

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62271-109

Première édition
First edition
2006-08

Appareillage à haute tension –

Partie 109:

**Interrupteurs de contournement pour
condensateurs série à courant alternatif**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 109:

**Alternating-current series capacitor
by-pass switches**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62271-109:2006

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/searchpub) 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/online_news/justpub) 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/searchpub) 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/online_news/justpub) 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**

62271-109

Première édition
First edition
2006-08

Appareillage à haute tension –

Partie 109:

**Interrupteurs de contournement pour
condensateurs série à courant alternatif**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 109:

**Alternating-current series capacitor
by-pass switches**

© IEC 2006 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

XF

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	12
1 Généralités.....	16
1.1 Domaine d'application.....	16
1.2 Références normatives.....	16
2 Conditions normales et spéciales de service	18
3 Termes et définitions	18
3.1 Termes généraux.....	18
3.2 Ensembles.....	22
3.3 Parties d'ensembles	22
3.4 Appareils de connexion	22
3.5 Parties de l'interrupteur de contournement	26
3.6 Fonctionnement.....	30
3.7 Grandeurs caractéristiques.....	32
3.8 Définitions en rapport avec les batteries de condensateurs série	42
3.9 Index des définitions.....	48
4 Caractéristiques assignées.....	54
4.1 Tension assignée (U_r)	54
4.2 Niveau d'isolement assigné	56
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	56
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement.....	56
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	56
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	56
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	56
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	58
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	58
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manœuvre et/ou le contournement et l'insertion	58
4.101 Séquence de manœuvres assignée	58
4.102 Courant assigné de contournement (IBP).....	58
4.103 Courant assigné d'insertion (dans le circuit de contournement, IINS).....	60
4.104 Tension assignée de réinsertion (UINS).....	60
4.105 Durées assignées	62
4.106 Nombre de manœuvres mécaniques	62
5 Conception et construction	62
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les interrupteurs de contournement	62
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les interrupteurs de contournement	62
5.3 Mise à la terre des interrupteurs de contournement	64
5.4 Équipements auxiliaires.....	64
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	66
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	66
5.7 Manœuvre manuelle indépendante	66
5.8 Fonctionnement des déclencheurs.....	66
5.9 Verrouillages à basse et à haute pression	68
5.10 Plaques signalétiques.....	68

CONTENTS

FOREWORD.....	13
1 General	17
1.1 Scope.....	17
1.2 Normative references	17
2 Normal and special service conditions	19
3 Terms and definitions	19
3.1 General terms.....	19
3.2 Assemblies	23
3.3 Parts of assemblies	23
3.4 Switching devices	23
3.5 Parts of by-pass switches	27
3.6 Operation	31
3.7 Characteristic quantities	33
3.8 Definitions related to series capacitor banks	43
3.9 Index of definitions	49
4 Ratings.....	55
4.1 Rated voltage (U_r)	55
4.2 Rated insulation level	57
4.3 Rated frequency (f_r).....	57
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise	57
4.5 Rated short-time withstand current (I_k).....	57
4.6 Rated peak withstand current (I_p).....	57
4.7 Rated duration of short circuit (t_k).....	57
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	59
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits.....	59
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or by-passing and insertion.....	59
4.101 Rated operating sequence	59
4.102 Rated by-pass making current (IBP)	59
4.104 Rated reinsertion voltage (UINS)	61
4.105 Rated time quantities	63
4.106 Number of mechanical operations.....	63
5 Design and construction	63
5.1 Requirements for liquids in by-pass switches.....	63
5.2 Requirements for gases in by-pass switches.....	63
5.3 Earthing of by-pass switches	65
5.4 Auxiliary equipment	65
5.5 Dependent power operation.....	67
5.6 Stored energy operation	67
5.7 Independent manual operation.....	67
5.8 Operation of releases	67
5.9 Low- and high-pressure interlocking devices.....	69
5.10 Nameplates	69

5.11	Verrouillages	72
5.12	Indicateur de position	72
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes.....	72
5.14	Lignes de fuite	72
5.15	Étanchéité au gaz et au vide.....	72
5.16	Étanchéité au liquide	72
5.17	Inflammabilité	72
5.18	Compatibilité électromagnétique.....	74
5.101	Exigences de simultanéité au sein d'un pôle.....	74
5.102	Exigence générale de fonctionnement	74
5.103	Limites de pression des fluides pour la manœuvre.....	74
5.104	Orifice d'évacuation	74
6	Essais de type	76
6.1	Généralités	78
6.2	Essais diélectriques.....	78
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique.....	86
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	86
6.5	Essais d'échauffement.....	86
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	88
6.7	Vérification du degré de protection.....	88
6.8	Essais d'étanchéité.....	88
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM).....	88
6.101	Essais mécaniques et climatiques.....	88
6.102	Dispositions diverses pour les essais de contournement et d'insertion.....	110
6.103	Essais non valables.....	126
6.104	Séquence des essais.....	126
6.105	Séquence d'essais d'établissement du courant de contournement.....	128
6.106	Séquence d'essai de courant d'insertion.....	130
6.107	Critères de réussite des séquences d'essais	136
7	Essais individuels.....	136
7.1	Essais diélectriques du circuit principal.....	136
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	138
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	138
7.4	Essai d'étanchéité	138
7.5	Contrôles visuels et du modèle.....	138
7.101	Essais de fonctionnement mécanique.....	138
8	Guide pour le choix des interrupteurs de contournement selon le service	142
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes.....	142
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	142
9.102	Renseignements à donner avec les soumissions	144
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance	148
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	148
10.2	Installation.....	148
10.3	Fonctionnement.....	162
10.4	Maintenance.....	162
11	Sécurité.....	162

5.11	Interlocking devices	73
5.12	Position indication	73
5.13	Degrees of protection by enclosures	73
5.14	Creepage distances	73
5.15	Gas and vacuum tightness	73
5.16	Liquid tightness	73
5.17	Flammability	73
5.18	Electromagnetic compatibility	75
5.101	Requirements for simultaneity within a pole	75
5.102	General requirement for operation	75
5.103	Pressure limits of fluids for operation	75
5.104	Vent outlets	75
6	Type tests	77
6.1	General	79
6.2	Dielectric tests	79
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	87
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	87
6.5	Temperature-rise tests	87
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	89
6.7	Verification of the degree of protection	89
6.8	Tightness tests	89
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	89
6.101	Mechanical and environmental tests	89
6.102	Miscellaneous provisions for by-pass making and insertion tests	111
6.103	Invalid tests	127
6.104	Sequence of the tests	127
6.105	By-pass making current test-duty	129
6.106	Insertion current test-duty	131
6.107	Criteria to pass the test duties	137
7	Routine tests	137
7.1	Dielectric test on the main circuit	137
7.2	Dielectric test on auxiliary and control circuits	139
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	139
7.4	Tightness test	139
7.5	Design and visual checks	139
7.101	Mechanical operating tests	139
8	Guide to the selection of by-pass switches for service	143
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	143
9.101	Information to be given with enquiries and orders	143
9.102	Information to be given with tenders	145
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	149
10.1	Conditions during transport, storage and installation	149
10.2	Installation	149
10.3	Operation	163
10.4	Maintenance	163
11	Safety	163

Annexe A (normative) Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	198
Annexe B (normative) Enregistrement et comptes rendus des essais de type	206
Annexe C (informative) Liste des symboles et des abréviations utilisés	212
Annexe D (informative) Exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement.....	216
Annexe E (informative) Interrupteurs de contournement utilisés comme dispositifs de contournement primaires	230
Annexe F (informative) Note explicative concernant la tension de rétablissement transitoire pendant la réinsertion.....	232
Bibliographie.....	254
Figure 1 – Interrupteur de contournement – Manœuvres d'ouverture et de fermeture.....	164
Figure 2 – Interrupteur de contournement – Cycle de fermeture-ouverture.....	166
Figure 3 – Interrupteur de contournement – Cycle d'ouverture-fermeture.....	168
Figure 4 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute température.....	170
Figure 5 – Efforts statiques sur les bornes	172
Figure 6 – Directions pour les essais d'efforts statiques sur les bornes.....	174
Figure 7 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée).....	176
Figure 8 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite centrée autour de la courbe de référence ($\pm 5\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	176
Figure 9 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée totalement vers la haut par rapport à la courbe de référence ($^{+10}_0\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	178
Figure 10 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée totalement vers la bas par rapport à la courbe de référence ($^{-10}_0\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	178
Figure 11 – Montage d'essai équivalent pour les essais sur éléments séparés des interrupteurs de contournement ayant plus d'un élément de contournement	180
Figure 12 – Circuit d'essai typique pour une séquence d'essai d'établissement du courant de contournement	182
Figure 13 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai typique pour une séquence d'essai d'établissement de courant de contournement	184
Figure 14 – Circuit d'essai LC typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion.....	186
Figure 15 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai LC typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion	188
Figure 16 – Circuit d'essai typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion (principalement pour un courant d'insertion assigné élevé).....	190
Figure 17 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai typique montré à la Figure 16 pour la séquence d'essai de courant d'insertion.....	192
Figure 18 – Circuit d'essai direct typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion.....	194

Annex A (normative) Tolerances on test quantities during type tests.....	199
Annex B (normative) Records and reports of type tests.....	207
Annex C (informative) List of symbols and abbreviations used	213
Annex D (informative) Examples of by-pass switch ratings.....	217
Annex E (informative) By-pass switches used as the primary by-passing devices	231
Annex F (informative) Explanatory note regarding transient recovery voltage during reinsertion	233
 Bibliography.....	 255
 Figure 1 – By-pass switch – Opening and closing operations	 165
Figure 2 – By-pass switch – Close-open cycle	167
Figure 3 – By-pass switch – Open-close cycle	169
Figure 4 – Test sequences for low and high temperature tests.....	171
Figure 5 – Static terminal load forces.....	173
Figure 6 – Directions for static terminal load tests.....	175
Figure 7 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve).....	177
Figure 8 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes centred over the reference curve ($\pm 5\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	177
Figure 9 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced upward from the reference curve ($^{+10}_0\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	179
Figure 10 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced downward from the reference curve ($^0_{-10}\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	179
Figure 11 – Equivalent testing set-up for unit testing of by-pass switches with more than one separate by-pass units	181
Figure 12 – Typical test circuit for the by-pass making current test-duty	183
Figure 13 – Oscillogram obtained from the typical test circuit for the by-pass making current test-duty	185
Figure 14 – Typical LC test circuit for the insertion current test-duty	187
Figure 15 – Oscillogram obtained from the typical LC test circuit for the insertion current test-duty	189
Figure 16 – Typical test circuit for the insertion current test-duty (mainly for high rated insertion current)	191
Figure 17 – Oscillogram obtained from the typical test circuit shown in Figure 16 for the insertion current test-duty	193
Figure 18 – Typical direct test circuit for the insertion current test-duty.....	195

Figure 19 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai direct typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion	196
Figure E1 – Implantation type des composants pour les interrupteurs de contournement utilisés comme dispositifs de contournement primaires	230
Figure F.1 – Exemple typique de tension transitoire de réinsertion entre les bornes d'un interrupteur de contournement pour une installation à faible facteur de compensation ($k = 0,2$) et pour une oscillation de puissance de 1,8 p.u.	246
Figure F.2 – Exemple typique de tension transitoire de réinsertion entre les bornes d'un interrupteur de contournement pour une installation à facteur de compensation élevé ($k = 0,5$) et pour une oscillation de puissance de 1,8 p.u.	246
Figure F.3 – Comparaison des exemples de tensions transitoires de réinsertion calculées et enveloppes d'essais possibles pour les réseaux à 50 Hz.....	248
Figure F.4 – Comparaison des exemples de tensions transitoires de réinsertion calculé et enveloppes d'essais possibles pour les réseaux à 60 Hz	250
Tableau 1 – Informations sur la plaque signalétique.....	70
Tableau 2 – Essais de type.....	78
Tableau 3 – Nombre de séquences de manœuvres.....	98
Tableau 4 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques aux bornes.....	110
Tableau 5 – Essais non valables.....	126
Tableau 6 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal	138
Table A.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	200
Tableau D.1 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série (Cas 1 à 6).....	218
Tableau D.2 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série (Cas 7 à 12).....	222
Tableau D.3 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série (Cas 13 à 18).....	226
Tableau F.1 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance ni surcharge d'urgence $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	234
Tableau F.2 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	234
Tableau F.3 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	236
Tableau F.4 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	236
Tableau F.5 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz.....	236

Figure 19 – Oscillogram obtained from the typical direct test circuit for the insertion current test-duty	197
Figure E.1 – Typical components layout for by-pass switches used as the primary by-passing device	231
Figure F.1 – Typical example of the transient reinsertion voltage across a by-switch for a low compensation factor scheme ($k = 0,2$) and for a power swing of 1,8 p.u.	247
Figure F.2 – Typical example of the transient reinsertion voltage across a by-switch for an high compensation factor scheme ($k = 0,5$) and for a power swing of 1,8 p.u.	247
Figure F.3 – Comparison of the calculated transient reinsertion voltage examples and possible testing envelopes for 50 Hz systems	249
Figure F.4 – Comparison of the calculated transient reinsertion voltage examples and possible testing envelopes for 60 Hz systems	251
Table 1 – Nameplate information	71
Table 2 – Type tests	79
Table 3 – Number of operating sequences	99
Table 4 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test	111
Table 5 – Invalid tests	127
Table 6 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit	139
Table A.1 – Tolerances on test quantities for type tests	201
Table D.1 – Typical ratings for a series capacitor bank by-pass switch – Cases 1 to 6	219
Table D.2 – Typical series capacitor bank by-pass switch ratings – Cases 7 to 12	223
Table D.3 – Typical series capacitor bank by-pass switch ratings – Cases 13 to 18	227
Table F.1 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing nor emergency overload, $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	235
Table F.2 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	235
Table F.3 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	237
Table F.4 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	237
Table F.5 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	237

Tableau F.6 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz.....	238
Tableau F.7 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz.....	238
Tableau F.8 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz.....	238
Tableau F.9 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance ni surcharge d'urgence $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	240
Tableau F.10 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	240
Tableau F.11 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	240
Tableau F.12 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	242
Tableau F.13 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	242
Tableau F.14 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	242
Tableau F.15 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de la puissance $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	244
Tableau F.16 – Exemples typiques de tensions de rétablissement de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de la puissance $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	244

Table F.6 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	239
Table F.7 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	239
Table F.8 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	239
Table F.9 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing nor emergency overload, $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	241
Table F.10 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	241
Table F.11 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	241
Table F.12 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	243
Table F.13 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	243
Table F.14 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz	243
Table F.15 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	245
Table F.16 – Typical examples of reinsertion recovery voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz	245

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente, les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-109 a été établie par le sous-comité 17A: Appareils à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

La présente norme annule et remplace l'IEC/PAS 62271-109 publié en 2002. Cette première édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/759/FDIS	17A/762/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 109: Alternating-current series capacitor
by-pass switches**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-109 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This standard cancels and replaces IEC/PAS 62271-109 published in 2002. This first edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
17A/759/FDIS	17A/762/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.

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

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 62271-100 (2001) et la CEI 60694, deuxième édition, publiée en 1996, à laquelle elle fait référence et qui est applicable sauf spécification particulière. Pour faciliter le repérage des exigences correspondantes, cette norme utilise une numérotation identique des articles et des paragraphes à celle de la CEI 60694. Les modifications de ces articles et de ces paragraphes sont indiquées sous la même numérotation. Les paragraphes qui n'ont pas d'équivalent dans la CEI 60694 sont numérotés à partir de 101.

Les normes suivantes font partie de la même série CEI 62271, sous le titre général *Appareillage à haute tension*: ¹

- Partie 1: Spécifications communes
- Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension
- Partie 101: Essais synthétiques
- Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif
- Partie 104: Interrupteurs à haute tension de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV
- Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif
- Partie 107: Circuits-switchers fusibles pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus
- Partie 108: Disjoncteur-sectionneur à courant alternatif à haute tension de tension assignée supérieure ou égale à 72,5 kV
- Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif
- Partie 110: Manoeuvre de charges inductives

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

¹ Certaines de ces parties sont toujours en cours de développement.

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

This standard is to be read in conjunction with IEC 62271-100 (2001) and IEC 60694, second edition, published in 1996, to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 60694. Amendments to these clauses and subclauses are numbered from 101.

The following standards belong to the same IEC 62271 series, under the title *High-voltage switchgear and controlgear*:¹

- Part 1: Common specifications
- Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers
- Part 101: Synthetic testing
- Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches
- Part 104: Alternating current switches for rated voltages of 52 kV and above
- Part 105: Alternating current switch-fuse combinations
- Part 107: Alternating current fused circuit-switchers for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV
- Part 108: High voltage alternating current disconnecting circuit-breakers for rated voltages of 72,5 kV and above
- Part 109: Alternating-current series capacitor by-pass switches
- Part 110: Inductive load switching

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

¹ Some of these parts are still in the process of being developed.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable aux interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif conçus pour l'installation à l'extérieur et pour fonctionner à des fréquences de 50 Hz à 60 Hz, sur des réseaux de tensions supérieures à 52 kV.

Elle s'applique uniquement aux interrupteurs de contournement destinés à être utilisés dans les systèmes triphasés.

Cette norme est également applicable aux dispositifs de commande des interrupteurs de contournement et à leurs équipements auxiliaires.

1.2 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 60050(151):2001, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(436):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution d'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060 (toutes les parties), *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60137:2003, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

CEI 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

CEI 60143-2:1994, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

CEI 60296:2003, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 109: Alternating-current series capacitor by-pass switches

1 General

1.1 Scope

This International Standard is applicable to a.c. series capacitor by-pass switches designed for outdoor installation and for operation at frequencies of 50 Hz and 60 Hz on systems having voltages above 52 kV.

It is only applicable to by-pass switches for use in three-phase systems.

This standard is also applicable to the operating devices of by-pass switches and to their auxiliary equipment.

1.2 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 60050(151):2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(436):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060 (all parts), *High-voltage test techniques*

IEC 60137:2003, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60143-1:2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60143-2:1994, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

IEC 60296:2003, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

CEI 60376:2005, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour utilisation dans les appareils électriques*

CEI 60427:2000, *Essais synthétiques des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60480:2004, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 61634:1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation du gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

CEI 62271-100:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 62271-102:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la CEI 60694 est applicable.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60050(151), de la CEI 60050(436), de la CEI 60050(441), de la CEI 60050(604), de la CEI 60143-1, de la CEI 60143-2 et de la CEI 60694 s'appliquent. Pour faciliter l'utilisation de la norme, certaines d'entre elles ont été rappelées ci-après.

Des définitions additionnelles sont classées de façon à être alignées sur la classification utilisée dans la CEI 60050(441).

3.1 Termes généraux

3.1.101

appareillage

[VEI 441-11-01]

3.1.102

appareillage pour l'extérieur

[VEI 441-11-05]

3.1.103

courant de court-circuit

[VEI 441-11-07]

3.1.104

température de l'air ambiant

[VEI 441-11-13]

IEC 60376:2005, *Specification of technical grade sulphur hexafluoride (SF₆) for use in electrical equipment*

IEC 60427:2000, *Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit-breakers*

IEC 60480:2004, *Guide for the checking and treatment of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 61634:1995, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62271-100:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating current circuit-breakers*

IEC 62271-102:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 60694 is applicable.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of IEC 60050(151), IEC 60050(436), IEC 60050(441), IEC 60050(604), IEC 60143-1, IEC 60143-2 and IEC 60694 apply. Some of them are recalled here for ease of reference.

Additional definitions are classified so as to be aligned with the classification used in IEC 60050(441).

3.1 General terms

3.1.101
switchgear and controlgear
[IEV 441-11-01]

3.1.102
outdoor switchgear and controlgear
[IEV 441-11-05]

3.1.103
short-circuit current
[IEV 441-11-07]

3.1.104
ambient air temperature
[IEV 441-11-13]

3.1.105

échauffement (d'une partie d'un interrupteur de contournement)

écart entre la température de la partie et la température de l'air ambiant

3.1.106

surtension (dans un réseau)

toute tension entre un conducteur de phase et la terre ou entre deux conducteurs de phase dont la ou les valeurs de crête dépassent la valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel

[VEI 604-03-09, modifiée]

3.1.107

essai sur élément

essai effectué sur un élément de contournement ou d'insertion ou sur un groupe d'éléments au courant d'établissement de contournement ou au courant d'insertion, spécifié pour l'essai du pôle complet d'un interrupteur de contournement et à la fraction appropriée de la tension appliquée, ou de la tension transitoire de rétablissement, spécifiée pour l'essai du pôle complet de l'interrupteur de contournement

3.1.108

isolation externe

distances dans l'air atmosphérique et sur les surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'atmosphère qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux nuisibles, etc.

[VEI 604-03-02, modifiée]

3.1.109

isolation interne

éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation d'un matériel qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes

[VEI 604-03-03]

3.1.110

isolation autorégénératrice

isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive

[VEI 604-03-04]

3.1.111

isolation non autorégénératrice

isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement après une décharge disruptive

[VEI 604-03-05]

3.1.112

décharge disruptive

phénomène associé à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

NOTE 1 Ce terme s'applique aux claquages diélectriques dans des milieux solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

NOTE 2 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation autorégénératrice).

3.1.105**temperature rise (of a part of a by-pass switch)**

difference between the temperature of the part and the ambient air temperature

3.1.106**overvoltage (in a system)**

any voltage between one phase and earth or between phases having a peak value or values exceeding the corresponding peak of the highest voltage for equipment

[IEV 604-03-09, modified]

3.1.107**unit test**

test made on a by-passing or insertion unit or group of units at the by-pass making current or the insertion current, specified for the test on the complete pole of a by-pass switch and at the appropriate fraction of the applied voltage, or the transient recovery voltage, specified for the test on the complete pole of the by-pass switch

3.1.108**external insulation**

distances in air and the surfaces in contact with open air of solid insulation of the equipment, which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc.

[IEV 604-03-02, modified]

3.1.109**internal insulation**

internal solid, liquid or gaseous parts of the insulation of equipment, which are protected from the effects of atmospheric and other external conditions

[IEV 604-03-03]

3.1.110**self-restoring insulation**

insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge

[IEV 604-03-04]

3.1.111**non-self restoring insulation**

insulation which loses its insulating properties, or does not recover them completely, after a disruptive discharge

[IEV 604-03-05]

3.1.112**disruptive discharge**

phenomenon associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero

NOTE 1 This term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

NOTE 2 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

NOTE 3 Le terme «amorçage» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide; le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant; le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.1.113

performance en réamorçage

probabilité présumée de réamorçage pendant la séquence d'essai de courant d'insertion, comme démontré par l'essai spécifié

NOTE Des probabilités chiffrées spécifiques ne peuvent pas être appliquées durant toute la durée de service de l'interrupteur de contournement.

3.2 Ensembles

Pas de définition particulière.

3.3 Parties d'ensembles

Pas de définition particulière.

3.4 Appareils de connexion

3.4.101

appareil de connexion

[VEI 441-14-01]

3.4.102

appareil mécanique de connexion

[VEI 441-14-02]

3.4.103

interrupteur de contournement

appareil de connexion triphasé utilisé en parallèle avec un condensateur série et son dispositif de protection contre les surtensions pour shunter le courant de ligne d'un niveau spécifié pendant une durée spécifiée ou continuellement. Les interrupteurs de contournement peuvent être unipolaires ou tripolaires.

NOTE 1 Outre le contournement du condensateur, cet appareil est normalement capable d'insérer le condensateur dans un circuit qui transporte un niveau de courant spécifié.

NOTE 2 Les interrupteurs de contournement sont normalement utilisés en combinaison avec un dispositif de mise en contournement rapide, par exemple un éclateur (pour les applications spéciales n'employant pas de dispositif de mise en contournement rapide, voir l'Annexe E).

Des exemples de configurations de condensateurs série employant un dispositif de mise en contournement rapide en parallèle avec l'interrupteur de contournement (voir la CEI 60143-1) sont présentés ci-après :

NOTE 3 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric. The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in a gaseous or liquid medium. The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

3.1.113

restrike performance

expected probability of restrike during insertion current test-duty as demonstrated by specified type test

NOTE Specific numeric probabilities cannot be applied throughout a by-pass switch service life.

3.2 Assemblies

No particular definitions.

3.3 Parts of assemblies

No particular definitions.

3.4 Switching devices

3.4.101

switching device

[IEV 441-14-01]

3.4.102

mechanical switching device

[IEV 441-14-02]

3.4.103

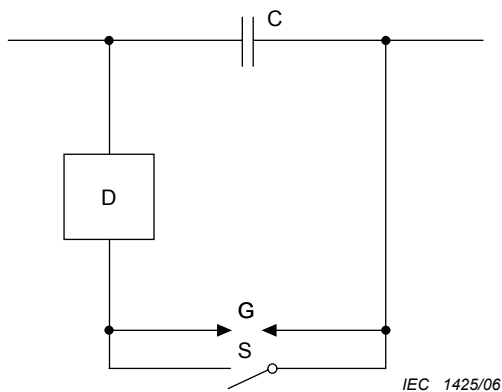
by-pass switch

three-phase switching device used in parallel with a series capacitor and its overvoltage protector to shunt line current of a specified level for a specified time, or continuously. By-pass switches may be three-pole or single-pole operated

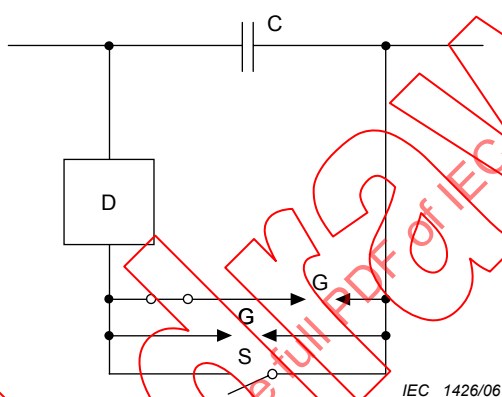
NOTE 1 Besides by-passing the capacitor, this device normally has the capability to insert the capacitor into a circuit that carries a specified level of current.

NOTE 2 By-pass switches are normally used in conjunction with a fast by-passing device for example spark-gap (for special applications without the use of a fast by-passing device, see Annex E).

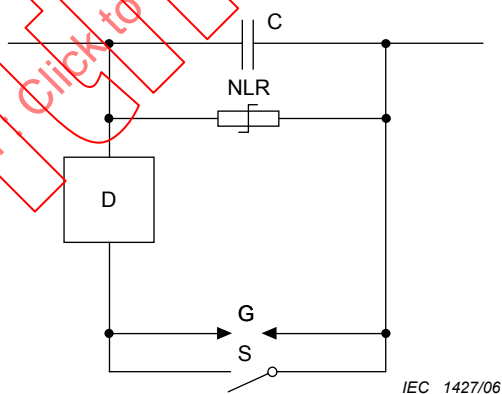
Examples of series capacitor layouts using a fast by-passing device in parallel with the by-pass switch (see IEC 60143-1) are shown below:



Éclateur simple



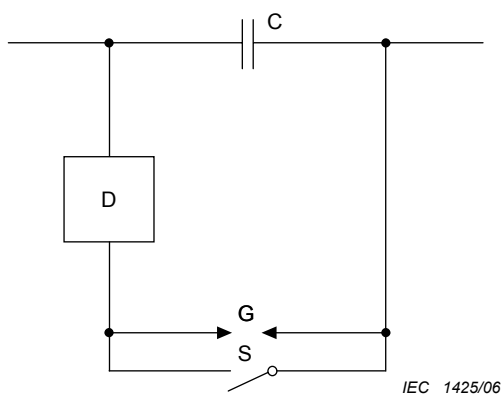
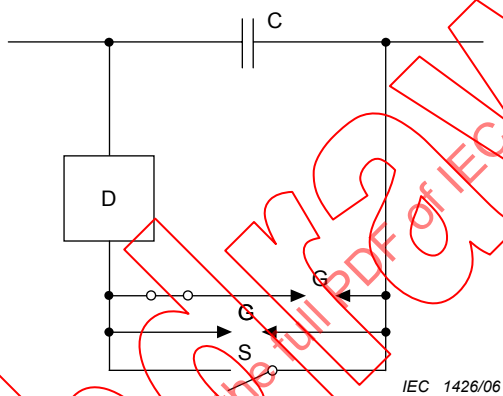
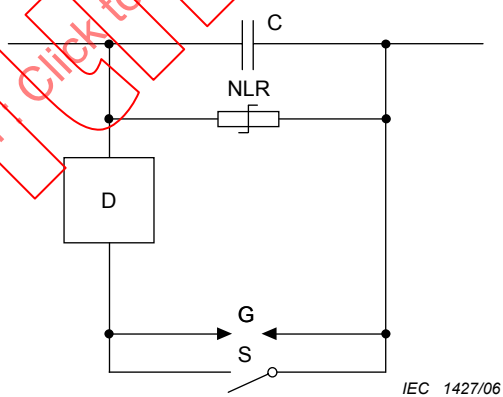
Éclateur double



Résistance non linéaire avec éclateur de contournement

Légende

- C condensateur série
- D circuit d'amortissement
- G éclateur de contournement
- S interrupteur de contournement
- NLR résistance non linéaire

**Single gap****Dual gap****Non-linear resistor with by-pass gap****Key**

- C series capacitor
- D damping circuit
- G spark-gap
- S by-pass switch
- NLR non linear resistor

3.4.104

interrupteur de contournement de classe M1

interrupteur de contournement à endurance mécanique ordinaire (essais de type à 2 000 séquences de manœuvre mécanique) n'entrant pas dans la catégorie classe M2 définie en 3.4.105

3.4.105

interrupteur de contournement de classe M2

interrupteur de contournement à manœuvres fréquentes pour des exigences de service spéciales et conçu pour ne nécessiter qu'une maintenance limitée comme démontré par des essais de type spécifiques (interrupteur de contournement à endurance mécanique accrue, ayant réalisé 10 000 séquences de manœuvre en essais de type mécanique). Ce type d'interrupteur de contournement est normalement utilisé sur les condensateurs à segments multiples où la commande de l'impédance du condensateur est une fonction fréquente

3.5 Parties de l'interrupteur de contournement

3.5.101

pôle

[VEI 441-15-01]

3.5.102

circuit principal

[VEI 441-15-02]

3.5.103

circuit de commande

[VEI 441-15-03]

3.5.104

circuit auxiliaire

[VEI 441-15-04]

3.5.105

contact

[VEI 441-15-05]

3.5.106

pièce de contact

[VEI 441-15-06]

3.5.107

contact principal

[VEI 441-15-07]

3.5.108

contact d'arc

[VEI 441-15-08]

3.5.109

contact de commande

[VEI 441-15-09]

3.5.110

contact auxiliaire

[VEI 441-15-10]

3.4.104**by-pass switch class M1**

by-pass switch with normal mechanical endurance (mechanically type tested for 2 000 operating sequences) not falling into the category of class M2 as defined in 3.4.105

3.4.105**by-pass switch class M2**

frequently operated by-pass switch for special service requirements and designed so as to require only limited maintenance as demonstrated by specific type tests (by-pass switch with extended mechanical endurance, mechanically type tested for 10 000 operating sequences). This type of by-pass switch is normally used on multi-segmented capacitors where the control of the capacitor impedance is a frequent duty

3.5 Parts of by-pass switches**3.5.101****pole**

[IEV 441-15-01]

3.5.102**main circuit**

[IEV 441-15-02]

3.5.103**control circuit**

[IEV 441-15-03]

3.5.104**auxiliary circuit**

[IEV 441-15-04]

3.5.105**contact**

[IEV 441-15-05]

3.5.106**contact piece**

[IEV 441-15-06]

3.5.107**main contact**

[IEV 441-15-07]

3.5.108**arcing contact**

[IEV 441-15-08]

3.5.109**control contact**

[IEV 441-15-09]

3.5.110**auxiliary contact**

[IEV 441-15-10]

3.5.111
interrupteur auxiliaire
[VEI 441-15-11]

3.5.112
contact «a»;
contact à fermeture
[VEI 441-15-12]

3.5.113
contact «b»;
contact à ouverture
[VEI 441-15-13]

3.5.114
contact glissant
[VEI 441-15-15]

3.5.115
contact roulant
[VEI 441-15-16]

3.5.116
déclencheur
[VEI 441-15-17]

3.5.117
chambre d'extinction
[VEI 441-15-18]

3.5.118
indicateur de position
[VEI 441-15-25]

3.5.119
raccord (par boulons ou dispositifs équivalents)
ensemble de pièces conductrices (deux ou davantage) destinées à assurer la continuité permanente d'un circuit lorsqu'elles sont assemblées au moyen de vis, de boulons ou de dispositifs équivalents

3.5.120
borne
partie conductrice d'un dispositif, d'un circuit électrique ou d'un réseau d'électrique, destinée à le connecter à un ou plusieurs conducteurs extérieurs

NOTE Le terme "borne" désigne aussi un point de connexion en théorie des circuits (voir la CEI 60050-131).
[VEI 151-12-12]

3.5.121
élément de contournement (ou d'insertion)
partie d'un interrupteur de contournement qui en elle-même joue le rôle d'un interrupteur de contournement et qui, en série avec un ou plusieurs éléments de contournement ou d'insertion identiques manoeuvrés simultanément, forme l'interrupteur de contournement complet

NOTE 1 Les éléments de contournement et les éléments d'insertion sont normalement combinés, mais peuvent être séparés. Chaque élément peut comporter plusieurs contacts.

