

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60214-1

Première édition
First edition
2003-02

Changeurs de prises –

**Partie 1:
Prescriptions de performances
et méthodes d'essai**

Tap-changers –

**Part 1:
Performance requirements
and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60214-1:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60214-1

Première édition
First edition
2003-02

Changeurs de prises –

**Partie 1:
Prescriptions de performances
et méthodes d'essai**

Tap-changers –

**Part 1:
Performance requirements
and test methods**

© IEC 2003 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	10
1 Domaine d'application.....	14
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	16
4 Conditions de service	28
4.1 Température de l'environnement du changeur de prises	28
4.2 Température de l'environnement du mécanisme d'entraînement à moteur	28
4.3 Conditions de surcharge	28
5 Prescriptions pour les changeurs de prises en charge	28
5.1 Prescriptions générales	28
5.1.1 Caractéristiques.....	28
5.1.2 Compartiments d'huile pour commutateurs et sélecteurs en charge	30
5.1.3 Indicateurs de niveau de liquide.....	30
5.1.4 Prescriptions de sécurité pour la protection contre l'augmentation de la pression	30
5.1.5 Dispositifs de limitation pour la protection contre les surtensions transitoires.....	32
5.1.6 Tensions de rétablissement des présélecteurs.....	32
5.1.7 Commutation d'inductance de fuite dans le cas des enroulements grossier/fin.....	32
5.2 Essais de type	32
5.2.1 Echauffement des contacts.....	34
5.2.2 Essais de coupure	34
5.2.3 Essai au courant de court-circuit.....	40
5.2.4 Essai d'impédance de passage	42
5.2.5 Essais mécaniques.....	44
5.2.6 Essais diélectriques.....	48
5.2.7 Certificat d'essai de type.....	58
5.3 Essais individuels de série.....	58
5.3.1 Essais mécaniques	58
5.3.2 Essai de succession des opérations.....	58
5.3.3 Essai diélectrique des circuits auxiliaires	58
5.3.4 Essais sous pression et sous vide.....	60
5.4 Essais spécifiques	60
5.4.1 Généralités	60
5.4.2 Essais diélectriques de décharge.....	60
6 Prescriptions pour les mécanismes d'entraînement à moteur des changeurs de prises en charge	60
6.1 Prescriptions générales	60
6.1.1 Conformité des composants.....	60
6.1.2 Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires	60
6.1.3 Contrôle pas à pas.....	60
6.1.4 Indicateur de position de charge	60
6.1.5 Indication du changement de prises en cours.....	60
6.1.6 Dispositifs de fin de course	62
6.1.7 Dispositifs de contrôle de marche en parallèle	62
6.1.8 Protection du sens de rotation	62

CONTENTS

FOREWORD	11
1 Scope	15
2 Normative references.....	15
3 Terms and definitions	17
4 Service conditions	29
4.1 Temperature of tap-changer environment	29
4.2 Temperature of motor-drive mechanism environment.....	29
4.3 Overload conditions	29
5 Requirements for on-load tap-changers	29
5.1 General requirements	29
5.1.1 Rating.....	29
5.1.2 Liquid filled compartments for diverter and selector switches	31
5.1.3 Liquid-level gauges	31
5.1.4 Safety requirements for protection against increase in pressure.....	31
5.1.5 Limiting devices for the protection against transient overvoltages	33
5.1.6 Change-over selector recovery voltages	33
5.1.7 Coarse fine regulation leakage inductance switching	33
5.2 Type tests.....	33
5.2.1 Temperature rise of contacts	35
5.2.2 Switching tests.....	35
5.2.3 Short-circuit current test.....	41
5.2.4 Transition impedance test.....	43
5.2.5 Mechanical tests	45
5.2.6 Dielectric tests	49
5.2.7 Type-test certificate.....	59
5.3 Routine tests	59
5.3.1 Mechanical tests.....	59
5.3.2 Sequence tests	59
5.3.3 Auxiliary circuits insulation test	59
5.3.4 Pressure and vacuum tests	61
5.4 Special tests	61
5.4.1 General.....	61
5.4.2 Dielectric discharge tests	61
6 Requirements for motor drive mechanisms for on-load tap-changers	61
6.1 General requirements	61
6.1.1 Compliance of component parts	61
6.1.2 Permissible variation of auxiliary supply.....	61
6.1.3 Step-by-step control.....	61
6.1.4 Tap position indicator.....	61
6.1.5 Tap-change in progress indication	61
6.1.6 Limiting devices	63
6.1.7 Parallel control devices	63
6.1.8 Direction of rotation protection	63

6.1.9	Dispositif de blocage en présence de surintensité.....	62
6.1.10	Dispositif de redémarrage	62
6.1.11	Compteur de manœuvres.....	62
6.1.12	Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur	62
6.1.13	Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur	62
6.1.14	Dispositif de protection contre le passage de plusieurs positions	62
6.1.15	Protection contre l'accès aux parties dangereuses.....	64
6.2	Essais de type	64
6.2.1	Essai de tenue mécanique	64
6.2.2	Essai de dépassement des positions extrêmes	64
6.2.3	Degré de protection de l'armoire de l'entraînement à moteur	64
6.3	Essais individuels de série.....	64
6.3.1	Essais mécaniques	64
6.3.2	Essai diélectrique des circuits auxiliaires	66
7	Prescriptions pour les changeurs de prises hors circuit.....	66
7.1	Prescriptions générales	66
7.1.1	Caractéristiques assignées	66
7.1.2	Types	66
7.1.3	Manettes et entraînements.....	66
7.1.4	Presse étoupes.....	66
7.1.5	Verrouillages	66
7.1.6	Fins de course mécaniques	68
7.2	Essais de type	68
7.2.1	Généralités	68
7.2.2	Echauffement des contacts	68
7.2.3	Essai au courant de court-circuit.....	70
7.2.4	Essais mécaniques.....	72
7.2.5	Essais diélectriques.....	72
7.2.6	Certificat d'essai de type.....	76
7.3	Essais individuels de série.....	76
7.3.1	Essais mécaniques	76
7.3.2	Essais sous pression et sous vide.....	76
8	Prescriptions pour les mécanismes d'entraînement à moteur des changeurs de prises hors circuit	78
8.1	Prescriptions générales	78
8.1.1	Conformité des composants.....	78
8.1.2	Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires	78
8.1.3	Indicateur de position de charge	78
8.1.4	Dispositifs de fin de course	78
8.1.5	Compteur de manœuvres.....	78
8.1.6	Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur	78
8.1.7	Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur	80
8.1.8	Protection contre l'accès aux parties dangereuses.....	80
8.2	Essais de type	80
8.2.1	Essai de tenue mécanique	80
8.2.2	Essai de dépassement des positions extrêmes	80
8.2.3	Degré de protection de l'armoire de l'entraînement à moteur	80

6.1.9	Overcurrent blocking device	63
6.1.10	Restarting device	63
6.1.11	Operation counter	63
6.1.12	Manual operation of the motor-drive mechanism	63
6.1.13	Motor-drive cubicle	63
6.1.14	Protective device against running-through	63
6.1.15	Protection against access to hazardous parts	65
6.2	Type tests	65
6.2.1	Mechanical load test	65
6.2.2	Overrun test	65
6.2.3	Degree of protection of motor-drive cubicle	65
6.3	Routine tests	65
6.3.1	Mechanical tests	65
6.3.2	Auxiliary circuits insulation test	67
7	Requirements for off-circuit tap-changers	67
7.1	General requirements	67
7.1.1	Rated characteristics	67
7.1.2	Types	67
7.1.3	Handles and drives	67
7.1.4	Glands	67
7.1.5	Interlocks	67
7.1.6	Mechanical end stops	69
7.2	Type tests	69
7.2.1	General	69
7.2.2	Temperature rise of contacts	69
7.2.3	Short-circuit current test	71
7.2.4	Mechanical tests	73
7.2.5	Dielectric tests	73
7.2.6	Type test certificate	77
7.3	Routine tests	77
7.3.1	Mechanical tests	77
7.3.2	Pressure and vacuum tests	77
8	Requirements for motor drive mechanisms for off-circuit tap-changers	79
8.1	General requirements	79
8.1.1	Compliance of component parts	79
8.1.2	Permissible variation of auxiliary supply	79
8.1.3	Tap position indicator	79
8.1.4	Limiting devices	79
8.1.5	Operation counter	79
8.1.6	Manual operation of the motor-drive mechanism	79
8.1.7	Motor-drive cubicle	81
8.1.8	Protection against access to hazardous parts	81
8.2	Type tests	81
8.2.1	Mechanical load test	81
8.2.2	Overrun test	81
8.2.3	Degree of protection of motor-drive cubicle	81

8.3	Essais individuels de série.....	82
8.3.1	Essais mécaniques	82
8.3.2	Essai diélectrique des circuits auxiliaires	82
9	Plaque signalétique	82
9.1	Changeurs de prises (en charge et hors circuit).....	82
9.2	Mécanismes d'entraînement à moteur.....	82
10	Etiquette de mise en garde pour changeur de prises hors circuit.....	84
11	Instructions de fonctionnement des constructeurs.....	84
Annexe A (normative) Informations supplémentaires sur les conditions de fonctionnement concernant les changeurs de prises de type résistance		86
Annexe B (normative) Conditions de fonctionnement concernant les changeurs de prises de type à bobine d'inductance.....		92
Annexe C (normative) Méthode de détermination de la température équivalente d'une résistance de passage en utilisant une puissance transmise sous forme d'impulsions de courant.....		114
Annexe D (informative) Circuits équivalents pour les essais d'endurance et de pouvoir de coupure.....		116
Figure 1 – Courant d'essai de court-circuit donné en multiple du courant traversant assigné maximal		42
Figure 2 – Séquence d'application de la tension d'essai.....		56
Figure 3 – Courant d'essai de court-circuit donné en multiple du courant traversant assigné maximal		70
Figure 4 – Etiquette d'avertissement		84
Figure A.1 – Vecteurs de courant et de tension pour les changeurs de prises de type résistance		86
Figure B.1 – Séquence de fonctionnement pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge		94
Figure B.2 – Vecteurs de courant et de tension pour changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge		96
Figure B.3 – Séquence de fonctionnement pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge et liaison équipotentielle		98
Figure B.4 – Vecteurs de courant et de tension pour changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge et connexion équipotentielle		100
Figure B.5 – Séquence de fonctionnement d'un changeur de prise de type à bobine d'inductance avec commutateur et sélecteur de prise.....		104
Figure B.6 – Vecteurs de courant et de tension pour changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec commutateur et sélecteur de prise		106
Figure B.7 – Séquence de fonctionnement d'un changeur de prise de type à bobine d'inductance avec interrupteur à vide et sélecteur de prise.....		110
Figure B.8 – Vecteurs de courant et de tension pour changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec interrupteur à vide et sélecteur de prise		112
Figure D.1 – Circuit d'essai équivalent – Méthode avec transformateur		116
Figure D.2 – Circuit d'essai équivalent – Méthode avec résistances		118
Tableau 1 – Température de l'environnement du changeur de prises		28
Tableau 2 – Limites d'échauffement des contacts		34
Tableau 3 – Classes des changeurs de prises en charge		48

8.3	Routine tests	83
8.3.1	Mechanical tests	83
8.3.2	Auxiliary circuits insulation test	83
9	Nameplate	83
9.1	Tap-changers (on-load and off-circuit)	83
9.2	Motor-drive mechanisms	83
10	Off-circuit tap-changer warning label	85
11	Manufacturers operating instructions	85
Annex A (normative) Supplementary information on switching duty relating to resistor type tap-changers		87
Annex B (normative) Supplementary information on switching duty relating to reactor type tap-changers		93
Annex C (normative) Method for determining the equivalent temperature of the transition resistor using power pulse current		115
Annex D (informative) Simulated circuits for service duty and breaking capacity tests		117
Figure 1 – Short-circuit test current as a multiple of the maximum rated through-current		43
Figure 2 – Time sequence for the application of test voltage		57
Figure 3 – Short-circuit test current as a multiple of the maximum rated through-current		71
Figure 4 – Warning label		85
Figure A.1 – Current and voltage vectors for resistor type tap-changers		87
Figure B.1 – Operating sequence of reactor type tap-changers with selector switch		95
Figure B.2 – Current and voltage vectors for reactor type tap-changers with selector switch		97
Figure B.3 – Operating sequence of reactor type tap-changers with selector switch and equalizer windings		99
Figure B.4 – Current and voltage vectors for reactor type tap-changers with selector switch and equalizer windings		101
Figure B.5 – Operating sequence of a reactor type tap-changer with diverter switch and tap selector		105
Figure B.6 – Current and voltage vectors for reactor type tap-changers with diverter switch and tap selector		107
Figure B.7 – Operating sequence of a reactor type tap-changer with vacuum interrupter and tap selector		111
Figure B.8 – Current and voltage vectors for reactor type tap-changers with vacuum interrupter and tap selector		113
Figure D.1 – Simulated test circuit – transformer method		117
Figure D.2 – Simulated test circuit – resistance method		119
Table 1 – Temperature of tap-changer environment		29
Table 2 – Contact temperature-rise limits		35
Table 3 – Classes of on-load tap-changer		49

Tableau 4 – Tensions de tenue assignées – Série I sur la base de la pratique en Europe	50
Tableau 5 – Tensions de tenue assignées – Série II sur la base de la pratique en Amérique du Nord	52
Tableau 6 – Limites d'échauffement de contact pour les changeurs de prises hors circuit	68
Tableau 7 – Classes des changeurs de prises hors circuit.....	74
Tableau A.1 – Conditions de fonctionnement des contacts principaux et des contacts de passage pour les changeurs de prises de type résistance	88
Tableau A.2 – Effet du facteur de puissance de la charge sur les conditions de fonctionnement des circuits de coupure pour les changeurs de prises de type résistance.....	90
Tableau B.1 – Conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge – sens de commutation de P1 à P5	94
Tableau B.2 – Conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec enroulements de sélecteur en charge et de connexion équipotentielle – sens de commutation de P1 à P5.....	98
Tableau B.3 – Conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour changeurs de prises de type à bobine d'inductance – sens de commutation de P1 à P7.....	102
Tableau B.4 – Conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour changeurs de prises en charge de type à bobine d'inductance avec interrupteur à vide et sélecteur de prise – sens de commutation de P1 à P11	108

IECNORM.COM : Click to view the full PDF file 60214-1 © CEI:2003

Table 4 – Rated withstand voltages – Series I based on European practice	51
Table 5 – Rated withstand voltages – Series II based on North American Practice	53
Table 6 – Contact temperature-rise limits for off-circuit tap-changers	69
Table 7 – Classes of off-circuit tap-changer	75
Table A.1 – Duty on main and transition contacts for resistor type tap-changers	89
Table A.2 – Effect of load power-factor on circuit-breaking duty for resistor type tap-changers.....	91
Table B.1 – Duty on switching contacts for reactor type tap-changers with selector switch – switching direction from P1 to P5	95
Table B.2 – Duty on switching contacts for reactor type tap-changers with selector switch and equalizer windings – switching direction from P1 to P5	99
Table B.3 – Duty on switching contacts for reactor type tap-changers with diverter switch and tap selector – switching direction from P1 to P7	103
Table B.4 – Duty on switching contacts for reactor type tap-changers with vacuum interrupter and tap selector – switching direction from P1 to P11	109

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CHANGEURS DE PRISES –

Partie 1: Prescriptions de performances et méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est un organisme de normalisation international qui regroupe l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités Nationaux de la CEI). La CEI a pour but de promouvoir la coopération internationale sur tous les problèmes de normalisation dans les domaines électriques et électrotechniques. À cette fin, outre d'autres activités, la CEI publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités techniques – tous les comités nationaux de la CEI qui sont intéressés par le sujet traité peuvent participer à ces travaux d'élaboration. Des organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales peuvent également participer à ces travaux en liaison avec la CEI. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation internationale de normalisation (ISO) sur la base de termes convenus par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou les conventions formelles de la CEI sur des points d'ordre technique expriment, dans la mesure du possible, un consensus international sur les sujets correspondants, puisque chaque comité technique regroupe des participants issus de l'ensemble des Comités nationaux intéressés.
- 3) Les documents produits ont la forme de recommandations à usage international; ils sont publiés sous forme de normes, spécifications techniques, rapports techniques ou directives et acceptés par les Comités nationaux dans cet esprit.
- 4) Afin d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer les Normes internationales de la CEI de manière transparente, dans toute la mesure du possible, au sein de leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme CEI et la norme nationale ou régionale correspondante devra être clairement soulignée ultérieurement.
- 5) La CEI n'applique pas de procédure d'estampillage pour indiquer son approbation, et ne peut être tenue pour responsable au regard des équipements déclarés en conformité avec l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains éléments de la présente Norme internationale peuvent être soumis à des droits de propriété intellectuelle. La CEI ne pourra être tenue responsable de l'identification de ces droits de propriété intellectuelle.

La Norme internationale CEI 60214-1 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette première édition de la CEI 60214-1 annule et remplace la CEI 60214 publiée en 1989. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/457/FDIS	14/462/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 60214 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Changeurs de prises*:

Partie 1: Prescriptions de performances et méthodes d'essai

Partie 2: Guide d'application (à l'étude)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TAP-CHANGERS –

**Part 1: Performance requirements
and test methods**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60214-1 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers

This first edition of IEC 60214-1 cancels and replaces IEC 60214 published in 1989. This first edition constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
14/457/FDIS	14/462/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

IEC 60214 consists of the following parts, under the general title *Tap-changers*:

Part 1: Performance requirements and test methods

Part 2: Application guide (*under consideration*)

Le comité a décidé que le contenu de cette publication reste inchangé jusqu'en 2007. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60214-1:2003

Withd2W

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60214-1:2003

CHANGEURS DE PRISES –

Partie 1: Prescriptions de performances et méthodes d'essai

1 Domaine d'application

Cette norme s'applique aux changeurs de prises en charge aussi bien de type à résistance qu'à bobine d'inductance, aux changeurs de prises hors circuit et à leurs mécanismes d'entraînement à moteur. Elle s'applique essentiellement aux changeurs de prises immergés dans de l'huile pour transformateur selon la CEI 60296, mais elle peut également être utilisée pour des changeurs de prises à isolation gazeuse ou immergés dans d'autres liquides isolants dans la mesure où les conditions sont applicables.

Elle s'applique aux transformateurs pour applications de puissance et de distribution et aux bobines d'inductance.

Elle ne s'applique pas aux transformateurs et bobines d'inductance pour applications de traction.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60060, *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60076-1:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

CEI 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 volts*¹

CEI 60214-2, *Changeurs de prises – Partie 2: Guide d'application*²

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60296, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60354, *Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

¹ A publier.

² Document en cours de révision, actuellement sous référence CEI 60542.

TAP-CHANGERS –

Part 1: Performance requirements and test methods

1 Scope

This part of IEC 60214 applies to on-load tap-changers of both resistor and reactor types, off-circuit tap-changers, and their motor drive mechanisms. It applies mainly to tap-changers immersed in transformer oil according to IEC 60296 but may also be used for tap-changers with gas insulation or immersed in other insulating liquids insofar as conditions are applicable.

It applies to power and distribution transformers of all types and also to reactors.

It does not apply to transformers and reactors mounted on railway rolling stock.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60060, *High voltage test techniques*

IEC 60076-1:2000, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60137, *Insulated Bushings for alternating voltages above 1 000 volts*¹

IEC 60214-2, *Tap-changers – Part 2: Application guide*²

IEC 60270, *High voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60296, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60354, *Loading guide for oil-immersed transformers*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

¹ To be published.

² At present under revision, document currently IEC 60542.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

changeur de prises en charge

dispositif destiné à changer de prise sur un enroulement, pouvant être manœuvré lorsque le transformateur est sous tension ou en charge

3.2

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 choisir les connexions aux prises

3.3

commutateur

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

NOTE Les commutateurs sont parfois appelés commutateurs d'arc.

3.4

sélecteur en charge

dispositif de coupure pouvant établir, conduire et couper le courant, combinant les fonctions d'un sélecteur de prises et d'un commutateur

NOTE Les sélecteurs en charge sont parfois appelés commutateurs d'arc de prises.

3.5

changeur de prises hors circuit

dispositif destiné à changer de prise sur un enroulement, pouvant être manœuvré uniquement lorsque le transformateur n'est pas sous tension

3.6

présélecteur

dispositif destiné à conduire le courant, mais non à l'établir ou à le couper, utilisé avec un sélecteur de prises ou un sélecteur en charge pour permettre d'utiliser ses contacts et les prises qui lui sont reliées plus d'une fois au cours du déplacement d'une position extrême à l'autre

3.7

présélecteur à réglage grossier

présélecteur mettant en contact l'enroulement de réglage soit avec l'enroulement grossier soit avec l'enroulement principal ou des parties de ceux-ci

3.8

présélecteur inverseur

présélecteur mettant en contact une des extrémités de l'enroulement de réglage avec l'enroulement principal

3.9

impédance de passage

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

NOTE Pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance, l'impédance de passage (bobine d'inductance) est habituellement appelée autotransformateur préventif. Les changeurs de prises de type à bobine d'inductance utilisent normalement la position de liaison comme position de service (changeurs de prises en charge à bobine d'inductance à connexion au point milieu), et c'est pourquoi la bobine d'inductance est conçue pour le fonctionnement continu.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

on-load tap-changer

device for changing the tap of a winding, suitable for operation whilst the transformer is energized or on load

3.2

tap selector

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

3.3

diverter switch

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

NOTE Diverter switches are sometimes called arcing switches.

3.4

selector switch

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

NOTE Selector switches are sometimes called arcing tap switches.

3.5

off-circuit tap-changer

device for changing the tap of a winding, suitable for operation only when the transformer is de-energized

3.6

change-over selector

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

3.7

coarse change-over selector

change-over selector connecting the tapped winding to either the coarse winding or the main winding or parts thereof

3.8

reversing change-over selector

change-over selector connecting either end of the tapped winding to the main winding

3.9

transition impedance

resistor or reactor consisting of one or more units bridging the tap in use and the tap next to be used, for the purpose of transferring load from one tap 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 taps are used

NOTE For reactor type tap-changers, the transition impedance (reactor) is commonly called a preventive auto transformer. Reactor type tap-changers normally use the bridging position as a service position (mid-point or centre tapped reactor tap-changers) and, therefore the reactor is designed for continuous operation.

