

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 214

Deuxième édition — Second edition

1976

Changeurs de prises en charge

On-load tap-changers



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 214

Deuxième édition — Second edition

1976

Changeurs de prises en charge

On-load tap-changers



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 — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Conditions de service	6
3. Renseignements à fournir à l'appel d'offre et à la commande	8
 SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
4. Définitions concernant les changeurs de prises en charge (à l'exclusion des mécanismes d'entraînement à moteur)	8
5. Définitions concernant les mécanismes d'entraînement à moteur	14
 SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS POUR LES CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE	
6. Grandeurs nominales	16
6.1 Caractéristiques nominales	16
6.2 Courant traversant nominal	16
6.3 Courant traversant nominal maximal	16
6.4 Tension d'échelon nominale	18
6.5 Fréquence nominale	18
6.6 Niveau d'isolement nominal	18
7. Conception et construction	18
7.1 Dispositifs de limitation pour la protection des changeurs de prises contre les surtensions transitoires	18
7.2 Indicateur de niveau d'huile	18
8. Essais de type	18
8.1 Echauffement des contacts	18
8.2 Essais de coupure	20
8.3 Essai au courant de court-circuit	24
8.4 Essai des impédances de passage	26
8.5 Essais mécaniques	28
8.6 Essais diélectriques	28
8.7 Certificat d'essais de type	34
9. Essais individuels	34
9.1 Essai mécanique	34
9.2 Essai de succession des opérations	36
9.3 Essai diélectrique des circuits auxiliaires	36
10. Plaque indicatrice	36
 SECTION QUATRE — PRESCRIPTIONS POUR LES MÉCANISMES D'ENTRAÎNEMENT À MOTEUR POUR CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE	
11. Conception et construction	36
11.1 Conformité des composants aux normes de la CEI	36
11.2 Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires	36
11.3 Dispositif de marche cran par cran	36
11.4 Indicateur de position de réglage	38
11.5 Indication du changement de prises en cours de réglage	38
11.6 Dispositifs de fin de course	38
11.7 Dispositifs de marche en parallèle	38
11.8 Protection du sens de marche	38
11.9 Dispositif de blocage sur surintensité	38
11.10 Compteur de manœuvres	38
11.11 Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur	38
11.12 Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur	38
12. Essais de type	40
12.1 Essai de tenue mécanique	40
12.2 Essai de dépassement des positions extrêmes	40
12.3 Degré de protection de l'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur	40
13. Essais individuels	40
13.1 Essais mécaniques	40
13.2 Essai diélectrique des circuits auxiliaires	40
14. Plaque indicatrice	42
ANNEXE A — Informations complémentaires sur les conditions de fonctionnement concernant uniquement les changeurs de prises à résistances de passage	44
ANNEXE B — Méthode de détermination de la température équivalente d'une résistance de passage en utilisant une puissance transmise sous forme d'impulsions de courant	52
ANNEXE C — Circuits équivalents pour les essais d'endurance et de pouvoir de coupure	54

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Service conditions	7
3. Information required with tenders and orders	9
SECTION TWO — DEFINITIONS	
4. Definitions relating to on-load tap-changers (excluding motor-drive mechanisms)	9
5. Definitions relating to motor-drive mechanisms	15
SECTION THREE — REQUIREMENTS FOR ON-LOAD TAP-CHANGERS	
6. Rating	17
6.1 Rated characteristics	17
6.2 Rated through-current	17
6.3 Maximum rated through-current	17
6.4 Rated step voltage	19
6.5 Rated frequency	19
6.6 Rated insulation level	19
7. Design and construction	19
7.1 Limiting devices for the protection of tap-changers against transient overvoltages	19
7.2 Oil level gauges	19
8. Type tests	19
8.1 Temperature rise of contacts	19
8.2 Switching tests	21
8.3 Short-circuit current test	25
8.4 Transition impedance test	27
8.5 Mechanical tests	29
8.6 Dielectric tests	29
8.7 Type test certificate	35
9. Routine tests	35
9.1 Mechanical test	35
9.2 Sequence test	37
9.3 Auxiliary circuits insulation test	37
10. Nameplate	37
SECTION FOUR — REQUIREMENTS FOR MOTOR-DRIVE MECHANISMS FOR ON-LOAD TAP-CHANGERS	
11. Design and construction	37
11.1 Compliance of component parts with IEC standards	37
11.2 Permissible variation of auxiliary supply	37
11.3 Step-by-step control	37
11.4 Tap position indicator	39
11.5 Tap-change in progress indication	39
11.6 Limiting devices	39
11.7 Parallel control devices	39
11.8 Direction of rotation protection	39
11.9 Overcurrent blocking device	39
11.10 Operation counter	39
11.11 Manual operation of the motor-drive mechanism	39
11.12 Motor-drive cubicle	39
12. Type tests	41
12.1 Mechanical load test	41
12.2 Overrun test	41
12.3 Degree of protection of motor-drive cubicle	41
13. Routine tests	41
13.1 Mechanical tests	41
13.2 Auxiliary circuits insulation test	41
14. Nameplate	43
APPENDIX A — Supplementary information on switching duty relating to tap-changers with resistor transition only	45
APPENDIX B — Method of determining the equivalent temperature of the transition resistor using power pulse currents	53
APPENDIX C — Simulated circuits for service duty and breaking capacity tests	55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

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 Sous-Comité 14B: Changeurs de prises de réglage en charge, du Comité d'Etudes N° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Elle remplace la première édition de la Publication 214 (1966).

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 Paris en 1973. A la suite de cette réunion, un projet, document 14B(Bureau Central)10, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 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

Italie

Japon

Norvège

Pays-Bas

Pologne

Portugal

Roumanie

Royaume-Uni

Suède

Suisse

Tchécoslovaquie

Turquie

Union des Républiques

Socialistes Soviétiques

Autres publications de la CEI citées dans la présente publication:

Publications Nos 60: Techniques des essais à haute tension.

(1980) X 76: Transformateurs de puissance.

76-1: Première partie: Généralités.

(1984) X 137: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V.

(1978) X 144: Degrés de protection des enveloppes pour l'appareillage à basse tension.

(1978) X 354: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile.

(1976) X 542: Guide d'application pour changeurs de prises en charge.

296
270

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ON-LOAD TAP-CHANGERS

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 Sub-Committee 14B, On-load Tap-changers, of IEC Technical Committee No. 14, Power Transformers.

It supersedes the first edition of Publication 214 (1966).

A first draft was discussed at the meeting held in Brussels in 1971 and a second draft was discussed at the meeting held in Paris in 1973. As a result of this meeting, a draft, Document 14B(Central Office)10, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Poland
Austria	Portugal
Belgium	Romania
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Spain
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America
Norway	

Other IEC publications quoted in this publication:

- Publications Nos. 60: High-voltage Test Techniques.
76: Power Transformers.
76-1: Part 1: General.
137: Bushings for Alternating Voltages Above 1000 V.
144: Degrees of Protection of Enclosures for Low-voltage Switchgear and Controlgear.
354: Loading Guide for Oil-immersed Transformers.
542: Application Guide for On-load Tap-changers.

CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux changeurs de prises en charge* pour les transformateurs de puissance, et à leurs mécanismes d'entraînement à moteur. Elle concerne principalement les changeurs de prises immergés dans l'huile, mais les changeurs de prises à isolement dans l'air ne sont pas exclus et les conditions seront modifiées d'une façon appropriée.

Note. — Pour les besoins de cette norme, un liquide d'isolation de synthèse, par exemple un askarel, sera considéré comme de l'huile. Cela ne signifie pas qu'un liquide d'isolation de synthèse peut être utilisé dans un changeur de prises immergé dans l'huile à moins que celui-ci ne soit prévu pour cet usage.

Les changeurs de prises pour transformateurs de locomotives électriques ne sont pas compris dans la présente norme.

Pour choisir un changeur de prises pour une application particulière, il est recommandé de se référer à la Publication 542 de la CEI: Guide d'application pour changeurs de prises en charge.

2. Conditions de service

a) Température de l'environnement du changeur de prises

A moins que des conditions plus sévères ne soient spécifiées par l'acheteur, les changeurs de prises sont considérés comme pouvant être utilisés dans les limites de température données au tableau I.

TABLEAU I

Température de l'environnement du changeur de prises

Environnement du changeur de prises	Température	
	Minimale	Maximale
Air	-25 °C	40 °C
Huile	-25 °C	100 °C

Notes 1. — L'environnement du changeur de prises est le milieu entourant immédiatement l'ensemble du changeur de prises, c'est-à-dire que si ce dernier est enfermé dans une enveloppe extérieure séparée, prévue pour montage à l'extérieur de la cuve du transformateur, l'environnement du changeur de prises est l'«Air»; si l'ensemble du changeur de prises est prévu pour être monté à l'intérieur de la cuve principale du transformateur et non dans une enveloppe extérieure séparée, alors l'environnement du changeur de prises est l'«Huile» (c'est-à-dire l'huile de la cuve du transformateur).

2. — La valeur de 100 °C mentionnée ci-dessus correspond à une température ambiante maximale de 40 °C comme spécifié dans la Publication 76 de la CEI: Transformateurs de puissance.

* Voir la note au paragraphe 4.1.

ON-LOAD TAP-CHANGERS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to on-load tap-changers* for power transformers, and their motor-drive mechanisms. It relates mainly to oil-immersed tap-changers, but air-insulated tap-changers are not excluded and the conditions should be suitably modified.

Note. — For the purpose of this standard, a synthetic insulating liquid, e.g. askarel, is regarded as an oil. This does not imply that a synthetic insulating liquid can be used in any oil-immersed tap-changer regardless of whether it is designed for it.

Tap-changers for transformers for railway rolling stock are excluded from this standard.

In selecting a tap-changer for a particular application, reference should be made to IEC Publication 542, Application Guide for On-load Tap-changers.

2. Service conditions

a) Temperature of tap-changer environment

Unless more onerous conditions are specified by the purchaser, tap-changers are regarded as suitable for operation over the ranges of temperature given in Table I.

TABLE I
Temperature of tap-changer environment

Tap-changer environment	Temperature	
	Minimum	Maximum
Air	–25 °C	40 °C
Oil	–25 °C	100 °C

Notes 1. — The tap-changer environment is the medium immediately surrounding the complete tap-changer i.e., if the latter is enclosed in a separate external container, intended for mounting outside the transformer tank, the tap-changer environment is "Air"; if the complete tap-changer is intended for mounting inside the main transformer tank and not in a separate external container, then the tap-changer environment is "Oil" (i.e. the oil in the transformer tank).

2. — The value of 100 °C quoted above is based on a maximum ambient temperature of 40 °C as specified in IEC Publication 76, Power Transformers.

*See Note to Sub-clause 4.1.

b) Température de l'environnement des mécanismes d'entraînement à moteur

A moins que des conditions plus sévères ne soient spécifiées par l'acheteur, les mécanismes d'entraînement à moteur sont considérés comme pouvant être utilisés à toute température ambiante comprise entre -25°C et 40°C .

c) Conditions de surcharge

Les changeurs de prises soumis à des conditions de surcharge telles que celles définies dans la Publication 354 de la CEI: Guide d'application pour transformateurs immergés dans l'huile, seront généralement limités par les conditions de surcharge occasionnelle indiquées dans la Publication 76-1 de la CEI, Première partie: Généralités, paragraphe 4.2, si le constructeur de transformateurs n'a pas spécifié dans son ordre de commande d'autres conditions de surcharge (voir la Publication 542 de la CEI, paragraphe 2.3.2).

Note. — Les changeurs de prises, comme les autres appareils de coupure, ont habituellement une constante de temps thermique inférieure à celle des dispositifs électromagnétiques de même courant nominal.

3. Renseignements à fournir à l'appel d'offre et à la commande

Pour les renseignements à fournir à l'appel d'offre et à la commande, voir la Publication 542 de la CEI, article 5.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

4. Définitions concernant les changeurs de prises en charge (à l'exclusion des mécanismes d'entraînement à moteur)

Pour les besoins de la présente norme, les définitions ci-après sont applicables:

4.1 Changeur de prises en charge

Dispositif destiné à changer les connexions aux prises d'un enroulement et pouvant être manœuvré lorsque le transformateur est sous tension ou en charge. Généralement, ce dispositif comprend un commutateur (voir le paragraphe 4.3) avec impédance de passage (voir le paragraphe 4.6) et un sélecteur de prises (voir le paragraphe 4.2) qui peut être avec ou sans présélecteur (voir le paragraphe 4.5), l'ensemble étant manœuvré par le mécanisme d'entraînement (voir le paragraphe 4.7). Dans certains types de changeurs de prises, les fonctions du commutateur et du sélecteur de prises sont combinées dans un sélecteur en charge (voir le paragraphe 4.4).

Note. — L'ensemble de la présente norme ne traitant que des changeurs de prises en charge, ce terme est abrégé en «changeur de prises» dans la suite de cette publication.