3.5.111
auxiliary switch
[IEV 441-15-11]

3.5.112
“a” contact;
make contact
[IEV 441-15-12]

3.5.113
“b” contact;
break contact
[IEV 441-15-13]

3.5.114
sliding contact
[IEV 441-15-15]

3.5.115
rolling contact
[IEV 441-15-16]

3.5.116
release
[IEV 441-15-17]

3.5.117
arc control device
[IEV 441-15-18]

3.5.118
position indicating device
[IEV 441-15-25]

3.5.119
connection (bolted or equivalent)
two or more conductors designed to ensure permanent circuit continuity when forced together by means of screws, bolts or the equivalent

3.5.120
terminal
conductive part of a device, electric circuit or electric network, provided for connecting that device, electric circuit or electric network, to one or more external conductors

NOTE The term "terminal" is also used for a connection point in circuit theory (see IEC 60050-131).
[IEV 151-12-12]

3.5.121
by-pass (or insertion) unit
part of a by-pass switch which in itself acts as a by-pass switch and which, in series with one or more identical and simultaneously operated by-pass or insertion units, forms the complete by-pass switch

NOTE 1 By-pass units and insertion units are normally combined but may be separated. Each unit may have several contacts.

NOTE 2 Les moyens utilisés pour la répartition de la tension entre les éléments peuvent différer d'un élément à l'autre.

3.5.122

module (d'un interrupteur de contournement)

ensemble comprenant généralement des éléments de contournement ou d'insertion, des supports isolants (pour les interrupteurs de contournement à cuve sous tension), des traversées (pour les interrupteurs de contournement à cuve mise à la terre) et des parties mécaniques. Il est assemblé électriquement et mécaniquement à d'autres ensembles identiques pour constituer un pôle d'interrupteur de contournement

3.5.123

enveloppe

partie d'appareillage procurant un degré de protection spécifié (se reporter à la CEI 60529) du matériel contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles ou contre le contact avec des pièces en mouvement

[VEI 441-13-01, modifiée]

3.6 Fonctionnement

3.6.101

manœuvre

[VEI 441-16-01]

3.6.102

cycle de manœuvres

[VEI 441-16-02]

3.6.103

séquence de manœuvres

[VEI 441-16-03]

3.6.104

manœuvre de fermeture

[VEI 441-16-08]

3.6.105

manœuvre d'ouverture

[VEI 441-16-09]

3.6.106

réouverture automatique

la séquence de manœuvres d'un interrupteur de contournement au cours de laquelle, après sa fermeture, il s'ouvre automatiquement après une durée prédéterminée

3.6.107

manœuvre positive d'ouverture

[VEI 441-16-11]

3.6.108

manœuvre effectuée positivement

[VEI 441-16-12]

3.6.109

manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

[VEI 441-16-14]

NOTE 2 The means controlling the voltage distribution between units may differ from unit to unit.

3.5.122

module (of a by-pass switch)

assembly which generally comprises by-pass or insertion units, post-insulators (for live tank by-pass switches), bushings (for dead tank by-pass switches) and mechanical parts and which is mechanically and electrically connected to other identical assemblies to form a pole of a by-pass switch

3.5.123

enclosure

part of switchgear and controlgear providing a specified degree of protection (see IEC 60529) of equipment against external influences and a specified degree of protection against approach to or contact with live parts and against contact with moving parts

[IEV 441-13-01, modified]

3.6 Operation

3.6.101

operation

[IEV 441-16-01]

3.6.102

operating cycle

[IEV 441-16-02]

3.6.103

operating sequence

[IEV 441-16-03]

3.6.104

closing operation

[IEV 441-16-08]

3.6.105

opening operation

[IEV 441-16-09]

3.6.106

auto-reopening

operating sequence of a by-pass switch whereby, following its closing, it opens automatically after a predetermined time

3.6.107

positive opening operation

[IEV 441-16-11]

3.6.108

positively driven operation

[IEV 441-16-12]

3.6.109

dependent power operation

[IEV 441-16-14]

3.6.110

manœuvre à accumulation d'énergie

manœuvre de connexion effectuée au moyen d'énergie emmagasinée dans le mécanisme lui-même avant la manœuvre et suffisante pour achever la séquence de manœuvres spécifiée dans des conditions prédéterminées

3.6.111

manœuvre indépendante manuelle

manœuvre à accumulation d'énergie dans laquelle l'énergie provient de la puissance manuelle, est stockée puis libérée en une seule manœuvre continue de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[VEI 441-16-16]

3.6.112

position de fermeture

[VEI 441-16-22]

3.6.113

position d'ouverture

[VEI 441-16-23]

3.6.114

déclencheur shunt

[VEI 441-16-41]

3.6.115

dispositif d'antipompage

dispositif qui empêche la réouverture après une manœuvre d'ouverture/fermeture tant que le dispositif qui est à l'origine de l'ouverture est maintenu dans la position provoquant l'ouverture

3.6.116

dispositif de verrouillage

[VEI 441-16-49]

3.6.117

interrupteur de contournement à dispositif de verrouillage empêchant l'ouverture

interrupteur de contournement dans lequel aucun des contacts mobiles ne peut insérer le condensateur si la commande d'ouverture est initiée tant que les conditions qui provoquent la manœuvre de fermeture sont maintenues

3.7 Grandeurs caractéristiques

Les Figures 1 à 3 illustrent quelques définitions de ce paragraphe.

Les durées, voir les définitions 3.7.120 à 3.7.130, sont exprimées en millisecondes ou en cycles. Lorsqu'elles sont exprimées en cycles, la fréquence industrielle doit être donnée entre guillemets.

3.7.101

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

[VEI 151-16-08]

3.6.110**stored energy operation**

operation by means of energy stored in the mechanism itself prior to the switching operation and sufficient to complete the specified operating sequence under predetermined conditions

3.6.111**independent manual operation**

a stored energy operation where the energy originates from manual power, stored and released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

[IEV 441-16-16]

3.6.112**closed position**

[IEV 441-16-22]

3.6.113**open position**

[IEV 441-16-23]

3.6.114**shunt release**

[IEV 441-16-41]

3.6.115**anti-pumping device**

device that prevents the reopening after an open-close operation as long as the device initiating opening is maintained in the position for opening

3.6.116**interlocking device**

[IEV 441-16-49]

3.6.117**by-pass switch with lock-out preventing opening**

by-pass switch in which none of the moving contacts can insert the capacitor if the opening command is initiated while the conditions which cause the closing operation remain established

3.7 Characteristic quantities

Figures 1 to 3 illustrate some definitions of this subclause.

Time quantities, see definitions 3.7.120 to 3.7.130, are expressed in milliseconds or in cycles. When expressed in cycles, the power frequency shall be stated in brackets.

3.7.101**rated value**

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment or system

[IEV 151-16-08]

3.7.102

courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)

[VEI 441-17-01]

3.7.103

valeur de crête du courant présumé

valeur de crête de la première alternance du courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

NOTE La définition implique que le courant est établi par un interrupteur de contournement idéal, c'est-à-dire dont l'impédance entre les bornes de chaque pôle passe instantanément et simultanément de l'infini à zéro. La valeur de crête peut être différente d'un pôle à l'autre; elle dépend de la tension instantanée entre les bornes du condensateur avant le contournement.

3.7.104

valeur de crête du courant

valeur de crête de la première alternance du courant pendant la période transitoire qui suit son établissement

3.7.105

courant de contournement transitoire

superposition du courant de décharge de la batterie de condensateurs et du courant à fréquence industrielle

3.7.106

valeur de crête du courant de contournement transitoire

valeur de crête du courant de contournement transitoire dans un pôle d'un interrupteur de contournement pendant la période transitoire qui suit l'établissement du courant pendant une manœuvre de contournement. Cette valeur est la valeur instantanée maximale de la somme des composantes du courant de décharge de la batterie de condensateurs et du courant à fréquence industrielle. Dans le cas de défauts du réseau, le courant de défaut à fréquence industrielle doit être égal au courant de coordination maximal de la varistance ou, dans les cas sans varistance, au courant de défaut à fréquence industrielle maximal réel à l'emplacement particulier.

NOTE 1 La valeur de crête peut être différente d'un pôle à l'autre et d'une manœuvre à l'autre car elle dépend de la tension instantanée du condensateur avant le contournement.

NOTE 2 Lorsqu'une seule valeur de crête du courant de contournement transitoire est indiquée pour un circuit triphasé, il s'agit de la plus grande valeur dans n'importe quelle phase, sauf indication contraire.

NOTE 3 Le courant de défaut à fréquence industrielle maximal à un endroit particulier ou le courant de coordination maximal de la varistance est généralement nettement inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné de l'interrupteur de contournement.

3.7.107

courant d'insertion (dans le circuit de contournement)

courant efficace stabilisé qui passe à travers l'interrupteur de contournement immédiatement avant l'ouverture

3.7.108

capacité d'insertion

valeur du courant présumé qu'un interrupteur de contournement est capable d'insérer à la tension indiquée sous les conditions d'utilisation et de comportement exigées

3.7.109

capacité de contournement

valeur du courant présumé qu'un interrupteur de contournement est capable d'établir à la tension indiquée sous les conditions d'utilisation et de comportement exigées

3.7.102**prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)**

[IEV 441-17-01]

3.7.103**prospective peak current**

peak value of the first current loop of the prospective current during the transient period following initiation

NOTE The definition assumes that the current is made by an ideal by-pass switch, i.e. with instantaneous and simultaneous transition of its impedance across the terminals of each pole from infinity to zero. The peak value may differ from one pole to another; it depends on the instantaneous voltage across the capacitor prior to by-passing.

3.7.104**peak current**

peak value of the first current loop during the transient period following initiation

3.7.105**transient by-pass current**

superposition of capacitor bank discharge current and power-frequency current

3.7.106**peak value of transient by-pass current**

peak value of the transient by-pass current in a pole of a by-pass switch during the transient period following the initiation of current during a by-passing operation. This value is the maximum instantaneous value of the sum of the capacitor bank discharge current component and the power-frequency current component. In case of system faults, the power-frequency fault current shall be equal to the maximum varistor coordinating current or for schemes without varistor, the actual maximum power-frequency fault current at the particular location.

NOTE 1 The peak value may differ from one pole to another and from one operation to another as it depends on the instantaneous capacitor voltage prior to by-passing.

NOTE 2 Where, for a three phase circuit, a single value of peak value of transient by-pass current is referred to, this is, unless otherwise stated, the highest value in any phase.

NOTE 3 The maximum power-frequency fault current at a particular location or the maximum varistor coordinating current is generally much lower than the rated peak withstand current of by-pass switch.

3.7.107**by-pass insertion current**

steady state root-mean-square current that flows through the by-pass switch immediately prior to opening

3.7.108**insertion capacity**

value of prospective current that a by-pass switch is capable of inserting at stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.7.109**by-passing capacity**

value of prospective current that a by-pass switch is capable of by-passing at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.7.110

pouvoir de fermeture en court-circuit

[VEI 441-17-10]

3.7.111

courant de courte durée admissible

[VEI 441-17-17]

3.7.112

valeur de crête du courant admissible

[VEI 441-17-18]

3.7.113

tension appliquée

[VEI 441-17-24]

3.7.114

tension de rétablissement

[VEI 441-17-25]

3.7.115

tension de rétablissement à fréquence industrielle

[VEI 441-17-27]

3.7.116

tension d'arc (valeur de crête)

[VEI 441-17-30]

3.7.117

distance d'isolement

[VEI 441-17-31]

3.7.118

distance d'isolement entre pôles

[VEI 441-17-32]

3.7.119

distance d'isolement à la terre

[VEI 441-17-33]

3.7.120

distance d'isolement entre contacts ouverts

[VEI 441-17-34]

3.7.121

durée d'ouverture

durée d'ouverture d'un interrupteur de contournement définie suivant le mode de déclenchement, comme indiqué ci-dessous, et tout dispositif de retard faisant partie intégrante de l'interrupteur de contournement étant, s'il y a lieu, réglé pour la durée minimale.

Pour un interrupteur de contournement déclenché par une source quelconque d'énergie auxiliaire, la durée d'ouverture est l'intervalle de temps entre l'instant de mise sous tension du déclencheur, l'interrupteur de contournement étant en position de fermeture, et l'instant de séparation des contacts d'arc sur tous les pôles

NOTE 1 Pour les interrupteurs de contournement à plusieurs éléments d'insertion par pôle, l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles est pris à l'instant de la séparation des contacts du premier élément du dernier pôle.

3.7.110
short-circuit making capacity
[IEV 441-17-10]

3.7.111
short-time withstand current
[IEV 441-17-17]

3.7.112
peak withstand current
[IEV 441-17-18]

3.7.113
applied voltage
[IEV 441-17-24]

3.7.114
recovery voltage
[IEV 441-17-25]

3.7.115
power-frequency recovery voltage
[IEV 441-17-27]

3.7.116
peak arc voltage
[IEV 441-17-30]

3.7.117
clearance
[IEV 441-17-31]

3.7.118
clearance between poles
[IEV 441-17-32]

3.7.119
clearance to earth
[IEV 441-17-33]

3.7.120
clearance between open contacts
[IEV 441-17-34]

3.7.121
opening time

opening time of a by-pass switch defined according to the tripping method as stated below and with any time delay device forming an integral part of the by-pass switch adjusted to its minimum setting.

For a by-pass switch tripped by any form of auxiliary power, the opening time is the interval of time between the instant of energising the opening release, the by-pass switch being in the closed position, and the instant when the arcing contacts have separated in all poles

NOTE 1 For by-pass switches with more than one insertion unit per pole, the instant when the arcing contacts have separated in all poles is determined as the instant of contact separation in the first unit of the last pole.

NOTE 2 La durée d'ouverture comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement de l'interrupteur de contournement et qui fait partie intégrante de ce dernier.

3.7.122

durée d'arc (d'un appareil de connexion multipolaire)

intervalle de temps entre l'instant du premier début d'un arc et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur tous les pôles

[VEI 441-17-38]

3.7.123

durée d'insertion

intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture d'un interrupteur de contournement et la fin de la durée d'arc

3.7.124

durée de fermeture

intervalle de temps entre la mise sous tension du circuit de fermeture, l'interrupteur de contournement étant en position d'ouverture, et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles

NOTE La durée de fermeture comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement de l'interrupteur de contournement et qui fait partie intégrante de ce dernier.

3.7.125

durée de contournement

intervalle de temps entre la mise sous tension du circuit de fermeture, l'interrupteur de contournement étant en position d'ouverture, et l'instant où le courant commence à circuler dans le premier pôle

NOTE 1 La durée de contournement comprend la durée de fonctionnement de tout équipement auxiliaire nécessaire au fonctionnement de l'interrupteur de contournement et qui fait partie intégrante de ce dernier.

NOTE 2 La durée de contournement peut varier, par exemple, à cause de la variation de la durée de préarc.

3.7.126

durée de préarc

intervalle de temps entre le début de la circulation de courant dans le premier pôle pendant une manœuvre de contournement et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles pour les conditions triphasées ou l'instant où les contacts du pôle qui voit l'arc se touchent pour les conditions monophasées

NOTE La durée de préarc dépend de la valeur instantanée de la tension appliquée pendant une manœuvre de contournement spécifique et peut donc varier considérablement.

3.7.127

durée d'ouverture-fermeture

intervalle de temps entre l'instant de séparation des contacts d'arc dans tous les pôles et l'instant où les contacts se touchent dans le premier pôle pendant une manœuvre de contournement

NOTE Sauf indication contraire, on suppose que le déclencheur de fermeture incorporé dans l'interrupteur de contournement est mis sous tension au moment où les contacts se sont séparés dans tous les pôles pendant l'ouverture. Cela représente la durée d'ouverture-fermeture minimale.

3.7.128

durée de coupure-établissement (pendant la refermeture automatique)

intervalle de temps entre l'extinction finale de l'arc dans tous les pôles lors de la manœuvre d'insertion et le premier rétablissement du courant dans l'un quelconque des pôles lors de la manœuvre de contournement qui lui fait suite

NOTE La durée de coupure-établissement peut varier, par exemple, à cause de la variation de la durée de préarc.

NOTE 2 The opening time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to open the by-pass switch and forming an integral part of the by-pass switch.

3.7.122

arcing time (of a multipole switching device)

interval of time between the instant of the first initiation of an arc and the instant of final arc extinction in all poles

[IEV 441-17-38]

3.7.123

insertion time

interval of time between the beginning of the opening time of a by-pass switch and the end of the arcing time

3.7.124

closing time

interval of time between energizing the closing circuit, the by-pass switch being in the open position, and the instant when the contacts touch in all poles

NOTE The closing time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to close the by-pass switch and forming an integral part of the by-pass switch.

3.7.125

by-pass time

interval of time between energising the closing circuit, the by-pass switch being in the open position, and the instant when the current begins to flow in the first pole

NOTE 1 The by-pass time includes the operating time of any auxiliary equipment necessary to close the by-pass switch and forming an integral part of the by-pass switch.

NOTE 2 The by-pass time may vary, e.g. due to the variation of the pre-arcing time.

3.7.126

pre-arcing time

interval of time between the initiation of current flow in the first pole during a by-passing operation and the instant when the contacts touch in all poles for three-phase conditions or the instant when the contacts touch in the arcing pole for single-phase conditions

NOTE The pre-arcing time depends on the instantaneous value of the applied voltage during a specific by-passing operation and therefore may vary considerably.

3.7.127

open-close time

interval of time between the instant when the arcing contacts have separated in all poles and the instant when the contacts touch in the first pole during a by-passing operation

NOTE Unless otherwise stated, it is assumed that the closing release incorporated in the by-pass switch is energized at the instant when the contacts have separated in all poles during opening. This represents the minimum open-close time.

3.7.128

dead time (during auto-reclosing)

interval of time between final arc extinction in all poles in the insertion operation and the first re-establishment of current in any pole in the subsequent by-passing operation

NOTE The dead time may vary, e.g. due to the variation of the pre-arcing time.

3.7.129

durée de contournement-insertion

intervalle de temps entre le début de la circulation du courant dans le premier pôle pendant une manœuvre de contournement et la fin de la durée d'arc pendant la manœuvre d'insertion qui lui fait suite

NOTE 1 La durée de contournement-insertion peut varier à cause de la variation de la durée de préarc.

NOTE 2 Il convient que la durée de contournement-insertion soit compatible avec les exigences du réseau.

3.7.130

durée minimale de l'ordre d'ouverture

durée minimale pendant laquelle la tension d'alimentation auxiliaire est appliquée au déclencheur d'ouverture pour assurer l'ouverture complète de l'interrupteur de contournement

3.7.131

durée minimale de l'ordre de fermeture

durée minimale pendant laquelle la tension d'alimentation auxiliaire est appliquée au dispositif de fermeture pour assurer la fermeture complète de l'interrupteur de contournement

3.7.132

réallumage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)

[VEI 441-17-45]

3.7.133

réamorçage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)

[VEI 441-17-46]

3.7.134

niveau d'isolement

pour un interrupteur de contournement, une caractéristique définie par les valeurs indiquant les tensions de tenue de l'isolation par rapport à la terre et/ou entre les éléments de contournement

3.7.135

tension de tenue à fréquence industrielle

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'interrupteur de contournement peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées et pendant une durée spécifiée

[VEI 604-03-40, modifiée]

3.7.136

tension de tenue aux chocs

valeur de crête de l'onde de tension de choc normalisée que l'isolation de l'interrupteur de contournement peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées

NOTE Selon la forme de l'onde, cette expression peut être précisée: «tension de tenue aux chocs de manœuvre» ou «tension de tenue aux chocs de foudre».

3.7.137

pression minimale pour la manœuvre

pression rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa, pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées d'un interrupteur de contournement sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage du dispositif de manœuvre devient nécessaire

NOTE Cette pression est souvent appelée pression de verrouillage (se reporter à 3.6.4.6 de la CEI 60694).

3.7.129**by-passing-insertion time**

interval of time between the initiation of current flow in the first pole during a by-passing operation and the end of the arcing time during the subsequent insertion operation

NOTE 1 The by-pass insertion time may vary due to the variation of the pre-arcing and arcing times.

NOTE 2 The by-pass insertion time should be compatible with system requirements.

3.7.130**minimum trip duration**

minimum time the auxiliary power is applied to the opening release to ensure complete opening of the by-pass switch

3.7.131**minimum close duration**

minimum time the auxiliary power is applied to the closing device to ensure complete closing of the by-pass switch

3.7.132**re-ignition (of an a.c. mechanical switching device)**

[IEV 441-17-45]

3.7.133**restrike (of an a.c. mechanical switching device)**

[IEV 441-17-46]

3.7.134**insulation level**

for a by-pass switch, a characteristic defined by values indicating the insulation withstand voltages to earth and/or across the by-pass units

3.7.135**power-frequency withstand voltage**

r.m.s. value of sinusoidal power-frequency voltage that the by-pass switch can withstand during tests made under specified conditions and for a specified time

[IEV 604-03-40, modified]

3.7.136**impulse withstand voltage**

peak value of the standard impulse voltage wave which the insulation of the by-pass switch withstands under specified test conditions

NOTE Depending on the shape of wave, the term may be qualified as "switching impulse withstand voltage" or "lightning impulse withstand voltage".

3.7.137**minimum functional pressure for operation**

pressure, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa, which may be expressed in relative or absolute terms, at which and above which rated characteristics of a by-pass switch are maintained and at which a replenishment of the operating device becomes necessary

NOTE This pressure is often designated as interlocking pressure (refer to 3.6.4.6 of IEC 60694).

3.7.138

pression minimale pour le contournement, l'insertion et l'isolement

pression pour le contournement, l'insertion et l'isolement, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa, pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées d'un interrupteur de contournement sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage du fluide de contournement, d'insertion et/ou d'isolement devient nécessaire

NOTE 1 Voir également 3.6.4.5 de la CEI 60694.

NOTE 2 Pour les interrupteurs de contournement avec système à pression scellé (aussi appelé scellé à vie), la pression minimale pour le contournement et l'insertion est celle à laquelle les caractéristiques assignées de l'interrupteur de contournement sont conservées, en prenant en compte la perte de pression à la fin de la durée de service escomptée.

3.8 Définitions en rapport avec les batteries de condensateurs série

3.8.1

condensateur

le terme «condensateur» est utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de faire la distinction entre les différentes significations du terme condensateur et l'ensemble de condensateurs associés à un segment

3.8.2

dispositif de protection contre les surtensions (d'un condensateur série)

dispositif à action rapide qui limite la tension entre les bornes du condensateur à une valeur admissible dans les cas où un défaut du circuit ou toute autre condition anormale du réseau d'énergie pourrait entraîner un dépassement de cette valeur

[VEI 436-03-14, modifiée]

3.8.3

capacité assignée (d'un condensateur)

C_N
valeur de la capacité pour laquelle a été conçu le condensateur

[VEI 436-01-12, modifiée]

3.8.4

courant assigné (d'un condensateur)

I_N
valeur efficace du courant alternatif pour lequel a été conçu le condensateur

[VEI 436-01-13, modifiée]

3.8.5

réactance assignée (d'un condensateur)

X_N
réactance de chaque phase du condensateur série à la fréquence assignée et à une température du diélectrique de 20 °C

3.8.6

tension assignée (d'un condensateur)

U_N
valeur efficace de la tension entre les bornes, dérivée de la réactance assignée et du courant assigné $U_N = X_N \times I_N$

[VEI 436-01-15, modifiée]

3.7.138**minimum functional pressure for by-passing, insertion and insulation**

pressure for by-passing, insertion and for insulation, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa, which may be expressed in relative or absolute terms, at which and above which rated characteristics of a by-pass switch are maintained and at which a replenishment of the by-passing, insertion and/or insulating fluid becomes necessary

NOTE 1 See also 3.6.4.5 of IEC 60694.

NOTE 2 For by-pass switches with a sealed pressure system (also termed sealed-for-life), the minimum functional pressure for by-passing and insertion is the one at which the rated characteristics of the by-pass switch are maintained taking into account the pressure drop at the end of the expected operating life.

3.8 Definitions related to series capacitor banks**3.8.1****capacitor**

the word “capacitor” is used when it is not necessary to distinguish between the different meanings of the words capacitor unit and the assembly of capacitors associated with a segment

3.8.2**overvoltage protector (of a series capacitor)**

quick-acting device that limits the voltage across the capacitor to a permissible value when that value would otherwise be exceeded as a result of a circuit fault or other abnormal power system conditions

[IEV 436-03-14, modified]

3.8.3**rated capacitance (of a capacitor)** C_N

capacitance value for which the capacitor has been designed

[IEV 436-01-12, modified]

3.8.4**rated current (of a capacitor)** I_N

r.m.s. value of the alternating current for which the capacitor has been designed

[IEV 436-01-13, modified]

3.8.5**rated reactance (of a capacitor)** X_N

reactance of each phase of the series capacitor at rated frequency and 20 °C dielectric temperature

3.8.6**rated voltage (of a capacitor)** U_N

r.m.s. value of the voltage between the terminals, derived from rated reactance and rated current $U_N = X_N \times I_N$

[IEV 436-01-15, modified]

3.8.7

tension limite

U_{LIM}

crête maximale de la tension à fréquence industrielle se produisant entre les bornes de l'élément condensateur immédiatement avant ou pendant la manœuvre du dispositif de protection contre les surtensions, divisée par $\sqrt{2}$

3.8.8

batterie de condensateurs série (ou batterie)

ensemble triphasé de condensateurs avec protection associée et structure support isolée

NOTE La batterie peut comprendre un ou plusieurs modules.

3.8.9

segment (d'un condensateur série)

lorsque chaque phase d'une batterie est divisée en une ou plusieurs parties branchées en série et que chacune de ces parties contient son propre ensemble d'éléments condensateurs, dispositifs de protections contre les surtensions, fonctions de protection et interrupteur de contournement, une telle partie complète est appelée un segment

NOTE Les segments ne sont normalement pas séparés par des sectionneurs d'isolation. Une même plate-forme isolée peut comporter plusieurs segments.

3.8.10

protection de la batterie

terme général qui désigne tout équipement de protection d'une batterie de condensateurs ou d'une partie de celle-ci

3.8.11

courant de contournement

courant efficace stabilisé qui circule à travers l'interrupteur de contournement en parallèle avec le condensateur

3.8.12

courant de défaut de contournement

courant qui circule à travers la batterie de condensateurs série contournée suite à un défaut sur la ligne

3.8.13

éclateur de contournement (éclateur de protection)

éclateur ou système d'éclateurs destiné à protéger soit le condensateur (type K) contre les surtensions, soit la résistance non linéaire (type M) contre les surcharges en détournant des parties protégées le courant de charge ou de défaut pendant une durée spécifiée (voir la Figure 2 de la CEI 60143-2).

3.8.14

dispositif de verrouillage de contournement

dispositif qui impose que les trois pôles de l'interrupteur de contournement se trouvent dans la même position ouverte ou fermée

3.8.15

équipement d'amortissement limitant le courant

réactance ou une réactance en parallèle de laquelle est branchée une résistance pour limiter l'amplitude et la fréquence du courant et pour fournir un amortissement suffisant de la décharge des condensateurs lors du fonctionnement de l'éclateur de contournement ou de la manœuvre de l'interrupteur de contournement

3.8.7**limiting voltage** U_{LIM}

maximum peak of the power-frequency voltage occurring between capacitor unit terminals immediately before or during operation of the overvoltage protector, divided by $\sqrt{2}$

3.8.8**series capacitor bank (or bank)**

three-phase assembly of capacitors with associated protection and insulated support structure

NOTE The bank may include one or more modules.

3.8.9**segment (of a series capacitor)**

where each phase of a bank is divided into one or more series connected parts, of which each part contains its own assembly of capacitor units, overvoltage protector, protective functions and bypass switch, each such complete part is called segment

NOTE Segments are not normally separated by isolating disconnectors. More than one segment can be on the same insulated platform.

3.8.10**bank protection**

general term for all protective equipment for a capacitor bank, or part thereof

3.8.11**by-pass current**

steady-state r.m.s. current flowing through the by-pass switch in parallel with the capacitor

3.8.12**by-pass fault current**

current flowing through the by-passed series capacitor bank caused by a fault on the line

3.8.13**by-pass gap (protective gap)**

gap, or system of gaps, to protect either the capacitor (type K) against overvoltage or the non-linear resistor (type M) against overload by carrying load or fault current around the protected parts for a specified time (see Figure 2 of IEC 60143-2)

3.8.14**by-pass interlocking device**

device that requires all three poles of the by-pass switch to be in the same open or closed position

3.8.15**current-limiting damping equipment**

reactor or a reactor with a parallel connected resistor to limit the current magnitude and frequency and to provide a sufficient damping of the discharge of the capacitors upon operation of the by-pass gap or the by-pass switch

3.8.16

insertion

ouverture de l'interrupteur de contournement du condensateur série pour insérer le condensateur série en série avec la ligne de transmission

3.8.17

courant d'insertion

courant efficace qui circule à travers le condensateur série après l'ouverture de l'interrupteur de contournement. Ce courant peut présenter les amplitudes spécifiées du courant en régime permanent ou de surcharge

3.8.18

tension d'insertion

tension de crête qui apparaît entre les bornes du condensateur série lors du transfert du courant de contournement lors de l'ouverture de l'interrupteur de contournement

3.8.19

éclateur principal

partie de l'éclateur de protection qui est destinée à transporter le courant de défaut pendant une durée spécifiée, comprenant deux électrodes à usage intensif ou plus

3.8.20

module (gradin de condensateur)

élément fonctionnel triphasé constitué d'un segment de condensateur (possiblement plusieurs) par phase avec des dispositions pour la manœuvre à verrouillage des interrupteurs de contournement monophasés

3.8.21

résistance non linéaire (varistance)

dispositif destiné à agir comme une protection du condensateur contre les surtensions et constitué de résistances dont la valeur varie de façon non linéaire en fonction de la tension (normalement des varistances à oxyde métallique)

3.8.22

niveau de protection

U_{PL}

amplitude de la crête maximale de la tension à fréquence industrielle qui apparaît entre les bornes de la protection contre les surtensions pendant un défaut de réseau ($U_{PL} = U_{LIM} \times \sqrt{2}$)

NOTE Le niveau de protection peut être exprimé en termes de tension de crête réelle entre les bornes d'un segment ou en termes d'unité de crête de la tension assignée aux bornes du condensateur.

3.8.23

réinsertion

rétablissement du courant de charge vers le condensateur série à partir de la branche de contournement

3.8.24

courant de réinsertion

courant transitoire, courant à la fréquence industrielle, ou les deux circulant à travers le condensateur série pendant l'ouverture de la branche de contournement

3.8.25

tension de réinsertion

tension transitoire, tension à la fréquence industrielle, ou les deux, présentes entre les bornes du condensateur série pendant l'ouverture de la branche de contournement

3.8.16**insertion**

opening of the series capacitor by-pass switch to insert the series capacitor in series with the transmission line

3.8.17**insertion current**

r.m.s. current that flows through the series capacitor after the by-pass switch has opened. This current may be at the specified continuous or overload current magnitudes

3.8.18**insertion voltage**

peak voltage appearing across the series capacitor upon transfer of the by-pass current with the opening of the by-pass switch

3.8.19**main gap**

that part of the protective spark-gap intended to carry the fault current during a specified time, comprising two or more heavy-duty electrodes

3.8.20**module (capacitor switching step)**

three-phase function unit consisting of one capacitor segment (possibly several) per phase with provision for interlocked operation of the single-phase by-pass switches

3.8.21**non-linear resistor (varistor)**

device to act as overvoltage protection of the capacitor consisting of resistors with a non-linear voltage-dependent resistance (normally metal-oxide varistors)

3.8.22**protective level**

U_{PL}

magnitude of the maximum peak of the power-frequency voltage appearing across the overvoltage protector during a power system fault ($U_{PL} = U_{LIM} \times \sqrt{2}$)

NOTE The protective level may be expressed in terms of the actual peak voltage across a segment or in terms of the per unit of the peak of the rated voltage across the capacitor.