3.10

autotransformateur préventif

autotransformateur (ou bobine d'inductance à connexion au point milieu) utilisé dans des transformateurs de changement de prises en charge et des transformateurs régulateurs ou des régulateurs de tension d'échelon pour limiter le courant de circulation lorsqu'ils fonctionnent dans une position où deux prises adjacentes sont reliées, ou pendant le changement de prise entre positions adjacentes

3.11

enroulement d'équilibrage

enroulement sur le même circuit magnétique (noyau) que l'enroulement d'excitation et l'enroulement de réglage d'un transformateur régulateur de type à bobine d'inductance avec environ la moitié du nombre de spires de chaque section de prise

3.12

mécanisme d'entraînement

dispositif qui assure le mouvement du changeur de prises

NOTE Ce mécanisme peut comprendre un dispositif d'accumulation d'énergie indépendant pour contrôler l'opération.

3.13

jeu de contacts

paire ou combinaison de paires de contacts individuels fixes et mobiles fonctionnant pratiquement en même temps

3.14

contacts principaux du commutateur et du sélecteur en charge (changeur de prises de type à résistance)

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

3.15

contacts principaux de coupure du commutateur et du sélecteur en charge (changeur de prises de type à résistance)

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

3.16

contacts de passage du commutateur et du sélecteur en charge (changeur de prises de type à résistance)

jeu de contacts qui est connecté en série à une impédance de passage et qui établit ou coupe le courant

3.17

contacts de transfert (changeurs de prises de type à bobine d'inductance)

jeu de contacts qui établit ou coupe le courant

NOTE En l'absence de contacts de pontage, le contact de transfert est un contact parcouru par un courant continu.

3.18

contacts de shuntage (changeur de prises de type à bobine d'inductance)

jeu de contacts parcouru par le courant traversant qui commute le courant vers les contacts de transfert sans aucun arc

3.10**preventive auto transformer**

auto transformer (or centre tapped reactor) used in on-load tap-changing and regulating transformers, or step voltage regulators to limit the circulating current when operating on a position in which two adjacent taps are bridged, or during the change of tap between adjacent positions

3.11**equalizer winding**

winding on the same magnetic circuit (core) as the excitation and tapped winding of a reactor type regulating transformer with approximately half the number of turns of each tap section

3.12**drive mechanism**

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.

3.13**set of contacts**

pair of individual fixed and moving contacts or a combination of such pairs operating substantially simultaneously

3.14**diverter switch and selector switch main contacts (resistor type tap-changer)**

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

3.15**diverter switch and selector switch main switching contacts (resistor type tap-changer)**

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

3.16**diverter switch and selector switch transition contacts (resistor type tap-changer)**

set of contacts which is connected in series with a transition impedance and makes or breaks current

3.17**transfer contacts (reactor type tap-changer)**

set of contacts that makes or breaks current

NOTE Where by-pass contacts are not provided, the transfer contact is a continuous current-carrying contact.

3.18**by-pass contacts (reactor type tap-changer)**

set of through-current-carrying contacts that commutates the current to the transfer contacts without any arc

3.19**bridging contacts**

moveable current-carrying contacts that bridge between two fixed contacts when on-position

3.19

contacts de pontage

contacts parcourus par un courant mobile qui forment un pontage entre deux contacts fixes lorsqu'ils sont en position

3.20

courant de circulation

part du courant circulant dans l'impédance de passage au moment où deux prises sont reliées temporairement au cours d'un changement de prises pour un changeur de prises de type à résistance ou en position de fonctionnement pour un changeur de prises de type à bobine d'inductance. Le courant de circulation est dû à la différence de tension entre les prises.

3.21

courant commuté

courant qu'il est prévu de couper pendant la commutation par chaque jeu de contacts principaux de coupure ou de passage (changeur de prises de types à résistance) ou contacts de transfert (changeur de prises de type à bobine d'inductance) incorporés dans le commutateur ou le sélecteur en charge

3.22

tension de rétablissement

tension à fréquence industrielle qui apparaît à travers chaque jeu de contacts principaux de coupure ou de passage (changeur de prises de type à résistance) ou contacts de transfert (changeur de prises de type à bobine d'inductance) du commutateur ou du sélecteur en charge après coupure du courant commuté par ces contacts

3.23

opération de changement de prises

succession complète de manœuvres du commencement à la fin d'un changement de prises d'une position de prise en service à une position adjacente

3.24

cycle de fonctionnement

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

3.25

niveau d'isolement assigné

valeurs des tensions de tenue au choc et source séparée en courant alternatif à la terre et le cas échéant entre phases et entre les parties pour lesquelles l'isolation est nécessaire

3.26

courant traversant assigné (I_u)

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

3.27

courant traversant assigné maximal (I_{um})

courant traversant assigné le plus élevé pour lequel le changeur de prises est conçu et qui est le courant de base pour tous les essais liés au courant

3.28

tension d'échelon assignée (U_i)

pour chaque valeur de courant traversant assigné, tension maximale admissible entre bornes destinées à être reliées à des prises successives du transformateur

3.20**circulating current**

that part of the current that flows through the transition impedance at the time when two taps are momentarily bridged during a tap-change operation for a resistor type tap-changer or when bridged in an operating position for a reactor type tap-changer. The circulating current is due to the voltage difference between the taps.

3.21**switched current**

prospective current to be broken during switching operation by each set of main switching or transition contacts (resistor type tap-changer) or transfer contacts (reactor type tap-changer) incorporated in the diverter switch or the selector switch

3.22**recovery voltage**

power-frequency voltage which appears across each set of main switching or transition contacts (resistor type tap-changer) or transfer contacts (reactor type tap-changer) of the diverter switch or selector switch after these contacts have broken the switched current

3.23**tap-change operation**

complete sequence of events from the initiation to the completion of a tap change from one service tap position to an adjacent position

3.24**cycle of operation**

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

3.25**rated insulation level**

withstand values of the impulse and separate source AC withstand voltages to earth, and where appropriate between phases, and between those parts where insulation is required

3.26**rated through-current (I_u)**

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

3.27**maximum rated through-current (I_{um})**

highest rated through-current for which the tap-changer is designed for and which forms the basis for all current related tests

3.28**rated step voltage (U_i)**

for each value of rated through-current, highest permissible voltage between terminals which are intended to be connected to successive taps of the transformer

3.29**relevant rated step voltage**

highest step voltage allowable in connection with a given rated through-current

3.29

tension d'échelon assignée applicable

tension d'échelon la plus élevée autorisée avec un courant traversant assigné donné

3.30

tension d'échelon assignée maximale (U_{im})

valeur la plus élevée de la tension d'échelon assignée pour laquelle le changeur de prises est conçu

3.31

fréquence assignée

fréquence du courant alternatif pour laquelle le changeur de prises est conçu

3.32

nombre de positions de prise disponibles

plus grand nombre de positions de prise pendant un demi cycle de fonctionnement pour lequel un changeur de prises peut être utilisé en fonction de sa conception

NOTE Le terme «position de prise» est généralement exprimé en valeurs $\pm$ du nombre considéré, par exemple ± 11 positions. Elles sont en principe aussi valables pour le mécanisme d'entraînement à moteur. Lorsqu'on utilise le terme 'nombre de positions de prise' concernant un transformateur, il fait toujours référence au nombre de positions de prise de service du transformateur considéré.

3.33

nombre de positions de prise de service

nombre de positions de prise pendant un demi cycle de fonctionnement pour lequel un changeur de prises est utilisé dans un transformateur

NOTE Le terme «positions de prise» est généralement exprimé en valeurs $\pm$ du nombre considéré, par exemple ± 11 positions. Elles sont en principe aussi valables pour le mécanisme d'entraînement à moteur. Lorsqu'on utilise le terme 'nombre de positions de prise' concernant un transformateur, il fait toujours référence au nombre de positions de prise de service du transformateur considéré.

3.34

essai de type

essai réalisé sur un changeur de prises ou ses composants ou sur une série de changeurs de prises ou leurs composants ayant tous la même conception pour prouver leur conformité à la présente norme

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

3.35

essai individuel de série

essai réalisé sur chaque changeur de prises terminé, dont la conception a été vérifiée par l'essai de type, pour établir que le changeur de prises ne présente aucun défaut de fabrication

3.36

mécanisme d'entraînement à moteur

mécanisme d'entraînement comprenant un moteur électrique et un circuit de commande

3.37

dispositif de contrôle pas à pas d'un mécanisme d'entraînement à moteur

dispositif destiné à stopper le mécanisme d'entraînement à moteur après un changement de prises, indépendamment de la séquence de fonctionnement du dispositif de commande

3.38

indicateur de position de prise

dispositif destiné à indiquer sur quelle prise se trouve le changeur de prises

3.30**maximum rated step voltage (U_{im})**

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

3.31**rated frequency**

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

3.32**number of inherent tap positions**

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

NOTE The term “tap positions” is generally given as the $\pm$ value of the relevant number, for example, ± 11 positions. They are in principle also valid for the motor-driven mechanism. When using a “number of tap positions” in connection with a transformer, this always refers to the number of service tap positions of the transformer.

3.33**number of service tap positions**

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

NOTE The term “tap position” is generally given as the $\pm$ values of the relevant number, for example, ± 11 positions. They are in principle also valid for the motor-driven mechanism. When using the term ‘number of tap positions’ in connection with a transformer, this always refers to the number of service tap positions of the transformer.

3.34**type test**

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 this 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.

3.35**routine test**

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

3.36**motor drive mechanism**

driving mechanism which incorporates an electric motor and a control circuit

3.37**step-by-step control of a motor-drive mechanism**

device for stopping the motor-drive mechanism after completion of a tap-change, independently of the operating sequence of the control switch

3.38**tap position indicator**

device for indicating the tap position of the tap-changer

3.39**tap-change in progress indicator**

device for indicating that the motor-drive mechanism is running

3.39

indicateur de changement de prises en cours

dispositif destiné à indiquer que le mécanisme d'entraînement à moteur est en marche

3.40

interrupteurs de fin de course

dispositifs destinés à empêcher le fonctionnement du changeur de prises au-delà des positions extrêmes, mais permettant le fonctionnement dans le sens opposé

3.41

fin de course mécanique

dispositif qui empêche physiquement le fonctionnement du changeur de prises au-delà des positions extrêmes, mais qui permet le fonctionnement dans le sens opposé

3.42

dispositifs de contrôle de marche en parallèle

dispositifs de commande destinés à faire manœuvrer, dans le cas du fonctionnement en parallèle de plusieurs transformateurs avec des prises, tous les changeurs de prises vers la position désirée et à éviter toute discordance des mécanismes d'entraînement à moteur respectifs

NOTE De tels dispositifs seraient nécessaires également dans le cas de transformateurs monophasés constituant un groupe triphasé lorsque chaque changeur de prises monophasé est équipé de ses propres mécanismes d'entraînement à moteur.

3.43

dispositif de déclenchement d'urgence

dispositif destiné à stopper le mécanisme d'entraînement à moteur à tout moment de telle manière qu'une action particulière doive intervenir avant que le changement de prises suivant puisse commencer

3.44

dispositif de blocage en présence de surintensité

dispositif destiné à empêcher ou interrompre le fonctionnement du mécanisme à entraînement à moteur tant qu'une surintensité dépassant une valeur préétablie circule dans l'enroulement du transformateur

NOTE Quand les commutateurs sont actionnés par des systèmes à ressort, l'interruption du fonctionnement du mécanisme à entraînement à moteur n'empêchera pas le fonctionnement du commutateur si le déclenchement à ressort a été actionné.

3.45

dispositif de redémarrage

dispositif destiné à redémarrer le mécanisme à entraînement à moteur après une interruption de la tension d'alimentation pour terminer une opération de changement de prises déjà commencée

3.46

compteur de manœuvres

dispositif destiné à indiquer le nombre de changements de prises réalisé

3.47

commande manuelle du mécanisme d'entraînement à moteur

manœuvre manuelle du changeur de prises par un dispositif mécanique, bloquant en même temps la manœuvre par le moteur électrique

3.48

armoire du mécanisme d'entraînement à moteur

armoire qui abrite le mécanisme d'entraînement à moteur

3.40**limit switches**

devices for preventing operation of the tap-changer beyond either end position, but allowing operation in the opposite direction

3.41**mechanical end stop**

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

3.42**parallel control devices**

control devices to move, in the case of parallel operation of several transformers with taps, 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 mechanisms.

3.43**emergency tripping device**

device for stopping the motor-drive mechanism at any time in such a way that a special action has to be performed before the next tap-change operation can be started

3.44**overcurrent blocking device**

device for preventing or interrupting operation of the motor-drive mechanism for the period in which an overcurrent exceeding a pre-set 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.

3.45**restarting device**

device designed to restart the motor-drive mechanism after an interruption of the supply voltage to complete a tap-change operation already initiated

3.46**operation counter**

device for indicating the number of tap-changes accomplished

3.47**manual operation of a motor-drive mechanism**

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

3.48**motor-drive cubicle**

cubicle that houses the motor-drive mechanism

3.49**protective device against running-through**

device that stops the motor-drive mechanism in case of a failure of the step-by-step control circuit which would cause the motor drive mechanism to run through several tap positions

3.49

dispositif de protection contre le passage de plusieurs positions

dispositif qui stoppe le mécanisme d'entraînement à moteur en cas de défaillance du circuit de contrôle pas à pas qui laisserait le mécanisme passer plusieurs positions de prises

3.50

cycle en drapeau³

méthode d'exécution d'une manœuvre de changement de prises au cours de laquelle le courant traversant est commuté des contacts principaux de commutation avant que le courant de circulation ne s'établisse

NOTE Ce cycle implique que la connexion de courant traversant soit au point milieu de l'impédance de passage lorsque celle-ci est parcourue par le courant de circulation.

3.51

cycle en fanion symétrique³

méthode d'exécution d'une manœuvre de changement de prises au cours de laquelle le courant de circulation s'établit avant que le courant traversant ne soit commuté des contacts principaux de commutation

NOTE Ce cycle implique que la connexion de courant traversant soit au point milieu de l'impédance de passage lorsqu'elle est parcourue par le courant de circulation.

3.52

cycle en fanion asymétrique³

méthode d'exécution d'une manœuvre de changement de prises au cours de 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 de commutation, tandis que dans l'autre sens, le courant traversant est commuté avant que le courant de circulation ne s'établisse

NOTE 1 Ce cycle implique que la connexion de courant traversant soit à une extrémité de l'impédance de passage lorsqu'elle est parcourue par le courant de circulation.

NOTE 2 Les changeurs de prises qui utilisent le cycle en fanion asymétrique sont normalement utilisés pour une circulation de charges dans un seul sens.

3.53

changeur de prises de classe I

changeur de prises pouvant être seulement utilisé au point neutre des enroulements

3.54

changeur de prises de classe II

changeur de prises pouvant être seulement utilisé à une position autre que le point neutre des enroulements

NOTE Les changeurs de prises de classe I et II ne sont aucunement liés aux transformateurs de classe I et II décrits dans la CEI 60076-3.

3.55

changeur de prises en environnement liquide

changeur de prises monté à l'intérieur du réservoir principal du transformateur et immergé dans le liquide isolant du transformateur

3.56

changeur de prises dans un environnement d'air

changeur de prises monté dans un conteneur à l'extérieur du réservoir principal du transformateur et immergé dans son propre liquide isolant

³ Les désignations 'cycle en drapeau' et 'cycle en fanion' proviennent de l'aspect des schémas vectoriels représentant le changement de tension de sortie du transformateur en se déplaçant d'une connexion à la connexion adjacente. Dans le 'cycle en drapeau' le changement de tension comprend quatre étapes, tandis que dans le 'cycle en fanion' il n'y en a que deux, voir la Figure A.1.

3.50**flag cycle**³

method of performing a tap-change operation in which the through-current is diverted from the main switching 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.

3.51**symmetrical pennant cycle**³

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

3.52**asymmetrical pennant cycle**³

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 switching contacts, while in the other direction of movement the through-current is diverted before the circulating current starts to flow

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

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

3.53**class I tap-changer**

tap-changer only suitable for use at the neutral point of windings

3.54**class II tap-changer**

a tap-changer suitable for use at a position other than the neutral point of windings

NOTE Classes I and II tap-changers have no relation with classes I and II transformers described in IEC 60076-3.

3.55**liquid environment tap-changer**

tap-changer mounted inside the main transformer tank and immersed in the insulating liquid of the transformer

3.56**air environment tap-changer**

tap-changer mounted in a container outside the main transformer tank and immersed in its own insulating liquid

3.57**highest voltage for equipment, U_m**

highest r.m.s. phase-to-phase voltage in a three-phase system for which a tap-changer is designed with respect to its insulation

³ 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 Figure A.1.

3.57

tension la plus élevée pour un matériel, U_m

tension entre phases la plus élevée en valeur efficace dans un réseau triphasé pour laquelle un changeur de prises est prévu en fonction de son isolation

4 Conditions de service**4.1 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 doivent être considérés comme pouvant être utilisés dans les plages de températures indiquées au Tableau 1.

Tableau 1 – Température de l'environnement du changeur de prises

Environnement du changeur de prises	Température	
	Minimale	Maximale
Air	–25 °C	40 °C
Liquide	–25 °C	100 °C

NOTE 1 Pour les définitions des environnements des changeurs de prises, voir 3.55 et 3.56.
 NOTE 2 La valeur de 100 °C indiquée ci-dessus est fondée sur une charge assignée normale et une température ambiante maximale de 40 °C, comme spécifié dans la CEI 60076-1.

4.2 Température de l'environnement du mécanisme d'entraînement à moteur

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

NOTE Pour des conditions plus sévères d'environnements de changeurs de prises ou de mécanismes d'entraînement à moteur, il convient de se référer à la CEI 60214-2.

4.3 Conditions de surcharge

Les changeurs de prises qui sont conformes à cette norme et qui sont choisis et installés conformément à la CEI 60214-2 ne doivent pas limiter le chargement d'urgence du transformateur conformément à la CEI 60354, ce qui pourrait entraîner des températures d'huile de l'ordre de 115 °C.

5 Prescriptions pour les changeurs de prises en charge**5.1 Prescriptions générales****5.1.1 Caractéristiques****5.1.1.1 Caractéristiques assignées**

Les caractéristiques assignées d'un changeur de prises en charge sont les suivantes:

- courant traversant assigné;
- courant traversant assigné maximal;
- tension d'échelon assignée;
- tension d'échelon assignée maximale;
- fréquence assignée;
- niveau d'isolement assigné.

4 Service conditions

4.1 Temperature of tap-changer environment

Unless more onerous conditions are specified by the purchaser, tap-changers shall be regarded as suitable for operation over the ranges of temperature given in Table 1.

Table 1 – Temperature of tap-changer environment

Tap-changer environment	Temperature	
	Minimum	Maximum
Air	–25 °C	40 °C
Liquid	–25 °C	100 °C
NOTE 1 For the definitions of the tap-changer environments, see 3.55 and 3.56.		
NOTE 2 The value of 100 °C quoted above is based on normal rated load and a maximum ambient temperature of 40 °C as specified in IEC 60076-1.		

4.2 Temperature of motor-drive mechanism environment

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

NOTE For more onerous conditions for tap-changer or motor-drive mechanism environments, reference should be made to IEC 60214-2.

4.3 Overload conditions

Tap-changers which comply with this standard and are selected and installed in accordance with IEC 60214-2 shall not restrict emergency loading of the transformer according to IEC 60354, which could result in top oil temperatures as high as 115 °C.

5 Requirements for on-load tap-changers

5.1 General requirements

5.1.1 Rating

5.1.1.1 Rated characteristics

The rated characteristics of an on-load tap-changer are:

- rated through-current;
- maximum rated through current;
- rated step voltage;
- maximum rated step voltage;
- rated frequency;
- rated insulation level.

5.1.1.2 Corrélation entre le courant traversant assigné et la tension d'échelon assignée

Dans la limite de la valeur du courant traversant assigné maximal d'un changeur de prises en charge, il peut exister différentes combinaisons de valeurs du courant traversant assigné et de la tension d'échelon assignée correspondante. Lorsqu'une valeur de la tension d'échelon assignée se réfère à une valeur spécifique du courant traversant assigné, elle est appelée «tension d'échelon assignée correspondante».

5.1.2 Compartiments d'huile pour commutateurs et sélecteurs en charge

Les compartiments remplis d'huile pour les commutateurs et les sélecteurs en charge doivent être étanches à l'huile. S'il y a lieu, des valeurs de tenue à la pression et au vide doivent être fixées par le constructeur.

NOTE Si l'huile du transformateur doit être contrôlée par des analyses des gaz dissous, il convient que le compartiment d'huile du commutateur ou du sélecteur en charge soit équipé d'un conservateur de liquide sans contact avec celui du transformateur.

5.1.3 Indicateurs de niveau de liquide

Les compartiments remplis de liquide pour commutateurs et sélecteurs en charge de volume d'expansion intégré ou de conservateurs séparés pour ces compartiments doivent, le cas échéant, être équipés d'indicateurs de niveau de liquide.

5.1.4 Prescriptions de sécurité pour la protection contre l'augmentation de la pression

Pour minimiser le risque de feu ou d'explosion résultant d'une défaillance interne à l'intérieur du compartiment du commutateur ou du sélecteur en charge, un ou plusieurs des dispositifs de protection suivants doivent être montés.

NOTE 1 Les compartiments de sélecteur de prises des changeurs de prises en charge à environnement d'air sont généralement reliés par un tuyau au relais buchholz principal du transformateur. Il convient également de veiller à fixer un relais buchholz séparé entre le compartiment de sélecteur de prises et le conservateur.

NOTE 2 Pour les types de changeurs de prises en charge qui ne créent pas d'arc et qui sont installés dans des compartiments scellés, d'autres dispositifs de protection peuvent être utilisés.

5.1.4.1 Relais de contrôle du flux de liquide

Le relais de contrôle de flux de liquide, installé dans la tuyauterie entre la tête du commutateur ou du sélecteur en charge et le conservateur de liquide, doit réagir à un flux de liquide prédéterminé et permettre de mettre le transformateur hors tension.

5.1.4.2 Relais de surpression

Le relais de surpression doit réagir dans le cas où la pression du compartiment de liquide du commutateur ou du sélecteur en charge dépasse une valeur prédéterminée et permet de mettre le transformateur hors tension.

5.1.4.3 Dispositif limiteur de pression

Le dispositif limiteur de pression doit s'ouvrir lorsqu'une pression prédéterminée est dépassée et son ouverture doit protéger le compartiment de liquide du commutateur ou du sélecteur en charge.

Lorsque le dispositif limiteur de pression constitue la seule protection, il doit également être équipé de contacts pour permettre la mise hors tension du transformateur.