4.2 Sélecteur de prises

Dispositif destiné à être parcouru par le courant, mais non à l'établir ou à le couper, utilisé avec un commutateur pour établir à l'avance les connexions aux prises de réglage.

4.3 Commutateur

Dispositif de coupure utilisé avec un sélecteur de prises pour conduire, établir et couper les courants dans les circuits qui ont été établis à l'avance.

Note. — Les commutateurs du type à ressort comprennent un dispositif d'accumulation d'énergie indépendant pour leur manœuvre.

b) *Temperature of motor-drive mechanism environment*

Unless more onerous conditions are specified by the purchaser, motor-drive mechanisms are regarded as being suitable for operation in any ambient temperature between -25°C and 40°C .

c) *Overload conditions*

Tap-changers subjected to overload conditions in accordance with IEC Publication 354, Loading Guide for Oil-immersed Transformers, shall generally be restricted to the occasional overload conditions stated in IEC Publication 76-1, Part 1: General, Sub-clause 4.2, if not specifically ordered for other overload conditions by the transformer manufacturer (see IEC Publication 542, Sub-clause 2.3.2).

Note. — Tap-changers, like other switching devices, usually have a shorter thermal time constant than electromagnetic devices of the same current ratings.

3. **Information required with tenders and orders**

For the information required with tenders and orders, see IEC Publication 542, Clause 5.

SECTION TWO — DEFINITIONS

4. **Definitions relating to on-load tap-changers (excluding motor-drive mechanisms)**

For the purpose of this standard, the following definitions apply:

4.1 *On-load tap-changer*

A device for changing the tapping connections of a winding, suitable for operation whilst the transformer is energized or on load. Generally, it consists of a diverter switch (see Sub-clause 4.3) with a transition impedance (see Sub-clause 4.6) and a tap selector (see Sub-clause 4.2) which can be with or without a change-over selector (see Sub-clause 4.5), the whole being operated by the driving mechanism (see Sub-clause 4.7). In some forms of tap-changers, the functions of the diverter switch and the tap selector are combined in a selector switch (see Sub-clause 4.4).

Note. — As the whole of this standard deals only with on-load tap-changers, the expression is shortened to “tap-changer” in the remainder of this publication.

4.2 *Tap selector*

A device designed to carry, but not to make or break, current, used in conjunction with a diverter switch, to select tapping connections.

4.3 *Diverter switch*

A switching device used in conjunction with a tap selector to carry, make and break currents in circuits which have already been selected.

Note. — Diverter switches of spring-operated type include an independent means of storing energy for their operation.

4.4 *Sélecteur en charge*

Dispositif de coupure pouvant établir, supporter et couper les courants en combinant les fonctions d'un sélecteur de prises et d'un commutateur.

4.5 *Présélecteur*

Dispositif destiné à être parcouru par le courant, mais non à l'établir ou le couper, utilisé avec un sélecteur de prises ou un sélecteur en charge pour permettre d'utiliser leurs contacts et les prises qui leur sont reliées plus d'une fois au cours du déplacement d'une position extrême à l'autre.

4.6 *Impédance de passage*

Résistance ou bobine d'inductance comprenant un ou plusieurs éléments reliant la prise en service à celle à mettre en service afin de transférer la charge d'une prise à l'autre sans interrompre le courant de charge ni le modifier sensiblement, tout en limitant le courant de circulation pendant le temps où les deux prises sont reliées.

4.7 *Mécanisme d'entraînement*

Dispositif qui assure le mouvement du changeur de prises.

Note. — Le mécanisme peut comprendre un dispositif d'accumulation d'énergie indépendant pour réaliser entièrement l'opération.

4.8 *Jeu de contacts*

Paire ou combinaison de paires de contacts individuels fixes et mobiles manœuvrant pratiquement en même temps.

4.9 *Contacts principaux et contacts principaux de coupure*

4.9.1 *Contacts principaux*

Tout jeu de contacts conduisant le courant traversant pour lequel il n'y a pas d'impédance de passage entre l'enroulement du transformateur et les contacts et qui ne commute aucun courant.

4.9.2 *Contacts principaux de coupure*

Tout jeu de contacts pour lequel il n'y a pas d'impédance de passage entre l'enroulement du transformateur et les contacts et qui coupe le courant.

4.10 *Contacts de passage*

Tout jeu de contacts pour lequel une impédance de passage est en série entre l'enroulement du transformateur et les contacts.

Note. — Dans le cas de changeurs de prises avec bobine d'inductance de passage, ce jeu de contacts est utilisé, dans de nombreux cas, pour conduire le courant traversant dans une position de réglage établie.

4.11 *Courant de circulation*

Part du courant circulant dans l'impédance de passage pendant le temps où deux prises sont reliées au cours d'un changement de prises et qui est provoqué par la différence de tension entre les prises.

4.12 *Courant commuté*

Courant qu'il est prévu de couper durant une commutation par chaque jeu de contacts principaux de coupure ou de contacts de passage du commutateur ou du sélecteur en charge.

4.4 *Selector switch*

A switching device capable of making, carrying and breaking current, combining the duties of a tap selector and a diverter switch.

4.5 *Change-over selector*

A device designed to carry, but not to make or break, current, used in conjunction with a tap selector or selector switch to enable its contacts, and the connected tapplings, to be used more than once when moving from one extreme position to the other.

4.6 *Transition impedance*

A resistor or reactor consisting of one or more units bridging the tapping in use and the tapping next to be used, for the purpose of transferring load from one tapping to the other without interruption or appreciable change in the load current, at the same time limiting the circulating current for the period that both tapplings are used.

4.7 *Driving mechanism*

The means by which the drive to the tap-changer is actuated.

Note. — The mechanism may include an independent means of storing energy to control the operation.

4.8 *Set of contacts*

A pair, or combination of pairs, of individual fixed and moving contacts, operating substantially simultaneously.

4.9 *Main contacts and main switching contacts*

4.9.1 *Main contacts*

Any set of through-current carrying contacts which has no transition impedance between the transformer winding and the contacts and does not switch any current.

4.9.2 *Main switching contacts*

Any set of contacts which has no transition impedance between the transformer winding and the contacts and breaks the current.

4.10 *Transition contacts*

Any set of contacts where a transition impedance is in series between the transformer winding and the contacts.

Note. — In the case of reactor transition tap-changers, this set of contacts is used, in many instances, to carry the through-current in the full tap position.

4.11 *Circulating current*

That part of the current which flows through the transition impedance at the time when two tapplings are bridged during a tap-change operation and which is due to the voltage difference between the tapplings.

4.12 *Switched current*

The prospective current to be broken during switching operation by each set of main switching or transition contacts incorporated in the diverter switch or selector switch.

4.13 Tension de rétablissement

Tension à fréquence industrielle qui apparaît aux bornes de chaque jeu de contacts de coupure principaux ou de passage du commutateur ou du sélecteur en charge après que ces contacts ont coupé le courant commuté.

4.14 Opération de changement de prises

Succession complète des manœuvres du commencement à la fin du transfert du courant traversant d'une prise de l'enroulement à une prise adjacente.

4.15 Cycle de fonctionnement

Succession des opérations du changeur de prises d'une extrémité de son étendue de réglage à l'autre et son retour à sa position initiale.

4.16 Niveau d'isolement

Ensemble des valeurs des tensions de tenue au choc et à fréquence industrielle à la terre et entre phases, s'il y a lieu, et entre toutes pièces entre lesquelles l'isolation est nécessaire.

4.17 Courant traversant nominal (I_u)

Courant passant à travers le changeur de prises vers le circuit extérieur, que l'appareil est capable de transférer d'une prise à l'autre, à la tension d'échelon nominale correspondante, et qu'il peut conduire en service continu, en respectant les exigences de la présente norme.

Note. — Pour la relation existant entre un courant traversant nominal et la tension d'échelon correspondante, voir le paragraphe 6.2.

4.18 Courant traversant nominal maximal (I_{um})

Courant traversant nominal correspondant à la fois aux conditions d'échauffement des contacts (paragraphe 8.1) et à l'essai d'endurance (paragraphe 8.2.1).

4.19 Tension d'échelon nominale (U_n)

Pour chaque valeur du courant traversant nominal, tension maximale admissible entre bornes destinées à être reliées à des prises successives du transformateur.

Note. — Si une tension d'échelon nominale est indiquée pour un courant traversant nominal donné, elle est appelée «tension d'échelon nominale correspondante».

4.20 Tension d'échelon nominale maximale (U_{im})

La plus grande valeur de la tension d'échelon nominale pour laquelle le changeur de prises est conçu.

4.21 Fréquence nominale

Fréquence du courant alternatif pour laquelle le changeur de prises est conçu.

4.22 Nombre de positions de réglage d'un changeur de prises

4.22.1 Nombre de positions de réglage disponibles

Le plus grand nombre de positions de réglage pour un demi-cycle de fonctionnement pour lequel un changeur de prises peut être employé en fonction de sa conception.

4.13 *Recovery voltage*

The power-frequency voltage which appears across each set of main switching or transition contacts of the diverter switch or selector switch after these contacts have broken the switched current.

4.14 *Tap-change operation*

A complete sequence of events from the initiation to the completion of the transition of the through-current from one tap of the winding to an adjacent one.

4.15 *Cycle of operation*

The movement of the tap-changer from one end of its range to the other and the return to its original position.

4.16 *Insulation level*

The withstand values of the impulse and power-frequency test voltages to earth, and where appropriate between the phases, and between those parts where insulation is required.

4.17 *Rated through-current (I_u)*

The current flowing through the tap-changer towards the external circuit, which the apparatus is capable of transferring from one tapping to the other at the relevant rated step voltage and which can be carried continuously while meeting the requirements of this standard.

Note. — Concerning the relationship between a rated through-current and the relevant step voltage, see Sub-clause 6.2.

4.18 *Maximum rated through-current (I_{um})*

The rated through-current for which both the temperature rise of the contacts (Sub-clause 8.1) and the service duty test (Sub-clause 8.2.1) apply.

4.19 *Rated step voltage (U_i)*

For each value of rated through-current, the highest permissible voltage between terminals which are intended to be connected to successive tappings of a transformer.

Note. — If a rated step voltage is given in connection with a rated through-current, it is called “relevant rated step voltage”.

4.20 *Maximum rated step voltage (U_{im})*

The highest value of the rated step voltage for which the tap-changer is designed.

4.21 *Rated frequency*

The frequency of the alternating current for which the tap-changer is designed.

4.22 *Number of tapping positions of the tap-changer*

4.22.1 *Number of inherent tapping positions*

The highest number of tapping positions for half a cycle of operation for which a tap-changer can be used according to its design.

4.22.2 Nombre de positions de réglage de service

Nombre de positions de réglage pour un demi-cycle de fonctionnement pour lequel le changeur de prises est utilisé dans le transformateur.

Note pour les paragraphes 4.22.1 et 4.22.2

Ces données sont généralement exprimées en valeurs $\pm$ du nombre considéré, par exemple ± 11 positions; elles sont également valables en principe pour le mécanisme d'entraînement à moteur.

Quand on applique le terme «nombre de positions de réglage» à un transformateur, ce terme se rapporte toujours au nombre de positions de réglage de service du changeur de prises.

4.23 Essai de type

Essai effectué sur un changeur de prises ou ses éléments constitutants, ou sur une série de changeurs de prises ou d'éléments du même type, pour prouver leur conformité à la norme.

Note. — Une série de changeurs de prises est un ensemble de changeurs de prises de conception identique et ayant les mêmes caractéristiques à l'exception des niveaux d'isolement à la terre, et éventuellement entre phases, du nombre de positions et de la valeur de l'impédance de passage.

4.24 Essai individuel

Essai effectué sur chaque changeur de prises terminé dont le type constructif a été vérifié par l'essai de type, en vue d'établir que le changeur de prises n'a pas de défauts de fabrication.

5. Définitions concernant les mécanismes d'entraînement à moteur

5.1 Mécanisme d'entraînement à moteur

Mécanisme d'entraînement tel que celui défini au paragraphe 4.7 de la présente norme comprenant un moteur électrique et des circuits de commande et de contrôle.

5.2 Dispositif de marche cran par cran

Dispositifs électriques et mécaniques arrêtant le mécanisme d'entraînement à moteur après l'exécution d'un changement de prises, indépendamment de l'action du dispositif de commande.

5.3 Indicateur de position de prise

Dispositif électrique et/ou mécanique indiquant sur quelle prise se trouve le changeur de prises.

5.4 Indication de changement de prise en cours

Dispositif indiquant que le mécanisme d'entraînement à moteur est en marche.

5.5 Dispositifs de fin de course

5.5.1 Interrupteur de fin de course

Dispositif électromécanique empêchant la manœuvre du changeur de prises au-delà des positions extrêmes, mais permettant des manœuvres dans le sens opposé.