3.8.23**reinsertion**

restoration of load current to the series capacitor from the by-pass path

3.8.24**reinsertion current**

transient current, power-frequency current, or both, flowing through the series capacitor during the opening of the by-pass path

3.8.25**reinsertion voltage**

transient voltage, power-frequency voltage, or both, appearing across the series capacitor during the opening of the by-pass path

3.8.26

surtension temporaire

tension temporaire à fréquence industrielle supérieure à la tension assignée en service permanent du condensateur série

3.8.27

courant de coordination de la varistance

amplitude du courant de varistance maximal associé au niveau de protection

3.8.28

courant de décharge de la batterie de condensateurs

$I_{\text{DÉCHARGE}}$

courant qui circule pendant la décharge de la batterie de condensateurs. La valeur de crête maximale du courant de décharge du condensateur se produit lorsque la batterie de condensateurs est déchargée au niveau de protection U_{PL}

3.9 Index des définitions

A	
Appareil de connexion	3.4.101
Appareil mécanique de connexion	3.4.102
Appareillage pour l'extérieur	3.1.102
Appareillage	3.1.101
B	
Batterie de condensateurs série (ou batterie)	3.8.8
Borne	3.5.120
C	
Capacité assignée (d'un condensateur) C_N	3.8.3
Capacité d'insertion	3.7.108
Capacité de contournement	3.7.109
Chambre d'extinction	3.5.117
Circuit auxiliaire	3.5.104
Circuit de commande	3.5.103
Circuit principal	3.5.102
Condensateur	3.8.1
Contact «a», contact à fermeture	3.5.112
Contact «b», contact à ouverture	3.5.113
Contact à fermeture	3.5.112
Contact à ouverture	3.5.113
Contact auxiliaire	3.5.110
Contact d'arc	3.5.108
Contact de commande	3.5.109
Contact glissant	3.5.114
Contact principal	3.5.107
Contact roulant	3.5.115
Contact	3.5.105
Courant assigné (d'un condensateur) I_N	3.8.4
Courant d'insertion (dans le circuit de contournement)	3.7.107
Courant d'insertion	3.8.17
Courant de coordination de la varistance	3.8.27
Courant de court-circuit	3.1.103
Courant de courte durée admissible	3.7.111

3.8.26**temporary overvoltage**

temporary power-frequency voltage higher than the continuous rated voltage of the series capacitor

3.8.27**varistor coordinating current**

magnitude of the maximum varistor current associated with the protective level

3.8.28**capacitor bank discharge current** **$I_{\text{DISCHARGE}}$**

current which flows during the discharging of capacitor bank. The maximum peak value of the capacitor discharge current occurs when the capacitor bank is charged to the protective level U_{PL}

3.9 Index of definitions

A	
"a" contact, make contact	3.5.112
Ambient air temperature	3.1.104
Anti-pumping device	3.6.115
Applied voltage	3.7.113
Arcing contact	3.5.108
Arcing time	3.7.122
Arc control device	3.5.117
Auto-reopening	3.6.106
Assemblies	3.2
Auxiliary circuit	3.5.104
Auxiliary contact	3.5.110
Auxiliary switch	3.5.111
B	
"b" contact, break contact	3.5.113
Bank protection	3.8.10
Break contact	3.5.113
By-pass current	3.8.11
By-pass fault current	3.8.12
By-pass gap (protective gap)	3.8.13
By-pass insertion current	3.7.107
By-passing-insertion time	3.7.129
By-pass interlocking device	3.8.14
By-pass (or insertion) unit	3.5.121
By-pass switch	3.4.103
By-pass switch class M1	3.4.104
By-pass switch class M2	3.4.105
By-pass switch with lock-out preventing opening	3.6.117
By-pass time	3.7.125
By-passing capacity	3.7.109
C	
Capacitor	3.8.1
Capacitor bank discharge current ($I_{\text{DISCHARGE}}$)	3.8.28
Clearance	3.7.117
Clearance between open contacts	3.7.120
Clearance between poles	3.7.118
Clearance to earth	3.7.119

Courant de décharge de la batterie de condensateurs ($I_{\text{DÉCHARGE}}$)	3.8.28
Courant de défaut de contournement	3.8.12
Courant de contournement transitoire	3.7.105
Courant de contournement	3.8.11
Courant de réinsertion	3.8.24
Courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)	3.7.102
Cycle de manœuvres	3.6.102

D

Décharge disruptive	3.1.112
Déclencheur shunt	3.6.114
Déclencheur	3.5.116
Dispositif d'antipompage	3.6.115
Dispositif de protection contre les surtensions (d'un condensateur série)	3.8.2
Dispositif de verrouillage de contournement	3.8.14
Dispositif de verrouillage	3.6.116
Distance d'isolement à la terre	3.7.119
Distance d'isolement entre contacts	3.7.120
Distance d'isolement entre pôles	3.7.118
Distance d'isolement	3.7.117
Durée d'arc	3.7.122
Durée d'insertion	3.7.123
Durée d'ouverture-fermeture	3.7.127
Durée d'ouverture	3.7.121
Durée de coupure-établissement (pendant la refermeture automatique)	3.7.128
Durée de contournement	3.7.125
Durée de fermeture	3.7.124
Durée de mise en contournement – insertion	3.7.129
Durée de préarc	3.7.126
Durée minimale de l'ordre d'ouverture	3.7.130
Durée minimale de l'ordre de fermeture	3.7.131

E

Échauffement (d'une partie d'un interrupteur de contournement)	3.1.105
Éclateur de contournement (éclateur de protection)	3.8.13
Éclateur principal	3.8.19
Élément de contournement (ou d'insertion)	3.5.121
Ensembles	3.2
Enveloppe	3.5.123
Équipement d'amortissement limitant le courant	3.8.15
Essai sur élément	3.1.107

F

Fonctionnement	3.6
----------------	-----

I

Indicateur de position	3.5.118
Insertion	3.8.16
Interrupteur auxiliaire	3.5.111
Interrupteur de contournement à dispositif de verrouillage empêchant l'ouverture	3.6.117
Interrupteur de contournement de classe M1	3.4.104
Interrupteur de contournement de classe M2	3.4.105
Interrupteur de contournement	3.4.103
Isolation autorégénératrice	3.1.110
Isolation externe	3.1.108
Isolation interne	3.1.109
Isolation non autorégénératrice	3.1.111

Closed position		3.6.112
Closing operation		3.6.104
Closing time		3.7.124
Connection (bolted or the equivalent)		3.5.119
Contact		3.5.105
Contact piece		3.5.106
Control circuit		3.5.103
Control contact		3.5.109
Current-limiting damping equipment		3.8.15
	D	
Dead time (during auto-reclosing)		3.7.128
Dependent power operation		3.6.109
Disruptive discharge		3.1.112
	E	
Enclosure		3.5.123
External insulation		3.1.108
	I	
Impulse withstand voltage		3.7.136
Independent manual operation		3.6.111
Insertion		3.8.16
Insertion current		3.8.17
Insertion capacity		3.7.108
Insertion time		3.7.123
Insertion voltage		3.8.18
Insulation level		3.7.134
Interlocking device		3.6.116
Internal insulation		3.1.109
	L	
Limiting voltage (U_{LIM})		3.8.7
	M	
Main circuit		3.5.102
Main contact		3.5.107
Main gap		3.8.19
Make contact		3.5.112
Mechanical switching device		3.4.102
Minimum close duration		3.7.131
Minimum functional pressure for by-passing, insertion and insulation		3.7.138
Minimum functional pressure for operation		3.7.137
Minimum trip duration		3.7.130
Module (of a by-pass switch)		3.5.122
Module (capacitor switching step)		3.8.20
	N	
Non-linear resistor (varistor)		3.8.21
Non-self-restoring insulation		3.1.111
	O	
Open-close time		3.7.127
Opening operation		3.6.105
Opening time		3.7.121
Open position		3.6.113
Operating cycle		3.6.102
Operating sequence		3.6.103

M	
Manœuvre à accumulation d'énergie	3.6.110
Manœuvre d'ouverture	3.6.105
Manœuvre de fermeture	3.6.104
Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	3.6.109
Manœuvre effectuée positivement	3.6.108
Manœuvre indépendante manuelle	3.6.111
Manœuvre positive d'ouverture	3.6.107
Manœuvre	3.6.101
Module (d'un interrupteur de contournement)	3.5.122
Module (pas de commutation du condensateur)	3.8.20
N	
Niveau d'isolement	3.7.134
Niveau de protection U_{PL}	3.8.22
P	
Parties d'ensembles	3.3
Performance en réamorçage	3.1.113
Pièce de contact	3.5.106
Pôle	3.5.101
Position d'ouverture	3.6.113
Position de fermeture	3.6.112
Pouvoir de fermeture en court-circuit	3.7.110
Pression minimale pour la manœuvre	3.7.137
Pression minimale pour le contournement, l'insertion et l'isolement	3.7.138
Protection de la batterie	3.8.10
R	
Raccord (par boulons ou dispositifs équivalents)	3.5.119
Réactance assignée (d'un condensateur) X_N	3.8.5
Réallumage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)	3.7.132
Réamorçage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)	3.7.133
Réinsertion	3.8.23
Réouverture automatique	3.6.106
Résistance non linéaire (varistance)	3.8.21
S	
Segment (d'un condensateur série)	3.8.9
Séquence de manœuvres	3.6.103
Surtension (dans un réseau)	3.1.106
Surtension temporaire	3.8.26
T	
Température de l'air ambiant	3.1.104
Tension appliquée	3.7.113
Tension assignée (d'un condensateur) U_N	3.8.6
Tension d'arc de crête	3.7.116
Tension d'insertion	3.8.18
Tension de limitation (U_{LIM})	3.8.7
Tension de réinsertion	3.8.25
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	3.7.115
Tension de rétablissement	3.7.114
Tension de tenue à fréquence industrielle	3.7.135
Tension de tenue aux chocs	3.7.136

Operation	3.6.101
Outdoor switchgear and controlgear	3.1.102
Overvoltage (in a system)	3.1.106
Overvoltage protector (of a series capacitor)	3.8.2

P

Parts of assemblies	3.3
Peak arc voltage	3.7.116
Peak current	3.7.104
Peak value of the transient by-pass current	3.7.106
Peak withstand current	3.7.112
Pole	3.5.101
Position indicating device	3.5.118
Positively driven operation	3.6.108
Positive opening operation	3.6.107
Power-frequency recovery voltage	3.7.115
Power-frequency withstand voltage	3.7.135
Pre-arcing time	3.7.126
Prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)	3.7.102
Prospective peak current	3.7.103
Protective level U_{PL}	3.8.22

R

Rated capacitance (of a capacitor) C_N	3.8.3
Rated current (of a capacitor) I_N	3.8.4
Rated reactance (of a capacitor) X_N	3.8.5
Rated voltage (of a capacitor) U_N	3.8.6
Rated value	3.7.101
Recovery voltage	3.7.114
Re-ignition (of an a.c. mechanical switching device)	3.7.132
Reinsertion	3.8.23
Reinsertion current	3.8.24
Reinsertion voltage	3.8.25
Release	3.5.116
Restrike (of an a.c. mechanical switching device)	3.7.133
Restrike performance	3.1.112
Rolling contact	3.5.115

S

Segment (of a series capacitor)	3.8.9
Self-restoring insulation	3.1.110
Series capacitor bank (or bank)	3.8.8
Short-circuit current	3.1.103
Short-circuit making capacity	3.7.110
Short-time withstand current	3.7.111
Shunt release	3.6.114
Sliding contact	3.5.114
Stored energy operation	3.6.110
Switchgear and controlgear	3.1.101
Switching device	3.4.101

T

Temperature rise (of a part of a by-pass switch)	3.1.105
Temporary overvoltage	3.8.26
Terminal	3.5.120
Transient by-pass current	3.7.105

V

Valeur assignée	3.7.101
Valeur de crête du courant admissible	3.7.112
Valeur de crête du courant de contournement transitoire	3.7.106
Valeur de crête du courant présumé	3.7.103
Valeur de crête du courant	3.7.104

4 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques d'un interrupteur de contournement, y compris celles de ses dispositifs de commande et de son équipement auxiliaire, qui doivent servir à fixer les caractéristiques assignées sont les suivantes:

Caractéristiques assignées à indiquer pour tous les interrupteurs de contournement

- tension assignée par rapport à la terre et entre les bornes de l'élément de contournement;
- niveau d'isolation assigné par rapport à la terre et entre les bornes de l'élément de contournement;
- fréquence assignée;
- courant assigné en service continu;
- courant de courte durée admissible assigné;
- valeur de crête du courant admissible assigné;
- durée de court-circuit assignée;
- tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires;
- fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires;
- pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé et/ou du circuit hydraulique, pour la manœuvre, l'insertion, le contournement et l'isolement là où cela est applicable;
- courant assigné de contournement;
- courant assigné d'insertion (dans le circuit de contournement);
- tension assignée de réinsertion (valeur de crête);
- séquence de manœuvres assignée;
- durées assignées.

Les caractéristiques assignées de l'interrupteur de contournement sont rattachées à la séquence de manœuvres assignée.

4.1 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 4.1 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

4.1.101 Tension assignée par rapport à la terre (U_{re})

Le paragraphe 4.1 de la CEI 60694 est applicable.

4.1.102 Tension assignée entre les bornes de l'interrupteur de contournement (U_{rp})

La tension appliquée entre les bornes de l'interrupteur de contournement doit être déterminée en multipliant la réactance assignée de la batterie de condensateurs série ou du segment ($X_N = 1/\omega C_N$) par son courant assigné (I_N). La tension assignée (de phase à phase) de

	U	
Unit test		3.1.107
	V	
Varistor coordinating current		3.8.27

4 Ratings

The characteristics of a by-pass switch, including its operating devices and auxiliary equipment, that shall be used to determine the ratings are the following:

Rated characteristics to be given for all by-pass switches

- a) rated voltage to earth and across the by-pass unit;
- b) rated insulation level to earth and across the by-pass unit;
- c) rated frequency;
- d) rated normal current;
- e) rated short-time withstand current;
- f) rated peak withstand current;
- g) rated duration of short-circuit;
- h) rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits;
- i) rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits;
- j) rated pressures of compressed gas supply and/or of hydraulic supply for operation, insertion, by-passing and insulation, as applicable;
- k) rated by-pass making current;
- l) rated by-pass insertion current;
- m) rated reinsertion voltage (peak value);
- n) rated operating sequence;
- o) rated time quantities.

The rated characteristics of the by-pass switch are referred to the rated operating sequence.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

4.1.101 Rated voltage to earth (U_{re})

Subclause 4.1 of IEC 60694 is applicable.

4.1.102 Rated voltage across the by-pass switch (U_{rp})

The voltage applied across the by-pass switch shall be determined by multiplying the rated reactance of the series capacitor bank or segment ($X_N = 1/\omega C_N$) by its rated current (I_N). The rated voltage (phase-to-phase) assigned to the by-pass switch shall be equal to or higher than

l'interrupteur de contournement doit être égale ou supérieure à la tension calculée à partir de la tension appliquée (multipliée par $\sqrt{3}$) et arrondie à la valeur normalisée immédiatement supérieure indiquée en 4.1 de la CEI 60694.

NOTE Les surcharges de longue durée (plusieurs minutes) peuvent être prises en compte lors de la détermination d'une tension assignée entre les bornes d'un interrupteur de contournement.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

4.2.101 Niveau d'isolement assigné par rapport à la terre

Les valeurs normales des tensions de tenue assignées par rapport à la terre sont données dans les Tableaux 1a, 1b, 2a et 2b de la CEI 60694.

4.2.102 Niveau d'isolement assigné entre les bornes de l'interrupteur de contournement

Les valeurs normales des tensions d'isolement assignées entre les bornes de l'interrupteur de contournement sont données dans les Tableaux 1a, 1b, 2a et 2b de la CEI 60694 pour la tension assignée correspondante aux bornes de l'interrupteur de contournement. Les niveaux d'isolement assignés doivent être déterminés conformément à 6.1.3 de la CEI 60143-1.

NOTE Les niveaux d'isolement pour les isolants et les équipements des condensateurs série montés sur la plate-forme support sont indiqués en référence à la plate-forme. Des niveaux d'isolement supérieurs peuvent être nécessaires pour les installations à des altitudes supérieures à 1 000 m. Il convient que le niveau d'isolement des isolateurs et des équipements sur la plate-forme soit choisi en fonction du niveau de protection établi par le dispositif de protection contre les surtensions en utilisant l'équation ci-dessous. L'équation s'applique à l'isolement entre les bornes de la totalité du segment en utilisant le niveau de protection de ce segment. Elle s'applique également à l'isolement au sein du segment en utilisant le niveau de protection applicable entre les bornes de cette partie du segment.

$$U_{ipf} \geq 1,2 U_{PL} / \sqrt{2}$$

où

U_{ipf} est la tension de tenue à fréquence industrielle (efficace);

U_{PL} est le niveau de protection.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 4.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Les valeurs normales de la fréquence assignée aux interrupteurs de contournement à haute tension sont 50 Hz et 60 Hz.

4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement

Le paragraphe 4.4 de la CEI 60694 est applicable.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 4.5 de la CEI 60694 est applicable.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de la CEI 60694 est applicable.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de la CEI 60694 est applicable.

the voltage calculated from the applied voltage (multiplied by $\sqrt{3}$) and adjusted to the next higher standardized value given in 4.1 of IEC 60694.

NOTE Long duration overloads (several minutes) may be taken into account when assigning a rated voltage across a by-pass switch.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

4.2.101 Rated insulation level to earth

The standard values of rated withstand voltages to earth are given in Tables 1a, 1b, 2a and 2b of IEC 60694.

4.2.102 Rated insulation level across the by-pass switch

The standard values of rated insulation voltages across the by-pass switch are given in Tables 1a, 1b, 2a and 2b of IEC 60694 for the corresponding rated voltage across the by-pass switch. The rated insulation levels shall be determined in accordance with 6.1.3 of IEC 60143-1.

NOTE The insulation levels for insulators and series capacitor equipment mounted on the supporting platform are in reference to the platform. For installations at altitudes exceeding 1 000 m, higher insulation levels may be required. The insulation level of the insulators and equipment on the platform should be selected based on the protective level established by the overvoltage protector using the equation below. The equation applies to the insulation across the entire segment using the protective level of that segment. It also applies to the insulation within the segment using the applicable protective level across that part of the segment.

$$U_{ipf} \geq 1,2 U_{PL} / \sqrt{2}$$

where

U_{ipf} is the power-frequency withstand voltage (r.m.s.);

U_{PL} is the protective level.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The standard values for the rated frequency of high voltage by-pass switches are 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise

Subclause 4.4 of IEC 60694 is applicable.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC 60694 is applicable.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 60694 is applicable.

4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 60694 is applicable.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 4.8 de la CEI 60694 est généralement applicable. Les tolérances indiquées en 4.8.3 de la CEI 60694 pour les déclencheurs shunt d'ouverture doivent être appliquées aux déclencheurs shunt de fermeture.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

Le paragraphe 4.9 de la CEI 60694 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manoeuvre et/ou le contournement et l'insertion

Le paragraphe 4.10 de la CEI 60694 est applicable.

4.101 Séquence de manoeuvres assignée

Les caractéristiques assignées de l'interrupteur de contournement sont rattachées à la séquence de manoeuvres assignée.

$C - t - OC - t' - OC$

Sauf spécification contraire:

- $t = 0,3$ s pour les interrupteurs de contournement prévus pour fonctionner en réouverture automatique rapide (durée de contournement – insertion);
- $t' = 3$ min.

NOTE 1 Au lieu de $t' = 3$ min, d'autres valeurs: $t' = 15$ s et $t' = 1$ min sont aussi utilisées pour les interrupteurs de contournement prévus pour fonctionner en réouverture automatique rapide.

NOTE 2 D'autres séquences de manoeuvres peuvent être spécifiées suivant les exigences du système. Un exemple est $C - t - OC - t - OC - t' - OC$.

où

C représente une manoeuvre de fermeture;

OC représente une manoeuvre d'ouverture suivie immédiatement (c'est-à-dire sans délai intentionnel) d'une manoeuvre de fermeture,

t et t' sont les intervalles de temps entre les manoeuvres successives;

t et t' devraient toujours être exprimés en minutes ou en secondes.

Si la durée de contournement-insertion est réglable, il convient de spécifier les limites de réglage.

NOTE 3 Au lieu de $t = 0,3$ s, une autre valeur $t = 0,2$ s est aussi utilisée pour les interrupteurs de contournement prévus pour fonctionner en réouverture automatique rapide.

4.102 Courant assigné de contournement (I_{BP})

Le courant assigné de contournement est la valeur de crête du courant que l'interrupteur de contournement doit être capable d'établir sous des conditions de défaut de ligne lorsque la batterie de condensateurs est préchargée à la tension de limitation du dispositif de protection contre les surtensions (U_{PL}) et à une fréquence du courant de contournement correspondant à la capacité réelle de la batterie de condensateurs avec l'inductance associée du circuit d'amortissement. L'amortissement effectif du courant de décharge de contournement peut être pris en considération.

4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)

Subclause 4.8 of IEC 60694 is generally applicable. The tolerance given in 4.8.3 of IEC 60694 for shunt opening releases shall be applied to shunt closing releases.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits

Subclause 4.9 of IEC 60694 is applicable.

4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or by-passing and insertion

Subclause 4.10 of IEC 60694 is applicable.

4.101 Rated operating sequence

The rated characteristics of the by-pass switch are referred to the rated operating sequence.

$$C - t - OC - t' - OC$$

Unless otherwise specified:

- $t = 0,3$ s for by-pass switches intended for rapid auto-reopening (by-passing-insertion time);
- $t' = 3$ min.

NOTE 1 Instead of $t' = 3$ min., other values: $t' = 15$ s and $t' = 1$ min are also used for by-pass switches intended for rapid auto-reopening.

NOTE 2 Other operating sequences may be specified depending upon system requirements. One example is $C - t - OC - t - OC - t' - OC$

where

C represents a closing operation;

OC represents an opening operation followed immediately (that is, without any intentional delay) by a closing operation;

t and t' are time intervals between successive operations;

t and t' should always be expressed in minutes or in seconds.

If the by-passing-insertion time is adjustable, the limits of adjustment should be specified.

NOTE 3 Instead of $t = 0,3$ s, other value: $t = 0,2$ s is also used for by-pass switches intended for rapid auto-reopening.

4.102 Rated by-pass making current (I_{BP})

The rated by-pass making current is the peak value of the current that the by-pass switch shall be capable of making under line fault condition when the capacitor bank is precharged to the limiting voltage of the overvoltage protector (U_{PL}) and with a frequency of the by-pass current corresponding to the actual capacitance of the capacitor bank with its associated inductance of the damping circuit. The effective damping of the by-pass discharge current can be taken into consideration.

Ce courant doit être égal à la somme de la composante de courant de décharge de la batterie de condensateurs et de la composante de courant de défaut à fréquence industrielle (voir 3.7.106). Il convient généralement que la composante de courant de défaut à fréquence industrielle soit égale au courant maximum de coordination de la varistance.

NOTE Il convient de déterminer le courant assigné de contournement par des études du réseau comme étant la somme du courant crête de décharge de la batterie de condensateurs et de la composante crête du courant de défaut dans l'intervalle entre l'amorçage du courant dans l'interrupteur de contournement et le toucher des contacts (durée de préarc).

Les performances relatives au contournement sont couvertes lorsque la valeur de crête requise du courant de contournement est égale ou inférieure à la valeur de crête utilisée pour l'essai de type considéré. Cette règle est considérée valide seulement lorsque la fréquence f_{BP} du courant de contournement est égale ou inférieure à 130 % de la valeur correspondante utilisée lors des essais de type.

Il est généralement impossible d'assigner des caractéristiques spécifiques, car celles-ci sont propres aux paramètres de chaque projet. L'Annexe D contient des exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement. Les valeurs préférées pour le courant assigné de contournement et pour la fréquence sont néanmoins:

I_{BP} : 63 kA crête – 100 kA crête et 125 kA crête

f_{BP} : 500 Hz et 1 000 Hz

4.103 Courant assigné d'insertion (dans le circuit de contournement, I_{INS})

Le courant assigné d'insertion de contournement est la valeur efficace du courant à la fréquence industrielle que l'interrupteur de contournement doit être capable de transférer de la branche du circuit de contournement vers la branche principale des condensateurs série sous la tension de réinsertion assignée. Il est impossible d'assigner des caractéristiques spécifiques, car celles-ci sont propres aux paramètres de chaque projet. L'Annexe D contient des exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement.

NOTE Il convient que le courant assigné d'insertion de contournement soit prélevé de la série R10 et celui-ci peut être égal ou inférieur au courant assigné de la batterie de condensateurs.

4.104 Tension assignée de réinsertion (U_{INS})

La tension assignée de réinsertion est la valeur de crête de la tension de rétablissement transitoire que l'interrupteur de contournement doit être capable de supporter sans réamorçage pendant le transfert du courant assigné d'insertion.

La tension de réinsertion transitoire doit être égale à U_{PL} pour tenir compte de toutes les conditions de surcharge en situation d'urgence et des fluctuations de la puissance qui pourraient donner lieu à des tensions d'insertion transitoires jusqu'au niveau de protection du dispositif de protection contre les surtensions.

Plusieurs formes d'onde de tension de réinsertion transitoire peuvent être obtenues en service. Il convient de déterminer la forme d'onde de la tension de réinsertion par des études de système. Pour des raisons de normalisation, et en vue de couvrir le plus grand nombre de situations pratiques, la présente norme recommande une forme d'onde «1-cos» dont la durée préférée pour atteindre la première crête est de 5,6 ms. D'autres formes d'onde peuvent être requises et il convient de les spécifier clairement au constructeur au moment de la demande.

Il est impossible d'assigner des caractéristiques spécifiques, car celles-ci sont propres aux paramètres de chaque projet. L'Annexe D contient des exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement. L'Annexe F contient des informations supplémentaires concernant la tension de rétablissement transitoire pendant la réinsertion.

This current shall be the sum of the capacitor bank discharge current component and the power-frequency fault current component (see 3.7.106). In general, the power-frequency fault current component should be equal to the maximum varistor coordinating current.

NOTE The rated by-pass making current should be determined by system studies as the sum of capacitor bank peak discharge current and the fault current peak component in the interval between current initiation in the by-pass switch and contact touch (pre-arcing time).

The by-pass making performance is covered when the required peak by-pass making current is equal to or lower than the peak current value used in the relevant type test. This rule is considered to be valid only when the frequency f_{BP} of the by-pass making current is equal to or lower than 130 % of the corresponding value used during type tests.

Specific ratings can generally not be assigned because they are specific to each project parameters. Annex D gives examples of by-pass switch ratings. Nevertheless, preferred values for the rated by-pass making current and frequency are as follows:

I_{BP} : 63 kA peak – 100 kA peak and 125 kA peak

f_{BP} : 500 Hz and 1 000 Hz

4.103 Rated by-pass insertion current (I_{INS})

The rated by-pass insertion current is the r.m.s value of the power-frequency current that the by-pass switch shall be capable of transferring from the by-pass circuit path to the main series capacitor path under the rated reinsertion voltage. Specific ratings cannot be assigned because they are specific to each project parameters. Annex D gives examples of by-pass switch ratings.

NOTE The rated by-pass insertion current should be taken from the R10 series and may be equal to or lower than the rated current of the capacitor bank.

4.104 Rated reinsertion voltage (U_{INS})

The rated reinsertion voltage is the peak value of the transient recovery voltage that the by-pass switch shall be capable of withstanding, without restrike, during the transfer of the rated by-pass insertion current.

In general, the transient reinsertion voltage shall be equal to U_{PL} to take into account all emergency overload conditions and power swings that could result in transient insertion voltages up to the protective level of the overvoltage protector.

Several transient reinsertion voltage waveshapes can be obtained in service. The reinsertion voltage waveshape should be determined by systems studies. For standardization purposes, and in order to cover the greatest number of practical cases, this standard recommends a "1-cos" waveshape having a preferred first time-to-peak of 5,6 ms. Other waveshapes may be required and should be clearly specified to the manufacturer at the time of enquiry.

Specific ratings cannot be assigned because they are specific to each project parameters. Annex D gives examples of by-pass switch ratings. Annex F gives more information regarding transient recovery voltage during reinsertion.

NOTE 1 Aucune valeur recommandée spécifique ne peut être donnée pour la tension de réinsertion transitoire, car cette valeur dépend des paramètres de conception du condensateur série (impédance capacitive, courant assigné en service continu de la batterie de condensateur, niveau de protection du dispositif de protection contre les surtensions, courant de surcharge en situation d'urgence et fluctuations de la puissance). Voir l'Annexe F pour plus d'informations.

NOTE 2 Pour couvrir la majorité des applications à 50 Hz et à 60 Hz avec une seule séquence d'essai, la tension de rétablissement transitoire a été définie avec une durée jusqu'à la première crête de 5,6 ms.

4.105 Durées assignées

Se reporter aux Figures 1, 2 et 3.

Des valeurs assignées doivent être données pour les durées suivantes:

- durée d'ouverture (à vide);
- durée de fermeture maximale (à vide);
- durée d'ouverture-fermeture maximale (à vide).

Les durées assignées se rapportent

- à la tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (voir 4.8),
- à la fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (voir 4.9),
- aux pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre, pour l'isolement et/ou pour le contournement et l'insertion, si applicable (voir 4.10),
- à la pression assignée d'alimentation hydraulique pour la manœuvre,
- à la température de l'air ambiant de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

NOTE 1 L'assignation d'une valeur assignée de la durée de contournement ou de la durée de contournement-insertion n'a habituellement pas d'utilité pratique à cause de la variation de la durée d'arc et de la durée de préarc.

NOTE 2 Il convient d'indiquer aussi la durée de fermeture maximale (à vide) et la durée d'ouverture-fermeture maximale (à vide) pour les tensions d'alimentation minimales, la pression maximale de l'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre, pour l'isolement et/ou le contournement et l'insertion, si applicable (voir 4.10), et la pression minimale de l'alimentation hydraulique pour la manœuvre.

4.106 Nombre de manœuvres mécaniques

Un interrupteur de contournement doit être capable d'effectuer le nombre de manœuvres suivant (tel qu'il est défini en 6.101.2.3 et dans le Tableau 3 pour les essais de type) en tenant compte du programme de maintenance spécifié par le constructeur:

Interrupteur de contournement standard (endurance mécanique normale) classe M1	2 000 séquences de manœuvres
Interrupteur de contournement pour des exigences spéciales de service (endurance mécanique accrue) classe M2	10 000 séquences de manœuvres

5 Conception et construction

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les interrupteurs de contournement

Le paragraphe 5.1 de la CEI 60694 est applicable.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les interrupteurs de contournement

Le paragraphe 5.2 de la CEI 60694 est applicable.

NOTE 1 No specific recommended values can be given for the transient reinsertion voltage, since this value is depending of the series capacitor design parameters (capacitive impedance, rated normal current of the capacitor bank, protective level of the overvoltage protector, overload emergency current and power swing). See Annex F for more information.

NOTE 2 To cover most of the 50 Hz and 60 Hz applications with one single test-duty, the transient recovery voltage has been defined with a time-to-peak of 5,6 ms.

4.105 Rated time quantities

Refer to Figures 1, 2, and 3.

Rated values shall be assigned to the following time quantities:

- opening time (no-load);
- maximum closing time (no-load);
- maximum open-close time (no-load).

Rated time quantities are based on

- rated supply voltages of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (see 4.8),
- rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits (see 4.9),
- rated pressures of compressed gas supply for operation, for insulation and/or by-passing and insertion, as applicable (see 4.10),
- rated pressure of hydraulic supply for operation,
- an ambient air temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

NOTE 1 Usually it is not practical to assign a rated value of by-pass making time or of by-pass-insertion time due to the variation of the arcing time and the pre-arcing time.

NOTE 2 The maximum closing time (no-load) and the maximum open-close time (no-load) should also be given for the minimum supply voltages, maximum pressure of compressed gas supply for operation, for insulation and/or by-passing and insertion as applicable (see 4.10) and minimum pressure of hydraulic supply for operation.

4.106 Number of mechanical operations

A by-pass switch shall be able to perform the following number of operations (as defined in 6.101.2.3 and Table 3 for type tests) taking into account the programme of maintenance specified by the manufacturer.

Standard by-pass switch (normal mechanical endurance) class M1	2 000 operating sequences
By-pass switch for special service requirements (extended mechanical endurance) class M2	10 000 operating sequences

5 Design and construction

5.1 Requirements for liquids in by-pass switches

Subclause 5.1 of IEC 60694 is applicable.

5.2 Requirements for gases in by-pass switches

Subclause 5.2 of IEC 60694 is applicable.

5.3 Mise à la terre des interrupteurs de contournement

Le paragraphe 5.3 de la CEI 60694 est applicable.

5.4 Équipements auxiliaires

Le paragraphe 5.4 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

- lorsque des déclencheurs shunt d'ouverture et de fermeture sont utilisés, des mesures appropriées doivent être prises pour éviter d'endommager les déclencheurs quand des ordres sont maintenus en permanence à l'ouverture ou à la fermeture. Par exemple, des contacts de commande en série peuvent être utilisés pour que lorsque l'interrupteur de contournement est fermé, le contact du déclencheur de fermeture (contact «b» ou contact d'ouverture) est ouvert et le contact de commande du déclencheur d'ouverture (contact «a» ou contact de fermeture) est fermé, et lorsque l'interrupteur de contournement est ouvert, le contact de commande du déclencheur d'ouverture est ouvert et le contact de commande du déclencheur de fermeture est fermé;

NOTE 1 Des systèmes autres que des contacts sont possibles et peuvent être utilisés.

- pour les déclencheurs shunt de fermeture, des mesures de protection des déclencheurs shunt de fermeture (le contact «b»), comme indiqué dans le premier alinéa ci-dessus, ne doivent pas s'ouvrir avant la durée minimale de l'ordre de fermeture (3.7.130) exigée par l'interrupteur de contournement, ni après la durée de fermeture assignée;

NOTE 2 Si le courant du déclencheur shunt de fermeture est coupé par le contact de commande, il convient que la durée de l'ordre de fermeture soit avec certitude plus longue que la durée de fermeture assignée.