5.1.1.2 Interrelation between rated through-current and rated step voltage

Up to the maximum rated through-current of the on-load tap-changer there may be different assigned combinations of values of rated through-current and corresponding rated step voltage. When a value of rated step voltage is referred to a specific value of rated through-current it is called the 'relevant rated step voltage'.

5.1.2 Liquid filled compartments for diverter and selector switches

The liquid filled compartments for diverter and selector switches shall be liquid-tight. Where appropriate, pressure and vacuum withstand values shall be declared by the manufacturer.

NOTE If the transformer oil is to be supervised by gas-in-oil analysis, the liquid filled compartment of the diverter or selector switch should be provided with a liquid conservator which has no connection to the conservator of the transformer.

5.1.3 Liquid-level gauges

Liquid compartments for diverter or selector switches with integral expansion volume or separate conservators for these compartments, when fitted, shall be provided with liquid-level gauges.

5.1.4 Safety requirements for protection against increase in pressure

In order to minimize the risk of fire or explosion resulting from an internal failure within the diverter or selector switch compartment, one or more of the following protective devices shall be fitted.

NOTE 1 The tap selector compartments of air environment on-load tap-changers are usually piped to the main transformer buchholz relay. Consideration should also be given to fitting a separate buchholz relay between the tap-selector compartment and the conservator.

NOTE 2 For those types of on-load tap-changers that do not create an arc and are installed in sealed compartments, other protective devices may be used.

5.1.4.1 Liquid-flow controlled relay

The liquid-flow controlled relay, installed in the pipe between the top of the diverter or selector switch and the liquid conservator, shall respond at a predetermined liquid flow and enable the transformer to be tripped.

5.1.4.2 Overpressure relay

The overpressure relay shall respond in the event of the pressure in the diverter or selector switch liquid compartment exceeding a predetermined value, and enable the transformer to be tripped.

5.1.4.3 Pressure relief device

The pressure relief device shall open when a predetermined pressure is exceeded and its opening shall protect the diverter or selector switch liquid compartment.

Where a pressure relief device is the sole protection, it shall also be arranged with contacts to enable the transformer to be tripped.

NOTE Si on utilise un dispositif limiteur de pression, l'utilisation d'un type à diaphragme auto-étanchéifiant est possible. Il convient aussi d'envisager la fixation d'une sortie comme une canalisation ou une jonction provenant du dispositif limiteur de pression pour protéger le personnel contre le liquide déplacé. Il convient que l'utilisation de tels dispositifs soit soumise à accord entre le constructeur et l'acheteur.

5.1.5 Dispositifs de limitation pour la protection contre les surtensions transitoires

Pour les changeurs de prises en charge comportant des dispositifs de limitation de surtensions transitoires, le constructeur du changeur de prises en charge doit donner tous les détails sur les caractéristiques de protection, ainsi que toute limitation qui pourrait être imposée pendant les essais sur le transformateur complet.

Quand des éclateurs sont utilisés, on doit s'assurer que la décharge s'éteint automatiquement après amorçage.

5.1.6 Tensions de rétablissement des présélecteurs

Lorsque des présélecteurs à réglage grossier ou inverseurs fonctionnent, ils déconnectent momentanément l'enroulement de la prise. Ceci peut causer des tensions de rétablissement élevées à travers les contacts du présélecteur pendant la séparation de contact en raison du couplage capacitif entre l'enroulement de prises et le ou les enroulements adjacents. Le constructeur de changeur de prises en charge doit déclarer tout paramètre de limitation de commutation pour les présélecteurs incorporés dans un changeur de prises en charge.

NOTE Voir la CEI 60214-2 pour plus de précisions sur la sélection, les circuits et les dispositifs de contrôle et les recommandations d'essai pour les transformateurs.

5.1.7 Commutation d'inductance de fuite dans le cas des enroulements grossier/fin

Lors de changements de l'extrémité de l'enroulement fin vers l'extrémité de l'enroulement grossier avec des changeurs de prises de type à résistance, une inductance de fuite élevée peut être créée avec les deux enroulements en opposition de série. Ceci peut causer un décalage de phase entre le courant commuté et la tension de rétablissement du commutateur ou du sélecteur en charge. Ceci peut provoquer un arc étendu du commutateur.

Le constructeur de changeur de prises en charge doit déclarer toute limitation de commutation.

NOTE Voir la CEI 60214-2 pour plus de précisions sur la sélection et les configurations d'enroulement concernant l'inductance de fuite.

5.2 Essais de type

Les essais de type suivants doivent être réalisés sur des échantillons des changeurs de prises en charge après leur fabrication complète ou sur des composants équivalents fournis dans la mesure où le constructeur peut démontrer que les conditions d'essai correspondantes et leurs résultats ne sont pas influencés lorsqu'on essaie uniquement les composants à la place du changeur de prises complet.

- Echauffement des contacts (5.2.1);
- Essais de coupure (5.2.2);
- Essai au courant de court-circuit (5.2.3);
- Essais d'impédance de passage (5.2.4);
- Essais mécaniques (5.2.5);
- Essais diélectriques (5.2.6);

NOTE If a pressure relief device is fitted, the use of a self-sealing diaphragm type is possible. Consideration should also be given to fitting an outlet such as ducting or trunking from the pressure relief device to protect personnel from the displaced liquid. The use of such devices should be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

5.1.5 Limiting devices for the protection against transient overvoltages

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

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

5.1.6 Change-over selector recovery voltages

When coarse or reversing change-over selectors operate they momentarily disconnect the tap winding. This can cause high recovery voltages across the change-over selector contacts during contact separation due to capacitive coupling between the tap winding and adjacent winding(s). The on-load tap-changer manufacturer shall declare any limiting switching parameters for change-over selectors incorporated in an on-load tap-changer.

NOTE See IEC 60214-2 for further details of selection, control circuits and devices and transformer testing recommendations.

5.1.7 Coarse fine regulation leakage inductance switching

When changing from the end of the fine winding to the end of the coarse winding with resistor type tap-changers, a high leakage inductance can be set up with the two windings in series opposition. This can cause a phase shift between the switched current and recovery voltage of the diverter or selector switch. This may result in extended arcing of the switch.

The on-load tap-changer manufacturer shall declare any switching limitations.

NOTE See IEC 60214-2 for further details of selection and winding configurations regarding leakage inductance.

5.2 Type tests

The following type tests shall be performed on samples of the relevant on-load tap-changers after their final development or on equivalent components provided that the manufacturer can demonstrate that the relevant test conditions and results are not influenced by testing only components instead of the complete tap-changer.

- Temperature rise of contacts (5.2.1);
- Switching tests (5.2.2);
- Short-circuit current test (5.2.3);
- Transition impedance test (5.2.4);
- Mechanical tests (5.2.5);
- Dielectric tests (5.2.6).

5.2.1 Echauffement des contacts

Des essais doivent être réalisés pour vérifier que l'échauffement au-dessus du milieu ambiant de chaque type de contact qui, en service, est parcouru en permanence par le courant ne dépasse pas les valeurs indiquées au Tableau 2 lorsque les contacts ont atteint une température stable lorsqu'ils sont parcourus par 1,2 fois le courant traversant maximal assigné.

Pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance, les échauffements les plus importants interviendront en position de liaison. Le courant en position de liaison est déterminé par le courant traversant ainsi que par le courant de circulation et le facteur de puissance du courant traversant. L'essai de type doit être réalisé en position de liaison et avec des courants calculés sur la base suivante:

- a) courant traversant égal à 1,2 fois le courant traversant maximal assigné;
- b) courant de circulation égal à 50 % du courant traversant maximal assigné (ou autre spécification du constructeur indiquée dans le rapport d'essais de type);
- c) facteur de puissance égal à 80 %.

Le fait de satisfaire à ces conditions démontre l'aptitude à la surcharge selon 4.3.

Tableau 2 – Limites d'échauffement des contacts

Matériau de contact	Dans l'air K	Dans du liquide K
Cuivre seul	35	20
Cuivre argenté/alliages	65	20
Autres matériaux	Suivant accord	20

NOTE Lorsque les contacts restent dans une même position pendant de longues périodes, il peut se former du carbone pyrolytique.

Lorsque le milieu environnant est liquide, l'essai doit être réalisé à la température ambiante.

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

La température doit être mesurée par des thermocouples ou d'autres dispositifs convenables placés à la surface des contacts aussi près que possible du point de contact.

La température est considérée comme stable lorsque la différence de température entre le contact et le milieu environnant ne varie pas de plus de 1 K pendant une heure.

NOTE Il convient d'indiquer la section et l'isolation du conducteur amenant le courant au changeur de prises en charge ou à ses composants en essai.

5.2.2 Essais de coupure

Les essais de coupure qui comprennent des essais d'endurance et des essais de pouvoir de coupure doivent simuler les conditions les plus sévères pour lesquelles le chargeur de prises en charge est défini. Se référer aux Annexes A et B pour les conditions les plus sévères pour les changeurs de prises de type à résistance et à bobine d'inductance, respectivement, pour la majorité des configurations de contacts.

NOTE Lorsqu'il s'agit de coupure sur inductance de passage, il convient que les conditions les plus sévères fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Dans le cas d'un cycle de fonctionnement en fanion asymétrique, voir Tableau A.1, il est admis qu'il n'y a pas d'inversion du sens de transit de la puissance en service.

5.2.1 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 2 when the contacts have reached a steady temperature when carrying 1,2 times the maximum rated through-current.

For reactor type tap-changers, the highest temperature rises will be experienced in the bridging position. The current in the bridging position is determined by the through-current, as well as by the circulating current and the power factor of the through current. The type test shall be performed in the bridging position and with currents calculated on the following basis:

- through-current equal to 1,2 times the maximum rated through-current;
- circulating current equal to 50 % of the maximum rated through-current (or otherwise specified by the manufacturer and stated in the type test report);
- power factor equal to 80 %.

Meeting these conditions proves the overload capacity as referred to in 4.3.

Table 2 – Contact temperature-rise limits

Contact material	In air K	In liquid K
Plain copper	35	20
Silver-faced copper/alloys	65	20
Other materials	By agreement	20

NOTE Where contacts remain in one position for long periods of time, pyrolytic carbon formation may occur.

When the surrounding medium is liquid, the test shall be performed at ambient temperature.

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

The temperature 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 K over an hour.

NOTE The cross-section and insulation of the conductor carrying the current into the on-load tap-changer or components under test should be stated.

5.2.2 Switching tests

Switching tests which include service duty tests and breaking capacity tests, shall simulate the most onerous conditions for which the on-load tap-changer is rated. Refer to Annexes A and B for the most onerous conditions for resistor and reactor type tap-changers, respectively, for the majority of contact arrangements.

NOTE Where reactor transition switching is concerned, the most onerous conditions should be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

In the case of an asymmetrical pennant cycle, see Table A.1, it is assumed that no reversal of power-flow occurs in service.

Les essais de coupure peuvent être limités au commutateur ou au sélecteur en charge s'il a été prouvé que les conditions de fonctionnement des contacts ne sont pas affectées par de telles limitations.

Si le commutateur ou le sélecteur en charge possède plusieurs jeux de contacts fonctionnant dans un ordre défini, il n'est pas admis de soumettre séparément chaque jeu de contacts aux essais, à moins qu'il ne soit prouvé que les conditions de fonctionnement de tout 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 à l'extérieur de l'appareil si ceci est nécessaire de par la construction du changeur de prises en charge ou du circuit d'essai et elles peuvent avoir une capacité thermique supérieure à celle des résistances utilisées en service, sauf spécification contraire.

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

Dans le cas de changeurs de prises immergés dans du liquide, ni les contacts, ni le liquide du transformateur ne doivent être renouvelés au cours des essais.

Dans le cas de coupures triphasées, il est normalement suffisant de soumettre aux essais les contacts d'une seule phase.

Si un changeur de prises en charge particulier a plus d'une combinaison de courant traversant assigné et de tension d'échelon assignée, on doit réaliser au moins deux essais de capacité de coupure, un avec le courant traversant assigné maximal I_{um} et la tension d'échelon correspondante U_i et l'autre avec la tension d'échelon assignée maximale U_{im} et son courant traversant assigné correspondant I_u .

La courbe de coupure peut être établie en utilisant les résultats des deux essais ci-dessus et une valeur de tension au point milieu calculée selon la formule suivante:

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

Les dispositions d'essai doivent être telles que, sauf spécification contraire, ni le courant coupé, ni la tension de rétablissement, ni le produit de ces deux valeurs ne doivent, en aucun cas, être inférieurs à 95 % des valeurs calculées appropriées au cycle de commutation, voir Tableau A.1 et Tableaux B.1, B.2, B.3 et B.4 sous le courant traversant approprié et la tension d'échelon assignée correspondante.

5.2.2.1 Essai d'endurance

Cet essai doit être réalisé conformément à l'une des méthodes de 5.2.2.1.1 à 5.2.2.1.3, la méthode appropriée devant être décidée par le constructeur. Après les essais, des contrôles de l'usure des contacts doivent avoir lieu et les résultats ne doivent laisser aucun doute sur l'aptitude du changeur de prises en charge à assurer son service.

NOTE Les résultats de cet essai peuvent être utilisés par le constructeur pour démontrer que les contacts utilisés pour établir et couper le courant sont capables d'accomplir, sans remplacement, le nombre de changements de prises déclaré par le constructeur au courant traversant assigné maximal et à la tension d'échelon assignée correspondante.

5.2.2.1.1 Essai d'endurance à la tension d'échelon assignée

Les contacts des commutateurs et des sélecteurs en charge doivent être soumis à un nombre de manœuvres correspondant à 50 000 changements de prises en service normal en étant parcourus par un courant au moins égal au courant traversant assigné maximal et à la tension d'échelon assignée correspondante.

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

If the diverter 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 on-load 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 transition impedance shall be stated.

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

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

If a particular on-load 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 .

The switching curve can be drawn using the results of the two tests above and a value of voltage at mid-current calculated from the following formula:

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

The arrangement for testing shall be such that, except where otherwise specified, the switched current, the recovery voltage, or the product of these shall not, in any case, be less than 95 % of the calculated values appropriate to the switching cycle, see Table A.1 and Tables B.1, B.2, B.3 and B.4 at the appropriate through-current and relevant rated step voltage.

5.2.2.1 Service duty test

This test shall be performed in accordance with one of the tests in 5.2.2.1.1 to 5.2.2.1.3, the appropriate method to be decided by the manufacturer. After the tests, inspections of contact wear shall take place, the results of these leaving no doubt as to the suitability of the on-load 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 maximum rated through-current and at the relevant rated step voltage.

5.2.2.1.1 Service duty test at rated step voltage

The contacts of the diverter and selector switches shall be subjected to a number of operations corresponding to 50000 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.

La comparaison des oscillogrammes relevés à intervalles réguliers au cours de l'essai doit montrer que les caractéristiques du changeur de prises en charge ne présentent pas de modifications significatives de nature à compromettre le fonctionnement de l'appareil. Vingt oscillogrammes doivent être relevés au début de l'essai et 20 toutes les 12 500 manœuvres, soit un total de 100 oscillogrammes.

NOTE En général, il est suffisant de comparer les séries d'oscillogrammes relevés au début et à la fin de l'essai.

5.2.2.1.2 Essai d'endurance sous tension d'échelon réduite

Un essai sous une tension d'échelon réduite peut être réalisé dans les conditions suivantes:

- a) 100 manœuvres doivent être exécutées au courant traversant assigné maximal et sous la tension d'échelon assignée correspondante avec des contacts neufs et un liquide de transformateur propre. Chaque manœuvre doit être enregistrée sur oscillographe;
- b) lorsque les oscillogrammes enregistrés en a) indiquent qu'aucune durée d'arc ne dépasse $1,2/2f$ s, où f est la fréquence assignée en hertz, le nombre de manœuvres de l'essai d'endurance tel que défini en d) doit être de 50 000;
- c) lorsque les oscillogrammes enregistrés en a) indiquent que des durées d'arc supérieures à $1,2/2f$ s apparaissent, alors le nombre de manœuvres de l'essai d'endurance défini en d) doit être augmenté de $(2S/100) \times 50\,000$ où S est le nombre total de demi cycles de courant d'arc, au cours des 100 manœuvres de a) ci-dessus, qui dépassent $1,2/2f$ s;
- d) un essai d'endurance de 50 000 manœuvres, augmenté s'il y a lieu du nombre de manœuvres résultant de c) si applicable, doit être réalisé avec un courant correspondant au moins au courant traversant assigné maximal et à une tension d'échelon réduite. Cette tension doit être telle que le courant coupé ne soit pas inférieur à celui apparaissant au cours des manœuvres à la tension d'échelon assignée correspondante. De plus, il ne doit se produire aucune interruption de courant. Pour obtenir les conditions d'essai spécifiées, la valeur de l'impédance de passage doit être modifiée de manière appropriée;
- e) sans changement des contacts ou du liquide, 100 manœuvres doivent être exécutées au courant traversant assigné maximal et à la tension d'échelon assignée correspondante, chaque manœuvre étant enregistrée sur oscillographe. La comparaison de ces oscillogrammes avec ceux relevés lors des séries de manœuvres en a) ne doit montrer aucune altération des caractéristiques du changeur de prises en charge qui pourrait mettre en danger le fonctionnement de l'appareil.

La suite des essais spécifiée ci-dessus est destinée à donner pratiquement la même usure des contacts que celle qui interviendrait après 50 000 manœuvres avec le courant traversant assigné maximal et à la tension d'échelon assignée correspondante.

5.2.2.1.3 Essai d'endurance pour sélecteurs en charge

Les essais peuvent être réalisés comme spécifié en 5.2.2.1.1 ou en 5.2.2.1.2.

Pour approcher les conditions de service, l'essai des sélecteurs en charge doit être réalisé avec huit positions de changements de prises au maximum, en excluant les positions mortes, celles-ci étant disposées de manière centrale sur le présélecteur si un tel dispositif est incorporé au changeur de prises.

Lorsque les sélecteurs en charge utilisent le cycle de fonctionnement en fanion asymétrique, compte tenu du fait que les courants de charge et de circulation avec leurs tensions de rétablissement propres sont vectoriellement soustractifs, les conditions de coupures les plus sévères du contact principal de coupure apparaissent à pleine charge et à vide, voir Tableau A.1.

En service, la plupart des transformateurs ne fonctionnent normalement pas à pleine charge et, par conséquent, il y a toujours une usure par arc dans les conditions de courants soustractifs. C'est pourquoi, pour approcher au mieux les conditions de service, l'essai doit être réalisé avec 25 000 manœuvres à pleine charge et 25 000 à vide.

Comparison of oscillograms taken at regular intervals during the test shall show that there is no significant alteration in the characteristics of the on-load 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 12500 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.

5.2.2.1.2 Service duty test at reduced step voltage

A test at reduced step voltage may be performed under the following conditions:

- a) 100 operations at the maximum rated through-current and the relevant rated step voltage shall be performed with new contacts in clean transformer liquid. Each operation shall be oscillographically recorded;
- b) when the oscillograms taken at a) indicate that no arcing time exceeds $1,2/2f$ s, where f is the rated frequency in hertz, then the number of operations of the service duty test as in d) shall be 50 000;
- c) when the oscillograms taken at a) indicate that arcing times in excess of $1,2/2f$ s are occurring, then the number of operations of the service duty test as in d) shall be increased by $(2S/100) \times 50\,000$ where S is the total number of half cycles of arcing current, in the 100 operations from item a) above, which exceed $1,2/2f$ s;
- d) a service duty test of 50 000 operations, increased by the number of operations resulting from item c) if applicable, shall be performed with a current not less than the maximum rated through-current and at reduced step voltage. This voltage 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;
- e) without change of contacts or liquid, 100 operations shall be performed at the maximum rated through-current and the relevant rated step voltage, each operation being oscillographically recorded. Comparison of these oscillograms with those taken in the series of operations under item a) shall show no alteration in the characteristics of the on-load tap-changer which might endanger the operation of the apparatus.

The test sequence specified above is designed to give substantially the same contact erosion as would occur during 50 000 operations at maximum rated through-current and the relevant rated step voltage.

5.2.2.1.3 Service duty test for selector switches

The tests may be performed as specified in either 5.2.2.1.1 or 5.2.2.1.2.

In order to approximate to service conditions, selector switches shall have the test performed at 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.

When selector switches are designed as asymmetrical pennant cycle switching, owing to the load and circulating current together with their associated recovery voltages being vectorially subtractive, the most onerous switching duties for the main switching contact occur at full-load and at no-load, see Table A.1.

In service, most 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 25 000 operations at full-load parameters and 25 000 operations at no-load parameters.

5.2.2.2 Essai de pouvoir de coupure

On doit exécuter quarante manœuvres avec un courant correspondant à deux fois le courant traversant assigné maximal et à sa tension d'échelon assignée correspondante.

Pour approcher les conditions de service, l'essai des sélecteurs en charge doit être réalisé avec huit positions de changements de prises au maximum, en excluant les positions mortes, celles-ci étant disposées de manière centrale sur le présélecteur si un tel dispositif est incorporé au changeur de prises en charge.

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

Pour les changeurs de prises de type à résistance, l'essai de capacité de coupure doit être réalisé, si possible, avec une résistance de passage de même caractéristiques thermiques et ohmiques que celle utilisée en service. Si c'est impossible, l'impédance telle qu'elle est utilisée en service doit être soumise aux essais de manière séparée conformément à 5.2.4.1, mais avec un courant égal à deux fois le courant traversant assigné maximal pour une seule manœuvre.

5.2.2.3 Circuits d'essai équivalents

Les essais de 5.2.2.1.1, 5.2.2.1.2, 5.2.2.1.3 et 5.2.2.2 peuvent être réalisés avec des circuits d'essai équivalents s'il est prouvé que les conditions d'essai sont pratiquement équivalentes. Deux circuits d'essai équivalents qu'il est possible d'utiliser pour les changeurs de prises de type à résistance uniquement sont décrits à l'Annexe D.

5.2.3 Essai au courant de court-circuit

Tous les contacts de différents types parcourus en permanence par le courant doivent être soumis à des courants de court-circuit, chacun d'une durée de 2 s ($\pm 10\%$). Dans le cas de changeurs de prises en charge immergés dans un liquide, l'essai doit être réalisé dans du liquide de transformateur.

Dans le cas de changeurs de prises en charge triphasés, il est normalement suffisant de soumettre aux essais les contacts d'une seule phase, sauf spécification contraire.

Trois applications doivent être réalisées avec un courant de crête initial de 2,5 ($\pm 5\%$) fois la valeur efficace du courant d'essai de court-circuit assigné. Les contacts ne doivent pas être déplacés entre ces applications.