5.5.2 Fin de course mécanique

Dispositif empêchant matériellement la manœuvre du changeur de prises au-delà des positions extrêmes, mais permettant la manœuvre dans le sens opposé.

4.22.2 *Number of service tapping positions*

The number of tapping positions for half a cycle of operation for which a tap-changer is used in a transformer.

Note to Sub-clauses 4.22.1 and 4.22.2

These terms are generally given as the $\pm$ values of the relevant numbers, e.g. ± 11 positions; they are in principle valid also for the motor-drive mechanism.

When using the term “number of tapping positions” in connection with a transformer, this always refers to the number of service tapping positions of the tap-changer.

4.23 *Type test*

A test made on a tap-changer or the components of a tap-changer, or a range of tap-changers or components all based on the same design, to prove compliance with the standard.

Note. — A range of tap-changers is a number of tap-changers based on the same design and having the same characteristics, with the exception of the insulation levels to earth and possibly between phases, the number of steps and the value of the transition impedance.

4.24 *Routine test*

A test made on each completed tap-changer, the design of which has been verified by type test, to establish that the tap-changer is without manufacturing defects.

5. **Definitions relating to motor-drive mechanisms**

5.1 *Motor-drive mechanism*

A driving mechanism as in Sub-clause 4.7 of this standard which incorporates an electric motor and control circuit.

5.2 *Step-by-step control*

Electrical and mechanical devices stopping the motor-drive mechanism after completion of a tap-change, independently of the operating sequence of the control switch.

5.3 *Tap position indicator*

An electrical and/or mechanical device for indicating the tap position of the tap-changer.

5.4 *Tap-change in progress indication*

A device indicating that the motor-drive mechanism is running.

5.5 *Limiting devices*

5.5.1 *Limit switches*

Electro-mechanical devices preventing operation of the tap-changer beyond either end position, but allowing operation towards the opposite direction.

5.5.2 *Mechanical end stop*

A device which physically prevents operation of the tap-changer beyond either end position, but allows operation towards the opposite direction.

5.6 Dispositif de commande de marche en parallèle

Dispositif de commande électrique destiné à faire manœuvrer tous les changeurs de prises vers la position désirée et à éviter toute discordance des mécanismes d'entraînement à moteur, dans le cas de fonctionnement en parallèle de plusieurs transformateurs à prises.

Note. — De tels dispositifs sont aussi nécessaires dans le cas de transformateurs monophasés constituant un groupe triphasé quand chaque changeur de prises monophasé est actionné par son propre mécanisme d'entraînement à moteur.

5.7 Dispositif de déclenchement d'urgence

Dispositif électrique et/ou mécanique destiné à arrêter, à tout instant, le mécanisme d'entraînement à moteur, de telle façon qu'une action particulière doive intervenir avant que le changement de prise suivant ne puisse commencer.

5.8 Dispositif de blocage sur surintensité du courant

Dispositif électrique empêchant ou interrompant la manœuvre du mécanisme d'entraînement à moteur pendant le temps où une surintensité du courant dépassant une valeur fixée circule dans les enroulements du transformateur.

Note. — Quand les commutateurs de changeur de prises sont actionnés par un système de réserve d'énergie à ressort, l'interruption du fonctionnement du mécanisme d'entraînement à moteur n'empêchera pas le fonctionnement du commutateur si le déclenchement à ressort a été actionné.

5.9 Compteur de manœuvres

Dispositif indiquant le nombre de changements de positions accomplis.

5.10 Commande manuelle du mécanisme d'entraînement à moteur

Manœuvre manuelle du changeur de prises par un dispositif mécanique interdisant en même temps la manœuvre par le moteur électrique.

5.11 Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur

Enceinte pour le logement du mécanisme d'entraînement à moteur.

SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS POUR LES CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

(à l'exclusion des prescriptions pour les mécanismes d'entraînement à moteur)

6. Grandeurs nominales

6.1 Caractéristiques nominales

Les caractéristiques d'un changeur de prises qui seront utilisées pour définir les grandeurs nominales sont les suivantes :

6.2 Courant traversant nominal

Le courant traversant nominal est en relation directe avec la tension d'échelon nominale correspondante. Cependant, un changeur de prises peut avoir différentes combinaisons du courant traversant nominal et de la tension d'échelon nominale correspondante.

6.3 Courant traversant nominal maximal

Les valeurs préférentielles du courant traversant nominal maximal sont :

100, 200, 400, 800, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 A

mais l'adoption d'autres valeurs n'empêche pas la conformité à la présente norme.

5.6 *Parallel control devices*

Electrical control devices to move, in the case of parallel operation of several transformers with tapplings, all tap-changers to the required position and to avoid divergence of the respective motor-drive mechanisms.

Note. — Such devices would be necessary also in the case of single-phase transformers forming a three-phase bank when each single-phase tap-changer is fitted with its own motor-drive mechanism.

5.7 *Emergency tripping device*

An electrical and/or mechanical device for stopping the motor-drive mechanism at any time in such a way that a special action must be performed before the next tap-change operation can be started.

5.8 *Overcurrent blocking device*

An electrical device preventing or interrupting operation of the motor-drive mechanism for the period in which an overcurrent exceeding a preset value is flowing in the transformer winding.

Note. — Where diverter switches are actuated by spring energy systems, interruption of the operation of the motor-drive mechanism will not prevent operation of the diverter switch if the spring release has been actuated.

5.9 *Operation counter*

A device indicating the number of tap changes accomplished.

5.10 *Manual operation of motor-drive mechanism*

Operation of the tap-changer manually by a mechanical device, blocking at the same time operation by the electric motor.

5.11 *Motor-drive cubicle*

A cubicle housing the motor-drive mechanism.

SECTION THREE — REQUIREMENTS FOR ON-LOAD TAP-CHANGERS

(excluding requirements for motor-drive mechanisms)

6. **Rating**

6.1 *Rated characteristics*

The characteristics of a tap-changer that shall be used to determine the rating are as follows:

6.2 *Rated through-current*

The rated through-current is interrelated with a relevant rated step voltage. Therefore, a tap-changer may have different combinations of rated through-current and relevant rated step voltage.

6.3 *Maximum rated through-current*

Preferred values of maximum rated through-current are:

100, 200, 400, 800, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 A

but adoption of other values does not invalidate compliance with this standard.

6.4 Tension d'échelon nominale

6.5 Fréquence nominale

6.6 Niveau d'isolement nominal

7. Conception et construction

7.1 Dispositifs de limitation pour la protection des changeurs de prises contre les surtensions transitoires

Pour les changeurs de prises comportant des dispositifs de limitation des surtensions transitoires, le constructeur du changeur de prises doit donner tous les détails sur les caractéristiques de protection ainsi que les limitations qui seront imposées durant l'essai du transformateur complet.

Quand des éclateurs sont utilisés, il faut prendre soin de vérifier que l'arc s'éteint automatiquement après amorçage.

7.2 Indicateur de niveau d'huile

Si les commutateurs ou les sélecteurs en charge sont placés dans des cuves à huile séparées communiquant avec l'air libre, des indicateurs de niveau d'huile devraient être prévus.

8. Essais de type

Les essais de type suivants doivent être exécutés sur des exemplaires du changeur de prises correspondant ou ses composants après leur exécution complète:

- échauffement des contacts (paragraphe 8.1);
- essais de coupure (paragraphe 8.2);
- essai au courant de court-circuit (paragraphe 8.3);
- essai des impédances de passage (paragraphe 8.4);
- essais mécaniques (paragraphe 8.5);
- essais diélectriques (paragraphe 8.6).

8.1 Echauffement des contacts

Des essais seront effectués pour vérifier que l'échauffement au-dessus du milieu ambiant de chaque type de contacts qui, en service, sont parcourus en permanence par le courant ne dépasse pas les valeurs données dans le tableau II, lorsque les contacts parcourus par le courant traversant nominal maximal ont atteint leur température d'équilibre.

TABLEAU II
Limites d'échauffement des contacts

Matériaux du contact	Dans l'air	Dans l'huile
Cuivre seul	35 °C	20 °C
Cuivre argenté	65 °C	20 °C
Autres matériaux	Suivant accord	20 °C

6.4 Rated step voltage

6.5 Rated frequency

6.6 Rated insulation level

7. Design and construction

7.1 Limiting devices for the protection of tap-changers against transient overvoltages

For tap-changers which incorporate limiting devices for transient overvoltages, the manufacturer of the tap-changer shall give full details of the protective characteristics, together with any limitations which will be imposed during tests on the completed transformer.

When spark gaps are used, care has to be taken to ensure that after spark-over, the discharge is quenched automatically.

7.2 Oil level gauges

If diverter or selector switches are located in separate oil containers breathing freely to the atmosphere, oil level gauges should be provided.

8. Type tests

The following type tests shall be performed on samples of the relevant tap-changer or components after their final development:

- temperature rise of contacts (Sub-clause 8.1);
- switching tests (Sub-clause 8.2);
- short-circuit current test (Sub-clause 8.3);
- transition impedance test (Sub-clause 8.4);
- mechanical tests (Sub-clause 8.5);
- dielectric tests (Sub-clause 8.6).

8.1 Temperature rise of contacts

Tests shall be performed to verify that the temperature rise above the medium surrounding each type of contact which carries current continuously in service does not exceed the values given in Table II when the contacts have reached a steady temperature after carrying the maximum rated through-current.

TABLE II
Contact temperature-rise limits

Contact material	In air	In oil
Plain copper	35°C	20°C
Silver-faced copper	65°C	20°C
Other materials	To be agreed	20°C

Les températures doivent être mesurées par thermocouples ou tout autre moyen convenable placés sur la surface des contacts aussi près que possible du point de contact.

La température est considérée comme étant à son point d'équilibre lorsque la différence de température entre le contact et le milieu environnant ne varie pas de plus de 1 °C pendant le dernier quart de la période d'essai.

La température du milieu environnant doit être mesurée au moins à 25 mm en dessous des contacts.

Note. — La section du conducteur amenant le courant au changeur de prises ou à ses composants pendant l'essai doit être spécifiée.

8.2 Essais de coupure

Les essais de coupure, qui comprennent des essais d'endurance et des essais de pouvoir de coupure, doivent reproduire les conditions les plus sévères pour lesquelles le changeur de prises est défini. Quand il s'agit de coupure sur inductance de passage, les conditions les plus sévères doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur. Sauf accord contraire, il est admis qu'il n'y a pas de renversement du sens d'écoulement de la puissance pendant le service.

L'attention est attirée sur l'annexe A dans laquelle sont indiquées les conditions les plus sévères pour des commutations avec résistances de passage et ce, pour la majorité des dispositions des contacts.

Les essais de coupure peuvent être limités au commutateur ou au sélecteur en charge indépendamment des autres parties, s'il est prouvé que les conditions de fonctionnement des contacts ne sont pas affectées par une telle limitation.

Si le commutateur ou le sélecteur en charge sont munis de plusieurs jeux de contacts fonctionnant dans un ordre déterminé, il n'est pas admis d'essayer chaque jeu de contacts indépendamment des autres, à moins qu'il ne soit prouvé que les conditions de fonctionnement de chaque jeu de contacts ne sont pas affectées par le fonctionnement des autres jeux de contacts.

Si les impédances de passage sont des résistances, celles-ci peuvent être placées en dehors de l'appareil si cela est nécessité par la construction du changeur de prises ou par le circuit d'essai, et elles peuvent avoir une capacité thermique plus grande que celle des résistances utilisées en service, sauf spécification contraire.

La valeur et le type des impédances de passage doivent être spécifiés.

Dans le cas d'un changeur de prises immergé dans l'huile, ni les contacts, ni l'huile du transformateur ne doivent être renouvelés au cours des essais.

Dans le cas de coupures triphasées, il suffit en général d'essayer les contacts d'une seule phase.

Si un changeur de prises déterminé a plus d'une combinaison de courant traversant nominal et de tension d'échelon nominale, il faudra effectuer au moins deux essais de pouvoir de coupure, l'un avec le courant traversant nominal maximal I_{um} et la tension d'échelon nominale correspondante U_i , l'autre avec la tension d'échelon nominale maximale U_{im} et le courant traversant nominal correspondant I_u .

L'interpolation peut être facilitée par la connaissance du point milieu de la courbe de courant en calculant ce point milieu X par la formule :

$$\frac{I_{um} + I_u}{2}(U_x) = \sqrt{U_i I_{um} \times U_{im} I_u}$$

Les dispositions d'essais doivent être telles que, à moins de spécifications contraires, le courant coupé, la tension de rétablissement et le produit de ces deux valeurs ne s'écartent pas de plus de -5% à +10% des valeurs calculées propres au cycle de commutation (voir le tableau VI) sous le courant traversant approprié et la tension d'échelon nominale correspondante.

The temperatures shall be measured by thermocouples or other suitable means positioned on the surface of the contacts as near the point of contact as is practicable.