- pour les déclencheurs shunt d'ouverture, des mesures de protection des déclencheurs shunt d'ouverture (le contact «a») comme indiqué dans le premier alinéa ci-dessus, ne doivent pas s'ouvrir avant la durée minimale de l'ordre d'ouverture (3.7.129) exigée par l'interrupteur de contournement et pas plus tard que 20 ms après la séparation des contacts principaux;
- dans le cas d'exigences de courte durée d'ouverture-fermeture, des mesures de protection des déclencheurs shunt de fermeture (le contact «b»), comme indiqué dans le premier alinéa ci-dessus, ne doivent pas se fermer avant que l'ouverture du contact «a»;
- lorsque des contacts auxiliaires sont utilisés comme indicateurs de position, ils doivent indiquer la position finale de l'interrupteur de contournement au repos, ouvert ou fermé. La signalisation doit être maintenue;
- les connexions doivent supporter les contraintes imposées par l'interrupteur de contournement, spécialement celles qui sont dues aux efforts mécaniques pendant les manœuvres;
- tous les équipements auxiliaires, y compris le câblage, doivent être protégés correctement contre la pluie et l'humidité;
- lorsqu'on utilise des équipements de commande particuliers, ils doivent fonctionner dans les limites spécifiées pour les tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande, et pour les fluides de manœuvre, de coupure et/ou d'isolement, de plus il doit pouvoir manœuvrer les charges indiquées par le constructeur de l'interrupteur de contournement;
- les équipements auxiliaires spéciaux tels qu'indicateurs de niveau de liquide, indicateurs de pression, soupapes de sécurité, équipement de remplissage et de vidange, chauffage et contacts de verrouillage, doivent fonctionner dans les limites spécifiées des tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande et/ou dans les limites d'utilisation des fluides de manœuvre, de coupure et/ou d'isolement;
- la puissance consommée par les résistances de chauffage à la tension assignée doit avoir la valeur indiquée par le constructeur à $\pm 10\%$ près;

5.3 Earthing of by-pass switches

Subclause 5.3 of IEC 60694 is applicable.

5.4 Auxiliary equipment

Subclause 5.4 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

- where shunt opening and closing releases are used, appropriate measures shall be taken in order to avoid damage on the releases when permanent orders for closing or opening are applied. For example, those measures may be the use of series control contacts arranged so that when the by-pass switch is closed, the close release control contact ("b" contact or break contact) is open and the open release control contact ("a" contact or make contact) is closed, and when the by-pass switch is open, the open release control contact is open and the close release control contact is closed;

NOTE 1 Systems other than contacts are possible and may be used.

- for shunt closing releases the protective measures for the shunt closing releases (the "b" contact) as mentioned in the first indent above shall open no sooner than the minimum close duration (3.7.130) provided by the by-pass switch and no later than the rated closing time;

NOTE 2 If the current of the shunt closing release is interrupted by the control contact, the closing command should be positively longer than the rated closing time.

- for shunt opening releases the protective measures for the shunt opening releases (the "a" contact) as mentioned in the first indent above shall open no sooner than the minimum trip duration (3.7.129) required by the by-pass switch and no later than 20 ms after separation of the main contacts;
- for short open-close time requirements, the protective measures for the shunt closing releases (the "b" contact) as mentioned in the first indent above, shall close no sooner than when the "a" contact has opened;
- where auxiliary switches are used as position indicators, they shall indicate the end position of the by-pass switch at rest, open or closed. The signalling shall be sustained;
- connections shall withstand the stresses imposed by the by-pass switch, especially those due to mechanical forces during operations;
- all auxiliary equipment, including the wiring, shall be adequately protected against rain and humidity;
- where special items of control equipment are used, they shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits, interrupting and/or insulating and operating media, and be able to switch the loads which are stated by the by-pass switch manufacturer;
- special items of auxiliary equipment such as liquid indicators, pressure indicators, relief valves, filling and draining equipment, heating and interlock contacts, shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits and/or within the limits of use of interrupting and/or insulating and operating media;
- the power consumption of heaters at rated voltage shall be within the tolerance of $\pm 10\%$ of the value stated by the manufacturer;

- lorsque des dispositifs d'anti-pompage font partie du schéma de commande de l'interrupteur de contournement, et si l'installation en comporte plus d'un, ils doivent agir sur chaque circuit de commande;
- lorsqu'un schéma de contrôle de discordance de phases fait partie de l'interrupteur de contournement, la position des pôles, ouvert ou fermé, doit être surveillée. La fermeture d'un pôle doit provoquer la fermeture des pôles restants. Chaque interrupteur de contournement doit être verrouillé de manière similaire pour la manœuvre d'ouverture.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

- un interrupteur de contournement configuré pour une ouverture dépendante d'une source d'énergie extérieure doit également être capable de se fermer immédiatement après une manœuvre d'ouverture.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant au premier alinéa.

Un interrupteur de contournement configuré pour une manœuvre à accumulation d'énergie doit également être capable de se fermer immédiatement après une manœuvre d'ouverture.

5.7 Manœuvre manuelle indépendante

Le paragraphe 5.7 de la CEI 60694 ne s'applique pas aux interrupteurs de contournement.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de la CEI 60694 ne s'applique généralement pas et doit être remplacé par ce qui suit:

5.8.1 Déclencheurs à fermeture shunt

Un déclencheur à fermeture shunt doit fonctionner correctement sous toutes les conditions de manœuvre de l'appareil de connexion jusqu'à son courant assigné de contournement, et entre 70 % dans le cas du courant continu – ou 85 % dans le cas du courant alternatif – et 110 % de la tension d'alimentation assignée du dispositif de fermeture (voir 4.8), la fréquence dans le cas du courant alternatif étant la fréquence d'alimentation assignée du dispositif de fermeture (voir 4.9).

5.8.2 Déclencheurs à fermeture ouverture

Un déclencheur à ouverture shunt doit fonctionner correctement entre 85 % et 110 % de la tension d'alimentation assignée du dispositif d'ouverture (voir 4.8), la fréquence dans le cas du courant alternatif étant la fréquence d'alimentation assignée du dispositif d'ouverture (voir 4.9).

5.8.3 Fonctionnement du condensateur des déclencheurs à shunt

Le paragraphe 5.8.3 de la CEI 60694 est applicable.

5.8.4 Déclencheur à minimum de tension

Le paragraphe 5.8.4 de la CEI 60694 ne s'applique pas aux interrupteurs de contournement.

- where anti-pumping devices are part of the by-pass switch control scheme, they shall act on each control circuit, if more than one is installed;
- where a control scheme of pole discrepancy is part of the by-pass switch, the position of the poles shall be supervised, open or closed. The closing of one pole shall initiate closure of the remaining poles. Each by-pass switch shall be similarly interlocked for the opening operation.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

- a by-pass switch arranged for dependent power opening with external energy supply shall also be capable of closing immediately following an opening operation.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 60694 is applicable with the following addition to the first paragraph.

A by-pass switch arranged for stored energy operation shall also be capable of closing immediately following an opening operation.

5.7 Independent manual operation

Subclause 5.7 of IEC 60694 is not applicable for by-pass switches.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 60694 is generally not applicable and shall be replaced by the following:

5.8.1 Shunt closing releases

A shunt closing release shall operate correctly under all operating conditions of switching device up to its rated by-pass making current, and between 70 % in case of d.c. – or 85 % in case of a.c.- and 110 % of the rated supply voltage of the closing device (see 4.8), the frequency in the case of a.c. being the rated supply frequency of the closing device (see 4.9).

5.8.2 Shunt opening releases

A shunt opening release shall operate correctly between 85 % and 110 % of the rated supply voltage of the opening device (see 4.8), the frequency in the case of a.c. being the rated supply frequency of the opening device (see 4.9).

5.8.3 Capacitor operation of shunt releases

Subclause 5.8.3 of IEC 60694 is applicable.

5.8.4 Under-voltage release

Subclause 5.8.4 of IEC 60694 is not applicable to by-pass switches.

5.8.101 Déclencheurs multiples

Si un interrupteur de contournement est équipé de plusieurs déclencheurs multiples de même fonction, un défaut sur un déclencheur ne doit pas influencer sur le fonctionnement des autres. Les déclencheurs qui sont utilisés pour la même fonction doivent être physiquement distincts, c'est-à-dire découplés magnétiquement.

5.8.102 Limites de fonctionnement des déclencheurs

La durée minimale d'ouverture des déclencheurs shunt d'ouverture et la durée minimale de commande des déclencheurs shunt de fermeture à la tension d'alimentation assignée ne doit pas être inférieure à 2 ms.

La tension minimale d'alimentation pour la manœuvre des déclencheurs shunt ne doit pas être inférieure à 20 % de la tension d'alimentation assignée.

5.8.103 Puissance consommée par les déclencheurs

La puissance consommée par les déclencheurs shunt, d'ouverture ou de fermeture, d'un interrupteur de contournement tripolaire ne doit pas dépasser 1 200 VA. Pour certaines conceptions d'interrupteurs de contournement, des valeurs plus élevées peuvent être nécessaires.

5.9 Verrouillages à basse et à haute pression

Le paragraphe 5.9 de la CEI 60694 est remplacé par ce qui suit:

Tous les interrupteurs de contournement à accumulation d'énergie dans des réservoirs à gaz ou dans des accumulateurs hydrauliques (voir 5.6.1 de la CEI 60694) et tous les interrupteurs de contournement utilisant un gaz comprimé pour la coupure (voir 5.103), à l'exception des appareils à pression scellés, doivent être équipés d'un dispositif de verrouillage à basse pression, et peuvent aussi être équipés d'un dispositif de verrouillage à haute pression, réglés pour fonctionner aux valeurs limites appropriées de la pression ou à l'intérieur des limites de pression indiquées par le constructeur.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants: les plaques signalétiques d'un interrupteur de contournement et de ses dispositifs de manœuvre doivent être marquées conformément au Tableau 1.

Les bobines des dispositifs de manœuvre doivent porter un repère permettant de retrouver les indications complètes chez le constructeur.

Les déclencheurs doivent porter les indications appropriées.

La plaque signalétique doit être visible dans les positions de service et de montage normales.

5.8.101 Multiple releases

If a by-pass switch is fitted with more than one release for the same function, a defect in one release shall not disturb the function in the others. Releases used for the same function shall be physically separated, i.e. magnetically decoupled.

5.8.102 Operation limits of releases

For shunt-opening releases, the minimum trip duration, and for shunt-closing releases, the minimum command duration at rated supply voltage, shall not be less than 2 ms.

The minimum supply voltage for operation of shunt releases shall not be less than 20 % of the rated supply voltage.

5.8.103 Power consumption of releases

The power consumption of shunt closing or opening releases of a three-pole by-pass switch shall not exceed 1 200 VA. For certain by-pass switch designs, higher values may be necessary.

5.9 Low- and high-pressure interlocking devices

Subclause 5.9 of IEC 60694 is replaced by the following.

All by-pass switches having an energy storage in gas receivers or hydraulic accumulators (see 5.6.1 of IEC 60694) and all by-pass switches except sealed pressure devices, using compressed gas for by-passing and insertion (see 5.103) shall be fitted with a low-pressure interlocking device, and can also be fitted with a high-pressure interlocking device, set to operate at, or within, the appropriate limits of pressure stated by the manufacturer.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 60694 is applicable with the following additions: the nameplates of a by-pass switch and its operating devices shall be marked in accordance with Table 1.

Coils of operating devices shall have a reference mark permitting the complete data to be obtained from the manufacturer.

Releases shall bear the appropriate data.

The nameplate shall be visible in the position of normal service and installation.

Tableau 1 – Informations sur la plaque signalétique

	Abrévia- tion	Unité	Interrup- teur de contour- nement	Dispositif de manœuvre	Condition: marquage seulement si
1	2	3	4	5	6
Constructeur			X	X	
Désignation du type et numéro de série			X	X	
Tension assignée par rapport à la terre	U_{re}	kV	X		
Tension assignée entre les bornes de l'interrupteur de contournement	U_{rp}	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre par rapport à la terre	U_{pe}	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre entre les bornes de l'interrupteur de contournement	U_{pp}	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre par rapport à la terre	U_{se}	kV	y		Tension assignée supérieure ou égale à 300 kV
Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre entre les bornes de l'interrupteur de contournement	U_{sp}	kV	y		Tension assignée supérieure ou égale à 300 kV
Fréquence assignée	f_r	Hz	y		Les caractéristiques assignées ne sont pas applicables simultanément à 50 Hz et 60 Hz
Courant assigné en service continu	I_r	A	X		
Durée de court-circuit assignée	t_k	s	y		Différente de 1 s
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	kA	X		
Valeur de crête du courant admissible assigné	I_p	kA	X		
Courant assigné de contournement	I_{BP}	kA	X		
Fréquence du courant assigné de contournement	f_{BP}	Hz	X		
Courant assigné d'insertion	I_{INS}	A	X		
Tension de réinsertion assignée	U_{INS}	kV	X		
Pression de remplissage assignée pour la manœuvre	p_{rm}	MPa		(X)	
Pression de remplissage assignée pour le contournement et l'insertion	p_{re}	MPa	(X)		
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre pour la fermeture et l'ouverture	U_{op}	V		(X)	
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre pour la fermeture et l'ouverture		Hz		(X)	
Tension assignée d'alimentation des circuits auxiliaires	U_a	V		(X)	
Fréquence assignée d'alimentation des circuits auxiliaires		Hz		(X)	
Masse (y compris l'huile pour les interrupteurs de contournement à huile)	M	Kg	y	y	Supérieure à 300 kg

Table 1 – Nameplate information

	Abbreviation	Unit	By-pass switch	Operating device	Condition: Marking only required if
1	2	3	4	5	6
Manufacturer			X	X	
Type designation and serial number			X	X	
Rated voltage to earth	U_{re}	kV	X		
Rated voltage across by-pass switch	U_{rp}	kV	X		
Rated lightning impulse withstand voltage to earth	U_{pe}	kV	X		
Rated lightning impulse withstand voltage across by-pass switch	U_{pp}	kV	X		
Rated switching impulse withstand voltage to earth	U_{se}	kV	y		Rated voltage 300 kV and above
Rated switching impulse withstand voltage across by-pass switch	U_{sp}	kV	y		Rated voltage 300 kV and above
Rated frequency	f_r	Hz	y		Rating is not applicable at both 50 Hz and 60 Hz
Rated normal current	I_r	A	X		
Rated duration of short circuit	t_k	s	y		Different from 1 s
Rated short-time withstand current	I_k	kA	X		
Rated peak withstand current	I_p	kA	X		
Rated by-pass making current	I_{BP}	kA	X		
Frequency of the rated by-pass making current	f_{BP}	Hz	X		
Rated by-pass insertion current	I_{INS}	A	X		
Rated reinsertion voltage	U_{INS}	kV	X		
Rated filling pressure for operation	p_{rm}	MPa		(X)	
Rated filling pressure for by-passing and insertion	p_{re}	MPa	(X)		
Rated supply voltage of closing and opening devices	U_{op}	V		(X)	
Rated supply frequency of closing and opening devices		Hz		(X)	
Rated supply voltage of auxiliary circuits	U_a	V		(X)	
Rated supply frequency of auxiliary circuits		Hz		(X)	
Mass (including oil for oil by-pass switches)	M	Kg	y	y	More than 300 kg

Tableau 1 (suite)

	Abrévia- tion	Unité	Interrup- teur de contour- nement	Dispositif de manœuvre	Condition: marquage seulement si
1	2	3	4	5	6
Masse de fluide pour le contournement et l'insertion	<i>m</i>	Kg	y		Si interrupteurs de contournement à huile ou gaz
Séquence de manœuvres assignée			X		
Année de fabrication			X		
Classe de températures			y	y	Différente de –25 °C à l'extérieur
Classe			y		Différente de M1
Date de diffusion de la norme de référence			X	X	
X = le marquage de ces valeurs est obligatoire; pour ces valeurs, les indications qui n'apparaissent pas sur la plaque sont supposées avoir une valeur nulle. (X) = le marquage de ces valeurs est facultatif. y = le marquage de ces valeurs dépend des conditions figurant à la colonne (6).					
NOTE Les abréviations de la colonne 2 peuvent être utilisées à la place des termes de la colonne 1. Lorsque les termes de la colonne 1 sont employés, il n'est pas nécessaire de faire apparaître le mot «assigné».					

5.11 Verrouillages

Le paragraphe 5.11 de la CEI 60694 est applicable.

Voir aussi 5.4.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de la CEI 60694 est applicable.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 60694 est applicable.

5.14 Lignes de fuite

Le paragraphe 5.14 de la CEI 60694 est applicable.

5.15 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de la CEI 60694 est applicable.

5.16 Étanchéité au liquide

Le paragraphe 5.16 de la CEI 60694 est applicable.

5.17 Inflammabilité

Le paragraphe 5.17 de la CEI 60694 est applicable.

Table 1 (continued)

	Abbreviation	Unit	By-pass switch	Operating device	Condition: Marking only required if
1	2	3	4	5	6
Mass of fluid for by-passing and insertion	<i>m</i>	Kg	y		If gas or oil by-pass switches
Rated operating sequence			X		
Year of manufacture			X		
Temperature class			y	y	Different from –25 °C outdoor
Classification			y		Different from M1
Relevant standard with date of issue			X	X	
X = the marking of these values is mandatory; blanks indicate the value zero.					
(X) = the marking of these values is optional.					
y = the marking of these values to the conditions in column (6).					
NOTE The abbreviations in column 2 may be used instead of the terms in column 1. When terms in column 1 are used, the word "rated" need not appear.					

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 60694 is applicable.

See also 5.4.

5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 60694 is applicable.

5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 60694 is applicable.

5.14 Creepage distances

Subclause 5.14 of IEC 60694 is applicable.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 60694 is applicable.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 60694 is applicable.

5.17 Flammability

Subclause 5.17 of IEC 60694 is applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique

Le paragraphe 5.18 de la CEI 60694 est applicable.

5.101 Exigences de simultanéité au sein d'un pôle

Si un pôle possède plusieurs éléments de contournement connectés en série, la différence maximale entre les instants de séparation des contacts ou du toucher des contacts de ces éléments de contournement en série ne doit pas dépasser un huitième de cycle à la fréquence assignée.

5.102 Exigence générale de fonctionnement

Un interrupteur de contournement, y compris ses organes de manœuvre, doit pouvoir effectuer sa séquence de manœuvres assignée (4.101) conformément aux dispositions correspondantes de 5.5 à 5.9 et de 5.103, pour toute température ambiante de sa classe telle qu'elle est définie dans l'Article 2 de la CEI 60694.

Cette exigence n'est pas applicable aux organes de manœuvre manuels auxiliaires; lorsqu'ils sont fournis, ils ne doivent être utilisés que pour l'entretien et pour des manœuvres de secours sur un circuit hors tension.

Les interrupteurs de contournement munis de dispositifs de chauffage doivent être conçus pour autoriser une manœuvre de fermeture à la température ambiante minimale, définie par la classe de températures, lorsque le chauffage ne fonctionne pas pendant une durée minimale de 2 h.

5.103 Limites de pression des fluides pour la manœuvre

Le constructeur doit indiquer les pressions minimales et maximales du fluide pour la manœuvre pour lesquelles l'interrupteur de contournement est capable de fonctionner suivant ses caractéristiques assignées et auxquelles les dispositifs de verrouillage à basse et haute pressions doivent être réglés (voir 5.9). Le constructeur doit indiquer les pressions minimales pour la manœuvre, le contournement et l'insertion (voir 3.7.137 et 3.7.138).

Le constructeur peut spécifier les limites de pression pour lesquelles l'interrupteur de contournement est capable d'effectuer chacune des performances suivantes:

- a) établir son courant assigné de contournement, c'est-à-dire une manœuvre «C»;
- b) réinsérer son courant assigné d'insertion, suivi immédiatement de l'établissement de son courant assigné de contournement, c'est-à-dire un cycle de manœuvre «OC»;
- c) pour les interrupteurs de contournement prévus pour la réinsertion automatique rapide: l'établissement de son courant assigné de contournement suivi, après un intervalle de temps t de la séquence de manœuvres assignée (4.101), par la réinsertion de son courant assigné d'insertion, immédiatement suivie par un nouvel établissement de son courant assigné de contournement, c'est-à-dire une séquence de manœuvres «C – t – OC».

L'interrupteur de contournement doit comporter des réserves d'énergie de capacité suffisante pour lui permettre d'accomplir de façon satisfaisante les manœuvres appropriées aux pressions minimales correspondantes indiquées.

5.104 Orifices d'évacuation

Les orifices d'évacuation sont des dispositifs qui permettent l'échappement délibéré de la pression contenue dans un interrupteur de contournement pendant une manœuvre.

NOTE Cela est applicable aux interrupteurs de contournement à air comprimé et à huile.

5.18 Electromagnetic compatibility

Subclause 5.18 of IEC 60694 is applicable.

5.101 Requirements for simultaneity within a pole

If one pole consists of more than one by-pass unit connected in series, the maximum difference between the instants of contact separation or contact touch within these series connected units shall not exceed one-eighth of a cycle of rated frequency.

5.102 General requirement for operation

A by-pass switch, including its operating devices, shall be capable of completing its rated operating sequence (4.101) in accordance with the relevant provisions of 5.5 to 5.9 and 5.103 for the whole range of ambient temperatures within its temperature class as defined in Clause 2 of IEC 60694.

This requirement is not applicable to auxiliary manual operating devices; where provided, these shall be used only for maintenance and for emergency operation on a dead circuit.

By-pass switches provided with heaters shall be designed to permit a closing operation at the minimum ambient temperature defined by the temperature class when the heaters are not operational for a minimum time of 2 h.

5.103 Pressure limits of fluids for operation

The manufacturer shall state the maximum and minimum pressures of the fluid for operation at which the by-pass switch is capable of performing according to its ratings and at which the appropriate low- and high-pressure interlocking devices shall be set (see 5.9). The manufacturer shall state the minimum functional pressure for operation, by-passing and insertion (see 3.7.137 and 3.7.138).

The manufacturer may specify pressure limits at which the by-pass switch is capable for each of the following performances:

- a) making its rated by-pass making current, i.e. a "C" operation;
- b) reinserting its rated by-pass insertion current immediately followed by making its rated by-pass making current, i.e. a "OC" operating cycle;
- c) for by-pass switches intended for rapid auto-reinsertion; making its rated by-pass making current followed after a time interval t of the rated operating sequence (4.101) by reinserting its rated by-pass insertion current, immediately followed again by making its rated by-pass making current, i.e. an "C – t – OC" operating sequence.

The by-pass switches shall be provided with energy storage of sufficient capacity for satisfactory performance of the appropriate operations at the corresponding minimum pressures stated.

5.104 Vent outlets

Vent outlets are devices that allow a deliberate release of pressure in a by-pass switch during operation.

NOTE This is applicable to air-blast and oil by-pass switches.

Les orifices d'évacuation des interrupteurs de contournement doivent être placés de telle sorte que l'évacuation des vapeurs d'huile, du gaz ou des deux, ne provoque pas d'amorçage électrique et soit dirigée en dehors de toute zone dans laquelle une personne quelconque est susceptible de se trouver. La distance nécessaire de sécurité doit être indiquée par le constructeur.

La construction doit être telle que le gaz ne puisse s'accumuler à un endroit quelconque où l'inflammation peut être provoquée, pendant ou après la manœuvre, par des étincelles dues à la manœuvre normale de l'interrupteur de contournement ou de ses équipements auxiliaires.

6 Essais de type

L'Article 6 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants.

Les essais de type pour les interrupteurs de contournement sont donnés dans le Tableau 2.

Tous les essais de type doivent être effectués en utilisant le nombre de spécimens d'essais spécifié en 6.1.1 de la CEI 60694 et en 6.102.2.

Pour les essais de type, les tolérances sur les grandeurs d'essais sont données dans l'Annexe A.

En principe, chaque essai de type doit être effectué sur un interrupteur de contournement à l'état neuf et propre. Dans le cas des interrupteurs de contournement qui utilisent le SF₆ pour l'isolement, le contournement et l'insertion et/ou la manœuvre, la qualité du gaz doit au moins satisfaire aux critères d'acceptation de la CEI 60480.

La responsabilité du constructeur est limitée aux valeurs spécifiées et non aux valeurs obtenues au cours des essais de type.

L'incertitude des mesures effectuées par un oscillographe ou par des équipements équivalents (par exemple enregistreur de transitoire), incluant tous ses dispositifs associés, sur les grandeurs qui définissent les caractéristiques assignées (par exemple courant de contournement, tension appliquée et tension transitoire de rétablissement) doit être de ±5 % (soit un facteur d'élargissement de 2,0).

NOTE Pour la signification du facteur d'élargissement, se référer au *Guide sur les incertitudes de mesure* (publié par l'ISO) (voir la bibliographie).

Vent outlets of by-pass switches shall be so situated that a discharge of oil or gas or both will not cause electrical breakdown and is directed away from any location where persons may be present. The necessary safety distance shall be stated by the manufacturer.

The construction shall be such that gas cannot collect at any point where ignition can be caused, during or after operation, by sparks arising from normal operation of the by-pass switch or its auxiliary equipment.

6 Type tests

Clause 6 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

The type tests for by-pass switches are listed in Table 2.

All type tests shall be carried out using the number of test samples specified in 6.1.1 of IEC 60694 and in 6.102.2.

For the type tests, the tolerances on test quantities are given in Annex A.

The individual type tests shall, in principle, be performed on a by-pass switch in a new and clean condition. In case of by-pass switches using SF₆ for insulation, by-passing and insertion and/or operation, the quality of the gas shall at least comply with the acceptance levels of IEC 60480.

The responsibility of the manufacturer is limited to the declared rated values and not to those values achieved during the type tests.

The uncertainty of each measurement by oscillograph or equivalent equipment (for example transient recorder), including associated equipment, of the quantities that determine the ratings (for example by-pass current, applied voltage and transient recovery voltage) shall be within $\pm 5\%$ (equal to a coverage factor of 2.0).

NOTE For the meaning of coverage factor, refer to *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (published by ISO) (see Bibliography).

Tableau 2 – Essais de type

Essais de type obligatoires	Paragraphe
Essais diélectriques	6.2
Essais de tension de perturbation radioélectrique	6.3
Mesurage de la résistance du circuit principal	6.4
Essais d'échauffement	6.5
Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	6.6
Essais d'étanchéité	6.8
Essais de compatibilité électromagnétique	6.9
Essais additionnels des circuits auxiliaires et de commande	6.10
Essais mécaniques à température d'air ambiante	6.101.2
Essais de courant de contournement	6.105
Essais de courant d'insertion	6.106
Essais de type obligatoires, si applicables	Paragraphe
Vérification du degré de protection	6.7
Essais d'endurance mécanique accrue sur les interrupteurs de contournement prévus pour des exigences spéciales de service *	6.101.2.4
Essais à haute et à basse température	6.101.3
Essais avec des efforts statiques sur les bornes	6.101.6
Essais pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace *	6.101.5
* Un spécimen d'essai supplémentaire peut être utilisé.	

6.1 Généralités

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essais

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

D'autres détails concernant les enregistrements et les rapports d'essais de type pour l'établissement du courant de contournement et les essais d'insertion sont donnés à l'Annexe B.

6.2 Essais diélectriques

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.2 Modalité des essais sous pluie

Le paragraphe 6.2.2 de la CEI 60694 est applicable avec la note suivante:

NOTE Pour les interrupteurs de contournement à cuve mise à la terre, les essais sous pluie peuvent être omis lorsque les traversées ont été essayées au préalable suivant la norme CEI applicable.

Table 2 – Type tests

Mandatory type tests	Subclause
Dielectric tests	6.2
Radio interference voltage tests	6.3
Measurement of the resistance of the main circuit	6.4
Temperature-rise tests	6.5
Short-time withstand current and peak withstand current tests	6.6
Tightness tests	6.8
EMC tests	6.9
Additional test on auxiliary and control circuits	6.10
Mechanical operation test at ambient air temperature	6.101.2
By-pass making current tests	6.105
Insertion current tests	6.106
Mandatory type tests, where applicable	Subclauses
Verification of the degree of protection	6.7
Extended mechanical endurance tests on by-pass switches for special service conditions *	6.101.2.4
Low and high temperature tests	6.101.3
Static terminal load tests	6.101.6
Test to prove operation under severe ice conditions *	6.101.5
* Additional test sample is allowed.	

6.1 General

6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 60694 is applicable.

6.1.2 Information for identification of specimens

Subclause 6.1.2 of IEC 60694 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type test reports

Subclause 6.1.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Further details relating to records and reports of type tests for by-pass current making and insertion tests are given in Annex B.

6.2 Dielectric tests

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 60694 is applicable.

6.2.2 Wet test procedure

Subclause 6.2.2 of IEC 60694 is applicable with the following note:

NOTE In the case of dead tank by-pass switches, when the bushings have been previously tested according to the relevant IEC standard, tests under wet conditions can be omitted.

6.2.3 Condition de l'interrupteur de contournement pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.4 Critères de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

La procédure d'essai B suivante, adaptée pour des appareils de connexion comprenant des isolations autorégénératrices et non autorégénératrices, est la procédure d'essai préférée pour les interrupteurs de contournement. L'interrupteur de contournement a réussi les essais aux chocs si les conditions suivantes sont remplies:

- a) chacune des séries a au moins 15 essais;
- b) aucune décharge disruptive ne doit se produire sur l'isolation non autorégénératrice. Cela est confirmé par 5 essais de tenue aux chocs consécutives suivant la dernière décharge disruptive.
- c) le nombre de décharges disruptives ne doit pas dépasser deux pendant chaque série complète.

Cette procédure conduit à un nombre maximal de 25 chocs par série.

NOTE 1 Dans la future révision de la CEI 60694, la procédure C peut être utilisée quand chacun des trois pôles sont essayés.

Si des décharges disruptives se produisent et si la preuve que les décharges disruptives étaient exclusivement sur l'isolation autorégénératrice ne peut être donnée, l'interrupteur de contournement doit être démonté après les essais diélectriques et inspecté. Si un dommage de l'isolation non autorégénératrice est observé, l'interrupteur de contournement a échoué à l'essai.

NOTE 2 Si le facteur de correction atmosphérique K_t est inférieur à 1,00 mais supérieur à 0,95, il est permis de suivre le critère énoncé en 6.2.4 de la CEI 60694 si le facteur de correction n'est pas appliqué durant les essais. Si dans ces conditions, une ou deux décharges disruptives, sur les 15 chocs, se produisent sur l'isolation externe, la série d'essai particulière qui a montré un ou des contournements est répétée avec le facteur de correction approprié de façon à ce qu'aucune décharge disruptive externe ne se produise.

NOTE 3 Pour les interrupteurs de contournement d'appareillage à isolation gazeuse essayés avec des traversées d'essai qui ne font pas partie de l'interrupteur de contournement, il convient que les contournements aux bornes des traversées d'essai ne soient pas pris en compte.

NOTE 4 Il est recommandé que la détermination de la localisation des décharges disruptives faite par le laboratoire soit effectuée en utilisant des moyens de détection suffisants, comme photographies, enregistrements vidéo, inspection interne, etc.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.2.5 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.6 Essais des interrupteurs de contournement avec $U_{re} \leq 245 \text{ kV}$ ou $U_{rp} \leq 245 \text{ kV}$

Le paragraphe 6.2.6 de la CEI 60694 est applicable. Il est seulement nécessaire de réaliser cette série d'essais pour la partie de l'isolement qui répond aux critères ci-dessus.

6.2.6.1 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.2.6.1 de la CEI 60694 est applicable avec la note suivante:

NOTE Pour les interrupteurs de contournement à cuve mise à la terre, les essais sous pluie peuvent être omis lorsque les traversées ont été essayées au préalable suivant la norme CEI applicable.

6.2.3 Condition of by-pass switch during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 60694 is applicable.

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The following test procedure B adapted for switching devices that have self-restoring and non-restoring insulation is the preferred test procedure for by-pass switches. The by-pass switch has passed the impulse tests if the following conditions are fulfilled:

- a) each series has at least 15 tests;
- b) no disruptive discharges on non-self restoring insulation shall occur. This is confirmed by 5 consecutive impulse withstands following the last disruptive discharge.
- c) the number of disruptive discharges shall not exceed two for each complete series.

This procedure leads to a maximum possible number of 25 impulses per series.

NOTE 1 In the future revision of IEC 60694, procedure C may be used when all three poles are tested.

If disruptive discharges occur and evidence cannot be given during testing that the disruptive discharges were on self-restoring insulation, the by-pass switch shall be dismantled and inspected after the completion of the dielectric test series. If damage to non-self-restoring insulation is observed, the by-pass switch has failed the test.

NOTE 2 If the atmospheric correction factor K_t is less than 1,00 but greater than 0,95, it is permissible to follow the criteria stated in 6.2.4 of IEC 60694 if the correction factor is not applied during the tests. Then, if one or two disruptive discharges out of 15 impulses occur in the external insulation, the particular test series showing flashover(s) is repeated with the appropriate correction factor so that no external disruptive discharge occurs.

NOTE 3 For by-pass switches of gas insulated switchgear tested with test bushings which are not part of the by-pass switch, flashover across the test bushings should be disregarded.

NOTE 4 The determination of the location of the observed disruptive discharges should be done by the laboratory using sufficient detection means, for example photographs, video recordings, internal inspection, etc.

6.2.5 Application of test voltage and test conditions

Subclause 6.2.5 of IEC 60694 is applicable.

6.2.6 Tests of by-pass switches of $U_{re} \leq 245$ kV or $U_{rp} \leq 245$ kV

Subclause 6.2.6 of IEC 60694 is applicable. These test series need to be performed only for the part of the insulation which fulfils the above criteria.

6.2.6.1 Power-frequency voltage tests

Subclause 6.2.6.1 of IEC 60694 is applicable with the following note:

NOTE In the case of dead tank by-pass switches, when the bushings have been previously tested according to the relevant IEC standard, tests under wet conditions can be omitted.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.6.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.7 Essais des interrupteurs de contournement avec $U_{re} > 245 \text{ kV}$ ou $U_{rp} > 245 \text{ kV}$

Le paragraphe 6.2.7 de la CEI 60694 est applicable. Il est seulement nécessaire de réaliser cette série d'essais pour la partie de l'isolement qui répond aux critères ci-dessus.

6.2.7.1 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.2.7.1 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

La procédure d'essai qui suit la méthode en variante est plus sévère que celle qui suit la méthode préférentielle.