Lorsqu'il n'y a pas d'enclencheur synchrone et qu'il n'est pas possible d'obtenir trois applications de courant de court-circuit avec un courant de crête initial de 2,5 fois la valeur efficace, l'essai suivant peut être réalisé.

La valeur efficace du courant d'essai de court-circuit peut être augmentée de manière à obtenir le courant de crête assigné pour les trois applications et la durée d'essai peut être réduite. Lorsqu'on utilise cette méthode, le produit du carré de la valeur efficace augmentée du courant par la durée réduite de l'essai ne doit pas être inférieur au produit du carré de la valeur efficace du courant de court-circuit assigné par deux secondes.

Les valeurs du courant d'essai de court-circuit à appliquer doivent être celles données à la Figure 1.

5.2.2.2 Breaking capacity test

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

In order to approximate to service conditions, selector switches shall have the test performed at 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 on-load tap-changer design.

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.

For resistor type tap-changers the breaking capacity test shall be performed, if possible, with a transition resistor 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 5.2.4.1, but with twice the maximum rated through-current for one operation only.

5.2.2.3 Simulated test circuits

The tests in 5.2.2.1.1, 5.2.2.1.2, 5.2.2.1.3 and 5.2.2.2 may be performed with simulated test circuits provided it is proved that the test conditions are substantially equivalent. Two simulated test circuits that are relevant for resistor type tap-changers only are described in Annex D.

5.2.3 Short-circuit current test

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

In the case of three-phase on-load 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 r.m.s. value of the rated short-circuit test current. The contacts shall not be moved between these applications.

When there are no facilities for point-on-wave switching and it is not possible to obtain three short-circuit applications with initial peak current 2,5 times the r.m.s. value, the following test may be used.

The r.m.s. value of the short-circuit test current may be increased so that the rated 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.

The values of the short-circuit test current to be applied shall be as given in Figure 1.

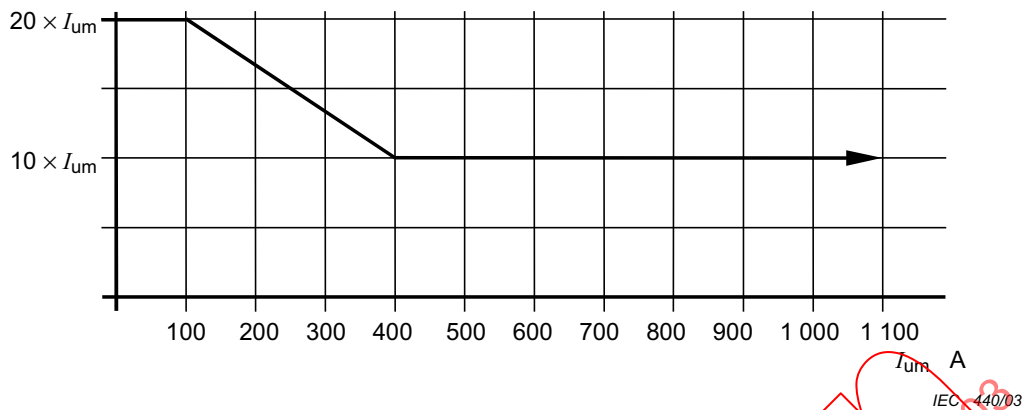


Figure 1 – Courant d'essai de court-circuit donné en multiple du courant traversant assigné maximal

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

A la fin de l'essai, les contacts ne doivent pas être endommagés au point d'empêcher la poursuite du fonctionnement correct avec le courant traversant assigné maximal. Les autres parties parcourues ne doivent pas présenter de traces de déformations mécaniques permanentes.

Pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance, le courant de court-circuit est divisé en deux parties égales au niveau des contacts du sélecteur de prise ou du sélecteur en charge et des contacts de transfert ou de shuntage. C'est pourquoi le courant traversant chaque contact ne sera égal qu'à 50 % de la valeur du courant d'essai complet.

5.2.4 Essai d'impédance de passage

5.2.4.1 Résistances de passage

Pour satisfaire aux prescriptions de surcharge de 4.3, l'essai doit être réalisé à 1,5 fois le courant traversant assigné maximal à la tension d'échelon assignée correspondante.

La résistance doit être montée dans le changeur de prises en charge comme en service.

La résistance doit être mise sous tension en faisant fonctionner le changeur de prises en charge. Le nombre de manœuvres doit être équivalent à la moitié d'un cycle de fonctionnement. Les manœuvres doivent être ininterrompues, le mécanisme d'entraînement fonctionnant à vitesse normale.

La température de la résistance à la dernière manœuvre doit être enregistrée et déterminée.

L'échauffement au dessus du liquide environnant à 1,5 fois le courant traversant assigné maximal ne doit pas dépasser 400 K pour les changeurs de prises en charge montés à l'extérieur (changeurs de prises en charge dans l'air) ou 350 K pour les changeurs de prises en charge montés à l'intérieur (changeurs de prises en charge en environnement liquide).

Dans le cas de changeurs de prises en charge à isolation gazeuse, les limites admissibles d'échauffement dépendent de la nature de l'isolation gazeuse utilisée et des matériaux qui sont en contact avec la zone entourant les résistances de passage. Les changeurs de prises en charge à isolation gazeuse qui ne sont pas montés à l'intérieur d'un logement étanche au gaz ne doivent pas être utilisés dans des environnements dangereux.

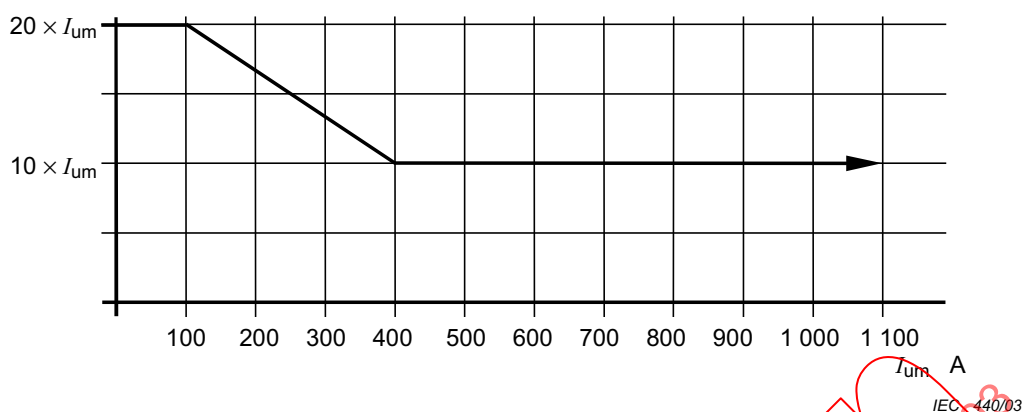


Figure 1 – Short-circuit test current as a multiple of the maximum rated through-current

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

At the conclusion of the test, the contacts shall not have been damaged so as to prevent continuing correct operation at maximum rated through-current. Other current-carrying parts shall not show signs of permanent mechanical distortion.

For reactor type tap-changers, the short-circuit current is divided into two equal parts at the tap selector or selector switch contacts and the transfer or bypass contacts. Therefore, the current carried by each contact will be only 50 % of the full test current.

5.2.4 Transition impedance test

5.2.4.1 Transition resistors

To meet the overload requirements of 4.3, the test shall be performed with 1,5 times the maximum rated through-current at the relevant rated step voltage.

The resistor shall be mounted in the on-load tap-changer as in service.

The resistor shall be loaded by operating the on-load tap-changer. The number of operations shall be equivalent to one-half of a cycle of operation. The operations shall be uninterrupted with the driving mechanism operating at its normal speed.

The temperature of the resistor at the final operation shall be recorded and determined.

The temperature rise above the surrounding liquid at 1,5 times maximum rated through-current shall not exceed 400 K for externally mounted on-load tap-changers (air environment on-load tap-changers) or 350 K for internally mounted on-load tap-changers (liquid environment on-load tap-changers).

In the case of gas insulated on-load tap-changers, the allowable temperature-rise limits depend on the nature of the gas insulation used and the materials which are in contact with or the surrounding area of the transition resistors. Gas insulated on-load tap-changers which are not encapsulated in a gas tight housing shall not be used in hazardous environments.

Cependant, la température des résistances et des parties en contact avec elles doit être limitée à une valeur telle que les caractéristiques de l'ensemble ne soient pas affectées.

S'il n'est pas possible de déterminer la température de la résistance de passage avec les éléments indiqués ci-dessus, la méthode donnée à l'Annexe C peut alors être utilisée.

Les résistances de passage doivent également être soumises aux essais avec un courant égal au moins à la valeur maximale du courant qui passerait pendant l'essai de pouvoir de coupure avec deux fois le courant traversant assigné maximal et la tension d'échelon assignée correspondante. Cet essai peut être inclus dans l'essai de pouvoir de coupure (5.2.2.2) ou être réalisé de manière séparée.

NOTE Dans les cas où le courant traversant assigné ou la tension d'échelon assignée correspondante diffèrent du courant traversant assigné maximal et de la tension d'échelon assignée correspondante, il est autorisé de calculer les caractéristiques thermiques de la résistance à partir des résultats de l'essai de type.

5.2.4.2 Bobines d'inductance de passage

Les bobines d'inductance de passage sont normalement soumises aux essais conformément à la spécification du transformateur avec lequel le changeur de prises en charge est destiné à être utilisé.

NOTE Il convient de prendre des précautions lors de la conception des bobines d'inductance de passage pour éviter des appels de courant élevés au moment de la commutation.

5.2.5 Essais mécaniques

5.2.5.1 Essai d'endurance mécanique

Si le changeur de prises en charge est de type immergé dans un liquide, il doit être assemblé et rempli de liquide propre ou immergé dans une cuve d'essai remplie de liquide propre et manœuvré comme dans les conditions normales de service. Les contacts ne doivent pas être alimentés et la totalité de l'étendue de réglage des prises doit être utilisée jusqu'à ce que 500 000 manœuvres de changements de prises au moins aient été réalisées. Au moins 50 000 manœuvres de changements de prises doivent être accomplies sur le présélecteur.

Pour les changeurs de prises en charge dont l'environnement est l'air, cet essai peut être réalisé à température ambiante. Pour les changeurs de prises en charge dont l'environnement est du liquide, la moitié des manœuvres doit être réalisée à une température supérieure à 75 °C et la moitié à une température inférieure, par exemple pendant les périodes d'échauffement et de refroidissement, des cycles quotidiens de température pouvant être réalisés.

Dix oscillogrammes temporels pour le commutateur ou le sélecteur de prises ou le sélecteur en charge, et s'il y a lieu pour le présélecteur, doivent être relevés au début et à la fin de l'essai d'endurance mécanique. La comparaison de ces oscillogrammes temporels ne doit pas montrer de différence significative.

Pour les changeurs de prises en charge dont l'environnement est de l'air et ceux dont l'environnement est du liquide, 100 manœuvres doivent être réalisées à –25 °C avec le commutateur uniquement ou avec un sélecteur en charge et leurs manœuvres doivent être enregistrées sur oscillographe. La comparaison de ces oscillogrammes avec ceux obtenus conformément au paragraphe précédent doit montrer que l'appareil est adapté au service.

Au cours de cet essai, il ne doit pas y avoir de défaillance ou d'usure anormale des contacts ou des parties mécaniques qui pourraient conduire à une défaillance mécanique si les manœuvres continuaient.

L'entretien normal conformément au manuel du constructeur est permis durant l'essai.

However, the temperature of resistors and of parts adjacent to them shall be limited to a value so 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 Annex C may then be employed.

The transition resistors shall also be tested with a current equal to at least the maximum value that would flow during the breaking capacity test at twice the maximum rated through current and relevant rated step voltage. This test can be included in the breaking capacity test (5.2.2.2) or done as a separate test.

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.

5.2.4.2 Transition reactors

Transition reactors are normally tested in accordance with the specification for the transformer with which the on-load 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.

5.2.5 Mechanical tests

5.2.5.1 Mechanical endurance test

If the on-load tap-changer is of liquid-immersed design, it shall be assembled and filled with clean liquid or immersed in a test tank filled with clean liquid, and operated as for normal service conditions. The contacts shall not be energized and the full range of taps shall be utilized until a minimum of 500 000 tap-change operations have been performed. At least 50 000 tap-change operations shall be carried out on the change-over selector.

For air environment on-load tap-changers, this test may be performed at ambient temperature. For liquid environment on-load 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 timing oscillograms for the diverter switch and tap selector or the selector switch, and if applicable for the change-over selector, shall be taken at the start and finish of the mechanical endurance test. Comparison of these timing oscillograms shall show no significant difference.

For both air and liquid environment on-load 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 contacts or mechanical parts that would lead to mechanical failure if operation continued.

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

Il est autorisé de réaliser cet essai d'endurance mécanique séparément sur les commutateurs, les sélecteurs en charge, les sélecteurs de prises ou d'autres composants sur le changeur de prises en charge, dans la mesure où dans chaque cas, l'opération reproduit mécaniquement les conditions de service normal.

5.2.5.2 Essai de succession des opérations

Un cycle complet de fonctionnement doit être effectué avec le changeur de prise en charge assemblé comme en service et, s'il est du type immergé dans un liquide, dans un liquide de transformateur propre. Les temps successifs exacts des opérations de fonctionnement du sélecteur de prises, du présélecteur, du commutateur ou du sélecteur de charge, selon ce qui est approprié doivent être enregistrés avec les contacts alimentés à la tension du dispositif d'enregistrement.

5.2.5.3 Essais de tenue à la pression et au vide

Des essais appropriés doivent être réalisés sur l'enceinte et les traversées du changeur de prises en charge pour démontrer les valeurs de tenue à la pression et au vide. Le constructeur doit déclarer ses valeurs.

5.2.5.4 Essai d'étanchéité

Des essais appropriés doivent être réalisés sur les enceintes et les traversées du changeur de prises en charge pour démontrer l'étanchéité. Le constructeur doit déclarer ses valeurs.

5.2.5.4.1 Essai d'étanchéité au cours de l'essai d'endurance

L'étanchéité de l'enceinte du commutateur ou du sélecteur en charge doit être vérifiée par un essai. Cet essai peut être réalisé en même temps que l'essai d'endurance ou séparément, comme indiqué en 5.2.5.4.2.

L'étanchéité de l'enceinte immergée dans un liquide doit être vérifiée au moyen d'une analyse des gaz dissous.

L'enceinte du commutateur ou du sélecteur en charge doit être fixée sur un conteneur fermé, comme c'est le cas sur le transformateur. Le volume du conteneur ne doit pas dépasser 10 fois celui de l'enceinte du commutateur.

L'huile à l'intérieur de l'enceinte du commutateur ou du sélecteur en charge doit avoir une pression d'au moins 20 kPa au-dessus de la pression du conteneur.

Des échantillons d'huile doivent être prélevés dans le conteneur au début et à la fin de l'essai. Les résultats de l'analyse des gaz dissous dans l'huile ne doivent pas montrer d'augmentation supérieure à 10 ppm des gaz généralement produits au cours des manœuvres de changeurs de prises en charge, principalement H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 , C_2H_6 .

Les commutateurs et les sélecteurs en charge qui utilisent des interrupteurs à vide ou d'autres dispositifs pour empêcher des arcs ne doivent pas subir l'essai d'étanchéité ci-dessus dans la mesure où le constructeur peut démontrer qu'il ne se produit pas d'arc à l'intérieur de l'enceinte du commutateur/du sélecteur en charge.

5.2.5.4.2 Essai d'étanchéité séparé

L'enceinte du commutateur ou du sélecteur en charge peut être soumise à l'essai décrit en 5.2.5.4.1.

L'étanchéité de l'enceinte dans le cas d'une immersion dans un liquide doit être vérifiée au moyen d'une analyse des gaz dissous.

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

5.2.5.2 Sequence test

With the on-load tap-changer assembled as in service and, if of liquid-immersed design, in clean transformer liquid, 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.

5.2.5.3 Pressure and vacuum tests

Appropriate tests shall be performed on the compartment and bushings of the on-load tap-changer to prove pressure and vacuum withstand values. The manufacturer shall declare his values.

5.2.5.4 Tightness test

Appropriate tests shall be performed on compartments and bushings of the on-load tap-changer to prove the tightness. The manufacturer shall declare his values.

5.2.5.4.1 Tightness test during the service duty test

The tightness of the diverter or selector switch compartment shall be verified by a test. This test can be made at the same time as the service duty test or as a separate test as stated in 5.2.5.4.2.

The liquid immersed switching compartment tightness shall be verified by means of gas-in-oil analysis.

The diverter switch or selector switch compartment shall be attached to a closed container in the same way as it is to the transformer. The volume of the container shall not exceed 10 times that of the switch compartment.

The oil in the diverter switch or selector switch compartment shall have a pressure of at least 20 kPa above the container pressure.

From the container, oil samples shall be taken at the beginning and at the end of the test. The results of the gas-in-oil analysis shall not show an increase greater than 10 ppm of the gases usually developed during operations of on-load tap-changers, namely H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 , C_2H_6 .

Diverter switches and selector switches employing vacuum interrupters or other devices preventing arcing to occur are not required to carry out the above tightness test providing the manufacturer can demonstrate that no other arcing takes place within the diverter/selector switch compartment.

5.2.5.4.2 Separate tightness test

The diverter or selector switch compartment may be tested separately as an alternative to the test described in 5.2.5.4.1.

The liquid immersed switching compartment tightness shall be verified by means of gas-in-oil analysis.

L'enceinte du commutateur ou du sélecteur en charge doit être fixée sur un conteneur fermé, comme c'est le cas sur le transformateur. Le volume du conteneur ne doit pas dépasser 10 fois celui de l'enceinte du commutateur.

L'huile à l'intérieur de l'enceinte du commutateur et du sélecteur en charge doit:

- avoir une pression supérieure d'au moins 20 kPa à celle du conteneur;
- être dopée à l'acétylène à un niveau d'au moins 10 %.

Le changeur de prises en charge doit réaliser 50 000 manœuvres avec le commutateur et le sélecteur en charge assemblés mais avec les contacts hors tension. La durée de l'essai doit être d'au moins 2 semaines.

Des échantillons d'huile doivent être prélevés dans le conteneur au début et à la fin de l'essai. Les résultats de l'analyse des gaz dissous dans l'huile ne doivent pas montrer une augmentation supérieure à 10 ppm de l'acétylène.

Les commutateurs et les sélecteurs en charge qui utilisent des interrupteurs à vide ou d'autres dispositifs pour empêcher des arcs ne doivent pas subir l'essai d'étanchéité ci-dessus dans la mesure où le constructeur peut démontrer qu'il ne se produit pas d'arc à l'intérieur de l'enceinte du commutateur/du sélecteur en charge.

5.2.6 Essais diélectriques

5.2.6.1 Généralités

Les prescriptions diélectriques pour un changeur de prises en charge dépendent de l'enroulement du transformateur auquel il est relié.

Le constructeur du transformateur doit être responsable non seulement du choix d'un changeur de prises en charge de niveau d'isolement approprié, mais également du niveau d'isolement des connexions entre le changeur de prises en charge et les enroulements du transformateur.

Les changeurs de prises en charge de type immergé dans un liquide doivent être remplis avec un liquide pour transformateur propre ou être immergés dans un réservoir d'essai rempli de liquide pour transformateur propre avant de réaliser les essais donnés en 5.2.6.3.

5.2.6.2 Classification

Pour permettre le choix des tensions d'essai appropriées, les changeurs de prises en charge doivent être classés conformément au Tableau 3.

Tableau 3 – Classes des changeurs de prises en charge

Classe	Application
I	Pour utilisation au point neutre des enroulements
II	Pour utilisation à tout autre emplacement que le point neutre des enroulements

5.2.6.3 Nature des essais

Le niveau d'isolement du changeur de prises en charge doit être démontré par des essais diélectriques réalisés sur les distances suivantes:

- 1) à la terre;
- 2) entre phases (s'il y a lieu);

The diverter switch or selector switch compartment shall be attached to a closed container in the same way as it is to the transformer. The volume of the container shall not exceed 10 times that of the switch compartment.

The oil in the diverter switch or selector switch compartment shall:

- have a pressure of at least 20 kPa above the container pressure;
- be doped by acetylene to a level of at least 10 %.

With the diverter switch or selector switch fully assembled, but without the contacts energized the on-load tap-changer shall be manoeuvred for 50 000 operations. The test time shall be at least 2 weeks.

From the container, oil samples shall be taken at the beginning and at the end of the test. The results of the gas-in-oil analysis shall not show an increase greater than 10 ppm of acetylene.

Diverter switches and selector switches employing vacuum interrupters or other devices preventing arcing to occur are not required to carry out the above tightness test providing the manufacturer can demonstrate that no other arcing takes place within the diverter/selector switch compartment.

5.2.6 Dielectric tests

5.2.6.1 General

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

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

On-load tap-changers for liquid-immersed designs shall be filled with clean transformer liquid or immersed in a test tank filled with clean transformer liquid before the tests detailed in 5.2.6.3 are performed.

5.2.6.2 Classification

To permit selection of appropriate voltage tests, on-load tap-changers shall be classified according to Table 3.

Table 3 – Classes of on-load 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

5.2.6.3 Nature of tests

The insulation level of the on-load tap-changer shall be proved by dielectric tests performed at the following distances:

- 1) to earth;
- 2) between phases (where applicable);

- 3) entre le premier et le dernier contact du sélecteur de prises ou du sélecteur en charge et, s'il existe du présélecteur;
- 4) entre deux contacts adjacents quelconques du sélecteur de prises ou du sélecteur en charge ou tout autre contact suivant la disposition des contacts du changeur de prises en charge;
- 5) entre les contacts du commutateur dans leur position finale d'ouverture.

5.2.6.4 Tensions d'essai

Classe I

Pour l'essai 1), les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs appropriées des Tableaux 4 ou 5. Pour les essais 2), 3), 4) et 5), des valeurs appropriées des tensions de tenue au choc de foudre et s'il y a lieu de tension de tenue au courant alternatif de source séparée doivent être déclarées par le constructeur du changeur de prises en charge.

Classe II

Pour les essais 1) et 2), la tension d'essai doit être conforme aux valeurs appropriées des Tableau 4 ou Tableau 5. Pour les essais 3), 4) et 5), des valeurs appropriées des tensions de tenue au choc de foudre et s'il y a lieu de tension de tenue au courant alternatif de source séparée doivent être déclarées par le constructeur du changeur de prises en charge.