The temperature is considered to be steady when the difference of the temperature between the contact and the surrounding medium does not change more than 1 °C over the last quarter of the test period.

The temperature of the surrounding medium shall be measured at not less than 25 mm below the contacts.

Note. — The cross-section of the conductor carrying the current into the tap-changer or components under test shall be stated.

8.2 Switching tests

Switching tests, which include service duty tests and breaking capacity tests, shall simulate the most onerous conditions for which the tap-changer is rated. Where reactor transition switching is concerned, the most onerous conditions shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser. Unless otherwise agreed, it is assumed that no reversal of power-flow occurs in service.

Attention is drawn to Appendix A, where the most onerous conditions for resistor transition switching are indicated for the majority of contact arrangements.

The switching tests may be limited to the diverter switch or selector switch after proving that the contact operating conditions are not affected by such limitation.

If the diverter switch or selector switch has several sets of contacts which operate in a definite sequence, it is not permitted to test each set of contacts separately from the others unless it can be proved that the operating conditions of any one set of contacts are not affected by the operation of the other sets of contacts.

Where resistors are used as transition impedances, these may be placed outside the apparatus if necessitated by the construction of the tap-changer or the test circuit, and they may have a higher thermal capacity than those which are employed in service, unless otherwise specified.

The value and type of the transition impedance shall be stated.

Contacts and transformer oil in the case of oil-immersed tap-changers shall not be renewed during each of the tests.

In the case of three-phase switches, it is normally sufficient to test the contacts of one phase.

If a particular tap-changer has more than one combination of rated through-current and rated step voltage, at least two breaking capacity tests shall be performed, one at maximum rated through-current I_{um} and its relevant step voltage U_i , and one at the maximum rated step voltage U_{im} and its relevant rated through-current I_u .

Interpolation may be facilitated by obtaining the mid-current point of the curve between the extremes by calculating this mid-point X as:

$$\frac{I_{um} + I_u}{2}(U_x) = \sqrt{U_i I_{um} \times U_{im} I_u}$$

The arrangement for testing shall be such that, except where otherwise specified, neither the switched current, nor the recovery voltage, nor the product of these shall, in any case, vary more than –5% to +10% of the calculated values appropriate to the switching cycle (see Table VI) at the appropriate through-current and relevant rated step voltage.

8.2.1 Essai d'endurance

Cet essai doit être effectué selon l'une des méthodes décrites aux paragraphes suivants.

Après les essais, l'examen de l'usure des contacts ne doit laisser aucun doute sur l'aptitude du changeur de prises à assurer le service demandé.

Note. — Les résultats de cet essai peuvent être utilisés par le constructeur pour apporter la preuve que les contacts utilisés pour établir et couper le courant peuvent accomplir, sans être remplacés, le nombre de changements de prises annoncé par le constructeur, au courant traversant nominal et à la tension d'échelon nominale correspondante.

8.2.1.1 Essai d'endurance à la tension d'échelon nominale

Les contacts des commutateurs et des sélecteurs en charge doivent être soumis à un nombre de manœuvres correspondant à 20000 changements de prises en service normal en étant parcourus par un courant au moins égal au courant traversant nominal maximal et soumis à la tension d'échelon nominale correspondante.

De façon à se rapprocher des conditions de service, les essais des sélecteurs en charge seront effectués avec un maximum de huit changements de positions (non comprises les positions rejetées), disposées de part et d'autre du présélecteur si le changeur de prises comporte un tel dispositif incorporé.

La comparaison des oscillogrammes relevés à intervalles réguliers au cours de l'essai doit montrer que les caractéristiques du changeur de prises ne présentent pas de modifications significatives de nature à compromettre le fonctionnement de l'appareil. Vingt oscillogrammes seront relevés au début de l'essai, puis 20 toutes les 5000 manœuvres, soit un total de 100 oscillogrammes.

Note. — En général, il suffit de comparer les séries d'oscillogrammes relevés au début et à la fin de l'essai.

8.2.1.2 Essai d'endurance sous tension d'échelon réduite

A la condition que le constructeur apporte des preuves raisonnables selon lesquelles le taux d'usure n'est pas affecté, un essai sous une tension d'échelon réduite peut être exécuté dans les conditions suivantes:

- Un essai d'endurance de 20000 manœuvres doit être exécuté avec un courant correspondant au moins au courant traversant nominal maximal et à une tension d'échelon réduite. Ce niveau de tension sera déterminé pour que le courant coupé ne soit pas inférieur au courant apparaissant durant les manœuvres à la tension d'échelon nominale correspondante; à plus forte raison, aucune interruption du courant ne doit se produire. Afin d'obtenir les conditions d'essais spécifiées, la valeur de l'impédance de passage sera modifiée d'une manière appropriée.
- En utilisant les mêmes contacts et la même huile, 100 manœuvres seront exécutées avec le courant traversant nominal maximal et sous la tension d'échelon nominale correspondante, avec un enregistrement oscillographique pour chaque manœuvre. A la condition que ces oscillogrammes prouvent que la durée d'arc ne dépasse pas $1,2/2f$ s (f étant la fréquence nominale), cet essai d'endurance avec le courant coupé calculé et la tension d'échelon réduite doit permettre au constructeur d'apporter la preuve directe du nombre de manœuvres qui peuvent être effectuées sans changement des contacts.
- Quand les oscillogrammes montrent que des durées d'arc supérieures à $1,2/2f$ s apparaissent, de nouvelles manœuvres doivent être effectuées avec le courant traversant nominal maximal et la tension d'échelon réduite. Le nombre de ces manœuvres supplémentaires sera de:

$$\frac{2S}{100} \times 20000$$

où S = nombre total de demi-périodes du courant d'arc qui apparaissent après le premier passage par zéro du courant suivant la séparation du contact, au cours des 100 manœuvres du point *b*) ci-dessus.

- La comparaison des oscillogrammes relevés, d'une part, pendant l'essai du point *b*) et, d'autre part, dans des conditions semblables avec des contacts neufs et de l'huile propre montrera s'il est apparu dans les caractéristiques du changeur de prises une modification significative tendant à compromettre le fonctionnement de l'appareil.

8.2.1 Service duty test

This test shall be performed in accordance with one of the sub-clauses below.

After the tests, inspection of contact wear shall take place, the results of this leaving no doubts as to the suitability of the tap-changer for service.

Note. — The results of this test may be used by the manufacturer to demonstrate that the contacts used for making and breaking current are capable of performing, without replacement of the contacts, the number of tap-change operations declared by the manufacturer at the rated through-current and at the relevant rated step voltage.

8.2.1.1 Service duty test at rated step voltage

The contacts on diverter switches and selector switches shall be subjected to a number of operations corresponding to 20 000 tap-change operations in normal service when carrying a current corresponding to not less than the maximum rated through-current and the relevant rated step voltage.

In order to approximate to service conditions, selector switches shall have the test performed over not more than eight tap-change positions (excluding dead positions), these being centrally disposed about the change-over selector if such is incorporated in the tap-changer design.

Comparison of oscillograms taken at regular intervals during the test shall show that there is no significant alteration in the characteristics of the tap-changer in such a way as to endanger the operation of the apparatus. Twenty oscillograms shall be taken at the start of the test, and 20 after each succeeding 5 000 operations, making a total of 100 oscillograms.

Note. — Generally, it is sufficient to compare the series of oscillograms taken at the beginning and at the end of the test.

8.2.1.2 Service duty test at reduced step voltage

Provided that the manufacturer supplies reasonable proof that the rate of wear is not affected, a test at reduced step voltage may be performed under the following conditions:

- a) A service duty test of 20 000 operations shall be performed at a current corresponding to not less than the maximum rated through-current and a reduced step voltage. This voltage level shall be such that the switched current is not less than that occurring during operations at the relevant rated step voltage; furthermore, current chopping shall not occur. In order to obtain the specified test conditions, the value of the transition impedance shall be suitably modified.
- b) Using the same contacts and oil, 100 operations with the maximum rated through-current and the relevant rated step voltage shall be performed, each operation being oscillographically recorded. Provided the oscillograms taken during these operations indicate that the arcing time does not exceed $1.2/2f$ s (where f is the rated frequency), this service duty test with the calculated switched current and reduced step voltage will enable the manufacturer to demonstrate directly the number of operations likely to be achieved without replacement of contacts.
- c) When the oscillograms indicate that arcing times in excess of $1.2/2f$ s are occurring, then further operations shall be performed at the maximum rated through-current and the reduced step voltage. The number of such additional operations shall be:

$$\frac{2 S}{100} \times 20000$$

where S = total number of half-cycles of arcing current, in the 100 operations from Item *b*) above, which occur after the first current zero following contact separation.

- d) Comparison of the oscillograms taken under Item *b*) above with those taken under similar conditions with new contacts and clean transformer oil will show whether there has been any significant alteration in the characteristics of the tap-changer such as might endanger the operation of the apparatus.

La suite des essais spécifiée ci-dessus est destinée à conduire pratiquement à la même usure des contacts que celle résultant de 20000 manœuvres sous le courant traversant nominal maximal et sous la tension d'échelon nominale correspondante.

8.2.1.3 Essai d'endurance pour sélecteur en charge

Les essais peuvent être effectués soit suivant le paragraphe 8.2.1.1 ou, soit suivant le paragraphe 8.2.1.2.

Quand les sélecteurs en charge utilisent le cycle de fonctionnement en fanion asymétrique et, compte tenu du fait que les courants de charge et de circulation avec leurs tensions de rétablissement propres sont vectoriellement soustractifs, les conditions de coupure les plus sévères du contact principal apparaissent à pleine charge et à vide (voir le tableau VI de l'annexe A).

La majorité des transformateurs ne fonctionnent pas normalement à pleine charge en service et, en conséquence, il y a toujours une usure par arc dans des conditions de courants soustractifs. C'est pourquoi, pour approcher de plus près les conditions de service normales pendant l'essai, 10000 manœuvres seront effectuées dans les conditions de pleine charge et 10000 manœuvres seront effectuées à vide.

8.2.2 Essai de pouvoir de coupure

On doit effectuer 40 manœuvres avec un courant égal à deux fois le courant traversant nominal maximal et sous tension d'échelon nominale correspondante.

Les oscillogrammes relevés pour chaque manœuvre doivent montrer que la durée d'arc n'est en aucun cas de nature à compromettre le fonctionnement de l'appareil.

L'essai de pouvoir de coupure doit être effectué, si possible, avec une impédance de passage de mêmes caractéristiques ohmiques et thermiques que celle utilisée en service. Si cela n'est pas possible, l'impédance utilisée en service sera essayée séparément dans les conditions du paragraphe 8.4.1, mais avec un courant égal à 2 fois le courant traversant nominal maximal et cela une seule fois.

8.2.3 Circuits d'essais équivalents

Les essais prévus aux paragraphes 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.2.1.3 et 8.2.2 peuvent être effectués avec des circuits équivalents à condition qu'il soit prouvé que les conditions d'essais sont pratiquement équivalentes. Deux circuits d'essais équivalents, qu'il est possible d'utiliser, sont décrits dans l'annexe C.

8.3 Essai au courant de court-circuit

Tous les contacts de différents types parcourus en permanence par le courant doivent subir l'action de courants de court-circuit d'une durée de 2 s ($\pm 10\%$) chacun. Dans le cas de changeurs de prises immergés dans l'huile, l'essai sera effectué dans de l'huile de transformateur.

Pour les changeurs de prises triphasés, il est suffisant d'essayer les contacts d'une phase seulement, sauf spécification contraire.

Trois applications seront faites avec une pointe de courant initiale de 2,5 fois ($\pm 5\%$) la valeur efficace symétrique du courant d'essai de court-circuit.

S'il n'y a pas d'enclencheur synchrone et s'il n'est pas possible d'obtenir l'application de trois courts-circuits avec une pointe de courant initiale de 2,5 fois la valeur efficace, l'essai suivant peut être employé.

La valeur symétrique du courant de l'essai en court-circuit peut être augmentée jusqu'à ce que la valeur de crête soit obtenue pour les trois applications et la durée de l'essai peut être réduite. Quand on utilise cette méthode, le produit du carré de la valeur augmentée du courant efficace par la durée réduite de l'essai ne doit pas être inférieur au produit du carré de la valeur nominale du courant efficace de court-circuit par deux secondes.

The test sequence specified above is designed to give substantially the same contact erosion as would occur during 20000 operations at maximum rated through-current and the relevant rated step voltage.

8.2.1.3 *Service duty test for selector switches*

The tests may be performed as specified in either Sub-clause 8.2.1.1 or 8.2.1.2.

When selector switches are designed for asymmetrical pennant cycle switching, owing to the load and circulating currents together with their associated recovery voltages being vectorially subtractive, the most onerous switching duties for the main contact occur at full-load and at no-load (see Table VI of Appendix A).