6.2.7.2 Essais à la tension de choc de manœuvre

Le paragraphe 6.2.7.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Les essais à sec doivent uniquement être effectués à la polarité positive. L'interrupteur de contournement étant en position de fermeture, on applique une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée par rapport à la terre, pour chaque condition d'essai du Tableau 9 de la CEI 60694.

L'interrupteur de contournement étant en position d'ouverture, on applique une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée entre les bornes de l'interrupteur de contournement ouvert, pour chaque condition d'essai du Tableau 9 de la CEI 60694.

6.2.7.3 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.7.3 de la CEI 60694 s'applique avec le complément suivant:

L'interrupteur de contournement étant en position de fermeture, on applique une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée par rapport à la terre, pour chaque condition d'essai du Tableau 9 de la CEI 60694.

L'interrupteur de contournement étant en position d'ouverture, on applique une tension d'essai égale à la tension de tenue assignée entre les bornes de l'interrupteur de contournement ouvert, pour chaque condition d'essai du Tableau 9 de la CEI 60694.

6.2.8 Essais de pollution artificielle

Le paragraphe 6.2.8 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

La réalisation d'essais de décharges partielles sur l'interrupteur de contournement complet n'est normalement pas demandée. Toutefois, pour les interrupteurs de contournement comportant des éléments auxquels s'applique une norme particulière de la CEI, et si cette norme particulière prévoit des mesurages de décharges partielles (par exemple les traversées, voir la CEI 60137), le constructeur doit prouver que ces éléments ont satisfait aux essais de décharges partielles prévus par la norme particulière de la CEI.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage test

Subclause 6.2.6.2 of IEC 60694 is applicable.

6.2.7 Tests of by-pass switches of $U_{re} > 245 \text{ kV}$ or $U_{rp} > 245 \text{ kV}$

Subclause 6.2.7 of IEC 60694 is applicable. These test series need to be performed only for the part of the insulation which fulfils the above criteria.

6.2.7.1 Power-frequency voltage tests

Subclause 6.2.7.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The test procedure following the alternative method is more severe than the test procedure following the preferred method.

6.2.7.2 Switching impulse voltage tests

Subclause 6.2.7.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The dry tests shall be performed using voltage of positive polarity only. With the by-pass switch closed, the test voltage equal to the rated withstand voltage to earth, shall be applied for each test condition of Table 9 of IEC 60694.

With the by-pass switch open, the test voltage equal to the rated withstand voltage across the open by-pass switch shall be applied for each test condition of Table 9 of IEC 60694.

6.2.7.3 Lightning impulse voltage tests

Subclause 6.2.7.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

With the by-pass switch closed, the test voltage equal to the rated withstand voltage to earth, shall be applied for each test condition of Table 9 of IEC 60694.

With the by-pass switch open, the test voltage equal to the rated withstand voltage across the open by-pass switch, shall be applied for each test condition of Table 9 of IEC 60694.

6.2.8 Artificial pollution tests

Subclause 6.2.8 of IEC 60694 is applicable.

6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Partial discharge tests are not normally required to be performed on the complete by-pass switch. However, in the case of by-pass switches using components for which a relevant IEC standard exists, and if this relevant standard requires partial discharge measurements (for example, bushings, see IEC 60137), evidence shall be produced by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as laid down in the relevant IEC standard.

6.2.10 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.11 Essais de tension comme vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 60694 s'applique avec le complément suivant:

Lorsque après des essais de contournement et d'insertion (voir 6.102.9) ou après des essais mécaniques ou climatiques (voir 6.101.1.4) un essai de tension est réalisé à des fins de contrôle, les conditions suivantes doivent s'appliquer:

NOTE 1 L'isolement aux bornes du pôle et la terre ne peut généralement pas être vérifié simultanément, car les niveaux d'isolement aux bornes du pôle sont différents des niveaux d'isolement par rapport à la terre. Un essai de vérification d'état supplémentaire peut s'avérer nécessaire.

NOTE 2 Pour les interrupteurs de contournement à cuve sous tension, l'isolation du pôle à terre n'est généralement pas influencée par les opérations de contournement et d'insertion et l'essai de tension comme vérification d'état par rapport à la terre n'est généralement pas requis. Pour les interrupteurs de contournement à cuve mise à la terre, l'isolation par rapport à la terre peut être affectée par les opérations de contournement et d'insertion et il est recommandé que l'essai de tension comme vérification d'état, si requis, soit aussi effectué entre pôle et terre.

Pour les interrupteurs de contournement ayant un arrangement asymétrique des pièces de passage du courant, les connexions doivent être interverties. Les essais complets doivent être effectués une fois pour chaque disposition des connexions.

Il est seulement nécessaire de réaliser cette série d'essais pour la partie de l'isolement qui répond aux critères ci-dessous:

- Interrupteurs de contournement avec $U_{re} \leq 72,5 \text{ kV}$ ou $U_{rp} \leq 72,5 \text{ kV}$
Un essai de tension à la fréquence industrielle de 1 min doit être effectué. La tension d'essai doit être égale à 80 % de la valeur indiquée dans le Tableau 1a, colonne (2) de la CEI 60694.
- Interrupteurs de contournement avec $72,5 \text{ kV} < U_{re} \leq 245 \text{ kV}$ ou $72,5 \text{ kV} < U_{rp} \leq 245 \text{ kV}$
Un essai de tension de choc doit être effectué. La valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 60 % de la valeur la plus élevée applicable du Tableau 1a, colonne (4) de la CEI 60694.
- Interrupteurs de contournement avec $300 \text{ kV} \leq U_{re} \leq 420 \text{ kV}$ ou $300 \text{ kV} \leq U_{rp} \leq 420 \text{ kV}$
Un essai de tension de choc doit être effectué. La valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 80 % de la tension de tenue au choc de manœuvre indiquée au Tableau 2a de la CEI 60694. La tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre doit être relevée dans la colonne (4). La valeur de référence pour la vérification d'état doit être prise dans la même colonne.
- Interrupteurs de contournement avec $550 \text{ kV} \leq U_{re} \leq 800 \text{ kV}$ ou $550 \text{ kV} \leq U_{rp} \leq 800 \text{ kV}$
Un essai de tension de choc doit être effectué. La valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 90 % de la tension de tenue au choc de manœuvre indiquée au Tableau 2a de la CEI 60694. La tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre doit être relevée dans la colonne (4) de ce tableau. La valeur de référence pour la vérification d'état doit être prise dans la même colonne.

Lorsqu'un essai de tension de choc doit être effectué, cinq chocs de chaque polarité doivent être appliqués aux bornes de l'appareil de connexion et par rapport à la terre (si requis). L'interrupteur de contournement doit être considéré comme ayant réussi l'essai, s'il ne se produit aucune décharge disruptive.

6.2.10 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 60694 is applicable.

6.2.11 Voltage test as a condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Where after by-pass and insertion tests (see 6.102.9) or where after mechanical or environmental tests (see 6.101.1.4) a voltage test is performed as a condition check, the following conditions shall apply:

NOTE 1 Generally the insulation across the pole and to earth cannot be verified simultaneously since the insulation levels across pole are different from the insulation levels to earth. An additional condition check test may be necessary.

NOTE 2 For live tank by-pass switches, the phase-to-earth insulation is generally not influenced by by-pass and insertion operations and the phase-to-earth voltage test as a condition check is generally not required. For dead-tank bypass switches, the phase-earth insulation may be impaired by by-pass and insertion operations and the voltage test as a condition check, if required, should also be performed phase-to earth.

For by-pass switches with an asymmetrical current path, the connections shall be reversed. The complete tests shall be carried out once for each arrangement of the connections.

These test series need to be performed only for the part of the insulation which fulfils the criteria given below:

- By-pass switches with $U_{re} \leq 72,5 \text{ kV}$ or $U_{rp} \leq 72,5 \text{ kV}$
A 1 min power-frequency voltage test shall be performed. The test voltage shall be 80 % of the value in Table 1a, column (2) of IEC 60694.
- By-pass switches with $72,5 \text{ kV} < U_{re} \leq 245 \text{ kV}$ or $72,5 \text{ kV} < U_{rp} \leq 245 \text{ kV}$
An impulse voltage test shall be performed. The crest value of the impulse voltage shall be 60 % of the highest relevant value in Table 1a, column (4) of IEC 60694.
- By-pass switches with $300 \text{ kV} \leq U_{re} \leq 420 \text{ kV}$ or $300 \text{ kV} \leq U_{rp} \leq 420 \text{ kV}$
An impulse voltage test shall be performed. The crest value of the impulse voltage shall be 80 % of the rated switching impulse withstand voltage given in Table 2a of IEC 60694. The rated switching impulse withstand voltage shall be taken from column (4). The reference value for the condition check shall be taken from the same column.
- By-pass switches with $550 \text{ kV} \leq U_{re} \leq 800 \text{ kV}$ or $550 \text{ kV} \leq U_{rp} \leq 800 \text{ kV}$
An impulse voltage test shall be performed. The crest value of the impulse voltage shall be 90 % of the rated switching impulse withstand voltage given in Table 2a of IEC 60694. The rated switching impulse withstand voltage shall be taken from column (4) of this table. The reference value for the condition check shall be taken from the same column.

Where an impulse voltage test shall be carried out, five impulses of each polarity shall be applied across the switching device and to earth (if required). The by-pass switch shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs.

Pour l'essai de tension de choc, on peut utiliser les équipements d'essai du laboratoire de puissance. La forme d'onde de la tension de choc doit être, soit un choc de manœuvre normal, soit une forme d'onde conforme à la tension transitoire de rétablissement spécifiée pour le défaut aux bornes T10 (voir la CEI 62271-100). Pour les essais avec la forme d'onde conforme à T10, des tolérances de $\begin{smallmatrix} -10 \\ +200 \end{smallmatrix}$ % sont autorisées sur le temps t_3 .

NOTE 3 Des essais comparatifs ont montré qu'il n'y a pratiquement pas de différence dans le comportement des disjoncteurs, à l'état neuf ou usé, quand l'essai est effectué avec des chocs de manœuvre normalisés ou avec des impulsions de type TTR avec une forme d'onde conforme au défaut aux bornes T10.

NOTE 4 Si l'essai est effectué avec des impulsions de type TTR avec la forme d'onde T10, l'équivalence avec l'impulsion de choc de manœuvre est maintenue si les règles suivantes sont appliquées:

- il convient que l'amortissement de la tension transitoire soit être tel que la deuxième crête de l'oscillation de la tension transitoire ne dépasse pas 80 % de la première;
- environ 2,5 ms après la crête, il convient que la valeur réelle de la tension de rétablissement soit de l'ordre de 50 % de la valeur de crête.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Les essais peuvent être effectués sur un pôle de l'interrupteur de contournement en position de fermeture uniquement. Pendant les essais, l'interrupteur de contournement doit être équipé de tous les accessoires tels que condensateurs de répartition, anneaux de garde, connecteurs HT, etc., qui peuvent influencer la performance de tension de perturbation radioélectrique.

NOTE Si l'interrupteur de contournement fait partie intégrante de la plate-forme de condensateurs série et que des essais de tension de perturbation radioélectrique ont été effectués sur la plate-forme, l'essai de tension de perturbation radioélectrique sur l'interrupteur de contournement est considéré couvert.

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 6.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

6.5.1 État de l'interrupteur de contournement en essai

Le paragraphe 6.5.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 6.5.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Le paragraphe 6.5.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.4 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 6.5.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.5 Essais d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.5.5 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5.6 de la CEI 60694 est applicable

For the impulse voltage test, the synthetic testing equipment of the power laboratory may be applied. The waveshape of the impulse voltage shall be either a standard switching impulse or a waveshape according to the TRV specified for terminal fault T10 (see IEC 62271-100).

For the test with the waveshape according to T10, timing tolerances of $\begin{smallmatrix} -10 \\ +200 \end{smallmatrix}$ % on time t_3 are permitted.

NOTE 3 Comparative tests have shown that there are almost no differences in the behaviour of circuit-breakers, both in new and in worn conditions, when testing is performed with standard switching impulses or with TRV impulses with a waveshape in accordance with terminal fault T10, respectively.

NOTE 4 If the tests are performed using the TRV impulse with a T10 waveshape, equivalence is maintained to the standard switching impulse if the following rules are applied:

- the damping of the TRV should be such that the second peak of the TRV oscillation is not higher than 80 % of the first one;
- about 2,5 ms after the peak the actual value of the recovery voltage should be in the range of 50 % of the peak value.

6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) tests

Subclause 6.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Tests may be performed on one pole of the by-pass switch in the closed position only. During the tests the by-pass switch shall be equipped with all accessories such as grading capacitors, corona rings, HV connectors, etc., which may influence the radio interference voltage performance.

NOTE If the by-pass switch forms an integral part of the series capacitor platform and r.i.v. tests have been performed on the platform, the r.i.v. test on the by-pass switch is considered to be covered.

6.4 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 6.4 of IEC 60694 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

6.5.1 Conditions of the by-pass switch to be tested

Subclause 6.5.1 of IEC 60694 is applicable.

6.5.2 Arrangement of the equipment

Subclause 6.5.2 of IEC 60694 is applicable.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Subclause 6.5.3 of IEC 60694 is applicable.

6.5.4 Ambient air temperature

Subclause 6.5.4 of IEC 60694 is applicable.

6.5.5 Temperature-rise tests of the auxiliary and control equipment

Subclause 6.5.5 of IEC 60694 is applicable.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

Subclause 6.5.6 of IEC 60694 is applicable.

6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 6.6 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.1 Disposition de l'interrupteur de contournement et du circuit d'essai

Le paragraphe 6.6.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.3 Comportement de l'interrupteur de contournement pendant l'essai

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.4 État de l'interrupteur de contournement après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.7 Vérification du degré de protection

6.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 6.7.1 de la CEI 60694 s'applique à toutes les parties des interrupteurs de contournement qui sont accessibles en service normal.

6.7.2 Essai aux impacts mécaniques (vérification de la codification IK)

Le paragraphe 6.7.2 de la CEI 60694 s'applique.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 60694 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 60694 est applicable.

6.10 Essais additionnels des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.10 de la CEI 60694 est applicable.

6.101 Essais mécaniques et climatiques

6.101.1 Dispositions diverses pour les essais mécaniques et climatiques

6.101.1.1 Caractéristiques de déplacement mécanique de référence

Au début des essais de type, les caractéristiques mécaniques du déplacement des contacts de l'interrupteur de contournement doivent être établies, par exemple, en enregistrant les courbes de déplacement à vide. Ces courbes serviront de caractéristiques de déplacement mécanique de référence. Le but de ces caractéristiques de déplacement mécanique de référence est de caractériser le comportement mécanique de l'interrupteur de contournement. Des essais similaires sont requis avant et/ou après d'autres essais incluant les essais mécaniques, d'environnement, de contournement et d'insertion et lors des essais individuels et de mise en service, si applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 60694 is applicable.

6.6.1 Arrangement of the by-pass switch and of the test circuit

Subclause 6.6.1 of IEC 60694 is applicable.

6.6.2 Test current and duration

Subclause 6.6.2 of IEC 60694 is applicable.

6.6.3 Behaviour of the by-pass switch during test

Subclause 6.6.3 of IEC 60694 is applicable.

6.6.4 Conditions of the by-pass switch after test

Subclause 6.6.4 of IEC 60694 is applicable.

6.7 Verification of the degree of protection

6.7.1 Verification of the IP coding

Subclause 6.7.1 of IEC 60694 is applicable to all parts of by-pass switches that are accessible in normal service.

6.7.2 Mechanical impact test (verification of the IK coding)

Subclause 6.7.2 of IEC 60694 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 60694 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility (EMC) tests

Subclause 6.9 of IEC 60694 is applicable.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.10 of IEC 60694 is applicable.

6.101 Mechanical and environmental tests

6.101.1 Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests

6.101.1.1 Reference mechanical travel characteristics

At the beginning of the type tests, the mechanical travel characteristics of the by-pass switch shall be established, for example, by recording no-load travel curves. These curves will serve as the reference mechanical travel characteristics. The purpose of these reference mechanical travel characteristics is to characterize the mechanical behaviour of the by-pass switch. Similar tests are required before and/or after other tests including mechanical, environmental, by-pass making and insertion tests and at the time of routine testing and commissioning tests, if applicable.

Les caractéristiques fonctionnelles suivantes doivent être enregistrées:

- caractéristiques de déplacement mécanique pendant l'ouverture et la fermeture;
- le capteur utilisé pour l'enregistrement des caractéristiques de déplacement mécanique doit être installé à un endroit approprié où ces caractéristiques de déplacement mécanique pourront être obtenues de la meilleure manière possible, soit directement soit indirectement. La position doit être notée dans le rapport d'essais. La courbe de caractéristique de déplacement mécanique peut être enregistrée de manière continue ou discrète. Dans ce dernier cas, au moins 20 valeurs seront enregistrées pour la course complète;
- durée de fermeture;
- durée d'ouverture.

Les caractéristiques de déplacement mécanique de référence doivent être produites pendant un essai à vide avec la séquence de manœuvres C – t – OC à la tension d'alimentation assignée des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande, à la pression assignée pour la manœuvre et, pour faciliter les essais, à la pression de fonctionnement minimale pour le contournement et l'insertion. L'essai à vide de référence peut être n'importe quel essai à vide effectué pendant un essai de type individuel.

Les caractéristiques de déplacement mécanique de référence doivent être utilisées pour confirmer que les différents spécimens d'essai utilisés durant les essais de type mécaniques, de contournement et d'insertion se comportent de façon similaire au point vu mécanique. Tous les spécimens d'essais utilisés durant les essais de type mécaniques, de contournement et d'insertion doivent avoir une caractéristique de déplacement mécanique à l'intérieur des enveloppes décrites ci-dessous. Lorsque, en raison des différentes méthodes de mesures utilisées dans divers laboratoires, une comparaison directe des enveloppes ne peut pas être faite, le constructeur doit être capable de démontrer la correspondance des enveloppes.

Les caractéristiques de déplacement mécanique de référence doivent être utilisées pour déterminer les limites des écarts acceptables au-dessus et au-dessous de la courbe de référence. À partir de cette courbe de référence, deux courbes enveloppe doivent être dessinées entre l'instant de la séparation des contacts jusqu'à la fin de la course des contacts pour l'ouverture et du début de la course des contacts et l'instant du toucher des contacts pour la fermeture. La distance des deux enveloppes par rapport à la course originale doit être de $\pm 5\%$ de la course totale comme indiqué dans la Figure 8. Dans le cas des interrupteurs de contournement ayant une course totale inférieure ou égale à 20 mm, la distance entre les deux enveloppes et la course d'origine doit être de ± 2 mm. Il est reconnu que pour certaines conceptions d'interrupteurs de contournement ces méthodes ne sont pas appropriées. Dans de tels cas le constructeur doit justifier la méthode et les limites utilisées.

Les Figures 7 à 11 ont uniquement une valeur illustrative et représentent une manœuvre d'ouverture. Elles sont idéalisées et ne montrent pas la variation en terme de profil causée par la friction des contacts ou les amortissements en fin de course. En particulier, il est important de noter que les effets d'amortissement ne sont pas montrés dans ces diagrammes. Les oscillations produites en fin de course dépendent de l'efficacité de l'amortissement du système d'entraînement. L'allure de ces oscillations peut être une fonction délibérée de la conception ou au contraire causée par une mauvaise conception, une mauvaise fabrication ou un assemblage ou ajustement incorrect. Par conséquent, il faut absolument que tous les écarts de la courbe en fin de course, lesquels sont à l'extérieur des tolérances données par l'enveloppe, soient clairement détaillés et interprétés avant d'être rejetés ou acceptés par rapport aux courbes de référence. En général, pour qu'elles soient acceptées, toutes les courbes doivent se trouver à l'intérieur des enveloppes.

The following operating characteristics shall be recorded:

- mechanical travel characteristics for opening and closing operation;
- the sensor used for the record of the mechanical travel characteristics shall be mounted at a suitable location making it possible to provide the mechanical travel characteristics at best, either directly or indirectly. The location shall be stated in the test report. The mechanical travel characteristics curve may be recorded continuously or discretely. In the latter case, at least 20 discrete values shall be given for the complete stroke;
- closing time;
- opening time.

The reference mechanical travel characteristics shall be produced during a no-load test made with the operating sequence C – t – OC at rated supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits, rated functional pressure for operation and, for convenience of testing, at the minimum functional pressure for by-passing and insertion. The reference no-load test may be taken from any appropriate no-load test being part of an individual type test.

The reference mechanical travel characteristics shall be used to confirm that the different test samples used during the mechanical, by-pass and insertion type tests behave mechanically in a similar way. All test samples used for mechanical, by-pass and insertion type tests shall have a mechanical travel characteristic within the following described envelopes. When, due to variable measuring methods at different laboratories, a direct comparison between the envelopes cannot be made, the manufacturer shall be able to show evidence that the envelopes correspond.

The reference mechanical travel characteristics shall be used for determining the limits of the allowable deviations over or under this reference curve. From this reference curve, two envelope curves shall be drawn from the instant of contact separation to the end of the contact travel for opening and from start of the contact travel to the instant of contact touch for closing. The distance of the two envelopes from the original course shall be $\pm 5\%$ of the total stroke as shown in Figure 8. In the case of by-pass switches with a total stroke of 20 mm or less, the distance of the two envelopes from the original course shall be ± 2 mm. It is recognized that for some designs of by-pass switches these methods are inappropriate. In such cases, the manufacturer shall justify the method and limits used.

The series of Figures 7 through 11 are for illustrative purposes and only illustrate the opening operation. They are idealized, and do not show the variation in profile caused by the friction effect of the contacts or the end of travel damping. In particular, it is important to note that the effects of damping are not shown in these diagrams. The oscillations produced at the end of travel are dependent upon the efficiency of the damping of the drive system. The shape of these oscillations may be a deliberate function of the design or be caused by poor design, manufacture, assembly or adjustment. Therefore, it is important that any variations in the curve at the end of the stroke, which are outside the tolerance margin given by the envelope, are fully explained and understood before they are rejected or accepted as showing equivalence with the reference curves. In general, all curves shall fall within the envelopes for acceptance.

Les enveloppes peuvent être déplacées dans un plan vertical jusqu'à ce que l'une des courbes couvre la courbe de référence. Cela donne des tolérances maximales par rapport à la caractéristique de déplacement mécanique de référence, respectivement de $^{0}_{+10}\%$ et $^{-10}_{0}\%$ comme illustré dans les Figures 9 et 10. Le déplacement de l'enveloppe peut être utilisé seulement une fois pour la procédure complète pour obtenir un écart total maximal de 10 % par rapport à la caractéristique de référence.

La durée d'ouverture et la durée de fermeture enregistrées lors de l'essai de référence à vide doivent être utilisées comme durée de fermeture et durée d'ouverture de référence. Les écarts acceptables par rapport à ces durées de référence correspondent aux tolérances données par le constructeur, mais ne peuvent excéder $\pm 10\%$ lorsque les essais sont effectués à la tension assignée d'alimentation de commande.

6.101.1.2 Essais des composants

Lorsque l'essai d'un interrupteur de contournement complet n'est pas réalisable en pratique, des essais de composants peuvent être acceptés comme essais de type. Le constructeur doit déterminer les composants aptes aux essais.

Les composants sont des sous-ensembles fonctionnels séparés qui peuvent être manœuvrés indépendamment de l'interrupteur de contournement complet (par exemple pôle, élément de contournement, mécanisme de manœuvre).

Lors des essais de composants, le constructeur doit apporter la preuve que les contraintes mécanique et climatique exercées sur le composant pendant les essais ne sont pas inférieures à celles que subit le même composant lors de l'essai de l'interrupteur de contournement complet. Les essais de composants doivent couvrir les différents types de composants de l'interrupteur de contournement complet, à condition que l'essai en question soit applicable aux dits composants. Les conditions des essais de type de composants doivent être les mêmes que celles qui pourraient être utilisées pour l'interrupteur de contournement complet.

Les pièces des équipements auxiliaires et des équipements de commande, fabriquées en conformité avec des normes particulières, doivent être conformes à celles-ci. Le bon fonctionnement de telles pièces doit être vérifié et en liaison avec le bon fonctionnement des autres pièces de l'interrupteur de contournement.

6.101.1.3 Caractéristiques et réglages de l'interrupteur de contournement à enregistrer avant et après les essais

Avant et après les essais, les caractéristiques et réglages de fonctionnement suivants doivent être enregistrés et évalués:

- a) la durée de fermeture;
- b) la durée d'ouverture;
- c) l'intervalle de temps entre les unités d'un pôle;
- d) l'intervalle de temps entre les pôles (pour un essai multipolaire);
- e) la durée de recharge du dispositif de manœuvre;
- f) la consommation du circuit de commande;
- g) la consommation des dispositifs de déclenchement, enregistrement possible du courant des déclencheurs;
- h) la durée de l'impulsion de commande d'ouverture et de fermeture;
- i) l'étanchéité, le cas échéant;
- j) les densités ou pressions des gaz, le cas échéant;

The envelopes can be moved in the vertical direction until one of the curves covers the reference curve. This gives maximum tolerances over the reference mechanical travel characteristics of $^{+0}_{-10}\%$ and $^{-10}_{+0}\%$ respectively as shown in Figures 9 and 10. The displacement of the envelope can be used only once for the complete procedure in order to get a maximum total deviation from the reference characteristic of 10 %.

The opening time and the closing time recorded in the reference no-load test shall be used as reference closing and reference opening time. The allowable deviations from these reference times correspond to the tolerances given by the manufacturer, but shall not exceed $\pm 10\%$, when performed at rated control voltage.

6.101.1.2 Component tests

When testing of a complete by-pass switch is not practicable, component tests may be accepted as type tests. The manufacturer shall determine the components that are suitable for testing.

Components are separate functional sub-assemblies that can be operated independently of the complete by-pass switch (for example, pole, by-pass unit, operating mechanism).

When component tests are made, the manufacturer shall prove that the mechanical and environmental stresses on the component during the tests are not less than those applied to the same component when the complete by-pass switch is tested. Component tests shall cover all different types of components of the complete by-pass switch, provided that the particular test is applicable to the component. The conditions for the component type tests shall be the same as those which could be employed for the complete by-pass switch.

Parts of auxiliary and control equipment that have been manufactured in accordance with relevant standards shall comply with these standards. The proper function of such parts in connection with the function of the other parts of the by-pass switch shall be verified.

6.101.1.3 Characteristics and settings of the by-pass switch to be recorded before and after the tests

Before and after the tests, the following operating characteristics or settings shall be recorded and evaluated:

- a) closing time;
- b) opening time;
- c) time spread between units of one pole;
- d) time spread between poles (if multi-pole tested);
- e) recharging time of the operating device;
- f) consumption of the control circuit;
- g) consumption of the tripping devices, possible recording of the current of the releases;
- h) duration of opening and closing command impulse;
- i) tightness, if applicable;
- j) gas densities or pressures, if applicable;

- k) la résistance du circuit principal;
- l) le graphique temps/déplacement;
- m) les autres caractéristiques ou réglages importants tels qu'ils sont spécifiés par le constructeur.

Les caractéristiques de fonctionnement ci-dessus doivent être enregistrées

- à la tension d'alimentation assignée et à la pression assignée de remplissage pour la manœuvre,
- à la tension d'alimentation maximale et à la pression maximale de remplissage pour la manœuvre,
- à la tension d'alimentation maximale et à la pression minimale pour la manœuvre,
- à la tension d'alimentation minimale et à la pression minimale pour la manœuvre,
- à la tension d'alimentation minimale et à la pression maximale de remplissage pour la manœuvre.

6.101.1.4 État de l'interrupteur de contournement pendant et après les essais

Pendant et après les essais, l'interrupteur de contournement doit se trouver dans un état qui lui permet de fonctionner normalement, de porter son courant assigné en service continu, de contourner son courant assigné de contournement et d'insérer son courant d'insertion assigné ainsi que de tenir les valeurs de tension conformément à ses niveaux d'isolation assignés.

En général, ces exigences sont satisfaites si

- pendant les essais, l'interrupteur de contournement fonctionne sur commande et ne fonctionne pas sans commande;
- après les essais, les caractéristiques mesurées selon 6.101.1.3 se situent dans les tolérances données par le constructeur;
- après les essais, aucune pièce, y compris les contacts, ne montre d'usure excessive;
- après les essais, les contacts plaqués sont tels qu'une couche du matériau de placage reste sur la zone de contact. Si ce n'est pas le cas, les contacts doivent être considérés comme nus et les exigences d'essai ne sont remplies que si l'échauffement des contacts pendant l'essai d'échauffement (selon 6.5) ne dépasse pas la valeur admise pour les contacts nus,
- pendant et après les essais, une distorsion quelconque des parties mécaniques n'affecte pas négativement le fonctionnement de l'interrupteur de contournement ou n'empêche pas le montage correct des pièces de remplacement;
- après les essais, les propriétés isolantes de l'interrupteur de contournement en position ouverte sont pour l'essentiel dans la même condition qu'avant les essais. Un contrôle visuel de l'interrupteur de contournement après les essais est en général suffisant pour vérifier les propriétés isolantes. Pour les interrupteurs de contournement équipés d'éléments de contournement scellés à vie, l'essai de tension comme vérification d'état suivant 6.2.11 peut être nécessaire.

6.101.1.5 État des équipements auxiliaires et de commande pendant et après les essais

Pendant et après les essais, les conditions suivantes pour les équipements auxiliaires et de commande doivent être respectées:

- pendant les essais, des précautions doivent être prises pour empêcher tout échauffement excessif;
- pendant les essais, un jeu de contacts (contact à fermeture et contacts à ouverture) doit être utilisé pour commuter le courant des circuits à commander (voir 5.4);

- k) resistance of the main circuit;
- l) time-travel chart;
- m) other important characteristics or settings as specified by the manufacturer.

The above operating characteristics shall be recorded at

- rated supply voltage and rated filling pressure for operation,
- maximum supply voltage and maximum filling pressure for operation,
- maximum supply voltage and minimum functional pressure for operation,
- minimum supply voltage and minimum functional pressure for operation,
- minimum supply voltage and maximum filling pressure for operation.

6.101.1.4 Condition of the by-pass switch during and after the tests

During and after the tests, the by-pass switch shall be in a condition such that it is capable of operating normally, carrying its rated normal current, by-passing its rated by-pass making current and inserting its rated insertion current and withstanding the voltage values according to its rated insulation levels.

In general, these requirements are fulfilled if

- during the tests, the by-pass switch operates on command and does not operate without command;
- after the tests, the characteristics measured according to 6.101.1.3 are within the tolerances given by the manufacturer;
- after the tests, all parts, including contacts, do not show undue wear;
- after the tests, coated contacts are such that a layer of coating material remains at the contact area. If this is not the case, the contacts shall be regarded as bare and the test requirements are fulfilled only if the temperature rise of the contacts during the temperature-rise test (according to 6.5) does not exceed the value permitted for bare contacts;
- during and after the tests, any distortion of mechanical parts is not such that it adversely affects the operation of the by-pass switch or prevents the proper fitting of any replacement part;
- after the tests the insulating properties of the by-pass switch in the open position shall be in essentially the same condition as before the tests. Visual inspection of the by-pass switch after the tests is usually sufficient for verification of the insulating properties. In the case of by-pass switches with sealed-for-life by-pass units, a voltage test as a condition check in accordance with 6.2.11 may be necessary.

6.101.1.5 Condition of the auxiliary and control equipment during and after the tests

During and after the tests, the following conditions for the auxiliary and control equipment shall be fulfilled:

- during the tests, care shall be taken to prevent undue heating;
- during the tests, a set of contacts (both make and break auxiliary contacts) shall be arranged to switch the current of the circuits to be controlled (see 5.4);

- pendant et après les essais, les équipements auxiliaires et de commande doivent remplir leurs fonctions;
- pendant et après les essais, la capacité des circuits auxiliaires, des interrupteurs auxiliaires et des équipements de commande ne doit pas être diminuée. En cas de doute, les essais selon 6.2.10 de la CEI 60694 doivent être effectués;
- pendant et après les essais, la résistance de contact des interrupteurs auxiliaires ne doit pas être affectée négativement. L'échauffement lors du transit du courant assigné ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées (voir Tableau 3 de la CEI 60694).

6.101.2 Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant

6.101.2.1 Généralités

L'essai de fonctionnement mécanique doit être effectué à la température de l'air ambiant à l'emplacement d'essai. Il faut enregistrer cette température de l'air ambiant dans le rapport d'essai. Les équipements auxiliaires formant partie intégrante des dispositifs de manœuvre doivent être inclus.

L'essai de fonctionnement mécanique doit comporter 2 000 séquences de manœuvres.

Pendant l'essai, la lubrification est autorisée conformément aux instructions du constructeur, mais aucun réglage mécanique ni maintenance d'aucune sorte n'est permis.

6.101.2.2 État de l'interrupteur de contournement avant l'essai

L'interrupteur de contournement destiné aux essais doit être monté sur son propre support et son mécanisme de commande doit être manœuvré de la façon indiquée. Il doit être essayé selon son type de la façon suivante:

Un interrupteur de contournement multipolaire manœuvré par un seul dispositif de manœuvre et/ou dont tous les pôles sont montés sur un châssis commun doit être essayé comme une unité complète.

Les essais doivent être effectués à la pression assignée de remplissage pour le contournement et l'insertion conformément à 6.101.1.3, point j).