Tableau 4 – Tensions de tenue assignées – Série I sur la base de la pratique en Europe

Tension la plus élevée pour le matériel U_m kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de foudre kV (valeur de crête)	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre kV (valeur de crête)
3,6	10	40	
7,2	20	60	
12	28	75	
17,5	38	95	
24	50	125	
36	70	170	
52	95	250	
60	115	280	
72,5	140	325	
100	185	450	
123	230	550	
145	275	650	
170	325	750	
245	460	1 050	850
300	460	1 050	850
362	510	1 175	950
420	630	1 550	1 175
550	680	1 675	1 300

- 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 on-load tap-changer contact configuration;
- 5) between diverter switch contacts in their final open position.

5.2.6.4 Test voltages

Class I

For test 1), the test voltages shall comply with appropriate values from Table 4 or Table 5. For tests 2), 3), 4) and 5), appropriate withstand values of lightning impulse voltage and if applicable of separate source AC withstand voltage shall be declared by the manufacturer of the on-load tap-changer.

Class II

For tests 1) and 2), test voltage shall comply with the appropriate values from Table 4 or Table 5. For tests 3), 4) and 5), appropriate withstand values of lightning impulse voltage and if applicable of separate source AC withstand voltage shall be declared by the manufacturer of the on-load tap-changer.

Table 4 – Rated withstand voltages – Series I based on European practice

Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s)	Rated separate source AC withstand voltage kV (r.m.s)	Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)	Rated switching impulse withstand voltage kV (peak)
3,6	10	40	
7,2	20	60	
12	28	75	
17,5	38	95	
24	50	125	
36	70	170	
52	95	250	
60	115	280	
72,5	140	325	
100	185	450	
123	230	550	
145	275	650	
170	325	750	
245	460	1 050	850
300	460	1 050	850
362	510	1 175	950
420	630	1 550	1 175
550	680	1 675	1 300

**Tableau 5 – Tensions de tenue assignées –
Série II sur la base de la pratique en Amérique du Nord**

Tension la plus élevée pour le matériel U_m V (valeur efficace)	Tension de tenue assignée par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de foudre kV (valeur crête)	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre kV (valeur crête)
15	40	125	
26,4	50	150	
36,5	70	200	
48,3	95	250	
72,5	140	350	
121	230	550	
145	275	650	
169	325	750	
245	460	1 050	850
300	460	1 050	850
362	510	1 175	950
420	630	1 550	1 175
550	680	1 675	1 300

Les valeurs des Tableaux 4 et 5, sont les tensions d'essai choisies les plus élevées pour U_m et elles sont fondées sur l'article 7 de la CEI 60076-3. Il convient que les Tableaux soient utilisés pour le choix des niveaux d'essai pour 5.2.6.6, 5.2.6.7, 5.2.6.8, 7.2.5.5, 7.2.5.6 et 7.2.5.7.

5.2.6.5 Application des tensions d'essai

Pour les essais diélectriques, le changeur de prises en charge doit être assemblé, disposé et séché d'une manière analogue à celle utilisée en service. Toutefois, il n'est pas nécessaire d'inclure les connexions qui relient le changeur de prises en charge aux enroulements du transformateur. Les essais peuvent être réalisés sur des composants séparés dans la mesure où il peut être démontré que les mêmes conditions diélectriques s'appliquent.

Pour l'essai 1) de 5.2.6.3 effectué sur les changeurs de prises en charge de classe I et de classe II et l'essai 2) de 5.2.6.3 effectué sur les changeurs de prises en charge de la classe II, les parties sous tension de chaque phase doivent être court-circuitées et reliées soit à la source de tension soit à la terre comme il convient.

Lorsque le changeur de prises en charge comporte un isolement extérieur à la terre, celui-ci doit être contrôlé selon les essais applicables décrits dans la CEI 60137.

La succession préférentielle d'essai est la suivante:

- essai au choc de foudre;
- essai de choc de manœuvre, s'il y a lieu;
- tension de tenue par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée;
- essai de décharges partielles, s'il y a lieu.

Table 5 – Rated withstand voltages – Series II based on North American Practice

Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s.)	Rated separate source AC withstand voltage kV (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)	Rated switching impulse withstand voltage kV (peak)
15	40	125	
26,4	50	150	
36,5	70	200	
48,3	95	250	
72,5	140	350	
121	230	550	
145	275	650	
169	325	750	
245	460	1 050	850
300	460	1 050	850
362	510	1 175	950
420	630	1 550	1 175
550	680	1 675	1 300

The values in Tables 4 and 5, are the highest selected test voltages for U_m and are based on Clause 7 of IEC 60076-3. The Tables should be used for selecting the test levels for 5.2.6.6, 5.2.6.7, 5.2.6.8, 7.2.5.5, 7.2.5.6 and 7.2.5.7.

5.2.6.5 Application of test voltages

For the dielectric tests, the on-load 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 on-load 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) of Clause 5.2.6.3 when applied to class I and class II on-load tap-changers and test 2) of 5.2.6.3 when applied to class II on-load tap-changer, the live parts of each phase shall be short-circuited and connected either to the voltage source or to the earth as appropriate.

Where the on-load tap-changer incorporates external insulation to earth, this external insulation shall be proved in accordance with the relevant tests described in IEC 60137.

The preferred testing sequence is as follows:

- lightning impulse test;
- switching impulse test, when required;
- separate source AC withstand voltage;
- partial discharge test, when required.

5.2.6.6 Tension de tenue par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée

Cet essai doit être réalisé avec une tension alternative monophasée conformément à la CEI 60060, à la valeur nécessaire. La durée de chaque application d'essai doit être de 60 s.

5.2.6.7 Essai de tension au choc de foudre

La forme de l'onde pour l'essai doit être la forme normalisée 1,2/50 μ s définie dans la CEI 60060. Chaque essai doit comprendre trois applications de tension de polarité positive et trois de polarité négative, à la valeur demandée.

5.2.6.8 Essai de choc de manœuvre

Cet essai est applicable aux changeurs de prises en charge de la classe II dont U_m est supérieure ou égale à 245 kV. L'essai doit être réalisé entre les parties actives et les parties à la terre du changeur de prises en charge. La configuration d'essai doit être fixée par le constructeur du changeur de prises en charge. La forme de l'onde doit être de 250/2500 μ s comme spécifié dans la CEI 60060. Chaque essai doit comprendre trois applications de tension de polarité positive et trois de polarité négative, à la valeur demandée.

5.2.6.9 Mesures des décharges partielles

Cet essai n'est pas exigé pour les changeurs de prises en charge de la classe I.

Un essai doit être réalisé entre les parties actives et les parties à la terre du changeur de prise pour les changeurs de prises en charge de la classe II dont la tension la plus élevée de matériel est supérieure ou égale à une valeur U_m de 121 kV.

La configuration d'essai doit être fixée par le constructeur du changeur de prises en charge.

Cet essai doit être réalisé avec une tension alternative monophasée conformément à la CEI 60060.

La tension doit être:

- appliquée à un niveau inférieur à $1/3$ de U_2 ;
- augmentée à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ et maintenue à cette valeur pendant 5 min;
- augmentée à U_2 et maintenue à cette valeur pendant 5 min;
- augmentée à U_1 et maintenue à cette valeur pendant 1 min;
- immédiatement après le temps d'essai, réduite sans interruption à U_2 et maintenue à cette valeur pendant au moins 60 min lorsque $U_m \geq 300$ kV ou 30 min pour $U_m < 300$ kV pour mesurer les décharges partielles;
- réduite à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ et maintenue à cette valeur pendant 5 min;
- réduite à une valeur inférieure à $1/3$ de U_2 avant coupure.

5.2.6.6 Separate source AC withstand voltage test

The test shall be performed with a single-phase alternating voltage in accordance with IEC 60060, at the required value. The duration of each test application shall be 60 s.

5.2.6.7 Lightning impulse voltage test

The wave for the test shall be the standard 1,2/50 μ s impulse as defined in IEC 60060. Each test shall comprise three voltage applications of positive polarity and three applications of negative polarity, at the required value.

5.2.6.8 Switching impulse test

This test is applicable to on-load tap-changers of class II of U_m 245 kV and above. The test shall be made between the live and earthed parts of the on-load tap-changer. The test configuration shall be stated by the on-load tap-changer manufacturer. The impulse shape shall be 250/2500 μ s as specified in IEC 60060. Each test shall comprise three voltage applications of positive polarity and three applications of negative polarity, at the required value.

5.2.6.9 Measurement of partial discharges

This test is not required on class I tap-changers.

For class II on-load tap-changers at a highest voltage for equipment U_m of 121 kV and above, a test shall be made between live parts and earthed parts of the tap-changer.

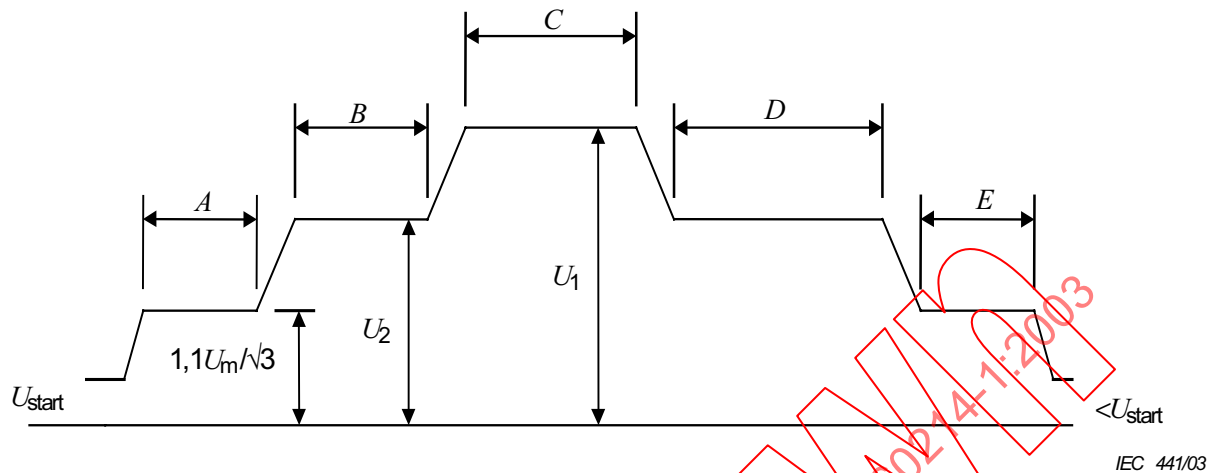
The test configuration shall be stated by the on-load tap-changer manufacturer.

The test shall be performed with a single-phase alternating voltage in accordance with IEC 60060.

The voltage shall be:

- switched on at a level not higher than $1/3 U_2$;
- raised to $1,1 U_m / \sqrt{3}$ and held there for a duration of 5 min;
- raised to U_2 and held there for a duration of 5 min;
- raised to U_1 , held there for a duration of 1 min;
- immediately after the test time, reduced without interruption to U_2 and be held there for a duration of at least 60 min when $U_m \geq 300$ kV or 30 min for $U_m < 300$ kV to measure partial discharges;
- reduced to $1,1 U_m / \sqrt{3}$ and held there for a duration of 5 min;
- reduced to a value below $1/3 U_2$ before switching off.

La durée de l'essai est la suivante:



Légende

A = 5 min

B = 5 min

C = 1 min

D = 60 min pour $U_m \geq 300$ kV ou 30 min pour $U_m < 300$ kV

E = 5 min

Figure 2 – Séquence d'application de la tension d'essai

Les décharges partielles doivent être observées pendant toute la durée d'application de la tension d'essai.

Les tensions à la terre doivent être:

$$U_1 = U_m$$

$$U_2 = 1,5 U_m / \sqrt{3}$$

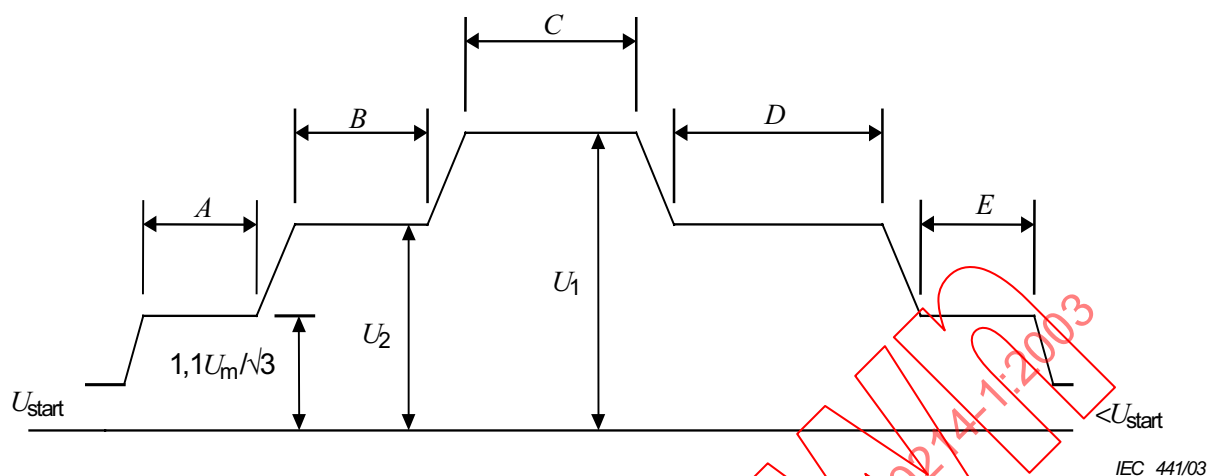
Le niveau de bruit de fond doit être inférieur à 25 pC.

Les décharges partielles doivent être observées et évaluées comme suit. (Des informations supplémentaires peuvent être trouvées à l'Annexe A de la CEI 60076-3 et de la CEI 60270.)

Avant et après l'application de la tension d'essai, le niveau de bruit de fond doit être enregistré sur tous les canaux de mesure.

- Pendant l'augmentation de la tension jusqu'au niveau U_2 et sa diminution à partir de U_2 de nouveau, il convient de noter les valeurs des éventuelles tensions d'apparition et d'extinction. La mesure de la charge apparente doit être prise à $1,1 U_m / \sqrt{3}$.
- Une lecture doit être faite et notée pendant la première période à la tension U_2 . Aucune valeur de charge apparente n'est spécifiée pour cette période.
- Une lecture doit être faite et notée pendant la période à la tension U_1 . Aucune valeur de charge apparente n'est assignée à l'application de U_1 .
- Pendant toute la seconde période à la tension U_2 , le niveau des décharges partielles doit être observé en permanence et des mesures doivent être notées toutes les 5 min.

The duration of the test shall be as follows:



Key

A = 5 min

B = 5 min

C = 1 min

D = 60 min for $U_m \geq 300$ kV or 30 min for $U_m < 300$ kV

E = 5 min

Figure 2 – Time sequence for the application of test voltage

During the whole application of test voltage, partial discharges shall be monitored.

The voltages to earth shall be:

$$U_1 = U_m$$

$$U_2 = 1,5 U_m / \sqrt{3}$$

The background noise level shall be lower than 25 pC.

The partial discharges shall be observed and evaluated as follows. (Further information may be obtained from Annex A of IEC 60076-3 and IEC 60270).

Before and after the application of test voltage, the background noise level shall be recorded on all measuring channels.

- During the raising of voltage up to level U_2 and reduction from U_2 down again, possible inception and extinction voltages should be noted. Measurement of the apparent charge shall be taken at $1,1 U_m / \sqrt{3}$.
- A reading shall be taken and noted during the first period at voltage U_2 . No apparent charge values are specified for this period.
- A reading shall be taken and noted during the period at voltage U_1 . No apparent charge values are assigned to the application of U_1 .
- During the whole of the second period at voltage U_2 , the partial discharge level shall be continuously observed and readings at every 5 min shall be recorded.

L'essai est satisfaisant si:

- il n'y a pas d'effondrement de la tension d'essai;
- le niveau permanent des décharges partielles ne dépasse pas 50 pC pendant l'essai de longue durée à la tension U_2 ;
- le comportement d.p. ne montre aucune tendance d'augmentation permanente à la valeur U_2 . Il convient de ne pas tenir compte des pointes occasionnelles qui ne sont pas soutenues;
- le niveau permanent des décharges partielles ne dépasse pas 30 pC à $1,1 U_m / \sqrt{3}$.

NOTE 1 La procédure d'essai indiquée ci-dessus est équivalente à l'essai de décharges partielles spécifié en 12.4 de la CEI 60076-3.

NOTE 2 La sélection des bornes auxquelles les fils des prises seront connectés est autorisée.

5.2.7 Certificat d'essai de type

Le certificat doit comprendre:

- a) tous les détails des dispositifs d'essai adoptés (par exemple, assemblage, disposition et séchage) avec des croquis explicatifs si nécessaire;
- b) tous les détails de tous les essais appliqués conformément à 5.2.1 à 5.2.6;
- c) tous les détails des dispositifs d'élimination des surtensions transitoires, s'il y a lieu, voir 5.1.5.

5.3 Essais individuels de série

Les essais individuels de série suivants doivent être réalisés sur chaque changeur de prises en charge terminé:

- essais mécaniques (5.3.1);
- essai de succession des opérations (5.3.2);
- essai diélectrique des circuits auxiliaires (5.3.3);
- essais sous pression et sous vide (5.3.4).

NOTE L'attention est attirée sur les essais à effectuer sur les changeurs de prises en charge après montage sur le transformateur et qui sont détaillés en 10.8 de la CEI 60076-1.

5.3.1 Essais mécaniques

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

5.3.2 Essai de succession des opérations

Au cours de l'essai mécanique individuel de série de 5.3.1, on doit enregistrer une succession d'opérations du changeur de prises en charge, cet enregistrement étant fait sous forme d'oscillogrammes pour le commutateur et le sélecteur en charge. Les résultats de cet enregistrement doivent être pratiquement comparables à ceux obtenus pour l'essai de succession des opérations en 5.2.5.2.

5.3.3 Essai diélectrique des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires du changeur de prises doivent supporter sans défaillance un essai de tension de tenue en courant alternatif de source séparée de 2 kV appliquée pendant 1 min entre les bornes sous tension et le châssis.

The test is successful if

- no collapse of the test voltage occurs;
- the continuous level of partial discharges does not exceed 50 pC during the long duration test at U_2 ;
- the p.d. behaviour shows no continuously rising tendency at U_2 . Occasional high bursts of non-sustained nature should be disregarded;
- the continuous level of partial discharge does not exceed 30 pC at $1,1 U_m / \sqrt{3}$.

NOTE 1 The above test procedure is equivalent to the partial discharge test specified in 12.4 of IEC 60076-3.

NOTE 2 The screening of terminals to which tap leads will be connected is permissible.

5.2.7 Type-test certificate

The certificate shall include:

- a) full details of the test arrangements adopted (for example, assembly, arrangement and drying out) with explanatory sketches as necessary;
- b) full details of all tests applied in accordance with 5.2.1 to 5.2.6;
- c) full details of limiting devices for transient overvoltages, where appropriate, see 5.1.5.

5.3 Routine tests

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

- mechanical test (5.3.1);
- sequence test (5.3.2);
- auxiliary circuits insulation test (5.3.3);
- pressure and vacuum tests (5.3.4).

NOTE Attention is drawn to tests to be carried out on on-load tap-changers after assembly on transformers, which are detailed in 10.8 of IEC 60076-1.

5.3.1 Mechanical tests

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

5.3.2 Sequence tests

During the routine mechanical test in 5.3.1, a sequence of operations of the on-load tap-changer shall be recorded, the operation of the diverter or selector switch being recorded oscillographically. The results of this recording shall be substantially in agreement with those of the sequence type test from 5.2.5.2.

5.3.3 Auxiliary circuits insulation test

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

5.3.4 Essais sous pression et sous vide

Tous les compartiments contenant du liquide ou du gaz doivent être soumis aux essais sous pression et sous vide aux valeurs déclarées par le constructeur.

5.4 Essais spécifiques

5.4.1 Généralités

Des essais spécifiques doivent être réalisés par accord entre constructeurs et clients, voir 3.11.3 de la CEI 60076-1.

5.4.2 Essais diélectriques de décharge

Le cas échéant, des essais diélectriques de décharge doivent être réalisés pour les changeurs de prises en charge de la classe II à une tension élevée de matériel U_m d'au moins 121 kV conformément à 5.2.6.9.

6 Prescriptions pour les mécanismes d'entraînement à moteur des changeurs de prises en charge

6.1 Prescriptions générales

6.1.1 Conformité des composants

Sauf spécification contraire, les composants des mécanismes d'entraînement à moteur doivent être conformes à la norme CEI correspondante.

6.1.2 Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires

Le moteur d'entraînement et le dispositif de contrôle électrique du mécanisme d'entraînement à moteur doivent être conçus pour fonctionner de manière satisfaisante dans les limites de 85 % à 110 % de la tension assignée et de 90 % à 105 % de la fréquence assignée pour une tension en courant alternatif et entre 80 % et 110 % de la tension assignée pour une tension en courant continu.

6.1.3 Contrôle pas à pas

Le circuit pas à pas doit être conçu de manière à faire fonctionner le changeur de prises en charge de manière à ne permettre qu'un seul changement de tension dans le cas de signaux pouvant être maintenus ou immédiatement répétés ou encore simultanés provenant de différentes sources au cours d'une opération de changement de prises. Cette prescription s'applique également dans le cas de défauts à la terre ou d'interruption d'un fil de commande.

6.1.4 Indicateur de position de charge

La position du changeur de prises en charge doit être indiquée sur le mécanisme d'entraînement à moteur au moyen d'un dispositif indiquant la position en cas de défaut d'alimentation. Cette position de prise doit être visible à travers une fenêtre de contrôle lorsque l'armoire du mécanisme d'entraînement est fermée.

Sur demande, un émetteur de position à distance peut être fourni pour indiquer la position à un emplacement à distance.

6.1.5 Indication du changement de prises en cours

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

5.3.4 Pressure and vacuum tests

All liquid or gas containing compartments shall be tested at a pressure and vacuum declared by the manufacturer.

5.4 Special tests

5.4.1 General

Special tests shall be performed by agreement between manufacturers and customers, see 3.11.3 of IEC 60076-1.

5.4.2 Dielectric discharge tests

When required, dielectric discharge tests for class II on-load tap changers at a highest voltage for equipment U_m of 121 kV and above shall be performed in accordance with 5.2.6.9.

6 Requirements for motor drive mechanisms for on-load tap changers

6.1 General requirements

6.1.1 Compliance of component parts

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

6.1.2 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.

6.1.3 Step-by-step control

The step-by-step circuit shall be designed in such a way as to operate the on-load 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.

6.1.4 Tap position indicator

The position of the on-load tap-changer shall be indicated on the motor-drive mechanism by means of a device showing the position in the event of a power failure. This tap position shall be visible through an inspection window while the motor-drive cubicle is closed.

