standardized value).

There is no difference in the currents.

ANNEXE B

COUPLAGES USUELS DES TRANSFORMATEURS

(annexe à la section deux)

B1. Transformateurs triphasés

B1.1 Transformateurs à enroulements séparés

La figure 5a, page 27, donne les désignations des couplages de transformateurs triphasés d'emploi général avec le déphasage correspondant. Les diagrammes de couplage s'entendent avec le même sens relatif de bobinage pour tous les enroulements.

B1.2 Autotransformateurs

Il est rappelé que les déphasages ayant des indices horaires différents de 0, 4 et 8 ne peuvent pas être utilisés sur les autotransformateurs connectés en étoile.

La figure 5b, page 28, se limite au symbole de couplage Y, a0.

B2. Exemple de trois transformateurs monophasés formant un groupe triphasé

Dans ce cas, les deux extrémités de chaque enroulement de chaque transformateur monophasé sont sorties sur des bornes marquées. Un schéma d'un tel groupe triphasé est donné à la figure 6, page 28, à titre d'exemple.

APPENDIX B

TRANSFORMER CONNECTIONS IN GENERAL USE

(appendix to Section Two)

B1. Three-phase transformers

B1.1 *Separate winding transformers*

Figure 5a, page 27, gives the designations of three-phase transformer connections that are in general use and the angle of phase shift associated with them. The connection diagrams assume the same winding direction for all windings.

B1.2 *Auto-transformers*

It should be remembered that phase displacements different from clock hour figures 0, 4 and 8 are not suitable for use with star-connected auto-transformers.

Figure 5b, page 28, is limited to the connection symbol Y, a0.

B2. Example of three single-phase transformers connected to form a three-phase bank

In this case, both ends of each winding of each single-phase transformer are brought out to terminals and given markings. A diagram of such a three-phase bank is given in Figure 6, page 28, by way of example.