Un interrupteur de contournement tripolaire dans lequel chaque pôle ou même chaque colonne est manœuvré par un dispositif séparé doit, de préférence, être essayé comme un interrupteur de contournement tripolaire complet. Toutefois, pour des raisons de commodité ou de limitation de l'emplacement d'essai, il est possible d'effectuer les essais sur un seul pôle à condition que ce pôle soit, pour l'ensemble des essais, équivalent à l'interrupteur de contournement tripolaire complet ou tout au moins qu'il ne soit pas dans une condition plus favorable que l'interrupteur de contournement, en ce qui concerne par exemple:

- les caractéristiques de déplacement mécanique de référence;
- la puissance et la robustesse du mécanisme de fermeture et d'ouverture;
- la rigidité de la structure.

6.101.2.3 Description de l'essai sur les interrupteurs de contournement de classe M1

L'interrupteur de contournement doit être essayé conformément au Tableau 3.

- during and after the tests, the auxiliary and control equipment shall fulfil its functions;
- during and after the tests, the capability of the auxiliary circuits, the auxiliary switches and of the control equipment shall not be impaired. In case of doubt, the tests according to 6.2.10 of IEC 60694 shall be performed;
- during and after the tests, the contact resistance of the auxiliary switches shall not be affected adversely. The temperature rise when carrying the rated current shall not exceed the specified values (see Table 3 of IEC 60694).

6.101.2 Mechanical operation test at ambient air temperature

6.101.2.1 General

The mechanical operation test shall be made at the ambient air temperature of the test location. The ambient air temperature shall be recorded in the test report. Auxiliary equipment forming part of the operating devices shall be included.

The mechanical operation test shall consist of 2 000 operating sequences.

During the test, lubrication is allowed in accordance with the manufacturer's instructions, but no mechanical adjustment or other kind of maintenance is allowed.

6.101.2.2 Condition of the by-pass switch before the test

The by-pass switch for test shall be mounted on its own support and its operating mechanism shall be operated in the specified manner. It shall be tested according to its type as follows:

A three-pole by-pass switch actuated by a single operating device and/or with all poles mounted on a common frame shall be tested as a complete unit.

Tests shall be conducted at the rated filling pressure for by-passing and insertion according to 6.101.1.3, item j).

A three-pole by-pass switch in which each pole or even each column is actuated by a separate operating device shall be tested preferably as a complete three-pole by-pass switch. However, for convenience, or owing to limitations of the dimensions of the test bay, one single-pole unit of the by-pass switch may be tested, provided that it is equivalent to, or not in a more favourable condition than, the complete three-pole by-pass switch over the range of tests, for example in respect of

- reference mechanical travel characteristics,
- power and strength of closing and opening mechanism,
- rigidity of structure.

6.101.2.3 Description of the test on class M1 by-pass switches

The by-pass switch shall be tested in accordance with Table 3.

Tableau 3 – Nombre de séquences de manœuvres

Séquence de manœuvres	Tension d'alimentation et pression de service	Nombre de séquences de manœuvres
$O - t_a - C - t_a$	Minimale	500
	Assignée	500
	Maximale	500
$C - t - OC - t_a - O - t_a$	Assignée	250

O = ouverture.
C = fermeture.
OC = manœuvre d'ouverture immédiatement suivie (c'est-à-dire sans temporisation délibérée) d'une manœuvre de fermeture.
 t_a = durée entre deux manœuvres qui est nécessaire pour rétablir les conditions initiales et/ou empêcher un échauffement excessif des pièces de l'interrupteur de contournement (cette durée peut être différente selon le type de manœuvre).
 $t = 0,3$ s pour les interrupteurs de contournement prévus pour fonctionner en réouverture automatique rapide, sauf spécification contraire.

6.101.2.4 Essais d'endurance mécanique accrue sur les interrupteurs de contournement de classe M2 prévus pour des exigences spéciales de service (batteries de condensateurs série à segments multiples)

Pour des exigences de service particulières dans le cas des interrupteurs de contournement fréquemment actionnés (par exemple dans les batteries de condensateurs série à segments multiples), des essais d'endurance mécanique accrue peuvent être effectués, comme suit.

Les essais doivent être effectués selon 6.101.1, 6.101.2.1, 6.101.2.2 et 6.101.2.3 avec le complément suivant:

- les essais doivent consister en 10 000 séquences de manœuvres comprenant cinq fois la série d'essais spécifiée dans le Tableau 3;
- entre les séries d'essais spécifiés, certaines interventions de maintenance, lubrification et réglage mécanique par exemple, sont autorisées et elles doivent être effectuées conformément aux instructions du constructeur. Il n'est pas permis de changer les contacts;
- le programme de maintenance pendant les essais doit être défini par le constructeur avant les essais et consigné dans le procès-verbal d'essai.

6.101.2.5 Critères d'acceptation pour les essais de manœuvre mécanique

Les critères donnés ci-après sont applicables aux essais de manœuvre mécanique des interrupteurs de contournement de classe M1 et M2.

- a) Avant et après tout le programme d'essai, les manœuvres suivantes doivent être effectuées:
- cinq manœuvres d'ouverture-fermeture à la tension d'alimentation assignée des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande et à la pression de manœuvre assignée;
 - cinq manœuvres d'ouverture-fermeture à la tension d'alimentation minimale des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande et à la pression de manœuvre minimale;
 - cinq manœuvres d'ouverture-fermeture à la tension d'alimentation maximale des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande et à la pression de manœuvre maximale.

Table 3 – Number of operating sequences

Operating sequence	Supply voltage and operating pressure	Number of operating sequences
$O - t_a - C - t_a$	Minimum	500
	Rated	500
	Maximum	500
$C - t - OC - t_a - O - t_a$	Rated	250
O = opening. C = closing. OC = an opening operation followed immediately (i.e., without any intentional time-delay) by a closing operation. t_a = time between two operations which is necessary to restore the initial conditions and/or to prevent undue heating of parts of the by-pass switch (this time can be different according to the type of operation). $t = 0,3$ s for by-pass switches intended for rapid auto-reopening, if not otherwise specified.		

6.101.2.4 Extended mechanical endurance tests on class M2 by-pass switches for special service requirements (multi-segmented series capacitor banks)

For special service requirements in the case of frequently operated by-pass switches (for example in multi-segmented series capacitor banks), extended mechanical endurance tests may be carried out, as follows.

The tests shall be made according to 6.101.1, 6.101.2.1, 6.101.2.2 and 6.101.2.3 with the following addition:

- the tests shall consist of 10 000 operating sequences comprising five times the test series specified in Table 3;
- between the test series specified, some maintenance, such as lubrication and mechanical adjustment, is allowed, and shall be performed in accordance with the manufacturer's instructions. Change of contacts is not permitted;
- the programme of maintenance during the tests shall be defined by the manufacturer before the tests and recorded in the test report.

6.101.2.5 Acceptance criteria for the mechanical operation tests

The criteria given below apply for mechanical operation tests on class M1 and class M2 by-pass switches.

- a) Before and after the total test programme, the following operations shall be performed:
- five open-close operations at the rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits and the rated pressure for operation;
 - five open-close operations at the minimum supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits and the minimum pressure for operation;
 - five open-close operations at the maximum supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits and the maximum pressure for operation.

Pendant ces cycles de manœuvres, les caractéristiques de fonctionnement (voir 6.101.1.3) doivent être consignées et évaluées. Il n'est pas nécessaire de publier tous les oscillogrammes enregistrés. Cependant pour chaque condition d'essai donnée ci-dessus, au moins un oscillogramme doit être inclus dans le rapport d'essai.

En outre, les vérifications et mesures suivantes doivent être effectuées (voir 10.2.102):

- mesures des pressions caractéristiques du fluide d'opération et des consommations pendant les manoeuvres, le cas échéant;
- vérification de la séquence de manœuvre assignée;
- contrôle de certaines manoeuvres spécifiques, le cas échéant.

La variation entre les valeurs moyennes de chaque paramètre mesuré avant et après les essais d'endurance mécanique accrue doit se situer dans les tolérances données par le fabricant.

- b) Après chaque série de 2 000 séquences de manœuvres, il faut enregistrer les caractéristiques de fonctionnement a), b), c), d) et l) de 6.101.1.3.
- c) Après la totalité du programme d'essai, l'état de l'interrupteur de contournement doit être conforme à 6.101.1.4.

6.101.3 Essais à haute et à basse températures

6.101.3.1 Généralités

Il n'est pas nécessaire d'exécuter les deux essais successivement et l'ordre dans lequel ils sont effectués est arbitraire. Aucun essai à basse température n'est nécessaire pour les interrupteurs de contournement prévus pour l'extérieur de catégorie –10 °C.

Pour les interrupteurs de contournement sous enveloppe unique ou les interrupteurs de contournement sous enveloppes multiples à dispositif de manœuvre commun, les essais doivent être effectués en tripolaire. Pour les interrupteurs de contournement sous enveloppes multiples à pôles indépendants, il est permis d'effectuer l'essai d'un pôle complet.

Du fait des limitations des installations d'essai, les interrupteurs de contournement sous enveloppes multiples peuvent être essayés suivant une ou plusieurs des variantes suivantes, à condition que l'interrupteur de contournement, dans sa disposition pour les essais, ne soit pas placé dans des conditions plus favorables que les conditions normales pour le fonctionnement mécanique (voir 6.101.2.2):

- a) longueur réduite d'isolement par rapport à la terre;
- b) distance réduite entre pôles;
- c) nombre réduit de modules.

Si des sources de chaleur sont exigées, elles doivent être en service.

Les alimentations en liquides ou en gaz nécessaires pour la manœuvre de l'interrupteur de contournement doivent être à la température de l'air ambiant à moins que la conception de l'interrupteur de contournement n'exige une source de chaleur pour ces alimentations.

Aucune opération de maintenance, de remplacement de pièces, de lubrification ou de réglage de l'interrupteur de contournement n'est autorisée pendant les essais.

NOTE Afin de déterminer les caractéristiques de température du matériel, le vieillissement, etc., des essais de plus longue durée que ceux spécifiés dans les paragraphes suivants peuvent être nécessaires.

During these operations, the operating characteristics (see 6.101.1.3) shall be recorded and evaluated. It is not necessary to publish all the oscillograms recorded. However, at least one oscillogram for each set of conditions given above shall be included in the test report.

In addition, the following checks and measurements shall be performed (see 10.2.102):

- measurements of characteristic operating fluid pressures and consumption during operations, if applicable;
- verification of the rated operating sequence;
- checks of certain specific operations, if applicable.

The variation between the mean values of each parameter measured before and after the extended mechanical endurance tests shall be within the tolerances given by the manufacturer.

- b) After each series of 2 000 operating sequences the operating characteristics a), b), c), d), e) and l) in 6.101.1.3 shall be recorded.
- c) After the total test programme the condition of the by-pass switch shall be in accordance with 6.101.1.4.

6.101.3 Low and high temperature tests

6.101.3.1 General

The two tests need not be performed in succession, and the order in which they are made is arbitrary. For class –10 °C outdoor by-pass switches, no low temperature test is required.

For single enclosure by-pass switches or multi-enclosure by-pass switches with a common operating device, three-pole tests shall be made. For multi-enclosure by-pass switches with independent poles, testing of one complete pole is permitted.

Owing to limitations of the test facilities, multi-enclosure type by-pass switches may be tested using one or more of the following alternatives, provided that the by-pass switch, in its testing arrangement, is not in a more favourable condition than the normal condition for mechanical operation (see 6.101.2.2):

- a) reduced length of phase-to-earth insulation;
- b) reduced pole spacing;
- c) reduced number of modules.

If heat sources are required, they shall be in operation.

Liquid or gas supplies for by-pass switch operation shall be at the test air temperature unless the by-pass switch design requires a heat source for these supplies.

No maintenance, replacement of parts, lubrication or readjustment of the by-pass switch is permissible during the tests.

NOTE In order to determine the material temperature characteristics, ageing, etc., tests of longer duration than those specified in the following subclauses may be necessary.

En variante des méthodes données dans cette norme, un constructeur peut établir la conformité aux conditions de fonctionnement pour une gamme existante d'interrupteurs de contournement en fournissant une documentation sur l'expérience satisfaisante de l'interrupteur de contournement sur le terrain, au moins en un lieu où les températures de l'air ambiant sont fréquemment égales ou supérieures à la température maximale de l'air ambiant spécifiée de 40 °C et au moins en un endroit avec une expérience satisfaisante sur le terrain avec une température ambiante minimale spécifiée en fonction de la classe de l'interrupteur de contournement (voir l'Article 2 de la CEI 60694).

6.101.3.2 Mesurage de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant de l'environnement proche d'essai doit être mesurée à mi-hauteur de l'interrupteur de contournement et à une distance de 1 m de celui-ci.

L'écart de température maximal sur la hauteur de l'interrupteur de contournement ne doit pas excéder 5 K.

6.101.3.3 Essai à basse température

Le schéma représentant les séquences d'essais et l'indication des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la Figure 4a.

Si l'essai à basse température est effectué immédiatement après l'essai à haute température, l'essai à basse température peut commencer après la fin du point u) de l'essai à haute température, en omettant les points a) et b) suivants.

- a) L'interrupteur de contournement en essai est réglé conformément aux instructions du constructeur.
- b) Les caractéristiques et les réglages de l'interrupteur de contournement doivent être consignés selon 6.101.1.3 et à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (le cas échéant) doit être effectué selon 6.8.
- c) Avec l'interrupteur de contournement en position ouverte, la température de l'air doit être abaissée à la température ambiante minimale appropriée (T_L), selon la classe de l'interrupteur de contournement comme indiquée en 2.1.1, 2.1.2 et 2.2.3 de la CEI 60694. L'interrupteur de contournement doit être maintenu en position ouverte pendant 24 h après stabilisation de la température ambiante à T_L .
- d) Pendant cette période de 24 h où l'interrupteur de contournement est en position ouverte à la température T_L , un essai d'étanchéité doit être effectué (le cas échéant). Une augmentation du taux de fuite est acceptable, à condition qu'il revienne à sa valeur initiale quand l'interrupteur de contournement est ramené à la température ambiante T_A et qu'il est thermiquement stable. L'augmentation temporaire du taux de fuite ne doit pas dépasser le taux de fuite temporaire admis du Tableau 12 de la CEI 60694.
- e) Après 24 h à la température T_L , l'interrupteur de contournement doit être fermé, puis de nouveau ouvert aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées de fermeture et d'ouverture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Si cela est possible, il faut enregistrer la vitesse des contacts.
- f) Le comportement à basse température de l'interrupteur de contournement et de ses systèmes d'alarme et de verrouillage doit être vérifié en interrompant l'alimentation de tous les dispositifs de chauffage, y compris les éléments de chauffage pour l'anti-condensation, pendant une durée t_x . Pendant cette période, le déclenchement d'une alarme est acceptable mais pas celui du verrouillage. A la fin de cette période t_x , un ordre de fermeture doit être donné aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de manœuvre. L'interrupteur de contournement doit alors se fermer. Le temps de fermeture doit être enregistré (et les caractéristiques du déplacement mécanique pendant la fermeture mesurées si cela est possible) afin d'évaluer la capacité de contournement.

As an alternative approach to the methods given in this standard, a manufacturer may establish compliance with performance requirements for an established by-pass switch family by documenting satisfactory by-pass switch field experience in at least one location with ambient air temperatures frequently at, or above, the specified maximum ambient air temperature of 40 °C, and at least one location with satisfactory field experience in specified minimum ambient air temperature, depending on the class of by-pass switch (see Clause 2 of IEC 60694).

6.101.3.2 Measurement of ambient air temperature

The ambient air temperature of the immediate test environment shall be measured at half the height of the by-pass switch and at a distance of 1 m from the by-pass switch.

The maximum temperature deviation over the height of the by-pass switch shall not exceed 5 K.

6.101.3.3 Low temperature test

The diagram of the test sequences and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 4a.

If the low temperature test is performed immediately after the high temperature test, the low temperature test can proceed after completion of item u) of the high temperature test. In this case items a) and b) are omitted.

- a) The test by-pass switch shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- b) Characteristics and settings of the by-pass switch shall be recorded in accordance with 6.101.1.3 and at an ambient air temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed according to 6.8.
- c) With the by-pass switch in the open position, the air temperature shall be decreased to the appropriate, minimum ambient air temperature (T_L), according to the class of the by-pass switch as given in 2.1.1, 2.1.2 and 2.2.3 of IEC 60694. The by-pass switch shall be kept in the open position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_L .
- d) During the 24 h period with the by-pass switch in the open position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the by-pass switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 12 of IEC 60694.
- e) After 24 h at temperature T_L , the by-pass switch shall be closed and opened at rated values of supply voltage and operating pressure. The closing time and the opening time shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity shall be recorded if feasible.
- f) The low temperature behaviour of the by-pass switch and its alarms and lock-out systems shall be verified by disconnecting the supply of all heating devices, including also the anti-condensation heating elements, for a duration t_x . During this interval, occurrence of the alarm is acceptable but lock-out is not. At the end of the interval t_x , a closing order, at rated values of supply voltage and operating pressure, shall be given. The by-pass switch shall then close. The closing time shall be recorded (and the mechanical travel characteristics measured, if feasible) to allow assessment of the by-passing capability.

Le constructeur doit indiquer la valeur de t_x (pas moins de 2 h) pendant lequel l'interrupteur de contournement peut encore fonctionner malgré l'absence de chauffage. En l'absence d'une telle déclaration, la valeur préférentielle doit être de 2 h.

- g) L'interrupteur de contournement doit être laissé en position de fermeture pendant 24 h.
- h) Pendant cette période de 24 h où l'interrupteur de contournement est en position fermée à la température T_L , un essai d'étanchéité doit être effectué (le cas échéant). Une augmentation du taux de fuite est acceptable, à condition qu'il revienne à sa valeur initiale quand l'interrupteur de contournement est ramené à la température ambiante T_A et qu'il est thermiquement stable. L'augmentation temporaire du taux de fuite ne doit pas dépasser le taux de fuite temporaire admis du Tableau 12 de la CEI 60694.
- i) À l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres d'ouverture et 50 manœuvres de fermeture doivent être effectuées aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, l'interrupteur de contournement étant maintenu à la température T_L . Un intervalle d'au moins 3 min doit être observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres d'ouverture et de fermeture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Si cela est possible, il faut enregistrer la vitesse des contacts. Après la première manœuvre d'ouverture (O) et la première manœuvre de fermeture (C), trois cycles de manœuvres OC (sans temporisation délibérée) doivent être effectués. Les manœuvres supplémentaires doivent être effectuées par des séquences de manœuvres $O - t_a - C - t_a$ (t_a est défini dans le Tableau 3).
- j) Après réalisation des 50 manœuvres d'ouverture et des 50 manœuvres de fermeture, la température de l'air doit être augmentée à la température de l'air ambiant T_A avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.
Pendant la période de variation de température, l'interrupteur de contournement doit être soumis à des séquences de manœuvres alternées $O - t_a - C - t_a - O$ et $C - t_a - O - t_a - C$ aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les séquences de manœuvres alternées doivent être effectuées à 30 min d'intervalle afin que l'interrupteur de contournement se trouve dans ses positions d'ouverture et de fermeture pendant ces périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.
- k) Après stabilisation thermique de l'interrupteur de contournement à la température de l'air ambiant T_A , il faut de nouveau vérifier les réglages de l'interrupteur de contournement, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité comme aux points a) et b), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

La fuite cumulée pendant la séquence complète de l'essai à basse température depuis le point b) jusqu'au point j) ne doit pas être telle que la pression de blocage soit atteinte (atteindre la pression d'alarme est autorisé).

6.101.3.4 Essai à haute température

Le schéma représentant la séquence d'essais et l'indication des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la Figure 4b.

Si l'essai à haute température est effectué immédiatement après l'essai à basse température, l'essai à haute température peut commencer après la fin du point j) de l'essai à basse température, en omettant les points l) et m) ci-dessous.

- l) L'interrupteur de contournement en essai est réglé conformément aux instructions du constructeur.
- m) Les caractéristiques et les réglages de l'interrupteur de contournement doivent être consignés selon 6.101.1.3 et à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (le cas échéant) doit être effectué selon 6.8.

The manufacturer shall state the value of t_x (not less than 2 h) up to which the by-pass switch is still operable without auxiliary power to the heaters. In the absence of such a statement, the preferred value shall be equal to 2 h.

- g) The by-pass switch shall be left in the closed position for 24 h.
- h) During the 24 h period with the by-pass switch in the closed position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the by-pass switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 12 of IEC 60694.
- i) At the end of the 24 h period, 50 opening and 50 closing operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the by-pass switch at temperature T_L . At least a 3 min interval shall be allowed for each cycle or sequence. The first opening and closing operation shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity shall be recorded, if feasible. Following the first opening operation (O) and the first closing operation (C) three OC operating cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing O – t_a – C – t_a operating sequences (t_a is defined in Table 3).
- j) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be increased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour.

During the temperature transition period, the by-pass switch shall be subjected to alternate O – t_a – C – t_a – O and C – t_a – O – t_a – C operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences shall be made at 30 min intervals so that the by-pass switch will be in open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.

- k) After the by-pass switch has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a re-check shall be made of the by-pass switch settings, operating characteristics and tightness as in items a) and b) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete low temperature test sequence from item b) to item j) shall not be such that lock-out pressure is reached (reaching alarm pressure is allowed).

6.101.3.4 High temperature test

The diagram of the test sequence and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 4b.

If the high temperature test is performed immediately after the low temperature test, the high temperature test can proceed after completion of item j) of the low temperature test. In this case, items l) and m) below are omitted.

- l) The test by-pass switch shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- m) Characteristics and settings of the by-pass switch shall be recorded in accordance with 6.101.1.3 and at an ambient air temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed according to 6.8.

- n) L'interrupteur de contournement étant en position d'ouverture, la température de l'air doit être augmentée à la valeur appropriée de la température d'air ambiant maximale (T_H), correspondant à la limite supérieure de la température d'air ambiant donnée dans 2.1.1, 2.1.2 et 2.2.3 de la CEI 60694. L'interrupteur de contournement doit être maintenu en position ouverte pendant 24 h après stabilisation de la température ambiante à T_H .

NOTE L'influence du rayonnement solaire n'est pas prise en considération.

- o) Pendant cette période de 24 h où l'interrupteur de contournement est en position ouverte à la température T_H , un essai d'étanchéité doit être effectué (le cas échéant). Une augmentation du taux de fuite est acceptable, à condition qu'il revienne à sa valeur initiale quand l'interrupteur de contournement est ramené à la température ambiante T_A et qu'il est thermiquement stable. L'augmentation temporaire du taux de fuite ne doit pas dépasser le taux de fuite temporaire admis du Tableau 12 de la CEI 60694.
- p) Après avoir été soumis pendant 24 h à la température T_H , l'interrupteur de contournement doit être fermé, puis de nouveau ouvert aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées de fermeture et d'ouverture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Si cela est possible, il faut enregistrer la vitesse des contacts.
- q) L'interrupteur de contournement doit être fermé et laissé en position de fermeture pendant 24 h à la température T_H .
- r) Pendant cette période de 24 h où l'interrupteur de contournement est en position de fermeture à la température T_H , un essai d'étanchéité doit être effectué (le cas échéant). Une augmentation du taux de fuite est acceptable, à condition qu'il revienne à sa valeur initiale quand l'interrupteur de contournement est ramené à la température ambiante T_A et qu'il est thermiquement stable. L'augmentation temporaire du taux de fuite ne doit pas dépasser le taux de fuite temporaire admis du Tableau 12 de la CEI 60694.
- s) À l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres d'ouverture et 50 manœuvres de fermeture doivent être effectuées aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, l'interrupteur de contournement étant maintenu à la température T_H . Un intervalle d'au moins 3 min doit être observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres d'ouverture et de fermeture sont enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Si cela est possible, il faut enregistrer la vitesse des contacts.

Après la première manœuvre d'ouverture (O) et la première manœuvre de fermeture (C), trois cycles de manœuvres OC (sans temporisation délibérée) doivent être effectués. Les manœuvres supplémentaires doivent être effectuées par des séquences de manœuvres $O - t_a - C - t_a$ (t_a est défini dans le Tableau 3).

- t) Après réalisation des 50 manœuvres d'ouverture et des 50 manœuvres de fermeture, la température de l'air doit être ramenée à la température de l'air ambiant T_A , avec une vitesse de variation d'environ 10 K/h.

Pendant la période de variation de température, l'interrupteur de contournement doit être soumis à des séquences de manœuvres alternées $O - t_a - C - t_a - O$ et $C - t_a - O - t_a - C$ aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les séquences de manœuvres alternées doivent être effectuées à 30 min d'intervalle afin que l'interrupteur de contournement se trouve dans ses positions de fermeture et d'ouverture pendant ces périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.

- u) Après stabilisation thermique de l'interrupteur de contournement à la température de l'air ambiant T_A , il faut de nouveau vérifier les réglages de l'interrupteur de contournement, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité comme aux points l) et m), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

La fuite cumulée pendant la séquence complète de l'essai à haute température depuis le point l) jusqu'au point u) ne doit pas être telle que la pression de blocage soit atteinte (atteindre la pression d'alarme est autorisé).

- n) With the by-pass switch in the open position, the air temperature shall be increased to the appropriate, maximum ambient air temperature (T_H), according to the upper limit of ambient air temperature as given in 2.1.1, 2.1.2 and 2.2.3 of IEC 60694. The by-pass switch shall be kept in the open position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_H .

NOTE The influence of solar radiation is not considered.

- o) During the 24 h period with the by-pass switch in the open position at the temperature T_H , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the by-pass switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 12 of IEC 60694.
- p) After 24 h at the temperature T_H , the by-pass switch shall be closed and opened at rated values of supply voltage and operating pressure. The closing time and the opening time shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity shall be recorded if feasible.
- q) The by-pass switch shall be closed and left closed for 24 h at the temperature T_H .
- r) During the 24 h period with the by-pass switch in the closed position at the temperature T_H , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the by-pass switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 12 of IEC 60694.
- s) At the end of the 24 h period, 50 opening and 50 closing operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the by-pass switch at the temperature T_H . An interval of at least 3 min shall be allowed for each cycle or sequence. The first opening and closing operation shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity shall be recorded if feasible.
- Following the first opening operation (O) and the first closing operation (C) three OC operation cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing O – t_a – C – t_a operating sequences (t_a is defined in Table 3).
- t) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be decreased to ambient air temperature T_A , at a rate of change of approximately 10 K/h.
- During the temperature transition period, the by-pass switch shall be subjected to alternate O – t_a – C – t_a – O and C – t_a – O – t_a – C operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences shall be made at 30 min intervals so that the by-pass switch will be in the closed and open positions for 30 min periods between the operating sequences.
- u) After the by-pass switch has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a re-check shall be made of the by-pass switch settings, operating characteristics and tightness as in items l) and m) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete high temperature test sequence from item l) to item u) shall not be such that lock-out pressure is reached (reaching alarm pressure is allowed).

6.101.4 Essai à l'humidité

L'essai à l'humidité ne s'applique pas aux interrupteurs de contournement.

6.101.5 Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace

L'essai dans des conditions sévères de formation de glace est applicable seulement aux interrupteurs de contournement ayant des parties mobiles externes et pour lesquels il a été spécifié une classe d'épaisseur de glace de 10 mm ou 20 mm. L'essai doit être effectué sous les conditions décrites dans la CEI 62271-102.

6.101.6 Essai avec efforts statiques sur les bornes

6.101.6.1 Généralités

L'essai avec efforts statiques sur les bornes est effectué pour démontrer que l'interrupteur de contournement fonctionne correctement quand des contraintes résultant de la glace, du vent et du raccordement des conducteurs lui sont appliquées.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais si le constructeur peut prouver par calculs que l'interrupteur de contournement peut supporter les contraintes.

La couche de glace et la pression de vent sur l'interrupteur de contournement doivent être conformes aux indications de 2.1.2 de la CEI 60694.

Quelques exemples d'efforts dus à des conducteurs flexibles et tubulaires raccordés (ne comprenant pas les efforts dus au vent ou à la glace ou les efforts dynamiques sur l'interrupteur de contournement lui-même) sont donnés à titre de guide dans le Tableau 4.

L'effort de traction dû aux conducteurs raccordés est supposé s'appliquer à l'extrémité de la borne de l'interrupteur de contournement.

Les efforts F_{shA} , F_{shB} et F_{sv} (voir Figure 5) résultant respectivement des actions simultanées de la glace, du vent et des conducteurs raccordés sont définis comme efforts statiques assignés sur les bornes.

6.101.6.2 Essais

Les essais doivent être effectués à la température de l'air ambiant du local d'essai.

Les essais doivent être réalisés sur au moins un pôle complet de l'interrupteur de contournement. Si le constructeur peut prouver qu'il n'y a pas d'interaction des forces entre les différentes colonnes d'un pôle, l'essai d'une seule colonne est suffisant. Pour les interrupteurs de contournement qui sont symétriques par rapport à l'axe vertical du centre du pôle, il suffit de soumettre une seule borne à l'essai d'effort statique assigné. Pour les interrupteurs de contournement qui ne sont pas symétriques, chaque borne doit être essayée.

Les essais doivent être effectués séparément, en premier lieu avec un effort horizontal, F_{shA} , appliqué dans l'axe longitudinal des bornes (direction A de la Figure 6), en second lieu avec un effort horizontal, F_{shB} , appliqué successivement dans deux directions orthogonales à l'axe longitudinal des bornes (directions B_1 et B_2 de la Figure 6), en troisième lieu avec un effort vertical, F_{sv} , appliqué successivement dans deux directions (directions C_1 et C_2 de la Figure 6). Pour éviter la nécessité d'appliquer un effort spécial représentant l'effort du vent qui agirait au centre de l'interrupteur de contournement, cet effort de vent peut être appliqué à la borne (voir Figure 5) et réduit en amplitude proportionnellement à l'augmentation du bras de levier (le moment de flexion à la partie la plus basse de l'interrupteur de contournement est, en principe, le même).

6.101.4 Humidity test

The humidity test does not apply to by-pass switches.

6.101.5 Test to prove the operation under severe ice conditions

The test under severe ice conditions is applicable only to by-pass switches having moving external parts and for which a class of 10 mm or 20 mm of ice thickness is specified. The test shall be performed under the conditions described in IEC 62271-102.

6.101.6 Static terminal load test

6.101.6.1 General

The static terminal load test is performed to demonstrate that the by-pass switch operates correctly when loaded by stresses resulting from ice, wind and connected conductors.

If the manufacturer, using calculations, can prove that the by-pass switch can withstand the stresses, tests need not be performed.

Ice coating and wind pressure on the by-pass switch shall be in accordance with 2.1.2 of IEC 60694.

Some examples of forces due to flexible and tubular connected conductors (not including wind or ice load or the dynamic loads on the by-pass switch itself) are given as a guide in Table 4.

The tensile force due to the connected conductors is assumed to act at the outermost end of the by-pass switch terminal.

For simultaneous action of ice, wind and connected conductors, the resultant terminal forces, F_{shA} , F_{shB} and F_{sv} respectively (see Figure 5) are defined as rated static terminal loads.

6.101.6.2 Tests

The tests shall be made at the ambient air temperature of the test room.

The tests shall be made on at least one complete pole of the by-pass switch. If the manufacturer can prove that there is no interaction between different columns in the pole, it is sufficient to test only one column. For by-pass switches that are symmetrical about the pole unit vertical centreline, only one terminal need be tested with the rated static terminal load. For by-pass switches which are not symmetrical, each terminal shall be tested.

Tests shall be made separately: firstly with a horizontal force, F_{shA} , applied in longitudinal axis of the terminal (direction A in Figure 6); secondly with a horizontal force, F_{shB} , applied in two directions successively at 90° from the longitudinal axis of the terminals (directions B₁ and B₂ in Figure 6); and, thirdly, with a vertical force, F_{sv} applied in two directions successively (directions C₁ and C₂ in Figure 6). To avoid the need to apply a special force representing the force of wind acting at the by-pass switch's centre of application of pressure, this wind load may be applied at the terminal (see Figure 5) and reduced in magnitude in proportion to the longer lever arm (the bending moment at the lowest part of the by-pass switch shall be the same).

Deux manœuvres doivent être effectuées pour chacun des cinq essais d'efforts sur les bornes.

Tableau 4 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques aux bornes

Gamme de tensions assignées par rapport à la terre U_{re} kV	Gamme de courants assignés I_r A	Effort statique horizontal F_{th}		Effort statique vertical (vers le haut ou vers le bas de l'axe vertical) F_{tv} N
		Longitudinal F_{thA} N	Transversal F_{thB} N	
52 – 72,5	800 – 1 250	500	400	500
52 – 72,5	1 600 – 2 500	750	500	750
100 – 170	1 250 – 2 000	1 000	750	750
100 – 170	2 500 – 4 000	1 250	750	1 000
245 – 362	1 600 – 4 000	1 250	1 000	1 250
420 – 800	2000 – 4 000	1 750	1 250	1 500

6.102 Dispositions diverses pour les essais de contournement et d'insertion

Les paragraphes suivants s'appliquent à tous les essais de contournement et d'insertion.

Lorsque applicable, avant le début des essais, le fabricant doit donner les valeurs des

- conditions minimales de fonctionnement du mécanisme d'entraînement garantissant la séquence de manœuvres assignée (par exemple, la pression minimale pour la manœuvre dans le cas d'un mécanisme de manœuvre hydraulique);
- conditions minimales de fonctionnement des dispositifs de coupure garantissant la séquence de manœuvres assignée (par exemple, la pression minimale pour le contournement et l'insertion dans le cas d'un interrupteur de contournement au gaz).