If required, a remote position transmitter may be provided for indicating the tap position at a remote location.

6.1.5 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.

6.1.6 Dispositifs de fin de course

Tous les mécanismes d'entraînement à moteur doivent être équipés de dispositifs de fin de course à la fois électriques et mécaniques. Les contacts du dispositif électrique de fin de course doivent être branchés dans les circuits de contrôle et dans les circuits du moteur.

6.1.7 Dispositifs de contrôle de marche en parallèle

La fourniture des dispositifs nécessaires doit faire l'objet d'un accord, l'acheteur étant responsable de la fourniture des prescriptions correctes.

6.1.8 Protection du sens de rotation

Sur demande, un dispositif pour la prévention de toute rotation incorrecte des moteurs triphasés peut être installé après accord entre le constructeur et l'acheteur.

6.1.9 Dispositif de blocage en présence de surintensité

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

6.1.10 Dispositif de redémarrage

Sur demande, un dispositif peut être installé qui complètera, après une éventuelle interruption de la tension d'alimentation, une opération de changement de prises déjà amorcée.

6.1.11 Compteur de manœuvres

Un compteur à six chiffres ou plus non réinitialisable doit être fourni et être facilement visible.

6.1.12 Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur

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

Le sens de rotation doit être indiqué près du point de mise en place de la manivelle ainsi que le nombre de tours nécessaires pour réaliser un changement de prises.

NOTE Il convient que la conception du mécanisme permette un fonctionnement manuel par une personne sans effort anormal.

6.1.13 Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur

L'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur doit satisfaire aux prescriptions de protection IP44 selon la CEI 60529 et doit être protégée contre la condensation par des moyens appropriés.

Sur demande, des degrés de protection plus élevés selon la CEI 60529 peuvent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

6.1.14 Dispositif de protection contre le passage de plusieurs positions

Un dispositif doit être fourni pour empêcher le mécanisme d'entraînement à moteur d'aller trop loin en cas de défaillance du circuit de contrôle pas à pas.

6.1.6 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.

6.1.7 Parallel control devices

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

6.1.8 Direction of rotation protection

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

6.1.9 Overcurrent blocking device

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

6.1.10 Restarting device

If required, a device may be provided which after a possible interruption of the supply voltage will complete a tap-change operation once it has been initiated.

6.1.11 Operation counter

A six-figure or greater non-resettable counter shall be provided and shall be readily visible.

6.1.12 Manual operation of the motor-drive mechanism

A removable crank or other suitable means, shall be provided for manual operation of the on-load 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 indicated 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 person without undue effort.

6.1.13 Motor-drive cubicle

The motor-drive cubicle shall meet the protection requirements of IP44 according to IEC 60529 and shall be protected against condensation by suitable means.

If required, higher degrees of protection according to IEC 60529 may be agreed between manufacturer and purchaser.

6.1.14 Protective device against running-through

A device to prevent the motor-drive mechanism from running through in case of failure of the step-by-step control circuit shall be provided.

6.1.15 Protection contre l'accès aux parties dangereuses

Les armoires de mécanismes d'entraînement équipées de portes doivent continuer à assurer au moins une protection de catégorie IP1X (selon la CEI 60529) avec une porte ouverte.

NOTE Ceci offrira une protection contre un contact accidentel du «dos de la main» au minimum.

Les arbres d'entraînement extérieurs doivent être protégés par des dispositifs de protection.

6.2 Essais de type

6.2.1 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 en charge pour lequel il est conçu ou à une charge simulée équivalente, déterminée à partir des conditions de service. A une telle charge, 500 000 manœuvres doivent être effectuées sur toute la gamme de prises.

NOTE Un refroidissement complémentaire de l'entraînement du moteur est autorisé au cours de cet essai.

Au cours de cet essai, à la fréquence assignée;

- 10 000 manœuvres doivent être effectuées à la tension minimale comme spécifié en 6.1.2;
- 10 000 manœuvres doivent être effectuées à la tension maximale comme spécifié en 6.1.2;
- 100 manœuvres doivent être effectuées à une température de -25°C .

Le fonctionnement correct de ces dispositifs couverts par 6.1.6, 6.1.10, 6.1.11, 6.1.12 et 6.1.14 doit être vérifié au cours de cet essai. L'essai doit être terminé sans défaillance et sans usure anormale des parties mécaniques.

L'entretien normal conformément au manuel du constructeur est permis durant l'essai.

Au cours de cet essai, le système de chauffage du mécanisme d'entraînement à moteur doit être coupé.

6.2.2 Essai de dépassement des positions extrêmes

Il doit être prouvé qu'en cas de défaillance des interrupteurs électriques, les arrêts d'extrémité mécaniques empêchent le fonctionnement au-delà des positions extrêmes lorsqu'un changement de prises motorisé est effectué et que le mécanisme d'entraînement à moteur ne subira aucun dommage électrique ou mécanique.

6.2.3 Degré de protection de l'armoire de l'entraînement à moteur

S'il y a lieu, l'armoire de l'entraînement à moteur doit subir les essais conformément à la CEI 60529.

6.3 Essais individuels de série

6.3.1 Essais mécaniques

Le mécanisme d'entraînement à moteur en condition de service ou avec une charge équivalente simulée doit être manœuvré par commande électrique sur dix cycles sans défaillance. Au cours de cet essai, le fonctionnement correct conformément à toute prescription de 6.1.6, 6.1.10, 6.1.11, 6.1.12 et 6.1.14 doit être vérifié.

A l'issue de l'essai ci-dessus, deux autres cycles de fonctionnement doivent être effectués, l'un au niveau minimal et l'autre au niveau maximal de la tension assignée de l'alimentation auxiliaire. Ils doivent être effectués sans défaillance.

NOTE Les essais mécaniques peuvent être effectués sur le mécanisme d'entraînement à moteur séparément ou comme en 5.3.1.

6.1.15 Protection against access to hazardous parts

Driving mechanism cubicles fitted with doors shall continue to provide protection to at least category IP1X (according to IEC 60529) with any door open.

NOTE This will provide protection against accidental “back of the hand” contact as a minimum.

External drive shafts shall be protected with guards.

6.2 Type tests

6.2.1 Mechanical load test

The motor-drive mechanism output shaft shall be loaded by the largest torque on-load tap-changer for which it is designed or by an equivalent simulated load torque, based on service conditions. At such a load, 500 000 operations shall be performed across the whole tap range.

NOTE Additional cooling of the motor drive is permissible during this test.

During this test, performed at rated frequency:

- 10 000 operations shall be performed at the minimum voltage as specified in 6.1.2;
- 10 000 operations at the maximum voltage as specified in 6.1.2;
- 100 operations shall be performed at a temperature of -25°C .

The correct functioning of the devices covered by 6.1.6, 6.1.10, 6.1.11, 6.1.12 and 6.1.14 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.

During the test, the heating system of the motor-drive mechanism shall be switched off.

6.2.2 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.

6.2.3 Degree of protection of motor-drive cubicle

When applicable, the motor-drive cubicle shall be tested in accordance with IEC 60529.

6.3 Routine tests

6.3.1 Mechanical tests

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 in accordance with any requirements of 6.1.6, 6.1.10, 6.1.11, 6.1.12 and 6.1.14 shall be checked.

After the above test, 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. These shall be performed without failure.

NOTE The mechanical tests may be performed on the motor-drive mechanism separately or as in 5.3.1.

6.3.2 Essai diélectrique des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires, à l'exception du moteur et des autres éléments qui doivent être soumis aux essais avec des tensions d'essai plus faibles conformément aux normes CEI appropriées, doivent être soumis à une tension de tenue au courant alternatif de source séparée de 2 kV en valeur efficace appliquée pendant 1 min entre toutes les bornes sous tension et le châssis.

7 Prescriptions pour les changeurs de prises hors circuit

7.1 Prescriptions générales

7.1.1 Caractéristiques assignées

- Courant traversant assigné
- Tension d'échelon assignée
- Fréquence assignée
- Niveau d'isolement assigné

7.1.2 Types

Les changeurs de prises hors circuit peuvent comprendre des interrupteurs rotatifs mécaniques ou linéaires manuels ou à entraînement à moteur.

7.1.3 Manettes et entraînements

Les manettes utilisées comme mécanismes d'entraînement sont normalement des volants à main ou des manivelles et sont soit directement montées sur le changeur de prises hors circuit pour montage sur le couvercle du transformateur, soit sur la protection de tête du changeur de prises hors circuit ou sur un boîtier de presse étoupe à distance monté à l'extérieur du transformateur. Dans le dernier cas, elles sont reliées au changeur de prises hors circuit par exemple au moyen d'arbres d'entraînement ou de câbles.

La manette pour actionner les changeurs de prises hors circuit de manière manuelle doit être montée à l'extérieur.

La position de prise doit être clairement indiquée lorsque le changeur de prises hors circuit est complètement en position. Le sens de rotation pour lever ou abaisser la position de prise doit être clairement indiqué. De plus, le nombre de tours pour un changement de prise doit être indiqué s'il y a lieu.

7.1.4 Presse étoupes

Tous les presse étoupes d'étanchéité des changeurs de prises hors circuit entre le transformateur rempli de liquide ou de gaz ou le réservoir du changeur de prises et l'environnement doivent être étanches au liquide ou au gaz.

7.1.5 Verrouillages

Un dispositif de sécurité doit être prévu pour empêcher que le matériel ne soit actionné involontairement ou par du personnel non autorisé. Un tel dispositif peut être constitué d'un dispositif de verrouillage au niveau du mécanisme d'entraînement manuel qui exige une action délibérée de l'opérateur pour l'enlever.

Le dispositif de sécurité ne doit pouvoir être actionné que lorsque le changeur de prises hors circuit est complètement en position.

6.3.2 Auxiliary circuits insulation test

Auxiliary circuits, except the motor and other elements which are to be tested with lower test voltages according to the appropriate IEC standards, shall be subjected to a separate source AC withstand test of 2 kV r.m.s applied for 1 min between all live terminals and the frame.

7 Requirements for off-circuit tap-changers

7.1 General requirements

7.1.1 Rated characteristics

- Rated through current
- Rated step voltage
- Rated frequency
- Rated insulation level

7.1.2 Types

Off-circuit tap-changers may comprise of hand or motor-drive operated mechanical rotary or linear switches.

7.1.3 Handles and drives

Handles used as drive mechanisms are typically hand-wheels or hand cranks and are either directly fitted to the off-circuit tap-changer for transformer lid mounting, fitted to the off-circuit tap-changer head cover or fitted to a remote gland housing mounted on the outside of the transformer. In the latter case, they are connected to the off-circuit tap-changer for example by means of drive shafts or cables.

The operating handle for hand operated off-circuit tap-changers shall be mounted externally.

The tap position shall be clearly indicated when the off-circuit tap-changer is fully on position. The direction of rotation for raising and lowering the tap position shall be clearly indicated. In addition, the number of rotations for one tap-change operation shall be given where applicable.

7.1.4 Glands

All sealing glands of the off-circuit tap-changer between the liquid or gas filled transformer or tap-changer tank and the environment shall be liquid or gas tight.

7.1.5 Interlocks

A safety device shall be provided to prevent the equipment from being actuated unintentionally or by unauthorized personnel. Such a device may consist of a locking device at the manual drive mechanism which requires a deliberate act by the operator to remove it.

The safety device shall only be operable when the off-circuit tap-changer is fully on position.

Si un mécanisme à entraînement à moteur est utilisé pour actionner le changeur de prises hors circuit, on doit donner la préférence aux verrouillages automatiques au moyen de circuits de verrouillage électriques.

7.1.6 Fins de course mécaniques

Il ne doit pas être possible d'actionner des changeurs de prises hors circuit au-delà de l'extrémité d'étendue jusqu'à une position non choisie. Lorsque le nombre de positions pouvant être choisies varie, des fins de course mécaniques ou des dispositifs mécaniques doivent être incorporés soit dans le sélecteur soit dans le mécanisme d'entraînement manuel pour empêcher le fonctionnement au delà de la première ou de la dernière position.

7.2 Essais de type

7.2.1 Généralités

Les essais de type suivants doivent être effectués:

- échauffement des contacts (7.2.2);
- essai au courant de court-circuit (7.2.3);
- essais mécaniques (7.2.4);
- essais diélectriques (7.2.5).

7.2.2 Echauffement des contacts

Des essais doivent être réalisés pour vérifier que l'échauffement au-dessus du milieu ambiant de chaque type de contact qui, en service, est parcouru en permanence par le courant ne dépasse pas les valeurs indiquées au Tableau 6 lorsque les contacts ont atteint une température stable lorsqu'ils sont parcourus par 1,2 fois le courant traversant maximal assigné.

Le fait de satisfaire à cette condition démontre l'aptitude à la surcharge selon 4.3.

Tableau 6 – Limites d'échauffement de contact pour les changeurs de prises hors circuit

Matériau de contact	Dans l'air K	Dans du liquide K
Cuivre seul	25	15
Cuivre argenté/alliages	40	15
Autres matériaux	Suivant accord	15
NOTE Les valeurs indiquées ci-dessus sont inférieures à celles des changeurs de prises en charge pour assurer une protection contre la formation de carbone «pyrolytique», qui peut se produire lorsque les contacts restent dans une même position pendant de longues durées. Les valeurs d'échauffement de 15 K à 1,2 fois le courant traversant assigné maximal sont proches d'un échauffement de 11 K à 1,0 fois le courant traversant assigné maximal.		

Lorsque le milieu environnant est liquide, l'essai doit être réalisé à la température ambiante.

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

La température doit être mesurée par des thermocouples ou d'autres dispositifs convenables placés à la surface des contacts aussi près que possible du point de contact.

If a motor drive mechanism is used to operate the off-circuit tap-changer, preference shall be given to automatic interlocks by means of electrical interlocking circuits.

7.1.6 Mechanical end stops

It shall not be possible to operate the off-circuit tap-changer past the end of range to an unselected position. Where the number of selectable positions may vary, mechanical end stops or a mechanical means shall be incorporated into either the selector or the manual drive mechanism to prevent operation past the first and last positions.

7.2 Type tests

7.2.1 General

The following type tests shall be performed:

- temperature rise of contacts (7.2.2);
- short-circuit current test (7.2.3);
- mechanical tests (7.2.4);
- dielectric tests (7.2.5).

7.2.2 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 6 when the contacts have reached a steady temperature when carrying 1,2 times the maximum rated through-current.

Meeting this condition proves the overload capacity as referred to in 4.3.

Table 6 – Contact temperature-rise limits for off-circuit tap-changers

Contact material	In air K	In liquid K
Plain copper	25	15
Silver-faced copper/alloys	40	15
Other materials	By agreement	15
NOTE – The above values are lower than for on-load tap-changers to guard against "pyrolytic" carbon formation, which can occur when contacts remain on one position for long periods. The temperature-rise values of 15 K at 1,2 times the maximum rated through current approximate to a temperature rise of 11 K at 1,0 times the maximum rated through current.		

When the surrounding medium is liquid, the test shall be performed at ambient temperature.

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

The temperature 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.

La température est considérée comme stable lorsque la différence de température entre le contact et le milieu environnant ne varie pas de plus de 1 K pendant une heure.

NOTE Il convient d'indiquer la section et l'isolation du conducteur amenant le courant au changeur de prises hors circuit ou à ses composants en essai.

7.2.3 Essai au courant de court-circuit

Tous les contacts de différents types parcourus en permanence par le courant doivent être soumis à des courants de court-circuit, chacun d'une durée de 2 s ($\pm 10\%$). Dans le cas de changeurs de prises hors circuit immergés dans un liquide, l'essai doit être réalisé dans du liquide de transformateur.

Dans le cas de changeurs de prises hors circuit triphasés, il est normalement suffisant de soumettre aux essais les contacts d'une seule phase, sauf spécification contraire.

Trois applications doivent être réalisées avec un courant de crête initial de 2,5 ($\pm 5\%$) fois la valeur efficace du courant d'essai de court-circuit assigné. Les contacts ne doivent pas être déplacés entre ces applications.

Lorsqu'il n'y a pas d'enclencheur synchrone et qu'il n'est pas possible d'obtenir trois applications de courant de court-circuit avec un courant de crête initial de 2,5 fois la valeur efficace, l'essai suivant peut être réalisé.

La valeur efficace du courant d'essai de court-circuit peut être augmentée de manière à obtenir le courant de crête assigné pour les trois applications et la durée d'essai peut être réduite. Lorsqu'on utilise cette méthode, le produit du carré de la valeur efficace augmentée du courant par la durée réduite de l'essai ne doit pas être inférieur au produit du carré de la valeur efficace du courant de court-circuit assignée par deux secondes.

Les valeurs du courant d'essai de court-circuit à appliquer doivent être celles données à la Figure 3.

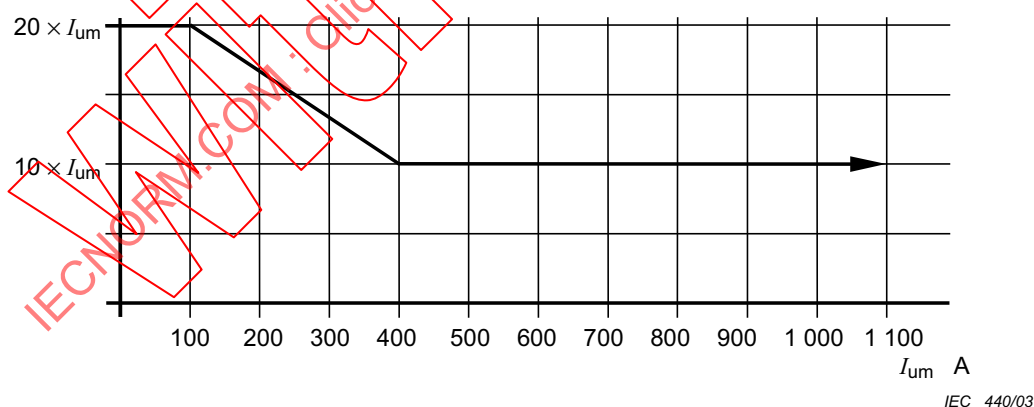


Figure 3 – Courant d'essai de court-circuit donné en multiple du courant traversant assigné maximal

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

A la fin de l'essai, les contacts ne doivent pas être endommagés au point d'empêcher la poursuite du fonctionnement correct avec le courant traversant assigné maximal. Les autres parties parcourues ne doivent pas présenter de traces de déformations mécaniques permanentes.

The temperature is considered to be steady when the difference of the temperature between the contact and the surrounding medium does not change by more than 1 K over an hour.

NOTE The cross-section and insulation of the conductor carrying the current into the off-circuit tap-changer or components under test should be stated.

7.2.3 Short-circuit current test

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

In the case of three-phase off-circuit 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 r.m.s. value of the rated short-circuit test current. The contacts shall not be moved between these applications.

When there are no facilities for point-on-wave switching and it is not possible to obtain three short-circuit applications with initial peak current 2,5 times the r.m.s. value, the following test may be used.

The r.m.s. value of the short-circuit test current may be increased so that the rated 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.

The values of the short-circuit test current to be applied shall be as given in Figure 3.

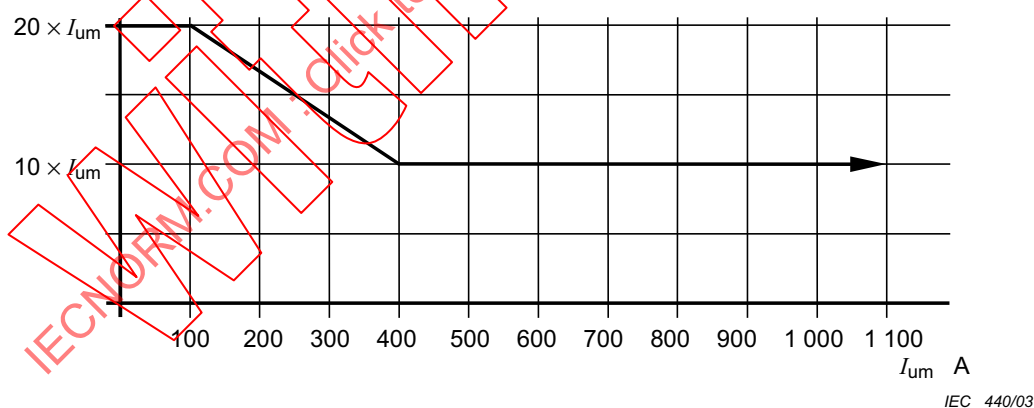


Figure 3 – Short-circuit test current as a multiple of the maximum rated through-current

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

At the conclusion of the test, the contacts shall not have been damaged so as to prevent continuing correct operation at maximum rated through-current. Other current-carrying parts shall not show signs of permanent mechanical distortion.

7.2.4 Essais mécaniques

7.2.4.1 Essai d'endurance mécanique

Le changeur de prises hors circuit avec son mécanisme d'entraînement doit être assemblé et soumis aux essais dans chacun des milieux ambiants pour lesquels il est déclaré adapté en service normal. Les contacts ne doivent pas être alimentés et la totalité de l'étendue de réglage des prises doit être utilisée jusqu'à ce que 2 000 manœuvres de changements de prises aient été réalisées.

Pour les changeurs de prises hors circuit déclarés adaptés à une utilisation avec un mécanisme d'entraînement à moteur, 20 000 manœuvres doivent être effectuées.

Pour les changeurs de prises hors circuit dont l'environnement est l'air, cet essai peut être réalisé à température ambiante. Pour les changeurs de prises hors circuit dont l'environnement est du liquide, la moitié des manœuvres doit être réalisée à une température supérieure ou égale à 75 °C et la moitié à une température inférieure, par exemple pendant les périodes d'échauffement ou de refroidissement, des cycles quotidiens de température pouvant être réalisés.

Pour les changeurs de prises hors circuit dont l'environnement est l'air et un liquide, 100 manœuvres doivent être effectuées à –25 °C.

Au cours de cet essai, il ne doit pas y avoir de défaillance ou d'usure anormale des contacts ou des parties mécaniques qui pourraient conduire à une défaillance mécanique si les manœuvres continuaient.

NOTE Les milieux ambiants déclarés adaptés pour le fonctionnement peuvent être généralement de l'huile pour transformateur, des liquides de synthèse, l'air et d'autres gaz.

7.2.4.2 Essais sous pression et sous vide

Des essais appropriés doivent être réalisés sur tous les presse étoupes et tous les joints pour prouver les valeurs de pression et de vide. Le constructeur doit déclarer ses valeurs.

7.2.5 Essais diélectriques

7.2.5.1 Généralités

Les prescriptions diélectriques pour un changeur de prises hors circuit dépendent de l'enroulement du transformateur auquel il est relié.

