

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 214

Première édition — First edition

1966

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

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60214:1966

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 214

Première édition — First edition

1966

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 Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Grandeurs nominales	10
4. Essais de type	10
4.1 Echauffement des contacts	10
4.2 Essais de coupure	10
4.3 Essai au courant de court-circuit	12
4.4 Essai des impédances de passage	14
4.5 Essai d'endurance mécanique	16
4.6 Essais diélectriques	16
5. Essais individuels	22
5.1 Essai mécanique	22
5.2 Essais diélectriques	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Ratings	11
4. Type tests	11
4.1 Temperature rise of contacts	11
4.2 Switching tests	11
4.3 Short-circuit current test	13
4.4 Transition impedance test	15
4.5 Mechanical endurance test	17
4.6 Dielectric tests	17
5. Routine tests	23
5.1 Mechanical test	23
5.2 Dielectric tests	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été préparée par le Sous-Comité 14B: Changeurs de prises de réglage en charge, du Comité d'Etudes N° 14 de la C E I: Transformateurs de puissance.

Cette première édition peut paraître incomplète en certains points qui ont été laissés à l'étude et seront examinés dans la seconde édition. Par exemple, les changeurs de prises dans lesquels des réactances sont utilisées comme impédance de passage ne sont peut-être pas entièrement couverts. Il est à souhaiter que ces lacunes soient comblées lors de la prochaine édition, et également qu'un guide d'application soit publié dans lequel les problèmes émanant de la relation entre le transformateur et le changeur de prises soient résolus.

Des projets de cette publication furent discutés lors des réunions tenues à Interlaken en 1961 et à Bruxelles en 1962. A la suite de cette dernière réunion, un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1963.

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

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Belgique	Norvège
Canada	Pays-Bas
Corée (République de)	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ON-LOAD TAP-CHANGERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation was prepared by Sub-Committee 14B, On-load Tap-changers, of I E C Technical Committee No. 14, Power Transformers.

It is recognized that this first edition is to some extent incomplete, certain matters having been deferred for consideration in connection with the second edition. For example, tap-changers in which reactors are used as transition impedances may not be entirely covered. It is hoped to make good these deficiencies in revising the Publication, and also to publish an application guide in which problems arising from the relationship between the transformer and the tap-changer will be treated.

Drafts of this Publication were discussed at meetings held at Interlaken in 1961 and in Brussels in 1962. After this latter meeting, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Netherlands
Canada	Norway
Denmark	Romania
Finland	South Africa
France	Sweden
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Korea (Republic of)	Yugoslavia

CHANGEURS DE PRISES EN CHARGE

1. Domaine d'application

La présente recommandation concerne les caractéristiques nominales et les essais des changeurs de prises en charge de transformateurs de puissance. Elle se limite aux questions relatives au changeur de prises seul, indépendamment du transformateur auquel il peut être connecté.

A moins que des conditions plus sévères ne soient spécifiées par l'acheteur dans le contrat, les changeurs de prises sont considérés comme pouvant être utilisés lorsque la température du milieu de refroidissement est comprise dans les limites suivantes:

Milieu de refroidissement	Température	
	Minimale	Maximale
Air	- 25 °C	40 °C
Huile	- 25 °C	90 °C

Notes 1. — La valeur de 90 °C mentionnée ci-dessus correspond à la température ambiante moyenne journalière de 30 °C, prévue dans la Publication 76 de la C E I: Recommandations pour les transformateurs de puissance.

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

En choisissant un changeur de prises pour un courant traversant nominal, on doit tenir compte des surcharges auxquelles peut être soumis le transformateur associé.

2. Définitions

Les définitions ci-après s'appliquent à la présente recommandation:

2.1 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 et en charge.

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

2.2 Sélecteur de prises

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

ON-LOAD TAP-CHANGERS

1. Scope

This Recommendation relates to the rating and testing of on-load tap-changers for power transformers. It is confined to matters affecting the tap-changer itself independently of any transformer to which it may be connected.

Unless more onerous conditions are specified by the purchaser when the contract is made, tap-changers are regarded as suitable for operation over the following ranges of cooling medium temperature:

Cooling medium	Temperature	
	Minimum	Maximum
Air	– 25 °C	40 °C
Oil	– 25 °C	90 °C

Notes 1. — The value of 90 °C quoted above is based on a daily average ambient temperature of 30 °C, as specified in IEC Publication 76, Recommendations for Power Transformers.

2. — Tap-changers, in keeping with other switching devices, usually have a shorter thermal time constant than electromagnetic devices of the same current ratings.