6.102.1 Généralités

Les interrupteurs de contournement doivent être capables de contourner tous les courants jusqu'au courant assigné de contournement inclus. Les interrupteurs de contournement doivent en outre être capables d'insérer tous les courants jusqu'au courant assigné d'insertion inclus.

Cela est démonté lorsque l'interrupteur de contournement est soumis aux essais spécifiques de courant de contournement et d'insertion mentionnés dans cette norme.

Les essais de courant de contournement et de courant d'insertion sont normalement effectués en monophasé sur un pôle complet, voir aussi 6.102.4.1.

L'essai de courant de contournement est normalement effectué avec une source d'énergie unique (batterie de condensateurs préchargée) alors que l'essai de courant d'insertion peut être effectué avec plusieurs sources lorsque la totalité du courant, ou la plus grande partie de celui-ci est obtenue d'une seule source et la tension de rétablissement est uniquement ou partiellement obtenue d'une source séparée (essais synthétiques).

Two operations shall be performed for each of the five terminal load tests.

Table 4 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test

Rated voltage range to earth U_{re} kV	Rated current range I_r A	Static horizontal force F_{th}		Static vertical force (vertical axis-upward and downward) F_{tv} N
		Longitudinal F_{thA} N	Transversal F_{thB} N	
52 – 72,5	800 – 1 250	500	400	500
52 – 72,5	1 600 – 2 500	750	500	750
100 – 170	1 250 – 2 000	1 000	750	750
100 – 170	2 500 – 4 000	1 250	750	1 000
245 – 362	1 600 – 4 000	1 250	1 000	1 250
420 – 800	2000 – 4 000	1 750	1 250	1 500

6.102 Miscellaneous provisions for by-pass making and insertion tests

The following subclauses are applicable to all by-pass making and insertion tests.

Where applicable, prior to the commencement of the tests, the manufacturer shall declare the values of

- minimum conditions of the operating mechanism guaranteeing the rated operating sequence (for example the minimum functional pressure for operation in case of a hydraulic operating mechanism),
- minimum conditions of the interrupting device guaranteeing the rated operating sequence (for example the minimum functional pressure for by-passing and insertion in case of a gas by-pass switch).

6.102.1 General

By-pass switches shall be capable of by-passing all currents up to and including the rated by-pass making current. In addition, by-pass switches shall be capable of inserting all currents up to and including the rated by-pass insertion current.

This is demonstrated when the by-pass switch is subjected to the particular by-pass making current and insertion current tests outlined in this standard.

By-pass making current and insertion current tests are normally performed in single-phase on a complete pole, see also 6.102.4.1.

The by-pass making current test is normally performed with a single power source (pre-charged capacitor bank) while the insertion current test may be performed with several sources where all of the current, or a major part of it, is obtained from one source and the recovery voltage is obtained only, or in part, from a separate source (synthetic tests).

Pendant les essais sur un interrupteur de contournement sous enveloppe métallique, l'isolation par rapport à la terre n'est pas exposée à la totalité de la tension entre phase et terre qui se produit pendant une manœuvre de contournement ou d'insertion. Il peut s'avérer nécessaire de prouver que l'isolation par rapport à la terre est capable de tenir la pleine tension après les séquences d'essai requises. Il faut également tenir compte de l'influence des gaz d'échappement.

NOTE Lorsque l'interrupteur de contournement est composé de trois pôles dans une même enveloppe, il convient de modifier la procédure d'essai comme suggéré dans la CEI 61633 pour la manœuvre de courant capacitif (cette publication sera supprimée et le contenu sera inclus en partie dans la prochaine révision de la CEI 62271-100 et de la CEI 62271-101).

Si, par suite des limitations des installations d'essais, les performances générales de l'interrupteur de contournement ne peuvent pas être vérifiées comme indiqué ci-dessus, plusieurs méthodes utilisant les méthodes d'essais directs ou synthétiques peuvent être employées seules ou combinées, essais sur élément, en fonction du type d'interrupteur de contournement.

6.102.2 Nombre de spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 60694 s'applique avec le complément suivant:

Pour réaliser les essais de courant de contournement et de courant d'insertion, il faut utiliser un seul spécimen d'essai et aucune opération de maintenance n'est autorisée entre les séquences d'essai.

6.102.3 Disposition de l'interrupteur de contournement pour les essais

6.102.3.1 Généralités

L'interrupteur de contournement à essayer doit être monté sur son propre support ou sur un support équivalent. Un interrupteur de contournement fourni comme partie intégrante d'une cellule doit être monté sur son propre support, dans la cellule complète comprenant les équipements de sectionnement et les événements faisant partie de la cellule et, lorsque cela est possible, les jeux de barres et les principales connexions.

Pour faciliter un contrôle cohérent de la manœuvre de fermeture et d'ouverture, les déclencheurs de fermeture et/ou d'ouverture peuvent être alimentés avec leur tension d'alimentation maximale sous réserve que la vitesse de contact ne soit pas affectée.

Si la vitesse de contact dépend de la tension d'alimentation, le dispositif de manœuvre doit être actionné dans les conditions spécifiées et, en particulier, si le mécanisme est à commande électrique ou à ressorts, le solénoïde de fermeture ou les déclencheurs shunt de fermeture et les déclencheurs shunt d'ouverture doivent être alimentés à leurs tensions minimales respectives garantissant une manœuvre réussie (85 % de la tension assignée en c.a., 70 % en c.c. pour le solénoïde de fermeture ou les déclencheurs shunts de fermeture, 85 % de la tension assignée pour les déclencheurs d'ouverture).

La procédure suivante s'applique lorsqu'il est nécessaire pour la manœuvre que les dispositifs à commande pneumatique ou hydraulique soient manœuvrés à la pression de fonctionnement minimale. Cette procédure se base sur le fait que les séquences d'essai de contournement et d'insertion exigent des manœuvres C et O séparées :

- a) avant les essais de contournement et de courant d'insertion, et partant de la pression minimale pour la manœuvre définie en 3.7.137, toutes les pressions durant la séquence de manœuvres assignée effectuée à vide doivent être enregistrées ;
- b) les valeurs enregistrées doivent être comparées avec les valeurs minimales déclarées par le fabricant pour les manœuvres séparées réussies C et O ;

During testing of a metal enclosed by-pass switch, the insulation to earth is not stressed with the full voltage phase-to-earth voltage occurring during a by-pass or insertion operation. It may be necessary to prove that the insulation to earth is capable of withstanding this full voltage after the required test duties. The influence of exhaust gases shall also be taken into account.

NOTE Where the by-pass switch consists of three poles in one enclosure, the test procedure should be modified as suggested in IEC 61633 for capacitive current switching (this publication will be withdrawn and the content will be included in parts in the next revisions of IEC 62271-100 and IEC 62271-101).

If, due to limitations of the testing facilities, the overall performance of the by-pass switch cannot be proved in the above way, several methods employing either direct or synthetic test methods may be used either singly or in combination, unit testing, depending on the by-pass switch type.

6.102.2 Number of test specimens

Subclause 6.1.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

For the performance of by-pass making current and insertion current tests, a unique test specimen shall be used without any maintenance permitted between the test duties.

6.102.3 Arrangement of by-pass switch for tests

6.102.3.1 General

The by-pass switch under test shall be mounted on its own support or on an equivalent support. A by-pass switch supplied as an integral part of an enclosed unit shall be assembled on its own supporting structure and enclosure, complete with any disconnecting features, with vent outlets forming part of the unit and, where practicable, with main connections and busbars.

To facilitate consistent control of the closing and opening operation, the closing and/or opening releases can be supplied at their maximum supply voltage, provided that the contact speed is not affected.

If the contact speed is dependent on the supply voltage, the operating device shall be operated in the manner specified and in particular, if it is electrically or spring operated, closing solenoid or shunt-closing releases and shunt opening releases shall be supplied at their respective minimum voltages guaranteeing successful operation (85 % of the rated voltage if a.c. 70 % if d.c. of the rated voltage for the closing solenoid or shunt closing releases, 85 % of the rated voltage for the opening releases).

When it is required that pneumatically or hydraulically operated devices be operated at the minimum functional pressure for operation the following procedure applies. This procedure is based on the fact that the by-pass making and insertion test duties call for separate C and O operations:

- a) before performing by-pass making current and insertion current tests and starting from the minimum functional pressure for operation as per 3.7.137, all the pressures during the rated operating sequence carried out at no-load shall be recorded;
- b) the recorded values shall be compared with the minimum values declared by the manufacturer as guaranteeing successful operations as separate C and O;

- c) si nécessaire, les essais doivent être réalisés à la pression pour la manœuvre ajustée à la valeur de fonctionnement minimale résultant de a) et b) ci-dessus, quelle que soit la plus basse, pour la manœuvre correspondante dans la séquence d'essais; les valeurs de pression doivent être indiquées dans le rapport d'essais.

Les dispositifs de verrouillage associés aux pressions doivent être rendus inopérants durant les essais s'ils interfèrent avec l'objectif de l'essai.

Il faut démontrer que l'interrupteur de contournement fonctionne correctement à vide lorsqu'il est manœuvré dans les conditions ci-dessus, tel que spécifié en 6.102.6. Si nécessaire, la pression du gaz comprimé utilisé pour le contournement, l'insertion et/ou l'isolement, s'il y a lieu, doit être ajustée à sa valeur de fonctionnement minimale telle que définie en 3.7.138.

L'interrupteur de contournement doit être essayé selon son type tel que spécifié en 6.102.3.2 et 6.102.3.3.

6.102.3.2 Type à enveloppe unique

Ne s'applique généralement pas aux interrupteurs de contournement, voir la note de 6.102.1.

6.102.3.3 Type à enveloppes multiples

Un interrupteur de contournement tripolaire constitué de trois appareils de connexions unipolaires indépendants est normalement essayé en monophasé conformément à 6.102.4.1. Le fabricant doit prouver par des essais la conformité à 5.101.

Un interrupteur de contournement tripolaire dont les appareils de connexion ne sont pas totalement indépendants doit lui aussi être essayé en monophasé. Les conditions mécaniques et électriques appliquées pendant les essais doivent cependant être équivalentes, ou sinon, dans une condition moins favorable, que celles pour l'interrupteur de contournement tripolaire complet sur la gamme d'essais du point de vue des

- caractéristiques de déplacement mécanique lors d'une manœuvre de contournement (pour la méthode d'évaluation, voir 6.102.4 et 6.102.7),
- caractéristiques de déplacement mécanique lors d'une manœuvre d'insertion (pour la méthode d'évaluation, voir 6.102.4 et 6.102.7),
- la disponibilité du fluide d'extinction,
- la puissance et la robustesse des dispositifs de fermeture et d'ouverture,
- la rigidité de la structure.

Si ces conditions ne peuvent pas être réunies, le constructeur et l'utilisateur doivent convenir d'une procédure d'essai appropriée.

6.102.4 Considérations générales concernant les méthodes d'essai

6.102.4.1 Essai monophasé d'un pôle unique d'un interrupteur de contournement tripolaire

Selon cette méthode, un pôle unique d'un interrupteur de contournement tripolaire est essayé en monophasé en lui appliquant les mêmes courants d'essai et la même tension que subirait le pôle le plus sollicité durant les essais triphasés de contournement et d'insertion par l'interrupteur de contournement tripolaire complet dans des conditions correspondantes.

Un interrupteur de contournement fonctionnant en tripolaire peut être soumis à un essai unipolaire sous réserve qu'un ensemble tripolaire soit fourni pour les essais.

- c) when required, tests shall be carried out at the pressure for operation set at the minimum functional value resulting from a) and b) above, whatever is the lower, for the corresponding operation in the test-duty; the pressure values shall be reported in the test report.

Interlocking devices associated with pressure interlocks shall be made inoperative during the tests, if they interfere with the intent of the test.

It shall be shown that the by-pass switch will operate satisfactorily under the above conditions at no-load as specified in 6.102.6. When required, the pressure of the compressed gas for by-passing, insertion and/or insulation, if any, shall be set at its minimum functional value according to 3.7.138.

The by-pass switch shall be tested according to its type as specified in 6.102.3.2 and 6.102.3.3.

6.102.3.2 Common enclosure type

Generally not applicable for by-pass switches, see note of 6.102.1.

6.102.3.3 Multi-enclosure type

A three-pole, by-pass switch consisting of three independent single-pole switching devices is normally tested single-phase according to 6.102.4.1. The manufacturer shall give testing evidence to show compliance with 5.101.

A three-pole by-pass switch not having completely independent switching devices shall also be tested single-phase. However, the mechanical and electrical conditions applied during the tests shall be equivalent to, or not in a more favourable condition than, the complete three-pole by-pass switch over the range of tests in respect of

- mechanical travel characteristics in a by-pass making current operation (for the evaluation method, see 6.102.4 and 6.102.7),
- mechanical travel characteristics in an insertion current operation (for the evaluation method, see 6.102.4 and 6.102.7),
- availability of arc-extinguishing medium,
- power and strength of closing and opening devices,
- rigidity of structure.

If these conditions cannot be fulfilled, the manufacturer and user shall agree upon a suitable test procedure.

6.102.4 General considerations concerning testing methods

6.102.4.1 Single-phase testing of a single pole of a three-pole by-pass switch

According to this method, a single-pole of a three-pole by-pass switch is tested single-phase, applying to the pole the same test currents and the same voltage that would be impressed upon the most highly stressed pole during three-phase by-pass making current and insertion current tests by the complete three-pole by-pass switch under corresponding conditions.

A three-pole operated by-pass switch can be tested single-pole provided that a three-pole assembly is provided for the tests.

6.102.4.2 Essai des éléments

Certains interrupteurs de contournement sont construits en montant en série des éléments de contournement et/ou d'insertion identiques, la répartition de la tension entre les éléments de chaque pôle étant souvent améliorée par l'utilisation d'impédances parallèles.

Ce type de construction permet de vérifier les caractéristiques de contournement et d'insertion d'un interrupteur de contournement en effectuant les essais sur un ou plusieurs éléments. Les exigences de 6.101.1.1, 6.102.3 et 6.102.4.1 s'appliquent aussi aux essais sur éléments séparés. Étant donné qu'il faut fournir au moins un pôle complet pour les essais de vérification sur un ou plusieurs éléments, les résultats des essais se rapportent seulement au type de pôle spécifique considéré.

Les situations suivantes peuvent être rencontrées:

- a) Le pôle de l'interrupteur de contournement est composé d'éléments (ou d'assemblage d'éléments) qui sont actionnés séparément et n'ont pas de liens communs en ce qui concerne le fluide extingueur de l'arc.

Dans ce cas, les essais par éléments séparés sont acceptables. Cependant, il convient que l'influence mutuelle des forces électrodynamiques du courant sur les éléments et sur l'arc à l'intérieur de ceux-ci soit considérée (voir Figure 11). Cela peut être effectué en remplaçant le deuxième élément par un conducteur de forme équivalente.

- b) Le pôle de l'interrupteur de contournement est composé d'éléments (ou d'assemblage d'éléments) qui sont actionnés séparément mais qui ont un lien commun en ce qui concerne le fluide extingueur de l'arc.

Dans ce cas, les essais par éléments séparés sont acceptables et il faut tenir compte de l'influence des forces électrodynamiques (voir aussi le point a) ci-dessus).

- c) Le pôle de l'interrupteur de contournement est composé d'éléments (ou d'assemblage d'éléments) qui ne sont pas manœuvrés séparément.

Dans ce cas, les essais par éléments séparés sont seulement acceptables pour la séquence d'essai de courant d'insertion. De plus, l'influence des forces électrodynamiques (voir aussi le point a) ci-dessus) doit être considérée.

La séquence d'essai de courant de contournement est généralement effectuée sur un pôle complet. Néanmoins, en raison des limites du laboratoire d'essai, les essais par éléments séparés peuvent également être acceptés si cela n'influence pas les caractéristiques de déplacement des contacts telles qu'elles sont indiquées dans 6.101.1.1.

NOTE Il convient que la méthode de démonstration fasse l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Les caractéristiques de déplacement mécanique à vide pour les essais sur l'élément séparé et pour les essais sur le pôle complet doivent être les mêmes.

Quand on effectue des essais sur éléments séparés, il est essentiel que ceux-ci soient identiques et que la répartition statique de la tension pour le type d'essai soit connue.

6.102.4.2.1 Nature identique des éléments

Les éléments de l'interrupteur de contournement doivent être identiques dans leur forme, leurs dimensions et leurs conditions de fonctionnement; seuls les dispositifs contrôlant la répartition de tension peuvent différer d'un élément à l'autre. En particulier, les conditions suivantes doivent être remplies.

6.102.4.2 Unit testing

Certain by-pass switches are constructed by assembling identical by-pass and/or insertion units in series, the voltage distribution between the units of each pole often being improved by the use of parallel impedances.

This type of design enables the by-pass making and insertion performance of a by-pass switch to be tested by carrying out tests on one or more units. The requirements of 6.101.1.1, 6.102.3 and 6.102.4.1 also apply for unit testing. Since therefore at least a complete pole assembly has to be made available for the verification tests on one or more units, the test results relate only to this specific pole design.

The following situations can be distinguished:

- a) The by-pass switch pole consists of units (or assemblies of units) which are separately operated and which have no mutual connections for the arc extinguishing medium.

In this case unit testing is acceptable. However, the mutual influence through the electrodynamic forces of the current on the units and the arc in the units shall be taken into account (see Figure 11). This may be done by substitution of the second unit by a conductor with equivalent shape.

- b) The by-pass switch pole consists of units (or assemblies of units) which are separately operated but which have a mutual connection for the arc extinguishing medium.

In this case, unit testing is acceptable and the influence of electrodynamic forces (see also item a) above) shall be covered.

- c) The by-pass switch pole consists of units (or assemblies of units) which are not separately operated.

In this case, unit testing is acceptable for the insertion current test-duty only. Moreover, the influence of electrodynamic forces (see also item a) above) shall be covered.

The by-pass making current test-duty is generally performed on a full pole. Nevertheless, because of test plant limitations, unit testing can be also acceptable if it is demonstrated that this is not influencing the contact travel characteristics as stated in 6.101.1.1.

NOTE The demonstration method should be agreed upon user and manufacturer.

The mechanical no-load travel characteristics for single-unit testing and for full-pole testing shall be the same.

When carrying out unit tests, it is essential that the units are identical and that the static voltage distribution for the type of test is known.

6.102.4.2.1 Identical nature of the units

The units of the by-pass switch shall be identical in their shape, in their dimensions and in their operating conditions; only the devices for controlling the voltage distribution among units may be different. In particular, the following conditions shall be fulfilled.

a) **Fonctionnement des contacts**

L'ouverture des contacts d'un pôle pour les essais de courant d'insertion, ou la fermeture des contacts d'un pôle pour les essais de courant de contournement, doivent être telles que l'intervalle de temps entre l'instant de l'ouverture ou de la fermeture des contacts de l'élément qui manœuvre le premier et de ceux de l'élément qui manœuvre le dernier ne soit pas supérieur à un huitième de période de la fréquence assignée. Il faut utiliser les pressions et tensions de commande assignées pour déterminer cet intervalle de temps.

b) **Alimentation en fluide d'extinction**

Dans le cas d'un interrupteur de contournement utilisant un fluide d'extinction provenant d'une source extérieure, l'alimentation de chaque élément doit être indépendante de l'alimentation des autres éléments et le positionnement des canalisations d'alimentation doit être tel que tous les éléments soient essentiellement alimentés ensemble et de manière identique.

6.102.4.2.2 Répartition de la tension

La tension d'essai est déterminée en analysant la répartition de tension entre les éléments du pôle.

La répartition de la tension entre les éléments d'un pôle, qui dépend de l'influence de la terre, doit être déterminée pour les conditions d'essais particulières.

Lorsque les éléments ne sont pas disposés de façon symétrique, la répartition de la tension doit être également déterminée en inversant les connexions.

La répartition de la tension est déterminée par des mesures ou par des calculs. Les valeurs utilisées dans les calculs doivent résulter de la mesure des capacités parasites de l'interrupteur de contournement. Ces calculs et mesures vérifiant les hypothèses utilisées dans les calculs incombent au constructeur.

La répartition de la tension peut être calculée ou mesurée à la fréquence industrielle uniquement.

On doit tenir compte des tolérances de fabrication des résistances et des condensateurs. Le constructeur doit indiquer la valeur de ces tolérances.

NOTE 1 L'influence de la pollution n'est pas prise en compte dans la détermination de la répartition de la tension. Dans certains cas, la pollution peut modifier cette répartition de la tension.

NOTE 2 Pour des conditions de service normales, une répartition de tension idéale est considérée. La répartition de tension a seulement besoin d'être calculée dans le cas de défauts phase-terre.

6.102.4.2.3 Conditions à remplir pour les essais sur éléments séparés

Lors d'essais sur un seul élément, la tension d'essai doit être la tension de l'élément le plus sollicité du pôle complet de l'interrupteur de contournement, déterminée conformément à 6.102.4.2.2.

Lors des essais d'un groupe d'éléments, la tension apparaissant aux bornes de l'élément le plus sollicité du groupe doit être égale à celle de l'élément le plus sollicité du pôle, les deux étant déterminées conformément à 6.102.4.2.2.

6.102.4.3 Essais en plusieurs parties

Les essais en plusieurs parties ne s'appliquent pas aux interrupteurs de contournement.

a) Operation of contacts

The opening, in insertion current tests, or the closing, in by-pass making current tests, of the contacts of one pole shall be such that the time interval between the opening or closing of the contacts of the unit which is first to operate and the contacts of the unit which is last to operate is not more than one-eighth of a cycle of rated frequency. Rated operating pressures and voltages shall be used to determine this time interval.

b) Supply of the arc-extinguishing medium

For a by-pass switch using a supply of arc-extinguishing medium from a source external to the units, the supply to each unit shall, be independent of the supply to the other units, and the arrangement of the supply pipes shall be such as to ensure that all units are fed essentially together and in an identical manner.

6.102.4.2.2 Voltage distribution

The test voltage is determined by analysing the voltage distribution between the units of the pole.

The voltage distribution between units of a pole, as affected by the influence of earth, shall be determined for the relevant test conditions.

Where the units are not symmetrically arranged, the voltage distribution shall be determined also with reverse connections.

The voltage distribution is determined either by measurement or by calculations. Values used in the calculations shall be supported by measurements of the stray capacitances of the by-pass switch. Such calculations and supporting measurements verifying the assumptions used in the calculations are the responsibility of the manufacturer.

The voltage distribution may be calculated or measured at power frequency only.

The manufacturing tolerances for resistors and capacitors shall be taken into account. The manufacturer shall state the value of these tolerances.

NOTE 1 The influence of pollution is not considered in determining voltage distribution. In some cases, pollution may affect this voltage distribution.

NOTE 2 Under normal service conditions, an ideal voltage distribution is assumed. The voltage distribution needs to be calculated only in case of phase-to-ground faults.

6.102.4.2.3 Requirements for unit testing

When testing a single unit, the test voltage shall be the voltage of the most highly stressed unit of the complete pole of the by-pass switch, determined in accordance with 6.102.4.2.2.

When testing a group of units, the voltage appearing at the terminals of the most highly stressed unit of the group shall be equal to the voltage of the most highly stressed unit of the pole, both determined in accordance with 6.102.4.2.2.

6.102.4.3 Multi-part testing

Multi-part testing is not applicable to by-pass switches.

6.102.5 Essais synthétiques

Les méthodes d'essai synthétique peuvent être appliquées aux essais de courant d'insertion. Les techniques et les méthodes d'essai synthétique proposées pour la manoeuvre de courant capacitif, telles que décrites dans la CEI 60427, peuvent être utilisées comme référence.

6.102.6 Manœuvres à vide avant les essais

Avant d'entreprendre les essais de courant de contournement et de courant d'insertion, il faut effectuer des manœuvres à vide et séquences de manœuvres à vide (C, OC et C – t – OC) et les caractéristiques de fonctionnement détaillées de l'interrupteur de contournement doivent être enregistrées. Il faut enregistrer des détails tels que la durée de fermeture et la durée d'ouverture.

De plus, il doit être démontré que le comportement mécanique de l'interrupteur de contournement ou du spécimen en essai est conforme aux caractéristiques de déplacement mécanique de référence demandées en 6.101.1.1. Pour cet essai, les conditions fonctionnelles données en 6.101.1.1 s'appliquent.

La pression du fluide servant au contournement et à l'insertion doit être réglée à sa valeur minimale telle que définie en 3.7.138.

Dans le cas des interrupteurs de contournement à commande électrique ou par ressort, les manœuvres doivent être réalisées en alimentant le solénoïde de fermeture ou les déclencheurs shunt de fermeture à 100 % et à 85 % de la tension d'alimentation assignée du dispositif de fermeture dans le cas du courant alternatif, ou à 70 % dans le cas du courant continu, et le ou les déclencheurs shunt d'ouverture à 100 % et 85 % de la tension d'alimentation assignée.

Dans le cas des dispositifs de manoeuvre à commande pneumatique ou hydraulique, les manœuvres doivent être réalisées sous les conditions suivantes:

- a) à la pression du fluide pour la manoeuvre ajustée à sa valeur minimale telle que définie en 3.7.137 avec les déclencheurs shunt d'ouverture alimentés à 85 % et avec les déclencheurs shunt de fermeture alimentés à 85 % de la tension d'alimentation assignée dans le cas du courant alternatif ou à 70 % dans le cas du courant continu;
- b) à la pression du fluide pour la manoeuvre ajustée à sa valeur de pression nominale telle que définie en 4.10 avec les déclencheurs shunt alimentés à la tension d'alimentation assignée.

6.102.7 Mécanismes de manoeuvre différents

Si l'interrupteur de contournement est destiné à être utilisé avec différents types de mécanismes de manoeuvre, une série séparée de séquences d'essais de courant de contournement et de courant d'insertion doit être effectuée pour chaque type de mécanisme, à moins qu'il ne soit montré que le changement de mécanisme n'affecte pas les performances de la partie commune, particulièrement en ce qui concerne les caractéristiques de fermeture et d'ouverture de l'interrupteur de contournement.

Il n'est pas nécessaire de répéter les séquences d'essai si cela peut être démontré de manière satisfaisante.

La démonstration de l'équivalence d'un mécanisme de manoeuvre différent doit être effectuée en réalisant l'essai de vérification suivant.

6.102.5 Synthetic tests

Synthetic testing methods can be applied for insertion current tests. Synthetic testing techniques and methods proposed for capacitive current switching as described in IEC 60427 can be used as a reference.

6.102.6 No-load operations before tests

Before commencing by-pass making current and insertion current tests, no-load operations and no-load operating sequences (C, OC and C – t – OC) shall be made and details of the operating characteristics of the by-pass switch recorded. Details such as closing time and opening time shall be recorded.

In addition, it shall be demonstrated that the mechanical behaviour of the by-pass switch, or sample under test, conforms to that of the reference mechanical travel characteristics required in 6.101.1.1. For this test the operational conditions stated in 6.101.1.1 apply.

The pressure of the fluid for by-passing and insertion shall be set at its minimum functional value according to 3.7.138.

For electrically or spring-operated by-pass switches, operations shall be made with the closing solenoid or shunt-closing releases energized at 100 % and 85 % in the case of a.c. or 70 % in the case of d.c. of the rated supply voltage of the closing device and with the shunt-opening release(s) energized at 100 % and 85 % of the rated supply voltage.

For pneumatic or hydraulic operating devices, the operations shall be made under the following conditions:

- a) pressure of the fluid for operation set at its minimum functional value as per 3.7.137 with the shunt opening releases energized at 85 % and with the shunt closing releases energized at 85 % in case of a.c., 70 % in case of d.c. of the rated supply voltage.
- b) pressure of the fluid for operation set at its rated value as per 4.10 with the shunt releases energized at the rated supply voltage.

6.102.7 Alternative operating mechanisms

If the by-pass switch is designed for use with alternative operating mechanisms, a separate series of by-pass making current and insertion current test duties shall be made for each type of mechanism, unless it can be shown that the change of mechanism does not affect the performance of the common portion, particularly with regard to the closing and opening characteristics of the by-pass switch.

If this can be satisfactorily shown, the test duties do not need to be repeated.

Evidence of the equivalence of an alternative operating mechanism shall be produced by use of the following verification test.

- a) Sur chaque interrupteur de contournement (avec le mécanisme de manœuvre original et avec le mécanisme de manœuvre différent), un cycle de manœuvres d'ouverture-fermeture à vide doit être effectué. Pour chacun des deux essais, la courbe de déplacement des contacts doit être enregistrée. La courbe de déplacement des contacts obtenue durant l'essai avec le mécanisme d'origine doit être utilisée comme référence (voir Figure 7). Les courbes obtenues avec le mécanisme de manœuvre différent durant l'ouverture et la fermeture doivent être situées entre les deux enveloppes telles que décrites en 6.101.1.1, respectivement entre l'instant de la séparation des contacts et la fin de la course des contacts et entre le début de la course des contacts et l'entrée en contact des contacts.
- b) Il faut effectuer une manœuvre d'établissement du courant de contournement sur chacun des interrupteurs de contournement. Les résultats de l'essai doivent être évalués selon la méthode décrite sous a) ci-dessus.

6.102.8 Comportement de l'interrupteur de contournement pendant les essais

Pendant les essais de contournement et d'insertion, l'interrupteur de contournement ne doit pas

- présenter de signes de fatigue,
- nuire aux équipements adjacents du laboratoire,
- montrer un comportement qui pourrait mettre en danger un opérateur.

Pour les interrupteurs de contournement conçus pour laisser s'échapper le fluide extincteur dans l'atmosphère durant les essais de contournement et d'insertion, les exigences décrites ci-dessus sont considérées comme remplies à condition que

- pour les interrupteurs de contournement à huile, il n'y a pas d'émission extérieure de flammes et les gaz produits, ainsi que l'huile entraînée par ces gaz, doivent être canalisés hors de l'interrupteur de contournement et dirigés loin des conducteurs sous tension et des emplacements où des personnes peuvent se trouver,
- pour les autres types d'interrupteurs de contournement, tels qu'à air comprimé ou à isolation dans l'air, il y a des émissions extérieures de flammes, de gaz et/ou de particules métalliques. Si ces émissions sont appréciables, on peut demander que les essais soient effectués avec des écrans métalliques placés au voisinage des parties sous tension et séparées de ces dernières par une distance de sécurité spécifiée par le constructeur. Les écrans doivent être isolés de la terre, mais y sont reliés par un dispositif convenable permettant de détecter tout passage d'un courant de fuite significatif à la terre. Il ne doit pas avoir de courant de fuite significatif dans la structure métallique de l'interrupteur de contournement ou dans les écrans si l'appareil en est muni lors des essais.

NOTE S'il n'y a pas d'autres dispositifs disponibles, il convient que les parties mises à la terre, etc., soient raccordées à la terre au travers d'un fusible consistant en un fil de cuivre de 0,1 mm de diamètre et d'une longueur de 5 cm. Aucun courant de fuite significatif n'est supposé avoir eu lieu si le fil fusible est intact après les essais.

Si des échecs surviennent sans être persistants ou causés par un défaut de conception mais plutôt par des erreurs d'assemblage, les déficiences peuvent être corrigées et toutes les séquences d'essai doivent être répétées sur le même interrupteur de contournement. Dans ces cas, le rapport d'essai doit mentionner les essais invalides.

6.102.9 État de l'interrupteur de contournement après les essais

6.102.9.1 Généralités

L'interrupteur de contournement doit être examiné après l'achèvement de toutes les séquences d'essai. Ses parties mécaniques et ses isolateurs doivent être pratiquement dans le même état qu'avant les séquences d'essais. Un contrôle visuel suffit en général à la vérification des propriétés d'isolation. En cas de doute, l'essai de contrôle de l'état conformément à 6.2.11 suffit à démontrer les propriétés d'isolation.

- a) On each of the by-pass switches (with an original operating mechanism and with an alternative operating mechanism) a no-load, open-close operation shall be performed. For each of the tests, the course of the contact stroke shall be recorded. The course of the contact stroke during the test with the original mechanism shall be used as the reference (see Figure 7). The curves obtained during opening and closing with the alternative operating mechanism shall be within the two envelope curves as described in 6.101.1.1 from the instant of contact separation to the end the contact travel and from the start of contact travel to contact touch, respectively.
- b) On each of the by-pass switches a by-pass making current operation shall be performed. The test results shall be evaluated according to the method prescribed under a) above.

6.102.8 Behaviour of by-pass switch during tests

During by-pass and insertion tests, the by-pass switch shall not

- show signs of distress,
- show harmful interaction with adjacent laboratory equipment,
- exhibit behaviour which could endanger an operator.

For by-pass switches which are designed to have discharge of interrupting medium into the atmosphere during the by-passing and insertion tests, the above requirements are considered to have been met, provided that

- for oil by-pass switches, there is no outward emission of flame, and the gases produced, together with the oil carried with the gases, shall be conducted from the by-pass switch and directed away from all live conductors and locations where persons may be present,
- for other types of by-pass switches, such as air blast or air break, there is an outward emission of flame, gas and/or metallic particles. If such emissions are appreciable it may be required that the tests shall be made with metallic screens placed in the vicinity of the live parts and separated from them by a safety clearance distance which the manufacturer shall specify. The screens shall be insulated from earth but connected thereto by a suitable device to indicate any significant leakage current to earth. There shall be no indication of significant leakage currents to the by-pass switch earthed structure, or screens when fitted, during the tests.

NOTE If no other devices are available, the earthed parts, etc. should be connected to earth through a fuse consisting of a copper wire of 0.1 mm diameter and 5 cm long. No significant leakage is assumed to have occurred if this fuse wire is intact after the test.