Le constructeur du transformateur doit être responsable non seulement du choix d'un changeur de prises hors circuit de niveau d'isolement approprié mais également du niveau d'isolement des connexions entre le changeur de prises hors circuit et les enroulements du transformateur.

Les changeurs de prises hors circuit de type immergé dans un liquide doivent être remplis d'un liquide propre ou être immergés dans un réservoir d'essai rempli de liquide propre avant de réaliser les essais donnés en 7.2.5.3.

7.2.5.2 Classification

Pour permettre le choix des tensions d'essai appropriées, les changeurs de prises hors circuit doivent être classés conformément au Tableau 7.

7.2.4 Mechanical tests

7.2.4.1 Mechanical endurance test

The off-circuit tap-changer with its drive mechanism shall be assembled and tested in each of the surrounding mediums for which it is declared suitable for operating in for normal service. The contacts shall not be energized and the full range of taps shall be utilized until 2000 operations have been performed.

For off-circuit tap-changers declared suitable for use with a motor drive mechanism then 20 000 operations shall be performed.

For air environment off-circuit tap-changers, this test may be performed at ambient temperature. For liquid environment off-circuit 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.

For air and liquid environment off-circuit tap-changers, 100 operations shall be performed at –25 °C.

During the test, there shall be no failure or undue wear of the contacts or mechanical parts that would lead to mechanical failure if operation continued.

NOTE The surrounding mediums declared suitable for operation may typically be transformer oil, synthetic liquids, air and other gases.

7.2.4.2 Pressure and vacuum tests

Appropriate tests shall be performed on all glands and seals to prove pressure and vacuum values. The manufacturer shall declare his values.

7.2.5 Dielectric tests

7.2.5.1 General

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

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

Off-circuit tap-changers for liquid-immersed design shall be filled with clean liquid or immersed in a test tank filled with clean liquid before the tests detailed in 7.2.5.3 are performed.

7.2.5.2 Classification

To permit selection of appropriate voltage tests, off-circuit tap-changers shall be classified according to Table 7

Tableau 7 – Classes des changeurs de prises hors circuit

Classe	Application
I	Pour utilisation au point neutre des enroulements
II	Pour utilisation à tout autre emplacement que le point neutre des enroulements

7.2.5.3 Nature des essais

Le niveau d'isolement du changeur de prises hors circuit doit être démontré par des essais diélectriques réalisés sur les distances suivantes:

- 1) à la terre;
- 2) entre phases (s'il y a lieu);
- 3) entre le premier et le dernier contact du changeur de prises hors circuit;
- 4) entre deux contacts adjacents quelconques du changeur de prises hors circuit;
- 5) toute distance qui compte tenu de la configuration des contacts présentera une contrainte plus élevée que celles ci-dessus.

7.2.5.4 Tensions d'essai

Classe I

Pour l'essai 1), les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs appropriées des Tableaux 4 ou 5. Pour les essais 2), 3), 4) et 5), des valeurs appropriées de tension de tenue au choc de foudre et, s'il y a lieu, de tension de tenue au courant alternatif de source doivent être déclarées par le constructeur du changeur de prises hors circuit.

Classe II

Pour les essais 1) et 2), les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs appropriées des Tableaux 4 ou 5. Pour les essais 3), 4) et 5), des valeurs appropriées des tensions de tenue au choc de foudre et s'il y a lieu à fréquence industrielle doivent être déclarées par le constructeur du changeur de prises hors circuit.

7.2.5.5 Application des tensions d'essai

Pour les essais diélectriques, le changeur de prises hors circuit doit être assemblé, disposé et séché d'une manière analogue à celle utilisée en service. Toutefois, il n'est pas nécessaire d'inclure les connexions qui relient le changeur de prises hors circuit aux enroulements du transformateur. Les essais peuvent être réalisés sur des composants séparés dans la mesure où il peut être démontré que les mêmes conditions diélectriques s'appliquent.

Pour l'essai 1) de 7.2.5.3 effectué sur les changeurs de prises hors circuit de classe I et de classe II et l'essai 2) de 7.2.5.3 effectué sur les changeurs de prises hors circuit de la classe II, les parties sous tension de chaque phase doivent être court-circuitées et reliées soit à la source de tension soit à la terre comme il convient.

Lorsque le changeur de prises hors circuit comporte un isolement extérieur à la terre, celui-ci doit être contrôlé selon les essais applicables décrits dans la CEI 60137.

La succession préférentielle d'essai est la suivante:

- a) essai au choc de foudre;
- b) essai de choc de manœuvre, s'il y a lieu;
- c) tension de tenue par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée;
- d) essai de décharges partielles, s'il y a lieu.

Table 7 – Classes of off-circuit tap-changer

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

7.2.5.3 Nature of tests

The insulation level of the off-circuit tap-changer shall be proved by dielectric tests performed at the following distances:

- 1) to earth;
- 2) between phases (where applicable);
- 3) between the first and last contacts of the off-circuit tap-changer;
- 4) between any two adjacent contacts of the off-circuit tap-changer;
- 5) any distance, that due to the contact configuration will have a higher stress than the ones tested above.

7.2.5.4 Test voltages**Class I**

For test 1), the test voltages shall comply with appropriate values from Table 4 or Table 5. For tests 2), 3), 4) and 5), appropriate withstand values of lightning impulse voltage and, if applicable, of separate source AC withstand voltage shall be declared by the manufacturer of the off-circuit tap-changer.

Class II

For tests 1) and 2), the test voltages shall comply with appropriate values from Table 4 or Table 5. For tests 3), 4) and 5), appropriate withstand values of lightning impulse voltage and if applicable of power-frequency voltage shall be declared by the manufacturer of the off-circuit tap-changer.

7.2.5.5 Application of test voltages

For the dielectric tests, the off-circuit 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 off-circuit 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) of 7.2.5.3 when applied to class I and class II off-circuit tap-changers and test 2) of 7.2.5.3 when applied to class II off-circuit tap-changers, the live parts of each phase shall be short-circuited and connected either to the voltage source or to the earth as appropriate.

Where the off-circuit tap-changer incorporates external insulation to earth, this external insulation shall be proved in accordance with the relevant tests described in IEC 60137.

The preferred testing sequence is as follows:

- a) lightning impulse test;
- b) switching impulse test, when required;
- c) separate source AC withstand voltage test;
- d) partial discharge test, when required.

7.2.5.6 Essai de tension de tenue par tension appliquée à fréquence industrielle par source séparée

Cet essai doit être réalisé avec une tension alternative monophasée conformément à la CEI 60060, à la valeur nécessaire. La durée de chaque application d'essai doit être de 60 s.

7.2.5.7 Essai de tension au choc de foudre

La forme de l'onde pour l'essai doit être la forme normalisée 1,2/50 μ s définie dans la CEI 60060. Chaque essai doit comprendre trois applications de tension de polarité positive et trois de polarité négative, à la valeur demandée.

7.2.5.8 Essai de choc de manœuvre

Cet essai est applicable aux changeurs de prises hors circuit de la classe II dont U_m est supérieure ou égale à 245 kV. L'essai doit être réalisé entre les parties actives et les parties à la terre du changeur de prises hors circuit. La configuration d'essai doit être fixée par le constructeur du changeur de prises hors circuit. La forme d'impulsion doit être de 250/2500 μ s, comme spécifié dans la CEI 60060. Chaque essai doit comprendre 3 applications de tension de polarité positive et 3 de polarité négative, à la valeur demandée.

7.2.5.9 Mesure des décharges partielles

Uniquement pour les changeurs de prises hors circuit de classe II à la tension la plus élevée de matériel de U_m 121 kV et plus, l'essai doit être réalisé entre les parties actives et les parties à la terre du changeur de prises hors circuit.

L'essai doit être effectué comme pour les changeurs de prises en charge en 5.2.6.9.

NOTE La sélection des bornes auxquelles les fils des prises seront connectés est autorisée.

7.2.6 Certificat d'essai de type

Le certificat d'essai doit comprendre:

- a) tous les détails des dispositifs d'essai adoptés (par exemple, dispositions d'assemblage et séchage) avec des croquis explicatifs si nécessaire;
- b) tous les détails de tous les essais appliqués conformément à 7.2.2 à 7.2.5.

7.3 Essais individuels de série

7.3.1 Essais mécaniques

Le changeur de prises hors circuit étant complètement assemblé, mais les contacts n'étant pas alimentés, deux cycles complets de fonctionnement doivent être effectués sans défaillance. Au cours de cet essai, tout arrêt d'extrémité décrit en 7.1.6 doit être vérifié quant à son fonctionnement et à son réglage corrects.

7.3.2 Essais sous pression et sous vide

Les essais doivent être effectués sur tous les presse étoupes étanches au liquide et les niveaux doivent être déclarés par le constructeur. Une valeur déclarée de zéro indique que cet essai n'a pas été effectué.

NOTE Les essais sous pression et sous vide sur de petits changeurs de prises hors circuit sont rarement effectués.

7.2.5.6 Separate source AC withstand voltage test

The test shall be performed with a single-phase alternating voltage in accordance with IEC 60060, at the required value. The duration of each test application shall be 60 s.

7.2.5.7 Lightning impulse voltage test

The wave for the test shall be the standard 1,2/50 μ s impulse as defined in IEC 60060. Each test shall comprise three voltage applications of positive polarity and three applications of negative polarity, at the required value.

7.2.5.8 Switching impulse test

This test is applicable to off-circuit tap-changers of class II of U_m 245 kV and above. The test shall be made between the live and earthed parts of the off-circuit tap-changer. The test configuration shall be stated by the off-circuit tap-changer manufacturer. The impulse shape, shall be 250/2500 μ s, as specified in IEC 60060. Each test shall comprise 3 voltage applications of positive polarity and 3 voltage applications of negative polarity, at the required value.

7.2.5.9 Measurement of partial discharges

Only for class II off-circuit tap-changers at a highest voltage for equipment U_m 121 kV and above, the test shall be made between live parts and earthed parts of the off-circuit tap-changer.

The test shall be performed as for on-load tap-changers stated in 5.2.6.9.

NOTE The screening of terminals to which tap leads will be connected is permissible.

7.2.6 Type test certificate

The test certificate shall include:

- a) full details of the test arrangements adopted (for example, assembly arrangements and drying out) with explanatory sketches as necessary;
- b) full details of all tests applied in accordance with 7.2.2 to 7.2.5.

7.3 Routine tests

7.3.1 Mechanical tests

With the off-circuit tap-changer fully assembled but without the contacts energized, two complete cycles of operation shall be performed without failure. During this test any end stops described under 7.1.6 shall be checked for correct operation and setting.

7.3.2 Pressure and vacuum tests

Tests shall be performed on all liquid-tight glands and levels shall be declared by the manufacturer. A declared value of zero indicates this test has not been carried out.

NOTE Pressure and vacuum tests on small off-circuit tap-changers are often not carried out.

8 Prescriptions pour les mécanismes d'entraînement à moteur des changeurs de prises hors circuit

8.1 Prescriptions générales

Les mécanismes d'entraînement à moteur pour changeurs de prises en charge peuvent être utilisés pour les applications de changeur de prise hors circuit. Pour les changeurs de prises hors circuit, les prescriptions de 8.1.1 à 8.1.8 s'appliquent comme minimum.

Si un mécanisme d'entraînement à moteur est utilisé pour fonctionner en changeur de prise hors circuit, priorité doit être donnée à l'enclenchement automatique par les moyens des circuits d'enclenchement automatiques.

8.1.1 Conformité des composants

Sauf spécification contraire, les composants des mécanismes d'entraînement à moteur doivent être conformes à la norme CEI correspondante.

8.1.2 Variation admissible de l'alimentation des auxiliaires

Le moteur d'entraînement et le dispositif de contrôle électrique du mécanisme d'entraînement à moteur doivent être conçus pour fonctionner de manière satisfaisante dans les limites de 85 % à 110 % de la tension assignée et de 90 % à 105 % de la fréquence assignée pour une tension en courant alternatif et entre 80 % et 110 % de la tension assignée pour une tension en courant continu.

8.1.3 Indicateur de position de charge

La position du changeur de prises hors circuit doit être indiquée sur le mécanisme d'entraînement à moteur au moyen d'un dispositif indiquant la position en cas de défaut d'alimentation. Cette position de prise doit être visible à travers une fenêtre lorsque l'armoire du mécanisme d'entraînement est fermée.

Sur demande, un émetteur de position à distance peut être fourni pour indiquer la position à un emplacement à distance.

8.1.4 Dispositifs de fin de course

Un dispositif de fin de course mécanique doit être incorporé soit dans le mécanisme d'entraînement de l'interrupteur soit dans celui du moteur.

8.1.5 Compteur de manœuvres

Un compteur à cinq chiffres ou plus non réinitialisable doit être fourni et être facilement visible.

8.1.6 Fonctionnement manuel du mécanisme d'entraînement à moteur

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

Le sens de rotation doit être indiqué près du point de mise en place de la manivelle ainsi que le nombre de tours nécessaires pour réaliser un changement de prises.

NOTE Il convient que la conception du mécanisme permette un fonctionnement manuel par une personne sans effort anormal.

8 Requirements for motor drive mechanisms for off-circuit tap-changers

8.1 General requirements

Motor drive mechanisms for on-load tap-changers may be used for off-circuit tap-changer applications. For off-circuit tap-changers, the requirements in 8.1.1 to 8.1.8 as a minimum shall apply.

If a motor drive mechanism is used to operate the off-circuit tap-changer, preference shall be given to automatic interlocks by means of electrical interlocking circuits.

8.1.1 Compliance of component parts

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

8.1.2 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.

8.1.3 Tap position indicator

The position of the off-circuit tap-changer shall be indicated on the motor-drive mechanism by means of a device showing the position in the event of a power supply failure. This tap position shall be visible through a window while the motor-drive cubicle is closed.

If required, a remote position transmitter may be provided for indicating the tap position in a remote location.

8.1.4 Limiting devices

A mechanical limit device shall be incorporated in either the switch or the motor drive mechanism.

8.1.5 Operation counter

A five-figure or greater non-resettable counter shall be provided and shall be readily visible.

8.1.6 Manual operation of the motor-drive mechanism

A removable crank or other suitable means shall be provided for manual operation of the off-circuit 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 indicated 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 person without undue effort.

8.1.7 Armoire du mécanisme d'entraînement à moteur

L'armoire du mécanisme d'entraînement à moteur doit satisfaire aux prescriptions de protection IP44 selon la CEI 60529 et doit être protégée contre la condensation par des moyens appropriés.

Sur demande, un degré de protection plus élevé selon la CEI 60529 peut faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

8.1.8 Protection contre l'accès aux parties dangereuses

Les armoires de mécanismes d'entraînement équipées de portes doivent continuer à assurer au moins une protection de catégorie IP1X selon la CEI 60529 avec une porte ouverte.

NOTE Ceci offrira une protection contre un contact accidentel du «dos de la main» au minimum.

Les arbres d'entraînement extérieurs doivent être protégés par des dispositifs de protection.

8.2 Essais de type

8.2.1 Essai de tenue mécanique

L'arbre de sortie du mécanisme d'entraînement à moteur doit être soumis à la charge du couple le plus élevé pour le changeur de prises hors circuit pour lequel il est conçu ou à un couple simulé équivalent, déterminé à partir des conditions de service. A une telle charge, 20 000 manœuvres doivent être effectuées sur toute la gamme de prises.

NOTE Un refroidissement complémentaire de l'entraînement du moteur est autorisé au cours de cet essai.

Au cours de cet essai, à la fréquence assignée:

- 1 000 manœuvres doivent être effectuées à la tension minimale comme spécifié en 8.1.2;
- 1 000 manœuvres doivent être effectuées à la tension maximale comme spécifié en 8.1.2;
- 50 manœuvres doivent être effectuées à une température de -25°C .

Le fonctionnement correct du dispositif couvert par 8.1.4, 8.1.5, et 8.1.6 doit être vérifié au cours de cet essai. L'essai doit être terminé sans défaillance et sans usure anormale des parties mécaniques.

L'entretien normal conformément au manuel du constructeur est permis durant l'essai.

Au cours de cet essai, le système de chauffage du mécanisme d'entraînement à moteur doit être coupé.

8.2.2 Essai de dépassement des positions extrêmes

Il doit être prouvé qu'en cas de défaillance des interrupteurs électriques, les arrêts d'extrémité mécaniques empêchent le fonctionnement au-delà des positions extrêmes lorsqu'un changement de prises motorisé est effectué et que le mécanisme d'entraînement à moteur ne subira aucun dommage électrique ou mécanique.

8.2.3 Degré de protection de l'armoire de l'entraînement à moteur

S'il y a lieu, l'armoire de l'entraînement à moteur doit subir les essais conformément à la CEI 60529.

8.1.7 Motor-drive cubicle

The motor-drive cubicle shall meet the protection requirements of IP44 according to IEC 60529 and shall be protected against condensation by suitable means.

If required, a higher degree of protection according to IEC 60529 may be agreed between manufacturer and purchaser.

8.1.8 Protection against access to hazardous parts

Driving mechanism cubicles fitted with doors shall continue to provide protection to at least category IP1X according to IEC 60529 with any door open.

NOTE This will provide protection against accidental "back of the hand" contact as a minimum.

External drive shafts shall be protected with guards.

8.2 Type tests

8.2.1 Mechanical load test

The motor-drive mechanism output shaft shall be loaded by the greatest torque for the off-circuit tap-changer for which it is designed or by an equivalent simulated load torque, based on service conditions. At such a load, 20 000 operations shall be performed across the whole tap range.

NOTE Additional cooling of the motor drive is permissible during this test.

During this test, performed at rated frequency:

- 1 000 operations shall be performed at the minimum voltage as specified in 8.1.2;
- 1 000 operations at the maximum voltage as specified in 8.1.2;
- 50 operations shall be performed at a temperature of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

The correct functioning of the device covered by 8.1.4, 8.1.5, and 8.1.6 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.

During the test, the heating system of the motor-drive mechanism shall be switched off.

8.2.2 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.

8.2.3 Degree of protection of motor-drive cubicle

When applicable, the motor-drive cubicle shall be tested in accordance with IEC 60529.

8.3 Essais individuels de série

8.3.1 Essais mécaniques

Le mécanisme d'entraînement à moteur en condition de service ou avec une charge équivalente simulée doit être manœuvré par commande électrique sur deux cycles sans défaillance. Au cours de cet essai, on doit vérifier le fonctionnement correct conformément aux prescriptions de 8.1.4, 8.1.5, et 8.1.6.

A l'issue de l'essai ci-dessus, deux autres cycles de fonctionnement doivent être effectués, l'un au niveau minimal et l'autre au niveau maximal de la tension assignée de l'alimentation auxiliaire. Ils doivent être effectués sans défaillance.

NOTE Les essais mécaniques peuvent être effectués sur le mécanisme d'entraînement à moteur séparément ou comme en 7.3.1.

8.3.2 Essai diélectrique des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires, à l'exception du moteur et des autres éléments qui doivent être soumis aux essais avec des tensions d'essai plus faibles conformément aux normes CEI appropriées, doivent être soumis à l'essai de tenue en tension d'une source alternative séparée, de 2 kV en valeur efficace, appliquée pendant 1 min entre toutes les bornes sous tension et le châssis.

9 Plaque signalétique

9.1 Changeurs de prises (en charge et hors circuit)

Chaque changeur de prises doit être muni d'une plaque signalétique en matériau résistant aux intempéries placée dans une position visible et portant au moins les indications suivantes:

- a) Le numéro et l'année de la norme nationale et/ou de la norme CEI applicable;
- b) Le nom du constructeur;
- c) Le numéro de série du constructeur;
- d) La désignation du type du constructeur;
- e) L'année de fabrication.
- f) Le courant traversant assigné
- g) La tension d'échelon assignée (s'il y a lieu)
- h) La valeur de résistance de passage (s'il y a lieu)

Les inscriptions doivent être indélébiles, par exemple gravées chimiquement, mécaniquement, poinçonnées ou réalisées par processus photochimique.

NOTE Dans le cas des changeurs de prises hors circuit dont la faible taille ne permet pas de fixer une plaque signalétique, il est autorisé soit de fournir une plaque signalétique séparée soit de donner les informations avec les instructions du constructeur.

9.2 Mécanismes d'entraînement à moteur

Chaque mécanisme d'entraînement à moteur doit être muni d'une plaque signalétique en matériau résistant aux intempéries placée dans une position visible et portant les indications appropriées indiquées en 9.1. De plus, s'il y a lieu, la plaque signalétique doit indiquer les informations suivantes:

- a) la tension assignée et la fréquence assignée du moteur électrique;

8.3 Routine tests

8.3.1 Mechanical tests

The motor-drive mechanism in the service condition or with an equivalent simulated load shall be operated electrically for two cycles of operation without failure. During this test, correct functioning in accordance with requirements of 8.1.4, 8.1.5 and 8.1.6 shall be checked.

After the above test, 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. These shall be performed without failure.

NOTE The mechanical tests may be performed on the motor-drive mechanism separately or as in 7.3.1.

8.3.2 Auxiliary circuits insulation test

Auxiliary circuits, except the motor and other elements which are to be tested with lower test voltages according to the appropriate IEC standards, shall be subjected to a separate source AC withstand test of 2 kV r.m.s. applied for 1 min between all live terminals and the frame.

9 Nameplate

9.1 Tap-changers (on-load and off-circuit)

Each tap-changer shall be provided with a nameplate of weatherproof material fitted in a visible position showing at least the following items:

- a) number and year of the relevant national standard and/or this IEC standard;
- b) the manufacturer's name;
- c) the manufacturer's serial number;
- d) the manufacturer's type designation;
- e) the year of manufacture;
- f) the rated through-current;
- g) the rated step voltage (if applicable);
- h) the transition resistor value (if applicable).

The entries shall be indelibly marked, for example by etching, engraving, stamping or by a photo-chemical process.

NOTE For small off-circuit tap-changers where size makes it impracticable to fit a nameplate, it is permissible to either supply a separate loose nameplate or provide the information with the manufacturers instructions.

9.2 Motor-drive mechanisms

Each motor-drive mechanism shall be provided with a nameplate of weatherproof material fitted in a visible position showing the appropriate items listed in 9.1. In addition, if appropriate, the nameplate shall show the following information:

- a) the rated voltage and rated frequency of the electric motor;

- b) la tension assignée et la fréquence assignée du matériel de contrôle.

NOTE Pour une alimentation en courant continu, il convient d'utiliser le symbole --- à la place de l'indication de la fréquence assignée.

- c) le nombre de positions de prises de service.