In selecting a tap-changer through-current rating, the overloads to which the associated transformer may be subjected should be borne in mind.

2. Definitions

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

2.1 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.

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

2.2 Tap selector

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

2.3 *Commutateur*

Dispositif utilisé concurremment avec un sélecteur de prises pour établir et couper le courant dans des circuits qui ont été établis à l'avance.

2.4 *Sélecteur en charge*

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

2.5 *Présélecteur*

Dispositif destiné à être parcouru par le courant, mais non à l'établir ou le couper, utilisé concurremment 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.

2.6 *Impédance de passage*

Résistance ou réactance 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 prises sont reliées.

2.7 *Mécanisme d'entraînement*

Dispositif qui assure le mouvement du changeur de prises.

Note. — Ce mécanisme peut comprendre un dispositif indépendant d'accumulation d'énergie pour réaliser la vitesse de fonctionnement et assurer la réalisation complète de l'opération de changement de prises.

2.8 *Courant de circulation*

Partie du courant circulant dans l'impédance de passage pendant que deux prises sont reliées au cours d'un changement de prises sous l'effet de la différence de tension entre les prises.

Note. — Le courant de circulation peut prendre différentes valeurs pendant une opération de changement de prises.

2.9 *Opération de changement de prises*

Succession complète des manœuvres du commencement à la fin d'un changement de prises.

2.10 *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.

2.11 *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 constructif, pour prouver leur conformité à la spécification.

2.12 *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 et est en mesure de satisfaire à la spécification.

2.3 *Diverter switch*

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

2.4 *Selector switch*

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

2.5 *Change-over selector*

A device designed to carry current, 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 another.

2.6 *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 position 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.

2.7 *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 speed and to ensure completion of the operation.

2.8 *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 under the influence of the voltage difference between the tapplings.

Note. — The circulating current can attain different values during one tap-change operation.

2.9 *Tap-change operation*

A complete sequence of movements from the initiation to the completion of one tap-change.

2.10 *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.

2.11 *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 specification.

2.12 *Routine test*

A test made on each finished tap-changer, the design of which has been verified by type test, to establish that the tap-changer is without manufacturing defects and is capable of complying with the specification.

2.13 Niveau d'isolement

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

3. Grandeurs nominales

Les grandeurs nominales des changeurs de prises doivent être fixées par le constructeur comme suit:

3.1 Courant traversant nominal

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 et qu'il peut supporter en service continu, les exigences de la présente recommandation étant satisfaites.

Les valeurs préférentielles du courant traversant nominal, en ampères, sont:

100 200 400 800 1 200 1 600 2 000 2 400

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

3.2 Tension nominale d'échelon

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

3.3 Fréquence nominale

La fréquence du courant alternatif pour laquelle le changeur de prises est construit.

4. Essais de type

Les essais suivants doivent être effectués en tant qu'essais de type:

4.1 Échauffement des contacts

Des essais seront effectués pour vérifier que l'échauffement au-dessus du milieu ambiant des contacts qui sont parcourus en permanence par le courant en service ne dépasse pas les valeurs ci-après, les mesures étant faites par thermocouple lorsque les contacts parcourus par le courant maximal correspondant au courant traversant nominal ont atteint leur température d'équilibre.

	Dans l'air	Dans l'huile
Cuivre seul	35 °C	20 °C
Cuivre argenté	65 °C	20 °C

La température du milieu ambiant doit être mesurée en un point situé au-dessous des contacts.

4.2 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 en service normal en ce qui concerne le sens d'écoulement de la puissance et le facteur de puissance de la charge.

2.13 *Insulation level*

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

3. **Ratings**

Ratings of tap-changers shall be assigned by the manufacturer as follows:

3.1 *Rated through-current*

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

Preferred values of rated through current, in amperes, are:

100 200 400 800 1 200 1 600 2 000 2 400

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

3.2 *Rated step voltage*

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

3.3 *Rated frequency*

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

4. **Type tests**

The following tests shall be performed as type tests:

4.1 *Temperature rise of contacts*

Tests shall be performed to verify that the temperature rise above the surrounding medium of those contacts which carry current continuously in service does not exceed the following values as measured by thermocouple when the contacts have reached a steady temperature after carrying the highest current corresponding to rated through-current.

	In air	In oil
Plain copper	35 deg C	20 deg C
Silver-faced copper	65 deg C	20 deg C

The temperature of the surrounding medium shall be measured at a point below the contacts.

4.2 *Switching tests*

Switching tests, which include service duty tests and breaking capacity tests, shall simulate the most onerous conditions in normal service as regards direction of power flow and load power-factor.