In service, the majority of transformers do not normally operate at full-load and, in consequence, there is always arc-erosion in the subtractive condition. Therefore, in order to approximate more closely to service conditions, the test shall be performed with 10000 operations at full-load parameters and 10000 operations at no-load parameters.

8.2.2 *Breaking capacity test*

Forty operations shall be performed at a current corresponding to twice the maximum rated through-current and at the relevant rated step voltage.

The oscillograms taken for each operation shall indicate that in no case is the arcing time such as to endanger the operation of the apparatus.

The breaking capacity test shall be performed, if possible, with a transition impedance of the same thermal and ohmic design as that to be employed in service. If this is not possible, the impedance as used in service shall be tested separately in accordance with Sub-clause 8.4.1, but with twice the maximum rated through-current for one operation only.

8.2.3 *Simulated test circuits*

The tests under Sub-clauses 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.2.1.3 and 8.2.2 may be performed with simulated circuits providing it is proven that the test conditions are substantially equivalent. Two simulated test circuits which are possible for use are described in Appendix C.

8.3 *Short-circuit current test*

All contacts of different design carrying current continuously shall be subjected to short-circuit currents, each of 2 s ($\pm 10\%$) duration. In the case of oil-immersed tap-changers, the test shall be performed in transformer oil.

In the case of three-phase tap-changers, it is sufficient to test the contacts of one phase only unless otherwise specified.

Three applications shall be made with an initial peak current of 2.5 ($\pm 5\%$) times the symmetrical r.m.s. value of the short-circuit test current.

When there are no facilities for point-on-wave switching and it is not possible to obtain three short-circuit applications with an initial peak current of 2.5 times the r.m.s. value, the following test may be used.

The symmetrical value of the short-circuit test current may be increased so that the peak current is obtained for the three applications and the test duration reduced. When using this method, the product of the square of the increased r.m.s. current and the shorter test duration shall be not less than the product of the square of the rated short-circuit r.m.s. current and the two second duration.

Le tableau III donne les valeurs des courants de court-circuit à appliquer.

TABLEAU III
Courant pour l'essai en court-circuit

Courant traversant nominal maximal (A)	100	200	400	800	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150
Courant d'essai, valeur efficace (kA)	2	3	4	8	12,5	16	20	25	31,5

Note. — Si les valeurs du courant de court-circuit exigées pour le transformateur dépassent les valeurs données dans le tableau III pour le courant traversant nominal maximal, on doit choisir un changeur de prises ayant un courant traversant nominal supérieur convenable à moins d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Pour des valeurs intermédiaires du courant traversant nominal maximal inférieures à 400 A, le courant d'essai peut être interpolé à partir des valeurs du tableau III. Pour des valeurs supérieures ou égales à 400 A, le courant d'essai doit être dix fois le courant traversant nominal maximal.

La tension à circuit ouvert pour l'essai doit être au moins égale à 50 V.

A la fin de l'essai, les contacts ne doivent pas s'être soudés ni montrer des traces de brûlures anormales.

Les parties parcourues par le courant ne doivent pas présenter de traces de déformations mécaniques permanentes.

8.4 Essai des impédances de passage

8.4.1 Résistances de passage

L'essai sera effectué avec le courant traversant nominal maximal et sous la tension d'échelon nominale correspondante.

La résistance sera montée soit sur le changeur de prises comme en service, soit séparément dans des conditions thermiques équivalentes.

La résistance supportera la puissance sous forme d'impulsions en nombre équivalent à la moitié d'un cycle de fonctionnement ininterrompu (voir le paragraphe 4.15), le mécanisme d'entraînement fonctionnant à sa vitesse normale de service. La température finale de la résistance sera déterminée et notée.

L'échauffement au-dessus du milieu ambiant ne doit pas dépasser 260 °C pour des changeurs de prises dans l'air ou 200 °C pour des changeurs de prises dans l'huile (comme défini dans la note 1 du paragraphe 2a)).

La température des résistances refroidies par air et des parties en contact avec elles sera limitée à une valeur telle que les caractéristiques de l'ensemble ne soient pas dégradées.

S'il n'est pas possible de mesurer la température de la résistance de passage comme indiqué ci-dessus, on utilisera la méthode donnée dans l'annexe B.

Note. — Dans les cas où le courant traversant nominal, ou la tension d'échelon nominale correspondante, est différent du courant traversant nominal maximal et de la tension d'échelon nominale correspondante, il est admis de calculer l'échauffement atteint par les résistances à partir des résultats de l'essai de type.

8.4.2 Bobines d'inductance de passage

Les bobines d'inductance de passage sont normalement essayées conformément à la spécification du transformateur avec lequel le changeur de prises est destiné à fonctionner.

Note. — Il y a lieu de prendre des précautions lors du calcul des bobines d'inductance de passage pour éviter de forts appels de courant lors de la commutation.

The values of the short-circuit test current to be applied shall be as given in Table III.

TABLE III
Short-circuit test current

Maximum rated through-current (A)	100	200	400	800	1250	1600	2000	2500	3150
Test current r.m.s. value (kA)	2	3	4	8	12.5	16	20	25	31.5

Note. — If the short-circuit requirements of the transformer exceed that given in Table III for the maximum rated through-current of the tap-changer, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, a tap-changer of the appropriate higher maximum rated through-current shall be adopted.

For intermediate values of maximum rated through-current up to 400 A, the test current may be interpolated from Table III. For values above 400 A, the test current shall be ten times the maximum rated through-current.

The open-circuit voltage for the test shall be at least 50 V.

At the conclusion of the test, the contacts shall not have welded together and shall not show abnormal signs of current marking.

Current-carrying parts shall not show signs of permanent mechanical distortion.

8.4 *Transition impedance test*

8.4.1 *Transition resistors*

The test shall be performed at the maximum rated through-current and at the relevant rated step voltage.

The resistor shall be mounted in the tap-changer as in service or separately under equivalent thermal conditions.

The resistor shall be subjected to a number of power-impulses equivalent to one-half of one cycle of un-interrupted operation (see Sub-clause 4.15) with the driving mechanism operating at its normal speed. The final temperature of the resistor shall be determined and recorded.

The temperature rise above the surrounding medium must not exceed 260 °C for air environment tap-changers or 200 °C for oil environment tap-changers (as defined in Note 1 of Sub-clause 2a)).

The temperature of air cooled resistors and of parts adjacent to them shall be limited to a value such that the characteristics of the assembly are not affected.

If it is not practicable to determine the temperature of the transition resistor according to the above, the method given in Appendix B may then be employed.

Note. — In cases where the rated through-current or the relevant rated step voltage is different from the maximum rated through-current and the relevant rated step voltage, it is permissible to calculate the thermal rating of the resistor from the results of the type test.

8.4.2 *Transition reactors*

Transition reactors are normally tested in accordance with the specification for the transformer with which the tap-changer is intended for use.

Note. — Precautions should be taken in the design of the transition reactors to avoid high inrush currents during switching.

8.5 Essais mécaniques

8.5.1 Essai d'endurance mécanique

Si le changeur de prises est du type immergé dans l'huile, il devra être assemblé et rempli d'huile de transformateur propre, ou immergé dans une cuve d'essai remplie d'huile propre de transformateur et manœuvré dans les conditions normales de service. Les contacts ne seront pas alimentés et la totalité de l'étendue de réglage sera utilisée jusqu'à ce que 200 000 opérations de changements de prises soient exécutées.

Pour les changeurs de prises dont l'environnement est l'air, cet essai peut être effectué à la température ambiante. Pour les changeurs de prises dont l'environnement est l'huile, la moitié des opérations sera effectuée à une température égale ou supérieure à 75 °C et l'autre moitié à une température plus basse, par exemple durant les périodes d'échauffement ou de refroidissement, des cycles quotidiens de température pouvant être réalisés.

Dix oscillogrammes sans charge seront pris pour le commutateur et le sélecteur de prises ou le sélecteur en charge au début et à la fin de l'essai d'endurance mécanique. La comparaison de ces enregistrements ne doit pas montrer de différence sensible.

Pour les deux types de changeurs de prises à environnement dans l'air et à environnement dans l'huile, 100 opérations seront effectuées à -25 °C sur le commutateur seul ou sur le sélecteur en charge, avec enregistrement oscillographique de la manœuvre du commutateur ou du sélecteur en charge. La comparaison de ces oscillogrammes avec ceux obtenus lors des essais effectués selon l'alinéa précédent doit prouver que l'appareil est adapté au service demandé.

Pendant l'essai, il ne doit être constaté ni défaut ni usure anormale des pièces mécaniques.

L'entretien normal prévu par les notices du constructeur peut être effectué durant cet essai.

Il est permis d'effectuer cet essai d'endurance mécanique séparément sur des commutateurs, sélecteurs en charge, sélecteurs de prises, ou autres parties du changeur de prises, pourvu que, dans chaque cas, l'essai reproduise mécaniquement les conditions de service normal.

8.5.2 Essai de succession des opérations

Un cycle complet de fonctionnement sera effectué avec le changeur de prises assemblé comme en service et rempli d'huile de transformateur propre s'il est du type immergé dans l'huile. Les temps successifs exacts des opérations de fonctionnement du sélecteur de prises, du présélecteur, du commutateur ou du sélecteur en charge seront enregistrés avec les contacts alimentés à la tension du dispositif d'enregistrement.

8.5.3 Essai de tenue à la pression et au vide

Sur demande, des essais peuvent être effectués pour déterminer les valeurs de tenue à la pression et au vide des enceintes et des traversées du changeur de prises. Ces valeurs doivent être indiquées par le constructeur.

8.6 Essais diélectriques

8.6.1 Généralités

Les sollicitations diélectriques d'un changeur de prises dépendent de l'enroulement du transformateur auquel il est relié.

Le constructeur de transformateur est responsable non seulement du choix d'un changeur de prises de niveau d'isolement convenable, mais aussi du niveau d'isolement des connexions reliant le changeur de prises et les enroulements du transformateur.

Avant d'effectuer les essais décrits au paragraphe 8.6.3, les appareils du type immergés dans l'huile seront remplis d'huile de transformateur propre, ou immergés dans une cuve d'essai remplie d'huile propre de transformateur.

8.5 *Mechanical tests*

8.5.1 *Mechanical endurance test*

If the tap-changer is of oil-immersed design, it shall be assembled and filled with clean transformer oil or immersed in a test tank filled with clean transformer oil, and operated as for normal service conditions. The contacts shall not be energized and the full range of tappings shall be utilized until 200 000 tap-change operations have been performed.

For air environment tap-changers, this test may be performed at ambient temperature. For oil environment tap-changers, half the number of operations shall be performed at a temperature of not less than 75 °C and half at a lower temperature, for example during the heating or cooling period, with daily temperature cycles being permitted.

Ten no-load oscillograms for the diverter switch and tap selector or the selector switch shall be taken at the start and finish of the mechanical endurance test. Comparison of these recordings shall show no significant difference.

For both air and oil environment tap-changers, 100 operations shall be performed at -25 °C with the diverter switch only or with a selector switch and the operation of the diverter switch or selector switch oscillographically recorded. Comparison of these oscillograms with those obtained in accordance with the previous paragraph shall show suitability for service.

During the test there shall be no failure or undue wear of the mechanical parts.

Normal servicing according to the manufacturer's handbook is permitted during the test.

It is permitted to perform this mechanical endurance test separately on diverter switches, selector switches, tap selectors or other components of the tap-changer, provided that in each case the operation duplicates mechanically its normal service operation.

8.5.2 *Sequence test*

With the tap-changer assembled as in service, and if of oil-immersed design, in clean transformer oil, it shall be operated over one complete cycle of operations. With the contacts energized at the voltage of the recording equipment, the exact time sequence of operation of the tap selector, change-over selector, diverter switch or selector switch, as appropriate, shall be recorded.

8.5.3 *Pressure and vacuum tests*

If required, tests shall be performed to establish the pressure and vacuum withstand values on the compartments and bushings of the tap-changer. The manufacturer shall declare these values.

8.6 *Dielectric tests*

8.6.1 *General*

The dielectric requirements of a tap-changer depend on the transformer winding to which it is to be connected.

The transformer manufacturer shall be responsible not only for selecting a tap-changer of the appropriate insulation level, but also for the insulation level of the connecting leads between the tap-changer and the windings of the transformer.

Apparatus of oil-immersed design shall be filled with clean transformer oil or immersed in a test tank filled with clean transformer oil before the tests detailed in Sub-clause 8.6.3 are performed.

8.6.2 Classification

Pour faciliter le choix des essais diélectriques appropriés, les changeurs de prises doivent être classés selon le tableau IV.