Les inscriptions doivent être indélébiles, par exemple gravées chimiquement, mécaniquement, poinçonnées ou réalisées par processus photochimique.

10 Etiquette de mise en garde pour changeur de prises hors circuit

Pour les changeurs de prises hors circuit, une étiquette de mise en garde bien visible ou des instructions de mise en garde comme représenté à la Figure 4 doit être soit fixée sur le changeur de prises soit fournie séparément pour être placée à proximité de la manette destinée à actionner le changeur de prises.

Une étiquette similaire doit être fixée sur les mécanismes d'entraînement à moteur.

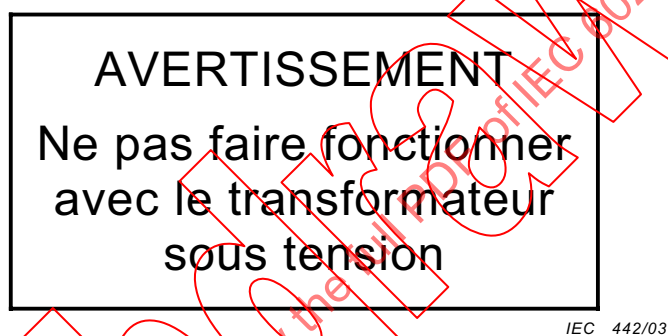


Figure 4 – Etiquette d'avertissement

11 Instructions de fonctionnement des constructeurs

Le constructeur doit fournir un manuel pour faciliter l'utilisation correcte et en toute sécurité du changeur de prises y compris les aspects de maintenance.

Ce manuel doit couvrir, ceci n'est pas limitatif, les aspects d'installation, d'exploitation, de maintenance et également identifier tout danger ou risque inhérent (par exemple choc électrique, dispositifs à énergie stockée, démarrage involontaire du mécanisme à la suite d'une coupure d'alimentation, etc.).

- b) the rated voltage and rated frequency of the control equipment;

NOTE In the case of a d.c. supply, the symbol --- should be used instead of the indication of the rated frequency.

- c) the number of service tap positions.

The entries shall be indelibly marked, for example by etching, engraving, stamping or photo-chemical process.

10 Off-circuit tap-changer warning label

For off-circuit tap-changers, a clearly visible warning label or instruction as shown in Figure 4 shall either be attached to the tap-changer or supplied as a separate label which shall be fitted adjacent to the operating handle.

A similar label shall be attached to motor drive mechanisms.

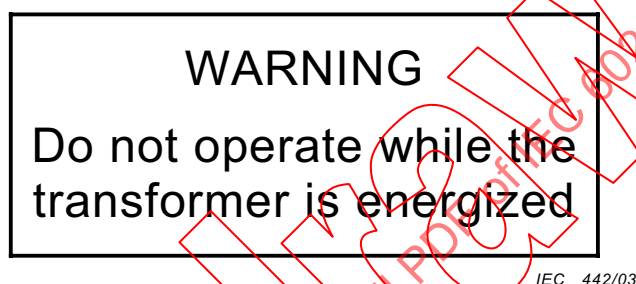


Figure 4 – Warning label

11 Manufacturers operating instructions

The manufacturer shall provide a handbook to facilitate the safe and proper operation of the tap-changer including maintenance criteria.

The handbook shall cover but not be limited to installation, operation, maintenance criteria and in addition identify any inherent dangers or risks (for example, electric shock, stored energy devices, unexpected starting of the mechanism following interruption of supply, etc.).

Annexe A (normative)

Informations supplémentaires sur les conditions de fonctionnement concernant les changeurs de prises de type résistance

A.1 Conditions de fonctionnement des contacts principaux et des contacts de passage

A.1.1 Le Tableau A.1 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 est représentée, bien qu'en pratique elle puisse représenter un jeu de contacts.

A.1.2 Le Tableau A.1 donne également le nombre d'opérations de commutation 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.

A.1.3 Dans les expressions du courant et de la tension du Tableau A.1, les signes «+» et «-» indiquent des additions et des 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 A.2 montre l'influence du facteur de puissance de la charge sur les conditions de fonctionnement des différents contacts.

A.1.4 Si l'impédance de passage est divisée en deux parties, celles-ci sont supposées être égales entre elles et à la valeur R .

A.1.5 Les dispositions montrées ne sont en aucun cas exhaustives. D'autres dispositions possibles existent et sont utilisées, par exemple cycle à résistances multiples, qui sont une extension soit du cycle en drapeau soit du cycle en fanion.

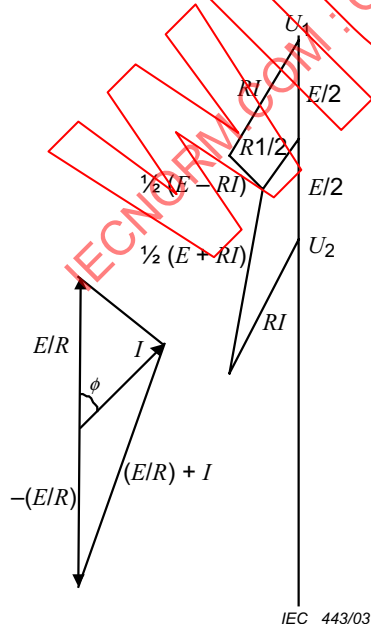


Figure A.1A – Cycle
en drapeau

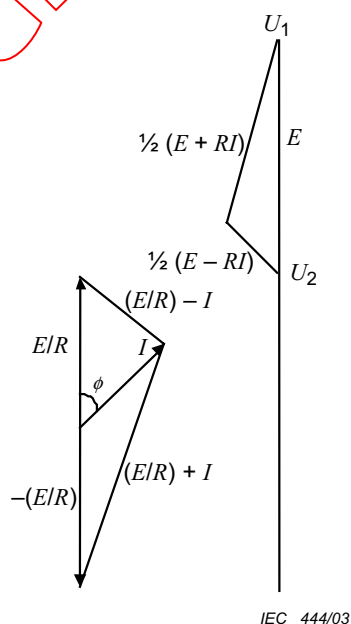


Figure A.1B – Cycle en
fanion symétrique

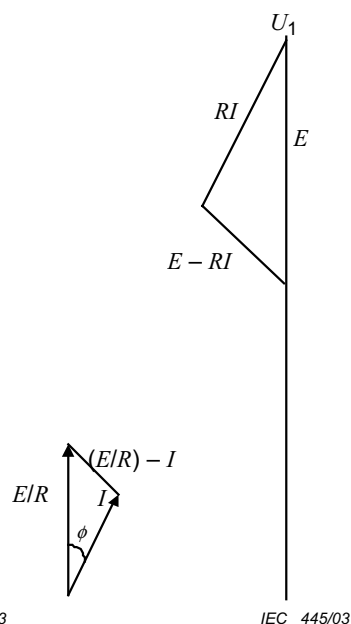


Figure A.1C – Cycle en fanion
asymétrique

Figure A.1 – Vecteurs de courant et de tension
pour les changeurs de prises de type résistance

Annex A

(normative)

Supplementary information on switching duty relating to resistor type tap-changers

A.1 Duty on main and transition contacts

A.1.1 Table A.1 shows typical contact arrangements used for flag and pennant cycles on diverter and selector switches. Only one pair of contacts is shown for each function, although in practice this may represent a set of contacts.

A.1.2 Table A.1 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.

A.1.3 In the expressions for current and voltage in Table A.1, 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 A.2.

A.1.4 If the transition impedance is divided into two units, these are assumed to be of equal value, each equal to R .

A.1.5 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 the pernant cycle principle.

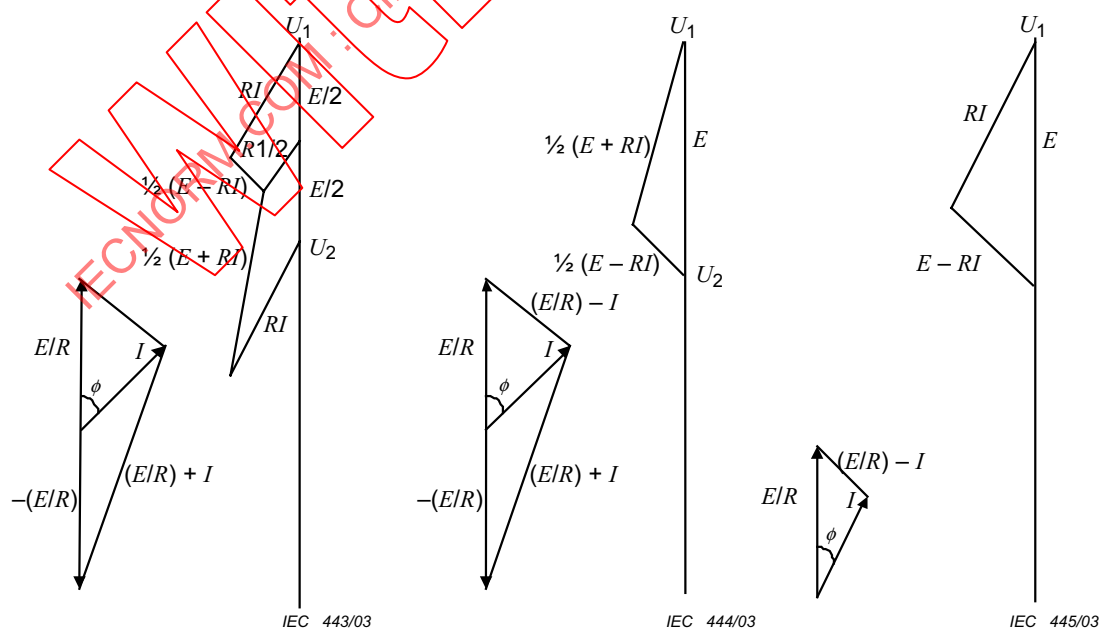


Figure A.1a – Flag cycle

Figure A.1b – Symmetrical pennant cycle

Figure A.1c – Asymmetrical pennant cycle

Figure A.1 – Current and voltage vectors for resistor type tap-changers

Table A.1 – Duty on main and transition contacts for resistor type tap-changers

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
Converter switch	Flag cycle		W breaks	W	I	RI	N/2	X	1/2(E/R + I)	E + RI	N/4
			Y makes						1/2(E/R - I)	E - RI	N/4
			X breaks	Z	I	RI	N/2	Y	1/2(E/R + I)	E + RI	N/4
			Z makes						1/2(E/R - I)	E - RI	N/4
	Symmetrical pennant cycle		L makes	J	E/R + I	1/2(E + RI)	N/4	K	E/R	E	N/2
			J breaks		E/R - I	1/2(E - RI)	N/4				
			M makes	M	E/R + I	1/2(E + RI)	N/4	L	E/R	E	N/2
			K breaks		E/R - I	1/2(E - RI)	N/4				
Selector switch	Flag cycle		C breaks	B	I	RI	N	A	1/2(E/R + I)	E + RI	N/2
			B breaks								
			C makes					C	1/2(E/R - I)	E - RI	N/2
			A breaks								
	Asymmetrical pennant cycle		B makes								
			A makes								
			T breaks	T	I	RI	N/2		E/R	E	N/2
			T makes								
			S breaks	(E/R - I)	(E - RI)	N/2		0	0	N/2	
			S makes								

NOTE 1 Reversed load direction only affects contact T, where the through-current and circulating current will then add.

NOTE 2 Other circuits involving multiple resistors are not included as they are extensions of the above basic circuits.

NOTE 3 For the purpose of clarity, the diagram of connections and contact operating order are given for one direction of movement of the switch. The expressions for contact duty and number of operations, however, take into account the movement of the switch in both directions.

NOTE 1 Reversed load direction only affects contact T, where the through-current and circulating current will then add.

NOTE 2 Other circuits involving multiple resistors are not included as they are extensions of the above basic circuits.

NOTE 3 For the purpose of clarity, the diagram of connections and contact operating order are given for one direction of movement of the switch. The expressions for contact duty and number of operations, however, take into account the movement of the switch in both directions.

**Tableau A.2 – Effet du facteur de puissance de la charge
sur les conditions de fonctionnement des circuits de coupure
pour les changeurs de prises de type résistance**

Type d'interrupteur	Cycle de fonctionnement	Contacts principaux		Contacts de passage	
		Contact	Effet du facteur de puissance de la charge	Contact	Effet du facteur de puissance de la charge
Commutateur	Cycle en drapeau	W et Z	Nul	X et Y	Conditions les plus sévères pour facteur de puissance = 1,0
	Cycle en fanion symétrique	J et M	Conditions les plus sévères pour facteur de puissance = 1,0	K et L	Nul
Sélecteur en charge	Cycle en drapeau	B	Nul	A et C	Conditions les plus sévères pour facteur de puissance = 1,0
	Cycle en fanion asymétrique	T	Nul pour $N/2$ opérations	S	Nul
			Conditions les plus sévères pour facteur de puissance $N/2$ opérations		

NOTE Les changeurs de prises en charge utilisant le cycle en fanion asymétrique sont normalement utilisés avec des courants de charge circulant dans un seul sens.

**Table A.2 – Effect of load power-factor on circuit-breaking duty
for resistor type tap-changers**

Type of switch	Operating cycle	Main contacts		Transition contacts	
		Contact	Effect of load power-factor	Contact	Effect of load power-factor
Diverter switch	Flag cycle	W and Z	None	X and Y	Maximum duty at power-factor = 1,0
	Symmetrical pennant cycle	J and M	Maximum duty at power-factor = 1,0	K and L	None
Selector switch	Flag cycle	B	None	A and C	Maximum duty at power-factor = 1,0
	Asymmetrical pennant cycle	T	None for $N/2$ operations	S	None
			Maximum duty at power-factor = 0 for $N/2$ operations		
NOTE On-load tap-changers employing the asymmetrical pennant cycle are normally used with load current flow in one direction only.					

Annexe B (normative)

Conditions de fonctionnement concernant les changeurs de prises de type à bobine d'inductance

B.1 Paramètres d'essai complémentaires

B.1.1 Essai d'endurance

Les prescriptions de 5.2.2.1 s'appliquent avec les dispositions suivantes:

- a) autotransformateur préventif: le courant de circulation en position de liaison est égal à 50 % du courant traversant assigné ou à une autre valeur en cas de spécification contraire du constructeur, indiquée dans le rapport d'essais de conception;
- b) facteur de puissance: 80 %.

B.1.2 Essai de pouvoir de coupure

Les prescriptions de 5.2.2.2 s'appliquent avec les dispositions suivantes:

- a) autotransformateur préventif: le courant de circulation en position de liaison est égal à 50 % du courant traversant assigné ou à une autre valeur en cas de spécification contraire du constructeur, indiquée dans le rapport d'essais de conception;
- b) facteur de puissance: 0 %;
- c) nombre de manœuvres 40.

B.2 Conditions de fonctionnement des contacts de commutation

Les Tableaux B.1 à B.4 respectivement, montrent les conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour les changeurs de prises en charge de type à bobine d'inductance avec les types suivants de commutation:

- sélecteur en charge;
- enroulement de sélecteur en charge et de connexion équipotentielle;
- commutateur et sélecteur de prises;
- interrupteur à vide sélecteur de prises.

De même, les Figures B.1 à B.8 montrent l'ordre et les schémas vectoriels pour les quatre types de changeurs de prises de type à bobine d'inductance.

Annex B

(normative)

Supplementary information on switching duty relating to reactor type tap-changers

B.1 Additional test parameters

B.1.1 Service duty test

The requirements in 5.2.2.1 apply with the following provisions:

- a) preventive auto-transformer: Circulating current in bridging position equal to 50 % of the rated through current or as otherwise specified by the manufacturer and stated in the design test report;
- b) power factor: 80 %.

B.1.2 Breaking capacity test

The requirements in 5.2.2.2 apply with the following provisions:

- a) preventive auto transformer: circulating current in bridging position equal to 50 % of the rated through current or as otherwise specified by the manufacturer and stated in the design test report;
- b) power factor: 0 %;
- c) number of operations: 40.

B.2 Duty on switching contacts

Tables B.1 to B.4 respectively, show the duty on switching contacts for reactor type tap-changers with the following types of switching:

- selector switch;
- selector switch and equalizing winding;
- diverter switch and tap selector;
- vacuum interrupter and tap selector.

Similarly, Figures B.1 to B.8 show the sequence and vector diagrams for the four types of reactor type tap-changers.

Tableau B.1 – Conditions de fonctionnement des contacts de commutation pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge – sens de commutation de P1 à P5

Séquence de fonctionnement (note 1)	Manœuvre des contacts	Contact	Courant commuté	Tension de rétablissement
P1 Sur la prise 1	N/A	G	-	-
		H	-	-
P2 Passage en liaison (sélecteur en charge ouvre)	H coupé	G	-	-
		H	$\frac{1}{2}I$ (note 2)	$\frac{1}{2}IZ$
P3 Prises de liaison 1 et 2	H fermé	G	-	-
		H	-	-
P4 Passage à la prise 2	G coupé	G	$\frac{1}{2}I + E_T/Z$ (note 3)	$E_T + \frac{1}{2}IZ$
		H	-	-
P5 Sur la prise 2	G fermé	G	-	-
		H	-	-

NOTE 1 P1, P3 et P5 sont des positions de prises de service.

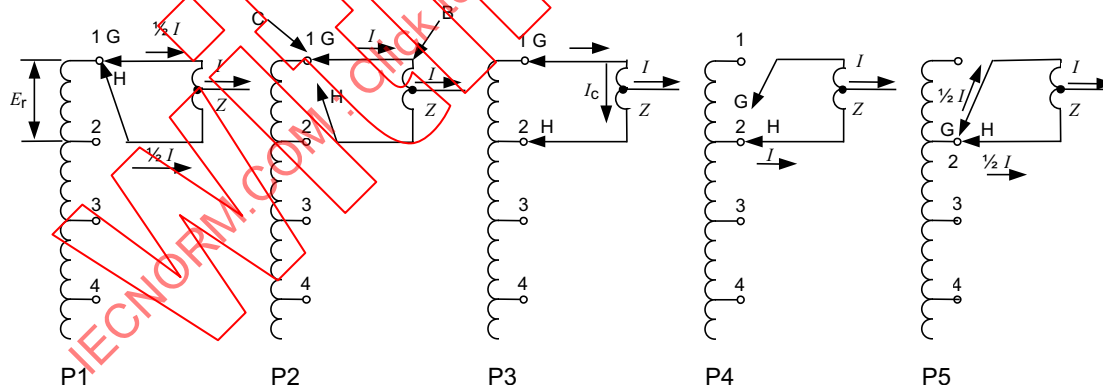
NOTE 2 I est le courant de charge.

NOTE 3 E_T/Z est égal à I_c , le courant de circulation, Z est l'impédance de l'autotransformateur préventif et E_T est la tension de prise.

NOTE 4 Lorsque le passage de prises se fait dans le sens inverse, c'est-à-dire de P5 vers P1, le courant commuté au contact G est $\frac{1}{2}I$ et la tension de rétablissement correspondante est de $\frac{1}{2}IZ$ (P4). Le courant commuté au contact H est $E_T/Z - \frac{1}{2}I$ et la tension de rétablissement correspondante est $E_T - \frac{1}{2}IZ$ (P2).

NOTE 5 Voir la Figure B.1 pour les schémas de séquence de fonctionnement et la Figure B.2 pour les schémas vectoriels.

NOTE 6 Toutes les additions de ce Tableau sont des additions vectorielles.



IEC 446/03

Légende

B est la bobine d'inductance

C est le sélecteur en charge (2 au total)

Figure B.1 – Séquence de fonctionnement pour les changeurs de prises de type à bobine d'inductance avec sélecteur en charge

Table B.1 – Duty on switching contacts for reactor type tap-changers with selector switch – switching direction from P1 to P5

Operating sequence (note 1)	Contact operation	Contact	Switching current	Recovery voltage
P1 On tap 1	N/A	G	-	-
		H	-	-
P2 Transition to bridging (selector switch opens)	H breaks	G	-	-
		H	$\frac{1}{2}I$ (note 2)	$\frac{1}{2}IZ$
P3 Bridging taps 1 and 2	H makes	G	-	-
		H	-	-
P4 Transition to on-tap 2	G breaks	G	$\frac{1}{2}I + E_T/Z$ (note 3)	$E_T + \frac{1}{2}IZ$
		H	-	-
P5 On tap 2	G makes	G	-	-
		H	-	-

NOTE 1 P1, P3 and P5 are service tap positions.

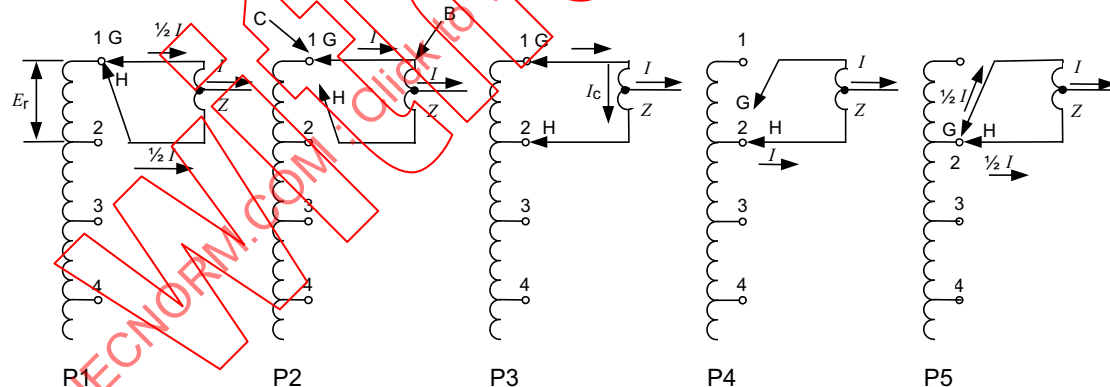
NOTE 2 I is the load current.

NOTE 3 E_T/Z is equal to I_c , the circulating current, Z is the impedance of the preventive autotransformer and E_T is the tap voltage.

NOTE 4 When the transition to on-tap is in the reverse direction, that is, from P5 to P1, the switching current at the G contact is $\frac{1}{2}I$ and the corresponding recovery voltage is $\frac{1}{2}IZ$ (P4). The switched current at H contact is $E_T/Z - \frac{1}{2}I$ and the corresponding recovery voltage is $E_T - \frac{1}{2}IZ$ (P2).

NOTE 5 See Figure B.1 for the operating sequence diagrams and Figure B.2 for the vector diagrams.

NOTE 6 All additions shown in the Table are vector additions.



IEC 446/03

Key

B is the reactor

C is the selector switch (2 in total)

Figure B.1 – Operating sequence of reactor type tap-changers with selector switch