Le sélecteur en charge ou le commutateur peuvent être essayés indépendamment des autres parties s'il est prouvé que les conditions de fonctionnement des contacts ne sont pas affectées par cette séparation.

Si le sélecteur en charge ou le commutateur sont munis de plusieurs contacts devant fonctionner dans un ordre déterminé, il n'est pas admis d'essayer chaque contact indépendamment des autres.

Les impédances de passage peuvent être placées en dehors de l'appareil au cours des essais.

L'impédance de passage utilisée pour ces essais doit permettre d'obtenir le courant nominal et la tension d'échelon nominale du changeur de prises.

En cas d'application à des transformateurs particuliers pour un courant traversant et des tensions d'échelon autres que les valeurs nominales, l'impédance doit être déterminée de façon à ne pas dépasser les contraintes de coupure de service du changeur de prises faisant l'objet des essais de type.

Ni les contacts ni l'huile ne doivent être rénovés au cours des essais.

Dans le cas de sélecteurs ou commutateurs triphasés, il suffit d'essayer les contacts d'une phase à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

Un changeur de prises déterminé peut avoir plusieurs combinaisons de courant traversant nominal et de tension d'échelon nominale. Il peut être nécessaire d'effectuer des essais de type distincts pour couvrir le domaine des valeurs nominales.

4.2.1 Essai d'endurance

Les contacts de sélecteurs en charge et de commutateurs doivent être soumis à un nombre de cycles de fonctionnement correspondant à 20 000 manœuvres en étant parcourus par un courant correspondant à 1,1 fois le courant traversant nominal et sous la tension d'échelon nominale.

La valeur de l'impédance de passage doit être spécifiée.

La comparaison d'oscillogrammes relevés à intervalles réguliers au cours de l'essai doit montrer que l'usure éventuelle des contacts est en progression uniforme et que les durées d'arc n'augmentent pas dans une proportion de nature à compromettre le fonctionnement de l'appareil.

4.2.2 Essai de pouvoir de coupure

Comme essai de coupure, on doit effectuer 10 manœuvres avec un courant égal à 2 fois le courant traversant nominal et sous la tension d'échelon nominale.

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.

Si l'impédance de passage est une résistance d'une capacité thermique insuffisante pour permettre de terminer l'essai sans dommage, elle peut être remplacée par une résistance de même valeur ohmique, mais d'une plus grande capacité thermique.

On admet que pour cet essai un nouveau changeur de prises soit utilisé ou, si l'on utilise le changeur de prises qui a été soumis à l'essai d'endurance, ses contacts peuvent être remplacés par des pièces neuves identiques avant que les essais de pouvoir de coupure soient effectués.

4.3 Essai au courant de court-circuit

Les contacts parcourus en permanence par le courant doivent subir l'action de courants de court-circuit d'une durée de 3 secondes chacun, appliqués à des intervalles ne dépassant pas

The selector switch, or diverter switch, may be tested separately from the other parts, after proving that the contact operating conditions are not affected by the separation.

If the selector switch or diverter switch has several contacts which operate in definite sequence, it is not permitted to test each contact separately from the others.

Transition impedances may be placed outside the apparatus during the tests.

The transition impedance used for these tests shall permit the rated through-current and rated step voltage of the tap-changer to be obtained.

For application to individual transformers with different through-currents and step voltages, the impedance shall be designed so that the switching duty on the tap-changer covered by type tests is not exceeded.

Contacts or oil shall not be renewed during the tests.

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

A particular on-load tap-changer may have more than one combination of rated through-current and rated step voltage. Separate type tests may be necessary to cover the range of ratings.

4.2.1 *Service duty test*

The contacts on the selector switches and diverter switches shall be subjected to a number of cycles of operation corresponding to 20 000 operations when carrying a current corresponding to 1.1 times the rated through-current, and the rated step voltage.

The value of the transition impedance shall be stated.

Comparison of oscillograms taken at regular intervals during the test shall show that the contact wear, if any, is uniformly progressive, and that the arcing times have not increased in such a way as to endanger the operation of the apparatus.

4.2.2 *Breaking capacity test*

As a test on arcing, 10 operations shall be made at a current corresponding to twice the rated through-current, and at the 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.

If the transition impedance is a resistor of insufficient thermal capacity to allow the test to be completed without damaging it, it may be replaced by a resistor of the same ohmic value but of higher thermal capacity.

This test may be carried out on a new tap-changer or, if the same tap-changer is used as was used for the service duty tests, its contacts may be renewed before the breaking-capacity test is carried out.