TABLEAU IV
Classe des changeurs de prises

Classe	Domaine d'emploi
I	Pour service au point neutre des enroulements
II	Pour service en tout autre emplacement que le point neutre des enroulements

8.6.3 Nature des essais

Le niveau d'isolement des changeurs de prises doit être contrôlé par les essais de tenue à fréquence industrielle et au choc suivants :

- 1) à la terre;
- 2) entre phases;
- 3) entre les premiers et derniers contacts du sélecteur de prises ou du sélecteur en charge et, s'il y a lieu, du présélecteur;
- 4) entre deux contacts quelconques électriquement voisins du sélecteur de prises ou du sélecteur en charge ou entre tous autres contacts suivant la disposition des contacts du changeur de prises;
- 5) entre les contacts du commutateur dans leur position finale d'ouverture.

Notes 1. — En ce qui concerne le point 1) ci-dessus pour les changeurs de prises de la classe I, les essais aux chocs peuvent ne pas être toujours nécessaires. Leur suppression doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

2. — Le point 2) ci-dessus ne s'applique pas aux changeurs de prises monophasés.

3. — Des mesures de décharges partielles et des essais de choc de manœuvre sont en cours d'étude pour introduction dans la Publication 76 de la CEI pour les transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 300 kV. L'exécution d'essais appropriés à la terre et, si nécessaire, entre phases du changeur de prises devra faire l'objet d'examen.

8.6.4 Tensions d'essai

Classe I

Pour l'essai 1) les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs appropriées du tableau V. Pour les essais 2), 3), 4) et 5) les valeurs appropriées des tensions de tenue doivent être indiquées par le constructeur du changeur de prises.

Classe II

Pour les essais 1) et 2) les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs appropriées du tableau V. Pour les essais 3), 4) et 5) les valeurs appropriées des tensions de tenue doivent être indiquées par le constructeur du changeur de prises.

Note. — Certaines valeurs données dans le tableau V diffèrent des valeurs données dans le tableau VIII de la Publication 76 (1967) de la CEI qui est en cours de révision.

8.6.2 Classification

To permit selection of appropriate voltage tests, tap-changers shall be classified according to Table IV.

TABLE IV
Classes of tap-changers

Class	Application
I	For use at the neutral point of windings
II	For use at a position other than the neutral point of windings

8.6.3 Nature of tests

The insulation level of the tap-changer shall be proved by the following power frequency and/or impulse voltage withstand tests:

- 1) to earth;
- 2) between phases;
- 3) between the first and last contacts of the tap selector or selector switch and, where fitted, of the change-over selector;
- 4) between any two adjacent contacts of the tap selector or selector switch or any other contacts relevant to the tap-changer contact configuration;
- 5) between diverter switch contacts in their final open position.

Notes 1. — Regarding Item 1) above, for Class I tap-changers impulse voltage tests may not always be necessary. Their omission shall be subject to agreement between the manufacturer and purchaser.

2. — Item 2) above does not apply to single-phase tap-changers.

3. — Partial discharge measurements and switching impulse tests are being considered for inclusion in IEC Publication 76, for transformers with highest voltage of equipment equal to or higher than 300 kV. Consideration should be given to the application of the appropriate tests to earth and, where applicable, between phases of the tap-changer.

8.6.4 Test voltages

Class I

For test 1), the test voltage shall preferably comply with an appropriate value from Table V. For tests 2), 3), 4) and 5), appropriate withstand values shall be declared by the manufacturer of the tap-changer.

Class II

For tests 1) and 2), test voltages shall preferably comply with the appropriate values from Table V. For tests 3), 4) and 5), appropriate withstand values shall be declared by the manufacturer of the tap-changer.

Note. — Certain values in Table V differ from the values given in Table VIII of IEC Publication 76 (1967), which is under revision.

TABLEAU V

Tension d'essai

Série I (d'après la pratique courante en dehors de l'Amérique du Nord)

Tension d'essai de tenue à fréquence industrielle (efficace) (kV)	Tension d'essai de tenue au choc de foudre (crête) (kV)
10	40
20	60
28	75
38	95
50	125
70	170
95	250
140	325
185	450
230	550
275	650
325	750
360	850
395	950
460	1050

Série II (d'après la pratique courante en Amérique du Nord)

Tension d'essai de tenue à fréquence industrielle (efficace) (kV)	Tension d'essai de tenue au choc de foudre (crête) (kV)
19	75
34	110
50	150
70	200
140	350
185	450
230	550
275	650
325	750
360	850
395	950
460	1050

TABLE V

Test voltage

Series I (based on current practice other than in North America)

Power-frequency test voltage (r.m.s.) (kV)	Lightning impulse test voltage (peak) (kV)
10	40
20	60
28	75
38	95
50	125
70	170
95	250
140	325
185	450
230	550
275	650
325	750
360	850
395	950
460	1050

Series II (based on current practice in North America)

Power-frequency test voltage (r.m.s.) (kV)	Lightning impulse test voltage (peak) (kV)
19	75
34	110
50	150
70	200
140	350
185	450
230	550
275	650
325	750
360	850
395	950
460	1050

8.6.5 Application des tensions d'essai

Pour les essais diélectriques, le changeur de prises sera assemblé, disposé et séché suivant une méthode analogue à celle utilisée en service. Toutefois, il n'est pas nécessaire de matérialiser les connexions qui relient le changeur de prises aux enroulements du transformateur. Les essais peuvent être réalisés sur des éléments constituant séparés, sous réserve de démontrer que l'on se trouve dans les mêmes conditions diélectriques.

Pour l'essai 1) et l'essai 2) effectués sur des changeurs de prises de la classe II, les parties sous tension de chaque phase seront court-circuitées et reliées à la source de tension ou à la terre comme il convient.

Lorsque le changeur de prises comporte un isolement extérieur par rapport à la terre, cet isolement extérieur sera contrôlé selon les essais correspondants de la Publication 137 de la CEI: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V.

8.6.6 Essai de tension à fréquence industrielle

L'essai sera effectué avec une tension alternative monophasée, conformément à la Publication 60 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, à la valeur spécifiée. La durée de chaque application de tension sera de 60 s.

8.6.7 Essai au choc de foudre

La forme de l'onde utilisée pour les essais doit être la forme normalisée (1,2/50 μ s) définie par la Publication 60 de la CEI. Chaque essai comprendra trois applications de tension de polarité positive et trois applications de tension de polarité négative, à la valeur demandée.

8.6.8 Mesure des décharges partielles

A l'étude (voir le paragraphe 8.6.3, note 3).

8.6.9 Essai de choc de manœuvre

A l'étude (voir le paragraphe 8.6.3, note 3).

8.7 Certificat d'essais de type

Le certificat doit comprendre:

- a) tous les détails du dispositif d'essai utilisé (c'est-à-dire montage, disposition, séchage) avec des croquis explicatifs si nécessaire;
- b) tous les détails de tous les essais effectués conformément aux paragraphes 8.1 à 8.6.
- c) s'il y a lieu, tous les détails des dispositifs de limitation des surtensions transitoires (voir le paragraphe 7.1).

9. Essais individuels

Les essais individuels suivants doivent être exécutés sur chaque changeur de prises terminé:

- essai mécanique (paragraphe 9.1);
- essai de succession des opérations (paragraphe 9.2);
- essai diélectrique des circuits auxiliaires (paragraphe 9.3).

Note. — L'attention est attirée sur les essais qui doivent être effectués sur le changeur de prises après montage sur le transformateur suivant les détails donnés au paragraphe 8.8 de la Publication 76-1 de la CEI.

9.1 Essai mécanique

Le changeur de prises étant complètement assemblé, mais les contacts n'étant pas alimentés, dix cycles de fonctionnement complets doivent être effectués sans incident.

8.6.5 *Application of test voltages*

For the voltage tests, the tap-changer shall be assembled, arranged and dried-out in a manner similar to that in service. It is not, however, necessary to include leads for connecting the tap-changer to the windings of a transformer. Tests may be performed on separate components provided it can be shown that the same dielectric conditions apply.

For test 1) and test 2) in the case of Class II tap-changers, the live parts of each phase shall be short-circuited and connected either to the voltage source or to earth as appropriate.

Where the tap-changer incorporates external insulation to earth, this external insulation shall be proved in accordance with the relevant tests included in IEC Publication 137, Bushings for Alternating Voltages Above 1000 V.

8.6.6 *Power-frequency voltage test*

The test shall be performed with a single-phase alternating voltage in accordance with IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques, at the required value. The duration of each test application shall be 60 s.

8.6.7 *Lightning impulse voltage test*

The wave for the test shall be the standard 1.2/50 μ s impulse as defined in IEC Publication 60. Each test shall comprise three voltage applications of positive polarity and three of negative polarity, at the required value.

8.6.8 *Measurement of partial discharges*

Under consideration (see Sub-clause 8.6.3, Note 3).

8.6.9 *Switching impulse test*

Under consideration (see Sub-clause 8.6.3, Note 3).

8.7 *Type-test certificate*

The certificate shall include:

- a) full details of the test arrangements adopted (e.g. assembly, arrangement and drying out) with explanatory sketches as necessary;
- b) full details of all tests applied in accordance with Sub-clauses 8.1 to 8.6;
- c) full details of limiting devices for transient voltages, where appropriate (see Sub-clause 7.1).

9. **Routine tests**

The following routine tests shall be performed on each completed tap-changer:

- mechanical test (Sub-clause 9.1);
- sequence test (Sub-clause 9.2);
- auxiliary circuits insulation test (Sub-clause 9.3).

Note. — Attention is drawn to tests to be carried out on tap-changers after assembly on transformers, which are detailed in Sub-clause 8.8 of IEC Publication 76-1.

9.1 *Mechanical test*

With the tap-changer fully assembled but without the contacts energized, ten complete cycles of operation shall be performed without failure.

9.2 Essai de succession des opérations

Pendant le déroulement de l'essai mécanique individuel suivant le paragraphe 9.1, on procédera à l'enregistrement de la succession des opérations du changeur de prises, cet enregistrement étant fait sous forme d'oscillogrammes pour le commutateur ou le sélecteur en charge. Les résultats de ces enregistrements devront être pratiquement comparables à ceux obtenus au cours des essais de succession des opérations du paragraphe 8.5.2.

9.3 Essai diélectrique des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires du changeur de prises doivent supporter sans incident une tension d'essai à fréquence industrielle de 2 kV appliquée pendant 1 min entre toutes les bornes sous tension et la masse.

10. Plaque indicatrice

Chaque changeur de prises sera muni d'une plaque indicatrice en matériau résistant aux intempéries, placée dans une position visible et portant au moins les indications ci-dessous. Les inscriptions doivent être faites d'une façon indélébile (par exemple gravure chimique, gravure mécanique ou poinçonnage):

- a) numéro et année de la norme nationale et/ou de cette norme de la CEI;
- b) nom du constructeur;
- c) numéro de série du constructeur;
- d) désignation du type du constructeur;
- e) année de fabrication.

SECTION QUATRE — PRESCRIPTIONS POUR LES MÉCANISMES D'ENTRAÎNEMENT À MOTEUR POUR CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

11. Conception et construction

11.1 Conformité des composants aux normes de la CEI

Sauf spécification contraire, les composants des mécanismes d'entraînement à moteur devront être conformes aux normes correspondantes de la CEI.

11.2 Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires

Le moteur d'entraînement et le dispositif de contrôle du mécanisme d'entraînement à moteur doivent être conçus pour pouvoir fonctionner correctement entre les limites de 85% à 110% de la tension nominale, et de 90% à 105% de la fréquence nominale pour le courant alternatif et de 80% à 110% de la tension nominale pour le courant continu.

11.3 Dispositif de marche cran par cran

Le schéma du dispositif de marche cran par cran doit être conçu de manière à ne permettre qu'un seul changement de tension dans le cas où les ordres sont maintenus, immédiatement répétés ou simultanés en provenance de différentes origines lors d'un changement de position de réglage. Cette exigence s'applique aussi dans le cas de défauts à la terre ou de rupture d'un fil de commande.

9.2 *Sequence test*

During the routine mechanical test under Sub-clause 9.1, a sequence of operations of the tap-changer shall be recorded, the operation of the diverter switch or selector switch being recorded oscillographically. The results of this recording shall be substantially in agreement with those of the sequence type test from Sub-clause 8.5.2.

9.3 *Auxiliary circuits insulation test*

The tap-changer auxiliary circuits shall withstand without failure a power frequency test voltage of 2 kV applied for 1 min between all live terminals and the frame.

10. **Nameplate**

Each tap-changer shall be provided with a nameplate of weather-proof material fitted in a visible position showing at least the items indicated below. The entries shall be indelibly marked (e.g. by etching, engraving or stamping):

- a) number and year of the national standard and/or of this IEC standard;
- b) manufacturer's name;
- c) manufacturer's serial number;
- d) manufacturer's type designation;
- e) year of manufacture.

SECTION FOUR — REQUIREMENTS FOR MOTOR-DRIVE MECHANISMS FOR ON-LOAD TAP-CHANGERS

11. **Design and construction**

11.1 *Compliance of component parts with IEC standards*

Unless otherwise specified, component parts of motor-drive mechanisms shall comply with the relevant IEC standards.