4.3 *Short-circuit current test*

Contacts carrying current continuously shall be subjected to short-circuit currents, each of 3 seconds duration, applied at intervals of not more than 1 minute.

1 minute. Un nombre suffisant d'applications, cinq au minimum, doivent être faites jusqu'à ce que dans deux cas le courant de crête initial atteigne une valeur égale à 2,5 fois la valeur efficace du courant d'essai de court-circuit.

Les valeurs du courant d'essai de court-circuit à appliquer doivent être conformes au Tableau I.

TABEAU I

Valeurs minimales du courant d'essai de court-circuit

Courant traversant nominal (A)	100	200	400	800	1 200	1 600	2 000	2 400
Courant d'essai valeur efficace (A)	2 000	3 000	4 000	7 000	10 000	Selon accord		

Note. — Les valeurs ci-dessus sont basées sur les impédances ordinaires des enroulements des transformateurs. Pour des impédances très faibles comme, par exemple, dans le cas des auto-transformateurs, des valeurs supérieures peuvent être nécessaires.

Pour des valeurs intermédiaires du courant traversant nominal, on peut obtenir la valeur du courant d'essai par interpolation des valeurs du tableau ci-dessus.

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

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

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

4.4 Essai des impédances de passage

4.4.1 Résistances de passage

Cet essai sera effectué sous la tension d'échelon nominale et avec le courant traversant nominal. La résistance sera montée soit sur le changeur de prises comme en service, soit séparément dans des conditions thermiques équivalentes.

La température initiale du milieu de refroidissement sera de 40 °C pour l'air et de 90 °C pour l'huile.

Le mécanisme d'entraînement fonctionnera à la vitesse normale de service. A la fin de la moitié d'un cycle de fonctionnement ininterrompu (voir paragraphe 2.10), la température de la résistance sera déterminée et enregistrée.

Dans les cas où la tension d'échelon ou le courant traversant diffèrent de leurs valeurs nominales, on admet le calcul des caractéristiques thermiques de la résistance à partir des résultats de cet essai de type.

4.4.2 Réactances de passage

Les réactances de passage, qui sortent du domaine de cette recommandation, sont en général 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 de l'établissement des réactances de passage pour éviter de forts appels de courant lors de la commutation.

Sufficient applications, but not less than five, shall be made until in two cases the initial peak current reaches 2.5 times the symmetrical r.m.s. value of the short-circuit test current.

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

TABLE I

Minimum current values for short-circuit test

Rated through-current (A)	100	200	400	800	1 200	1 600	2 000	2 400
Test current r.m.s. value (A)	2 000	3 000	4 000	7 000	10 000	To be agreed		

Note. — The above values are based on average impedances of transformer windings. For very low impedances as, for example, in the case of auto-transformers, higher values may be necessary.

For intermediate values of rated through-current, the test current may be interpolated from the above table.

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

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

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

4.4 *Transition impedance test*

4.4.1 *Transition resistors*

This test shall be carried out at the rated step voltage and the rated through current. The resistor shall be mounted either in the tap-changer as in service, or separately under equivalent thermal conditions.

The initial temperature of the cooling medium shall be 40 °C for air or 90 °C for oil.

The driving mechanism shall be run at normal speed as in service. At the end of one-half of one cycle of uninterrupted operation (see Sub-clause 2.10), the temperature of the resistor shall be determined and recorded.

In cases where the step voltage or the through-current is different from the rated value, it is permissible to calculate the thermal rating of the resistor from the results of this type test.

4.4.2 *Transition reactors*

Transition reactors, which are outside the scope of this Recommendation, 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.

4.5 Essai d'endurance mécanique

Le changeur de prises assemblé comme en service et rempli d'huile propre s'il est du type immergé dans l'huile, mais avec contacts non alimentés, doit être manœuvré de façon que la totalité de l'étendue de réglage soit utilisée jusqu'à ce que 200 000 opérations de changement de prises aient été effectuées.

Il est admis d'effectuer ces essais d'endurance séparément sur le sélecteur et sur le commutateur pourvu que, dans chaque cas, la manœuvre reproduise mécaniquement le fonctionnement en service normal.

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

Pendant l'essai, l'entretien normal en service conformément à la notice du constructeur est autorisé.

4.6 Essais diélectriques

4.6.1 Généralités

Les sollicitations diélectriques d'un changeur de prises en charge dépendent de l'enroulement du transformateur avec lequel il est utilisé.

Le constructeur du transformateur doit choisir le changeur de prises ayant le niveau d'isolement approprié.

4.6.2 Classification

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

TABLEAU II

Classes de 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

4.6.3 Nature des essais

Le niveau d'isolement du changeur de prises doit être contrôlé par les essais de tenue à fréquence industrielle et aux ondes de choc suivants:

- 1) à la terre;
- 2) entre phases;

4.5 Mechanical endurance test

The tap-changer shall be operated, assembled as in service and filled with clean oil, if it is of oil-immersed design, but without the contacts energized, so that the full range of tappings is utilized until 200 000 tap-change operations have been made.

It is permissible to carry out these endurance tests separately on selector and diverter switches, provided that in each case the operation duplicates mechanically normal service operation.

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.

4.6 Dielectric tests

4.6.1 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 for selecting a tap-changer with appropriate insulation level.

4.6.2 Classification

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

TABLE II
Classes of tap-changers

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

4.6.3 Nature of tests

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

- 1) to earth;
- 2) between phases;

- 3) entre les premiers et les derniers contacts du sélecteur en charge ou du sélecteur de prises et, s'il y a lieu, du présélecteur;
- 4) entre deux contacts quelconques du sélecteur en charge ou du sélecteur de prises qui sont électriquement voisins;
- 5) entre les contacts du commutateur dans leur position finale d'ouverture. (L'appareil sera rempli d'huile propre avant cet essai, s'il est du type immergé dans l'huile.)

Notes 1. — En ce qui concerne le point 1) ci-dessus, pour les changeurs de prises de la Classe I, les essais aux ondes de choc peuvent ne pas être toujours nécessaires, comme par exemple, dans le cas d'un changeur de prises destiné à être associé avec le point neutre d'un enroulement à isolation graduée.

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

4.6.4 Tensions d'essai

Classe I

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

TABLEAU III

Tensions d'essai

Série I (basée sur la pratique courante en dehors de l'Amérique du Nord)

Tension d'essai de tenue au choc kV (crête)	Tension d'essai de tenue à fréquence industrielle kV (efficace)
45	16
60	22
75	28
95	38
125	50
170	70
250	95
325	140
380	150
450	185
550	230
650	275
750	325
900	395
1 050	460

- 3) between the first and last contacts of the selector switch or tap selector and (where fitted) of the changeover selector;
- 4) between any two electrically adjacent contacts of the selector switch, or tap selector;
- 5) between diverter switch contacts in their final open position. (If of the oil-immersed type, the apparatus shall be filled with clean oil before this test.)

Notes 1. — Regarding item 1) above, for Class I tap-changers, impulse voltage tests may not always be necessary, for example, where a tap-changer is to be associated with the neutral point of a winding that has graded insulation.

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

4.6.4 Test voltages

Class I

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

TABLE III

Test voltage

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

Impulse test voltage kV (peak)	Power-frequency test voltage kV (r.m.s.)
45	16
60	22
75	28
95	38
125	50
170	70
250	95
325	140
380	150
450	185
550	230
650	275
750	325
900	395
1 050	460

Séries II (basée sur la pratique courante en Amérique du Nord)

Tension d'essai de tenue au choc kV (crête)		Tension d'essai de tenue à fréquence industrielle kV (efficace)
500 kVA et au-dessous	Plus de 500 kVA	
45	60	15
60	75	19
75	95	26
95	110	34
	150	50
	200	70
	250	95
	350	140
	380	150
	450	185
	550	230
	650	275
	750	325
	900	395
	1 050	460

4.6.5 Application des tensions d'essai

Pour les essais diélectriques, le changeur de prises sera assemblé, disposé et séché d'une façon analogue à celle en service. Toutefois il n'est pas nécessaire d'inclure les connexions pour relier le changeur de prises aux enroulements d'un transformateur. On admet que les essais soient réalisés sur les éléments constitutants séparés, sous réserve de montrer qu'on se trouve dans les mêmes conditions diélectriques.

Pour l'essai 1) et l'essai 2) en ce qui concerne les 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 appropriés de la Publication 137 de la C E I: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V.

4.6.6 Essai de tension à fréquence industrielle

L'essai sera effectué avec une tension alternative monophasée, conformément à la Publication 60 de la C E I: Essais à haute tension, à la valeur spécifiée. La durée de chaque application de tension sera de 60 secondes.

4.6.7 Essai aux ondes de choc

La forme d'onde est l'onde 1,2/50 telle qu'elle est définie par la Publication 60 de la C E I. On admet une tolérance maximale de $\pm 30\%$ sur la durée du front de l'onde et de $\pm 20\%$ sur le temps qui s'écoule jusqu'à ce que l'on atteigne la demi-valeur de la queue de l'onde. Chaque essai comprendra trois applications de tension de polarité positive et trois applications de polarité négative, à la valeur demandée.