11.2 *Permissible variation of auxiliary supply*

The driving motor and the electrical control of the motor-drive mechanism shall be designed to operate satisfactorily within the limits of 85% to 110% of rated voltage and 90% to 105% of rated frequency for an a.c. voltage and between 80% and 110% of rated voltage for a d.c. voltage.

11.3 *Step-by-step control*

The step-by-step circuit shall be designed in such a way as to operate the tap-changer by one complete voltage step only in the case of signals which may be continuous or immediately repetitive as well as simultaneous from separate sources within one tap-change operation. This requirement applies also in the case of earth faults or interruption of a control wire.

11.4 *Indicateur de position de réglage*

- 1) La position du changeur de prises sera indiquée sur le mécanisme d'entraînement à moteur par un dispositif fonctionnant mécaniquement. Cette indication de position sera visible à travers un hublot lorsque l'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur est fermée.
- 2) Sur demande, un émetteur électrique de position à distance peut être fourni pour indiquer la position du changeur de prises dans la salle de commande.

11.5 *Indication du changement de prises en cours de réglage*

Sur demande, un dispositif adapté peut être installé pour permettre d'indiquer à distance que le mécanisme d'entraînement à moteur est en train d'effectuer un changement de position.

11.6 *Dispositifs de fin de course*

Tous les mécanismes d'entraînement à moteur seront munis de dispositifs de fin de course à la fois électriques et mécaniques. Les contacts du dispositif électrique seront branchés à la fois dans les circuits de commande et dans ceux du moteur.

11.7 *Dispositifs de marche en parallèle*

La fourniture de ces dispositifs doit faire l'objet d'un accord, l'acheteur étant responsable de la fourniture des renseignements nécessaires à une spécification correcte.

11.8 *Protection du sens de marche*

Sur demande, un dispositif pour empêcher le fonctionnement dans le mauvais sens d'un moteur triphasé peut être fourni après accord entre le constructeur et l'acheteur.

11.9 *Dispositif de blocage sur surintensité*

Si les conditions d'utilisation du transformateur l'exigent, ce dispositif peut être installé après accord entre le constructeur et l'acheteur.

11.10 *Compteur de manœuvres*

Un compteur à six chiffres sera fourni.

11.11 *Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur*

Une manivelle amovible doit être fournie pour permettre le fonctionnement manuel du changeur de prises, avec un dispositif de blocage du moteur agissant avant la mise en place effective de la manivelle sur l'axe d'entraînement à main.

Le sens de rotation doit être indiqué à proximité du point de mise en place de la manivelle ainsi que le nombre de tours de manivelle nécessaires pour effectuer une opération de changement de prises.

Note. — La conception du mécanisme doit permettre la commande à main par un homme, sans effort anormal. On estime que cette condition est remplie si le couple maximal à appliquer à la manivelle ne dépasse pas 50 Nm.

11.12 *Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur*

Le niveau de protection de l'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur doit être conforme au degré IP 44 suivant la Publication 144 de la CEI: Degrés de protection des enveloppes pour l'appareillage à basse tension. Des moyens appropriés devant être utilisés pour prévenir la condensation.

11.4 *Tap position indicator*

- 1) The position of the tap-changer shall be indicated on the motor-drive mechanism by means of a mechanically operated device. This tap position shall be visible through an inspection window while the motor-drive cubicle is closed.
- 2) If required, an electrical remote position transmitter may be provided for indicating the tap-changer position in the control room.

11.5 *Tap-change in progress indication*

If required, a suitable device may be fitted to operate a means of indicating at a remote point that the motor-drive mechanism is performing a tap-change operation.

11.6 *Limiting devices*

All motor-drive mechanisms shall be provided with both electrical and mechanical limiting devices. The contacts of the electrical limiting device shall be connected into the control and motor circuits.

11.7 *Parallel control devices*

Provision of the necessary devices is to be agreed, the purchaser being responsible for ensuring that the correct requirements are specified.

11.8 *Direction of rotation protection*

If required, a device for prevention of incorrect rotation of three-phase motors may be fitted by agreement between manufacturer and purchaser.

11.9 *Overcurrent blocking device*

If required by the operational conditions of the transformer, this device may be fitted by agreement between manufacturer and purchaser.

11.10 *Operation counter*

A six figure counter shall be provided.

11.11 *Manual operation of the motor-drive mechanism*

A removable crank shall be provided for manual operation of the tap-changer, with blocking of the motor-drive taking place before actual engagement of the crank with the manual operating shaft.

The direction of rotation shall be provided adjacent to the hand crank engagement point and the number of crank rotations required for one tap-change operation shall be given.

Note. — The design of the mechanism should permit manual operation by one man without undue effort. It can be assumed that this condition is satisfied if the maximum torque which has to be applied to the crank handle does not exceed 50 Nm.

11.12 *Motor-drive cubicle*

The motor-drive cubicle shall meet with the protection requirements of IP 44 according to IEC Publication 144, Degrees of Protection of Enclosures for Low-voltage Switchgear and Controlgear, and shall be protected against condensation by suitable means.

Sur demande, d'autres degrés de protection suivant la Publication 144 de la CEI pourront faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

12. Essais de type

12.1 Essai de tenue mécanique

L'arbre de sortie du mécanisme d'entraînement à moteur doit être soumis à la charge du plus gros changeur de prises pour lequel il a été conçu ou à une charge représentative équivalente déterminée par les conditions de service; 200 000 manœuvres doivent être effectuées avec cette charge sur toute l'étendue de prises.

Note. — Un dispositif de refroidissement supplémentaire du moteur peut être utilisé pendant l'essai.

Durant cet essai, 5 000 manœuvres seront effectuées à la tension minimale et 5 000 manœuvres seront effectuées à la tension maximale, ces tensions étant celles définies au paragraphe 11.2. On effectuera également 100 manœuvres à une température de -25°C .

Durant cet essai on vérifiera que le fonctionnement est correct et conforme aux prescriptions des paragraphes 11.4, point 1), 11.6, 11.10 et 11.11.

L'essai doit s'accomplir sans incident et sans usure anormale des parties mécaniques.

L'entretien normal prévu par la notice du constructeur peut être effectué pendant l'essai.

12.2 Essai de dépassement des positions extrêmes

Il doit être prouvé que, dans le cas d'un défaut des interrupteurs électriques de fin de course, les dispositifs de fin de course mécaniques empêchent des manœuvres au-delà des positions extrêmes dans le cas d'un changement de position par la commande électrique et que le mécanisme d'entraînement à moteur n'est endommagé ni électriquement ni mécaniquement.

12.3 Degré de protection de l'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur

Lorsque ces prescriptions sont applicables, l'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur sera essayée d'après les prescriptions de la Publication 144 de la CEI.

13. Essais individuels

13.1 Essais mécaniques

1) Dix cycles de fonctionnement en commande électrique seront exécutés sans incident par le mécanisme d'entraînement à moteur placé dans les conditions de service ou soumis à une charge représentative équivalente. Durant cet essai on vérifiera que le fonctionnement est correct et conforme aux prescriptions de l'article 11 quand elles s'appliquent.

2) A la suite de l'essai selon le point 1) ci-dessus, on effectuera sans incident deux autres cycles de fonctionnement, l'un au niveau minimal, l'autre au niveau maximal de la tension nominale des auxiliaires.

Note. — Les essais mécaniques peuvent être effectués séparément sur le mécanisme d'entraînement à moteur ou conformément au paragraphe 9.1.

13.2 Essai diélectrique des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires, sauf le moteur et les autres éléments qui sont essayés à des tensions d'essais inférieures suivant les normes de la CEI correspondantes, devront supporter une tension de 2 kV à fréquence industrielle appliquée pendant 1 min entre toutes les bornes sous tension et le châssis.

If required, other degrees of protection according to IEC Publication 144 may be agreed between manufacturer and purchaser.

12. Type tests

12.1 Mechanical load test

The motor-drive mechanism output shaft shall be loaded by the largest tap-changer for which it is designed or by an equivalent simulated load, based on service conditions; at such a load, 200 000 operations shall be performed across the whole tapping range.

Note. — Additional cooling of the motor-drive is permissible during this test.

During this test 5000 operations shall be performed at the minimum voltage and 5000 operations at the maximum voltage as specified in Sub-clause 11.2. Also, 100 operations shall be performed at a temperature of -25°C .

The correct functioning to the requirements of Sub-clauses 11.4, Item 1), 11.6, 11.10 and 11.11 shall be verified during this test.

The test shall be completed without failure or any undue wear of the mechanical parts.

Normal servicing according to the manufacturer's handbook is permitted during the test.

12.2 Overrun test

It shall be demonstrated that in the event of a failure of the electrical limit switches, the mechanical end stops prevent operation beyond the end positions when a motorized tap-change is performed and that the motor-drive mechanism will not suffer either electrical or mechanical damage.

12.3 Degree of protection of motor-drive cubicle

When applicable, the motor-drive cubicle shall be tested in accordance with IEC Publication 144.

13. Routine tests

13.1 Mechanical tests

1) The motor-drive mechanism in the service condition or with an equivalent simulated load shall be operated electrically for ten cycles of operation without failure. During this test, correct functioning to any requirements of Clause 11, where relevant, shall be checked.

2) After the test under Item 1) above, two further cycles of operation shall be performed, one at the minimum and one at the maximum level of the rated voltage of the auxiliary supply, also without failure.

Note. — The mechanical tests may be performed on the motor-drive mechanism separately or as under Sub-clause 9.1.

13.2 Auxiliary circuits insulation test

Auxiliary circuits, except the motor and such elements which are to be tested with lower test voltages according to the appropriate IEC standards, shall withstand a power-frequency voltage of 2 kV applied for 1 min between all live terminals and the frame.

14. Plaque indicatrice

Chaque mécanisme d'entraînement à moteur sera muni d'une plaque indicatrice en matériau résistant aux intempéries, placée dans une position visible et portant les indications ci-dessous. Les inscriptions doivent être faites d'une façon indélébile (par exemple gravure chimique, gravure mécanique ou poinçonnage):

- a) numéro et année de la norme nationale et/ou de cette norme de la CEI;
- b) nom du constructeur;
- c) numéro de série et désignation du type du constructeur;
- d) année de fabrication;
- e) tension nominale et fréquence nominale du moteur électrique;
- f) tension nominale et fréquence nominale de l'équipement de contrôle et de commande;

Note pour les points e) et f). — Dans le cas d'alimentation en courant continu le symbole --- sera utilisé à la place de l'indication de la fréquence nominale.

- g) nombre de positions de réglage de service.

14. Nameplate

Each motor-drive mechanism shall be provided with a nameplate of weatherproof material, fitted in a visible position showing the appropriate items indicated below. The entries shall be indelibly marked (e.g. by etching, engraving or stamping):

- a) number and year of the national standard and/or of this IEC standard;
- b) manufacturer's name;
- c) manufacturer's serial number and type designation;
- d) year of manufacture;
- e) rated voltage and rated frequency for the electric motor;
- f) rated voltage and rated frequency for the control equipment;

Note to Items e) and f). — In the case of direct current supply, the symbol $\text{—}=\text{—}$ should be used instead of the indication of the rated frequency.

- g) number of service tapping positions.

ANNEXE A

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES SUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT CONCERNANT UNIQUEMENT LES CHANGEURS DE PRISES À RÉISTANCES DE PASSAGE

(Section trois, paragraphe 8.2)

A1. Définitions complémentaires

A1.1 Cycle de fonctionnement en drapeau*

Méthode d'exécution d'une opération de changement de prise dans laquelle le courant traversant est commuté des contacts principaux avant que le courant de circulation ne s'établisse.

Note. — Ce cycle exige que la sortie du courant traversant soit au point milieu de l'impédance de passage lorsque celle-ci est parcourue par le courant de circulation.

A1.2 Cycle de fonctionnement en fanion symétrique*

Méthode d'exécution d'une opération de changement de prise dans laquelle le courant de circulation s'établit avant que le courant traversant ne soit commuté des contacts principaux.

Note. — Ce cycle exige que la sortie du courant traversant soit au point milieu de l'impédance de passage lorsque celle-ci est parcourue par le courant de circulation.

A1.3 Cycle de fonctionnement en fanion asymétrique*

Méthode d'exécution d'une opération de changement de prise dans laquelle, pour un sens du mouvement de commutateur, le courant de circulation s'établit avant que le courant traversant ne soit commuté des contacts principaux, alors que dans l'autre sens du mouvement le courant traversant est commuté avant que le courant de circulation ne s'établisse.

Notes 1. — Ce cycle exige que la sortie du courant traversant soit établie à une extrémité de l'impédance de passage lorsque celle-ci est parcourue par le courant de circulation.

2. — Les changeurs de prises utilisant le cycle de fonctionnement en fanion asymétrique sont normalement utilisés pour de faibles charges circulant dans un seul sens.

A2. Conditions de fonctionnement des contacts principaux et des contacts de passage

A2.1 Le tableau VI montre les dispositions de principe des contacts utilisées pour les cycles de fonctionnement en drapeau et en fanion dans les commutateurs et les sélecteurs en charge. Pour chaque fonction, une seule paire de contacts a été représentée alors qu'en pratique cette paire de contacts peut représenter un jeu de contacts.

A2.2. Le tableau VI donne également le nombre d'opérations de commutations de circuit exécutées, ainsi que les conditions de fonctionnement de chaque paire de contacts pour chaque combinaison de courant coupé et de tension de rétablissement durant un nombre de cycles de fonctionnement correspondant à N opérations de changement de prises.

* L'origine de l'appellation «cycle de fonctionnement en drapeau» et «cycle de fonctionnement en fanion» provient de la forme du diagramme vectoriel qui explicite les tensions secondaires du transformateur lors du passage d'une prise à la prise voisine. Dans le «cycle de fonctionnement en drapeau» la variation de tension comprend quatre étapes tandis que dans le «cycle de fonctionnement en fanion» il n'apparaît que deux étapes (voir les figures 1 à 3, page 46).

APPENDIX A

SUPPLEMENTARY INFORMATION ON SWITCHING DUTY RELATING TO TAP-CHANGERS WITH RESISTOR TRANSITION ONLY

(Section Three, Sub-clause 8.2)

A1. Additional definitions

A1.1 *Flag cycle**

A method of performing a tap-change operation in which the through-current is diverted from the main contacts before the circulating current starts to flow.

Note. — This cycle requires that the through-current connection is at the midpoint of the transition impedance when this is carrying the circulating current.

A1.2 *Symmetrical pennant cycle**

A method of performing a tap-change operation in which the circulating current starts to flow before the through-current is diverted from the main contacts.

Note. — This cycle requires that the through-current connection is at the midpoint of the transition impedance when this is carrying the circulating current.

A1.3 *Asymmetrical pennant cycle**

A method of performing a tap-change operation in which, in one direction of movement of the switch, the circulating current starts to flow before the through-current is diverted from the main contacts, while in the other direction of movement the through-current is diverted before the circulating current starts to flow.

Notes 1. — This cycle requires that the through-current connection is at one end of the transition impedance when this is carrying circulating current.

2. — Tap-changers employing the asymmetrical pennant cycle are normally used with load flow in one direction only.

A2. Duty on main and transition contacts

A2.1 Table VI shows typical contact arrangements used for flag and pennant cycles on diverter switches and selector switches. Only one pair of contacts is shown for each function, although in practice this may represent a set of contacts.

A2.2 Table VI also shows the number of circuit-transfer operations performed, together with the duty performed, by each pair of contacts for each combination of switched current and recovery voltage during a number of cycles of operation corresponding to N tap-change operations.

* The derivation of the designations “flag cycle” and “pennant cycle” arises from the appearance of the vector diagrams showing the change in output voltage of the transformer in moving from one tapping to the adjacent one. In the “flag cycle” the change of voltage comprises four steps, while in the “pennant cycle” only two steps occur. (see Figures 1 to 3, page 47).

A2.3 Dans les expressions du courant et de la tension du tableau VI les signes + et - indiquent des additions et soustractions vectorielles et non pas algébriques. Les conditions de fonctionnement des contacts sont par conséquent affectées par le facteur de puissance de la charge du transformateur qui détermine l'angle de phase entre le courant traversant I et la tension d'échelon E . Le tableau VII montre l'influence du facteur de puissance sur les conditions de fonctionnement des différents contacts.

A2.4 Si l'impédance de passage est divisée en deux parties, celles-ci sont supposées être égales entre elles et égales à la valeur R .

A2.5 Les dispositions montrées ne sont pas limitatives; d'autres dispositions existent et sont utilisées, par exemple les cycles de fonctionnement à résistances multiples qui sont une extension, soit du cycle de fonctionnement en drapeau, soit du cycle de fonctionnement en fanion.

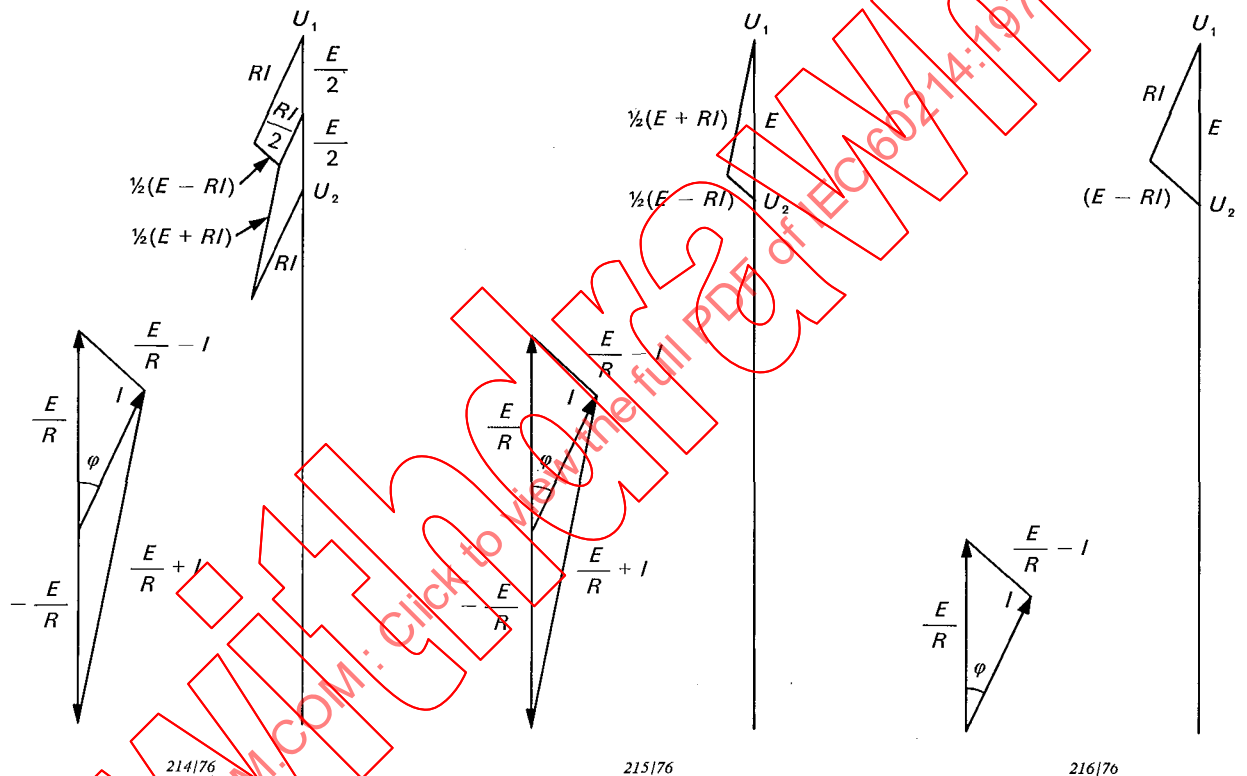


FIG. 1. — Cycle de fonctionnement en drapeau. FIG. 2. — Cycle de fonctionnement en fanion symétrique. FIG. 3. — Cycle de fonctionnement en fanion asymétrique.

A2.3 In the expressions for current and voltage in Table VI, the + and – signs indicate vectorial addition and subtraction, not algebraic. The duty on the contacts is consequently affected by the power-factor of the load on the transformer, which controls the phase angle between the through-current I , and the step voltage E . The effect of the load power-factor on the duty of the various contacts is shown in Table VII.

A2.4 If the transition impedance is divided into two units, these are assumed to be of equal value, each equal to R .

A2.5 The arrangements shown are by no means exhaustive; other possible arrangements exist and are used, such as the multiple resistor cycle, which may be an extension of either the flag cycle or pennant cycle principle.

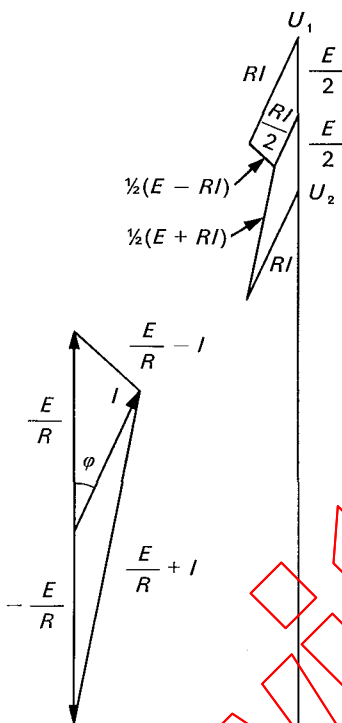


FIG. 1. — Flag cycle.



FIG. 2. — Symmetrical pennant cycle.

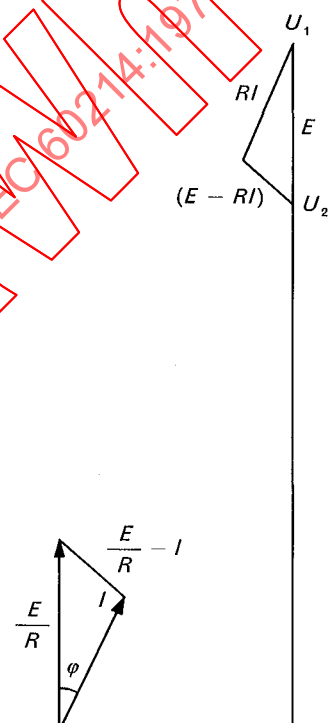


FIG. 3. — Asymmetrical pennant cycle.

TABLEAU VI
Conditions de fonctionnement des contacts principaux et des contacts auxiliaires

Type d'interrupteur	Cycle de fonctionnement	Diagramme de connexions	Ordre de manœuvre des contacts	Condition de fonctionnement des contacts principaux				Condition de fonctionnement des contacts auxiliaires			
				Contact	Courant commuté	Tension de rétablissement	Nombre d'opérations	Contact	Courant commuté	Tension de rétablissement	Nombre d'opérations
Commutateur	Cycle en drapeau		W coupé	W	I	RJ	N/2	X	1/2(E/R+D)	E+RJ	N/4
			Y fermé						1/2(E/R-D)	E-RJ	N/4
			X coupé	X	I	RJ	N/2	Y	1/2(E/R+D)	E+RJ	N/4
			Z fermé	Z	I	RJ	N/2		1/2(E/R-D)	E-RJ	N/4
	Cycle en fanion symétrique		L fermé	L	E/R+I	1/2(E+RD)	N/4	K	E/R	E	N/2
			J coupé	J	E/R-I	1/2(E-RD)	N/4				
			M fermé	M	E/R+I	1/2(E+RD)	N/4	L	E/R	E	N/2
			K coupé	K	E/R-I	1/2(E-RD)	N/4				
Sélecteur en charge	Cycle en drapeau		C coupé					A	1/2(E/R+D)	E+RJ	N/2
			B coupé	B	I	RJ	N/2				
			C fermé								
			A coupé					C	1/2(E/R-D)	E-RJ	N/2
	Cycle en fanion asymétrique		A fermé					S		E	N/2
			T coupé	T	I	RJ	N/2		E/R		
			T fermé								
			S coupé		(E/R-D)	(E-RD)	N/2		0	0	N/2

(Voir les notes, page 50.)

TABLE VI
Duty on main and transition contacts

Type of switch	Operating cycle	Diagram of connections	Contact operating order	Main contact duty				Transition contact duty			
				Contact	Switched current	Recovery voltage	Number of operations	Contact	Switched current	Recovery voltage	Number of operations
Diverter switch	Flag cycle		W breaks	W	I	R _I	N/2	X	1/2(E/R+D)	E+R _I	N/4
			X makes						1/2(E/R-D)	E-R _I	N/4
			X breaks	Z	I	R _I	N/2	Y	1/2(E/R+D)	E+R _I	N/4
			Z makes						1/2(E/R-D)	E-R _I	N/4
	Symmetrical pennant cycle		L makes	L	E/R+I	1/2(E+R _D)	N/4	K	E/R	E	N/2
			J breaks		E/R-I	1/2(E-R _I)	N/4				
Selector switch	Flag cycle		M makes	M	E/R+I	1/2(E+R _D)	N/4	L	E/R	E	N/2
			K breaks		E/R-I	1/2(E-R _I)	N/4				
			C breaks					A	1/2(E/R+D)	E+R _I	N/2
			B breaks								
			C makes	B	I	R _I	N/2				
			A breaks					C	1/2(E/R-D)	E-R _I	N/2
	Asymmetrical pennant cycle		B makes								
			A makes								
			T breaks	T	I	R _I	N/2		E/R	E	N/2
			T makes								
			S breaks		(E/R-D)	(E-R _D)	N/2	S	0	0	N/2
			S makes								

(See notes on page 51)