If faults occur which are not persistent or due to defect in design, but rather are due to errors in assembly, the faults can be rectified and the by-pass switch subjected to a repetition of all test duties. In those cases, the test report shall include reference to the invalid tests.

6.102.9 Condition of by-pass switch after tests

6.102.9.1 General

The by-pass switch shall be inspected after completion of all test duties. Its mechanical parts and insulators shall be in essentially the same condition as before the test duties. Visual inspection is usually sufficient for verification of the insulating properties. In case of doubt, the condition checking test according to 6.2.11 is sufficient to prove the insulation properties.

Pour les interrupteurs de contournement comportant des éléments scellés à vie, l'essai de contrôle de l'état est obligatoire sauf dans les conditions indiquées en 6.102.9.2.

6.102.9.2 État après les séquences d'essai de courant d'établissement du courant de contournement et d'insertion

Après avoir réalisé les séquences d'essai d'établissement du courant de contournement et de courant d'insertion spécifiées en 6.105 et 6.106, l'interrupteur de contournement doit être capable de fonctionner de manière satisfaisante pour l'établissement de tous courants de contournement et courant d'insertion jusqu'à ses courants assignés de contournement et d'insertion.

En outre, l'interrupteur de contournement doit être capable de conduire son courant assigné en service continu avec un échauffement ne dépassant pas l'échauffement autorisé par le Tableau 3 de la CEI 60694. Aucune trace de perforation, de contournement ou de cheminement ne doit être observée sur les matériaux isolants internes. Seule une usure modérée des pièces des dispositifs de contrôle d'arc exposées aux arcs est autorisée.

La dégradation des composants du circuit principal de courant ne doit pas réduire l'intégrité dudit circuit.

Si un réamorçage se produit au cours des essais de courant d'insertion, l'essai de contrôle de l'état diélectrique conformément à 6.2.11 doit être effectué avant le contrôle visuel, à condition que la tension transitoire de rétablissement crête appliquée pendant les essais de courant d'insertion soit inférieure à la tension crête de l'essai de contrôle de l'état diélectrique spécifié. Le contrôle visuel subséquent doit ensuite démontrer que le réamorçage s'est produit uniquement sur les contacts d'arc. Aucune détérioration telle que perforation ou traces permanentes d'arc ne doit être observée sur les matériaux isolants internes. L'usure des parties des dispositifs de contrôle d'arc est permise si elle n'affecte pas l'intégrité de la capacité de contournement et d'insertion. En outre, l'examen de l'intervalle isolant entre les contacts principaux, s'ils sont différents des contacts d'arc, ne doit révéler aucune trace de réamorçage.

Si aucun réamorçage ne s'est produit pendant les essais de courant d'insertion, le contrôle visuel suffit. L'essai de contrôle de l'état diélectrique conformément à 6.2.11 n'est pas nécessaire.

Pour les interrupteurs de contournement à éléments de contournement scellés à vie, l'essai de contrôle de l'état diélectrique conformément à 6.2.11 doit être effectué, qu'un réamorçage se soit produit ou non au cours de l'essai, à condition que la tension transitoire de crête de rétablissement appliquée pendant les essais de courant d'insertion soit inférieure à la tension de crête de l'essai de contrôle de l'état diélectrique.

6.102.9.3 Reconditionnement après une séquence d'essais

L'interrupteur de contournement ne doit pas être reconditionné pendant et entre les séquences d'essais d'établissement du courant de contournement et de courant d'insertion.

Si les règles de sécurité locales exigent la dépressurisation pour pouvoir avoir accès à la cellule d'essais, il est alors permis de diminuer la pression dans l'interrupteur de contournement à condition que le même gaz soit réutilisé lors du remplissage suivant de l'interrupteur de contournement.

For by-pass switches with sealed-for-life units, the condition checking test is mandatory, except as stated in 6.102.9.2.

6.102.9.2 Condition after the by-pass current making and insertion test duties

The by-pass switch shall, after performing the by-pass making current and insertion current test duties specified in 6.105 and 6.106 be capable of operating satisfactorily at any by-pass making current and insertion current up to its rated by-pass making current and insertion current.

In addition the by-pass switch shall be capable of carrying its rated normal current with a temperature rise not in excess of the temperature rise permitted by Table 3 of IEC 60694. There shall be no evidence of puncture, flashover or tracking of the internal insulating materials, except that moderate wear of the parts of arc control devices exposed to the arc is permissible.

Degradation of the components in the current carrying path shall not reduce the integrity of the normal current carrying path.

If, during the insertion current tests, one restrike occurred, the dielectric condition checking test according to 6.2.11 shall be performed before visual inspection, provided that the tested peak transient recovery voltage during the insertion current tests is lower than the peak voltage of the specified dielectric condition checking test. The subsequent visual inspection shall demonstrate that the restrike occurred between the arcing contacts only. There shall be no evidence of puncture, flashover or permanent tracking of internal insulating materials. Wear of the parts of arc control devices exposed to the arc is permissible as long as it does not impair the by-pass making and insertion capability. Moreover, the inspection of the insulating gap between the main contacts, if they are different from the arcing contacts, shall not show any trace of a restrike.

If no restrike occurred during the insertion current tests visual inspection is sufficient. The dielectric condition checking test according to 6.2.11 is not necessary.

For by-pass switches with sealed-for-life by-pass units, the dielectric condition checking test according to 6.2.11 shall be performed, whether a restrike occurs during testing or not, provided that the tested peak transient recovery voltage during the insertion current tests is lower than the peak voltage of the specified dielectric condition checking test.

6.102.9.3 Reconditioning after a test-duty

The by-pass switch shall not be reconditioned during and in between the by-pass making current and insertion current test duties.

If local safety rules require depressurising to enter the test cell, it is allowed to decrease the pressure in the by-pass switch provided that the gas is reused when refilling the by-pass switch.

6.103 Essais non valables

Dans le cas d'essais non valables, il peut devenir nécessaire d'effectuer un nombre d'essais supérieur à celui qu'exige cette norme. Un essai non valable est un essai au cours duquel au moins un paramètre d'essai spécifié par la norme n'est pas atteint. Cela comprend, par exemple, les courants, les tensions, les temps, de même que les exigences sur l'onde (si spécifié) et les particularités complémentaires des essais synthétiques comme la manœuvre correcte de l'interrupteur de contournement auxiliaire et le temps d'injection correct.

Tout écart par rapport à la présente norme peut rendre l'essai plus ou moins sévère. Quatre cas différents sont envisagés dans le Tableau 5.

La partie non valable d'une séquence d'essais peut être répétée sans reconditionnement de l'interrupteur de contournement. En cas de défaillance de l'interrupteur de contournement au cours de cet essai supplémentaire, l'interrupteur de contournement peut être reconditionné et la séquence d'essais complète répétée. Dans ces cas, le rapport d'essai doit comprendre la référence à l'essai non valable.

Si l'enregistrement d'une manœuvre ne peut pas être produit pour des raisons techniques, cette manœuvre est considérée comme valable dans la mesure où il peut être démontré que l'interrupteur de contournement n'a pas été en défaut et que les valeurs d'essai spécifiées étaient conformes.

Tableau 5 – Essais non valables

Conditions d'essais par rapport à la norme	Interrupteur de contournement	
	Réussit	Échoue
Plus sévère	Essai valable, résultat accepté	Essai à refaire avec les paramètres corrects Modification de la conception de l'interrupteur de contournement non nécessaire
Moins sévère	Essai à refaire avec les paramètres corrects Modification de la conception de l'interrupteur de contournement non nécessaire	L'interrupteur de contournement a échoué à l'essai. Une modification de la conception de l'interrupteur de contournement est nécessaire pour améliorer la capacité d'établissement du courant de contournement et d'insertion. Essai à refaire avec l'interrupteur de contournement modifié

6.104 Séquence des essais

La séquence d'essai d'établissement du courant de contournement et la séquence d'essai de courant d'insertion doivent être réalisées dans l'ordre suivant:

- la moitié des manœuvres d'établissement requises aux pressions fonctionnelles minimales pour la manœuvre et/ou le contournement, l'insertion et l'isolement;
Ces manœuvres d'établissement comprennent deux des manœuvres d'établissement au courant assigné de contournement et 10 manœuvres d'établissement au courant de décharge de la batterie de condensateurs.
- la moitié des manœuvres d'insertion requises aux pressions fonctionnelles minimales pour la manœuvre et/ou le contournement, l'insertion et l'isolement;
- la moitié des manœuvres d'établissement requises aux pressions fonctionnelles assignées pour la manœuvre et/ou le contournement, l'insertion et l'isolement;
Ces manœuvres d'établissement comprennent deux des manœuvres d'établissement au courant assigné de contournement et 10 manœuvres d'établissement au courant de décharge de la batterie de condensateurs.

6.103 Invalid tests

In the case of an invalid test, it may become necessary to perform a greater number of tests than are required by this standard. An invalid test is one where one or more of the test parameters demanded by the standard are not met. This includes, for example, current, voltage and time factors as well as point-on-wave requirements (if specified) and the additional features in synthetic testing such as correct auxiliary switching device operation and correct injection time.

Any deviation from this standard could make the test less or more severe. Four different cases are considered in Table 5.

The invalid part of the test-duty may be repeated without reconditioning of the by-pass switch. However, in the case of a failure of the by-pass switch during such additional tests, or at the discretion of the manufacturer, the by-pass switch may be reconditioned and the complete test duties repeated. In such cases the test report shall include reference to the invalid test.

If any record of an individual operation cannot be produced for technical reasons, this individual operation is not considered invalid, provided that evidence can be given in another manner that the by-pass switch did not fail and the required testing values were fulfilled.

Table 5 – Invalid tests

Test conditions related to standard	By-pass switch	
	Passes	Fails
More severe	Test valid, result accepted	Test to be repeated with correct parameters. Modification of the design of the by-pass switch not required
Less severe	Test to be repeated with correct parameters Modification of the design of the by-pass switch not required	By-pass switch failed the test. Modification of the design of the by-pass switch required, aiming for improvement of the by-pass making and insertion capability. Tests to be re-started on the modified by-pass switch

6.104 Sequence of the tests

The by-pass making current test-duty and the insertion current test-duty shall be performed in the following order:

- half of the required making operations at minimum functional pressures for operation and/or by-passing, insertion and insulation;
These making operations are including two of the making operations at rated by-pass making current and 10 making operations at capacitor bank discharge current.
- half of the required insertion operations at minimum functional pressures for operation and/or by-passing, insertion and insulation;
- half of the required making operations at rated functional pressures for operation and/or by-passing, insertion and insulation;

These making operations include two of the making operations at rated by-pass making current and 10 making operations at capacitor bank discharge current.

- d) la moitié des manœuvres d'insertion requises aux pressions fonctionnelles assignées pour la manœuvre et/ou le contournement, l'insertion et l'isolement.

Aucune opération de maintenance n'est autorisée entre les séquences d'essais.

Si l'interrupteur de contournement possède un arrangement asymétrique des pièces de passage du courant, les connexions des bornes doivent être inversées pendant la moitié du nombre requis de manœuvres. Il convient que cette inversion soit effectuée entre les séries d'essais devant être réalisées aux pressions fonctionnelles minimales et les séries d'essais aux pressions fonctionnelles assignées (entre les séries d'essais b) et c) ci-dessus).

NOTE 1 Il est aussi acceptable de réaliser les essais dans l'ordre a), c), b), d). Cette procédure nécessite plus d'opérations de traitement du gaz et plus d'inversions des bornes. Il convient de ne pas l'effectuer sans l'accord du constructeur.

NOTE 2 Il est également acceptable de réaliser tous les essais aux pressions fonctionnelles minimales pour la manœuvre et/ou le contournement, l'insertion et l'isolement. Il convient de ne pas l'effectuer sans l'accord du constructeur.

6.105 Séquence d'essais d'établissement du courant de contournement

6.105.1 Généralités

Cette séquence d'essais est valable pour les deux fréquences assignées, c'est-à-dire pour les réseaux à 50 Hz et à 60 Hz.

6.105.2 Caractéristiques du circuit d'alimentation

Il est recommandé d'utiliser un circuit oscillant (circuit LC, voir Figures 12 et 13). Le circuit d'essais doit remplir les exigences suivantes:

- Les caractéristiques du circuit d'essais doivent être telles que la tension instantanée appliquée, juste avant la manœuvre d'établissement, soit égale à la tension de crête de limitation du dispositif de protection contre les surtensions (U_{PL}). La tension appliquée peut être une tension continue.
- Les composants du circuit oscillant (inductance série et batterie de condensateurs préchargés) doivent être choisis de manière à obtenir le courant de contournement requis (première crête, I_{BP}) à la fréquence du courant de contournement assigné (f_{BP}).

NOTE 1 Les performances relatives à l'établissement du contournement sont couvertes lorsque courant de crête de contournement est égal ou inférieur à la valeur utilisée durant la séquence d'essai. Cette règle d'équivalence n'est considérée valide que si la fréquence du courant de contournement f_{BP} est égale ou inférieure à 130 % de la valeur utilisée pendant les essais de type.

- Le taux d'amortissement du courant de contournement (courant sinusoïdal à décroissance exponentielle) peut être réglé en fonction du taux d'amortissement en service normal en insérant une résistance supplémentaire dans le circuit oscillant. Le taux d'amortissement est défini comme étant le rapport entre la deuxième crête et la première crête de même polarité du courant de contournement.

Le taux d'amortissement obtenu pendant les essais doit être indiqué dans le rapport d'essai.

Pour qu'une séquence d'essais pour une installation spécifique de condensateur série soit valide, le taux d'amortissement obtenu pendant les essais doit être égal ou supérieur au taux d'amortissement réel sur le site.

NOTE 2 Un essai effectué sans amortissement intentionnel couvre automatiquement les applications où une résistance d'amortissement est utilisée et où les conditions indiquées dans la Note 1 ci-dessus et en 4.102 sont remplies. Il est généralement impossible d'assigner des caractéristiques d'amortissement spécifiques, car celles-ci sont propres aux paramètres de chaque projet. L'Annexe D contient des exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement.

NOTE 3 Le fait que le taux d'amortissement ne soit pas atteint peut être compensé par un courant d'essai d'établissement de contournement plus élevé sous réserve que l'énergie de l'arc pendant la période de préarc soit égale ou supérieure à l'énergie de préarc requise par les paramètres d'essai applicables.

- d) half of the required insertion operations at rated functional pressures for operation and/or by-passing, insertion and insulation.

Maintenance is not permitted between the test duties.

If the by-pass switch has a non-symmetrical current path, the terminal connections shall be reversed for half of the number of required operations. This reversal should be carried out inbetween the test series required at minimum functional pressures and the test series required at rated functional pressures (between test series b) and c) above).

NOTE 1 It is also acceptable to perform the tests in the order a), c), b), d). This procedure requires more gas treatment operations and more terminal reversals. This should not be done without the consent of the manufacturer.

NOTE 2 It is also acceptable to perform all tests at minimum functional pressures for operation and/or by-passing, insertion and insulation. This should not be done without the consent of the manufacturer.

6.105 By-pass making current test-duty

6.105.1 General

This test-duty is valid for both rated frequencies i.e. for 50 Hz or 60 Hz systems.

6.105.2 Characteristics of supply circuit

It is recommended to use an oscillatory circuit (LC circuit, see Figures 12 and 13). The test circuit shall fulfil the following requirements:

- The characteristics of the test circuit shall be such that the instantaneous applied voltage, just before the making operation, be equal to the limiting peak voltage of the overvoltage protector (U_{PL}). A d.c. voltage can be applied.
- The components of the oscillatory circuit (series inductance and precharged capacitor bank) shall be selected in order to obtain the required by-pass current (first peak, I_{BP}) at the rated by-pass making current frequency (f_{BP}).

NOTE 1 The by-pass making performance is to be covered when the required peak by-pass making current is equal to or lower than the actual value used in the test-duty. This equivalency rule is considered to be valid only when the frequency of the by-pass making current f_{BP} is equal to or lower than 130 % of the value used during type tests.

- The damping ratio of the by-pass current (sinusoidal exponential decaying current) may be adjusted to the service condition damping ratio by inserting an additional resistor in the oscillatory circuit. The damping ratio is defined as the ratio between the second peak and the first peak of the same polarity of the by-pass discharge current.

The damping ratio obtained during tests shall be indicated in the test report.

In order to be a valid test-duty for a specific series capacitor installation, the damping ratio obtained during tests shall be equal to or higher than the actual damping ratio at site.

NOTE 2 A test performed without intentional damping automatically covers applications where a damping resistor is used and when the condition given in Note 1 above and in 4.102 are covered. Specific damping ratings can generally not be assigned because they are specific to each project parameters. Annex D gives examples of by-pass switch ratings.

NOTE 3 A deficiency to meet the damping ratio can be compensated by a higher by-pass making test current, provided that the arc energy during the pre-arcing period is equal to or higher than the pre-arcing energy required by the applicable test parameters.

6.105.3 Tension d'essai

La tension d'essai instantanée à appliquer entre les bornes de l'interrupteur de contournement avant les essais d'établissement du courant de contournement doit être la tension de crête de limitation du dispositif de protection contre les surtensions (U_{PL} ; $+5\%$).

6.105.4 Courant d'essai

Pendant quatre manœuvres d'établissement, la première crête du courant d'essai doit être le courant assigné d'établissement du courant de contournement I_{BP} à la fréquence du courant de contournement assignée f_{BP} . La tolérance sur le courant de contournement doit être à ($+5\%$) du courant de contournement assigné I_{BP} . Il convient de prendre en considération l'amortissement effectif de la composante du courant de contournement.

NOTE 1 S'il est impossible d'obtenir le courant de crête assigné de contournement à la fréquence du courant de contournement assignée en raison des limitations du laboratoire, il est alors autorisé de réaliser l'essai avec une autre fréquence du courant de contournement. Dans ces cas, il convient que la fréquence du courant de contournement f_{BP} soit le plus près possible de la valeur assignée. Les écarts par rapport aux valeurs assignées peuvent affecter la plage d'utilisation (voir 4.102).

Pendant les 20 manœuvres d'établissement restantes, la première crête du courant d'essai doit être limitée au courant de décharge de la batterie de condensateurs $I_{DÉCHARGE}$ (sans tenir compte de la composante du courant de défaut à fréquence industrielle) lorsque la batterie est préchargée à la tension de limitation du dispositif de protection contre les surtensions (U_{PL}) ($+5\%$) à la fréquence assignée du courant de contournement f_{BP} .

Il convient également de tenir compte de l'amortissement effectif du courant de décharge de la batterie de condensateurs.

NOTE 2 S'il est impossible d'obtenir le courant de décharge de la batterie de condensateurs à la fréquence du courant de contournement assignée en raison des limitations du laboratoire, il est alors autorisé de réaliser l'essai avec une autre fréquence du courant de contournement. Dans ces cas, il convient que la fréquence du courant de contournement f_{BP} soit le plus près possible de la valeur assignée. Les écarts par rapport aux valeurs assignées peuvent affecter la plage d'utilisation (voir 4.102).

NOTE 3 S'il est impossible d'obtenir le courant de crête d'établissement du contournement et/ou de décharge de la batterie de condensateurs à la fréquence du courant de contournement assignée en raison des limitations du laboratoire, il est alors autorisé de réaliser l'essai avec des valeurs de courant supérieures à la tolérance indiquée ci-dessus. Il convient que ceci ne soit pas effectué sans l'accord du constructeur.

6.105.5 Nombre de manœuvres d'établissement

La séquence d'essais d'établissement du courant de contournement comprend quatre manœuvres d'établissement (4 C) au courant assigné d'établissement du contournement plus 20 manœuvres d'établissement au courant de décharge de la batterie de condensateurs (20 C).

Les conditions de l'interrupteur de contournement doivent être conformes à 6.102.3.1.

NOTE En variante, la séquence d'essais complète peut se limiter à 20 manœuvres d'établissement au courant de contournement (composante de courant de décharge + composante du courant de défaut à la fréquence industrielle) à la fréquence assignée de décharge du courant de contournement. Il convient de ne pas réaliser cette variante sans l'accord du constructeur.

6.106 Séquence d'essai de courant d'insertion

6.106.1 Généralités

Les réallumages pendant la séquence d'essais de courant d'insertion sont autorisés mais les réamorçages ne sont pas autorisés sauf indication contraire (la probabilité supposée de réamorçage doit être faible).

6.105.3 Test voltage

The instantaneous test voltage to be applied across the by-pass switch, prior to the by-pass making tests, shall be the limiting peak voltage of the overvoltage protector (U_{PL} ; $^{+5}_0\%$).

6.105.4 Test current

For four making operations, the first peak of the test current shall be the rated by-pass making current I_{BP} at the rated by-pass making current frequency f_{BP} . The tolerance on the by-pass making current shall be within ($^{+5}_0\%$) of the by-pass making current I_{BP} . The effective damping of the making current component should be taken into consideration.

NOTE 1 If because of laboratory limitations, the rated peak by-pass making current at rated by-pass making current frequency cannot be obtained, then it is permissible to perform the test with a different by-pass making current frequency. For such cases, the by-pass making current frequency f_{BP} should be as close as possible to the rated value. Deviations from rated values may affect the applicability range (see 4.102).

For the remaining 20 making operations, the first peak of the test current shall be limited to the capacitor bank discharge current $I_{DISCHARGE}$ (without considering the power-frequency fault current component) when the bank is precharged to the limiting voltage of the overvoltage protector (U_{PL}) ($^{+5}_0\%$) at rated by-pass making frequency f_{BP} . The effective damping of the capacitor bank discharge current should also be taken into consideration.

NOTE 2 If because of laboratory limitations, the capacitor bank discharge current at rated by-pass making current frequency cannot be obtained, then it is permissible to perform the test with a different by-pass making current frequency. For such cases, the by-pass making current frequency f_{BP} should be as close as possible to the rated value. Deviations from rated values may affect the applicability range (see 4.102).

NOTE 3 If, because of laboratory limitations, the rated peak by-pass making current and/or the capacitor bank discharge current at rated by-pass making current frequency cannot be obtained, then it is permissible to perform the test series with test currents higher than the tolerance stated above. This should not be performed without the consent of the manufacturer.

6.105.5 Number of making operations

The by-pass making current test-duty comprises four making operations (4 C) at rated by-pass making current plus 20 making operations at the capacitor bank discharge current component (20 C).

The by-pass switch conditions shall be in accordance with 6.102.3.1.

NOTE As an alternative, the complete test-duty can be limited to 20 making operations at rated by-pass making current (discharge current component plus power-frequency fault current component) at rated by-pass discharge frequency. This alternative should not be performed without the consent of the manufacturer.

6.106 Insertion current test-duty

6.106.1 General

Re-ignitions during the insertion current test-duty are permitted but restrikes are not permitted unless otherwise indicated (a low expected probability of restrike is required).

NOTE 1 La probabilité de réamorçage est liée à la performance obtenue lors des séries d'essais de type.

NOTE 2 Les phénomènes qui surviennent suite à un réamorçage ou un réallumage ne sont pas représentatifs des conditions de service, étant donné que les circuits d'essais ne reproduisent pas de manière adéquate les conditions de tension et de courant apparaissant suite à de tels événements.

NOTE 3 Du fait que la quantité d'énergie emmagasinée dans la batterie de condensateurs utilisée pendant les essais est généralement nettement inférieure à l'énergie emmagasinée dans la batterie de condensateurs série de service, il est important que la probabilité de réamorçage soit faible afin de limiter les dommages possibles aux composants internes des éléments de contournement.

Plusieurs formes d'onde de tension de réinsertion transitoire peuvent être obtenues en service. Il convient de déterminer la forme d'onde de la tension de réinsertion par des études du réseau. Pour des raisons de normalisation et en vue de couvrir le plus grand nombre de situations pratiques, la présente norme recommande une forme d'onde «1-cos» dont la durée préférée pour atteindre la première crête est de 5,6 ms afin de couvrir les applications à 50 Hz et à 60 Hz avec une seule séquence d'essais. D'autres formes d'onde peuvent être requises et il convient de les spécifier clairement au constructeur au moment de la demande. La tolérance sur la durée jusqu'à la première crête de la tension transitoire de rétablissement doit être de $\pm 5\%$.

NOTE 4 Pour les interrupteurs de contournement exclusivement assignés aux réseaux de 50 Hz, la durée jusqu'à la première crête de la tension transitoire de rétablissement peut être augmentée à 6,7 ms.

La frontière qui délimite un réallumage et un réamorçage doit être fixée à la moitié de la durée jusqu'à la première crête de la tension transitoire de rétablissement.

NOTE 5 La frontière qui délimite le réallumage et le réamorçage a été fixée à la moitié de la durée jusqu'à la première crête de la tension transitoire de rétablissement afin de limiter la quantité d'énergie libérée pendant le réamorçage qui peut affecter les composants internes de l'interrupteur de contournement ainsi que d'autres équipements de la plate-forme de condensateurs série.

La branche du circuit d'essai qui délivre le courant d'essai à la fréquence industrielle doit avoir une fréquence comprise entre 49 Hz et 61 Hz.

NOTE 6 Les essais réalisés avec une source de courant dont la fréquence est comprise entre 49 Hz et 61 Hz sont considérés prouver la capacité d'insertion pour les deux fréquences de réseau, c'est-à-dire 50 Hz et 60 Hz.

6.106.2 Caractéristiques du circuit d'alimentation

Un circuit oscillant (circuit LC à double fréquence, voir Figures 14 et 15) avec une branche du circuit oscillant qui délivre le courant à la fréquence industrielle et l'autre branche du circuit qui produit la tension transitoire de rétablissement est suggéré. D'autres circuits d'essai tels que ceux proposés par la CEI 60427 pour les essais synthétiques de manœuvre sur courant capacitif peuvent également être utilisés. Les Figures 16, 17, 18 et 19 illustrent d'autres exemples de circuits d'essai synthétique et direct. Le circuit d'essais doit remplir les exigences suivantes:

- a) les caractéristiques de la branche courant du circuit d'essai doivent être telles que le courant de crête instantané, juste avant la coupure, est égal à la valeur de crête du courant d'insertion assigné. Le circuit de courant doit produire une forme d'onde la plus proche possible d'un courant sinusoïdal (avec le circuit d'essai synthétique proposé, il s'agira d'un courant sinusoïdal à décroissance exponentielle). Cette condition est considérée comme remplie si le rapport entre la valeur efficace et la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2.

De plus, le courant à interrompre ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-période de la fréquence industrielle.

- b) Sauf indication contraire, il convient que les caractéristiques de la branche tension du circuit d'essai soient telles qu'une tension transitoire de rétablissement ayant une forme d'onde «1-cos» soit produite entre les bornes de l'interrupteur de contournement. Sauf indication contraire, il convient que la durée jusqu'à la première crête de l'onde de tension soit de 5,6 ms. Il convient que le saut de tension initial qui peut apparaître au début du l'onde «1-cos» soit le plus petit possible et qu'il n'excède jamais 5 % de la crête de tension transitoire de rétablissement.

NOTE 1 The restrike probability is related to the performance during the series of type tests.

NOTE 2 Phenomena occurring after a restrike or a re-ignition event are not representative of service conditions as the test circuit does not adequately reproduce the post-event voltage and current conditions.

NOTE 3 Since the quantity of energy trapped in the capacitor bank used during tests is generally much lower than the energy trapped in the service series capacitor bank, it is important to have a low probability of restrike to limit possible damages to the internal components of by-pass units.

Several transient reinsertion voltage waveshapes can be obtained in service. The reinsertion voltage waveshape should be determined by systems studies. For standardization purposes, in order to cover most of practical cases, this standard recommends a "1-cos" waveshape having a preferred first time-to-peak of 5,6 ms to cover 50 Hz and 60 Hz applications with one single test-duty. Other waveshapes may be required and should be clearly specified to the manufacturer at the time of enquiry. The tolerance on the time-to-peak of the transient recovery voltage shall be $\pm 5\%$.

NOTE 4 For by-pass switches exclusively rated for 50 Hz systems, the transient recovery voltage time-to-peak may be increased to 6,7 ms.

The border delimiting a re-ignition and a restrike shall be set to half of the time to peak of the transient recovery voltage.

NOTE 5 The border delimiting re-ignition and restrike has been set to half of the time-to-peak of the transient recovery voltage for limiting the amount of energy released during restrike which may affect internal components of the by-pass switch as well as other equipment on the series capacitor platform.

The test circuit branch supplying the power-frequency test current shall have a frequency ranging from 49 Hz to 61 Hz.

NOTE 6 Tests performed with a current source frequency ranging from 49 Hz to 61 Hz are considered to prove the insertion capability for both system frequencies i.e. 50 Hz or 60 Hz.

6.106.2 Characteristics of supply circuit

An oscillatory circuit (double frequency LC circuit, see Figures 14 and 15) with one oscillatory circuit branch feeding the power-frequency current and another circuit branch producing the transient recovery voltage is suggested. Other test circuits as proposed by IEC 60427 for synthetic capacitive current switching tests may also be used. Other examples of synthetic and direct test circuits are shown in Figures 16, 17, 18 and 19. The test circuit shall fulfil the following requirements:

- a) the characteristics of the test circuit current branch shall be such that the instantaneous peak current, just before interruption, is the peak value of the rated insertion current. The current circuit shall produce, as nearly as possible, a sinusoidal current waveshape (with the proposed synthetic test circuit, it will be a sinusoidal exponential decaying current). This condition is considered to be met if the ratio of the r.m.s. value to the r.m.s. value of the fundamental component does not exceed 1,2.

Moreover, the current to be interrupted shall not go through zero more than once per half-cycle of power frequency.

- b) Unless otherwise specified, the characteristics of the test circuit voltage branch should be such that a transient recovery voltage having "1-cos" waveshape is generated across the by-pass switch terminals. The time-to-peak of the voltage waveshape should be 5,6 ms unless otherwise specified. The initial voltage jump that can appear at the beginning of the "1-cos" waveshape should be as small as possible and should never exceed 5 % of the transient recovery voltage peak.

6.106.3 Tension d'essai

La crête de la tension transitoire de rétablissement à appliquer entre les bornes de l'interrupteur de contournement doit être la tension de crête de limitation du dispositif de protection contre les surtensions (U_{PL} ; $^{+5}_0$ %).

6.106.4 Courant d'essai

Le courant d'essai doit être le courant assigné d'insertion (± 20 %).

6.106.5 Nombre de manœuvres

La séquence d'essais de courant d'insertion comprend:

Un total de deux séquences d'essais de 24 manœuvres d'ouverture (2x24 O). Il convient que les manœuvres d'ouverture soient réalisées de la manière suivante:

- manœuvres O pour trouver la durée d'arc minimale dans une polarité (intervalle: 6°);
- manœuvres additionnelles pour obtenir un total de 6 O à la durée d'arc minimale dans une polarité;
- manœuvres O pour trouver la durée d'arc minimale dans l'autre polarité (intervalle: 6°);
- manœuvres additionnelles pour obtenir un total de 6 O avec la durée d'arc minimale dans l'autre polarité;
- essais additionnels pour obtenir 24 O, distribués sur les deux polarités (intervalle: 30°)
- inversion des connexions pour la deuxième série si l'arrangement des pièces de passage du courant n'est pas symétrique;
- manœuvres O pour trouver la durée d'arc minimale dans une polarité (intervalle: 6°);
- manœuvres additionnelles pour obtenir un total de 6 O à la durée d'arc minimale dans une polarité;
- manœuvres O pour trouver la durée d'arc minimale dans l'autre polarité (intervalle: 6°);
- manœuvres additionnelles pour obtenir un total de 6 O avec la durée d'arc minimale dans l'autre polarité;
- essais additionnels pour obtenir 24 O, distribués sur les deux polarités (intervalle: 30°).

NOTE 1 Il est entendu que pour être conforme à cette exigence, il convient de rechercher la durée d'arc minimale avant d'effectuer les essais requis avec la durée d'arc minimale. Ces essais sont inclus dans le total de 24 O de chaque série individuelle.

NOTE 2 Il est entendu qu'après cette procédure, le nombre d'essais distribués à intervalles de 30° pour chacune des polarités peut ne pas être égal. Cela est acceptable.

La durée d'arc minimale doit être déterminée en faisant varier le moment de la séparation des contacts lors de l'ouverture par pas d'environ 6°. Par cette méthode, il peut être nécessaire d'effectuer plusieurs essais pour démontrer la durée d'arc minimale.

NOTE 3 Avec l'accord du constructeur, des tensions supérieures à la limite maximale des tensions d'alimentation des dispositifs de manœuvre peuvent être appliquées durant ces essais de façon à obtenir des durées d'ouverture plus stables de l'interrupteur de contournement.

Si une durée d'arc maximale est obtenue au lieu de la durée d'arc minimale visée, l'essai est valable et doit être inclus dans le nombre total d'essais requis. Lors d'un tel événement, les actions suivantes sont nécessaires:

- avancer l'ordre d'ouverture de 6° et répéter l'essai. Il convient de conserver le nouveau réglage pour les autres essais avec la durée d'arc minimale. Si une autre durée d'arc maximale est obtenue avec ce réglage au lieu d'une durée d'arc minimale visée, il faut encore avancer le réglage de 6° et répéter cette procédure jusqu'à l'obtention d'une durée d'arc minimale;

6.106.3 Test voltage

The transient recovery voltage peak to be applied across the by-pass switch shall be the limiting peak voltage of the overvoltage protector (U_{PL} ; $+5\%$).

6.106.4 Test current

The test current shall be the rated by-pass insertion current ($\pm 20\%$).

6.106.5 Number of operations

The insertion current test-duty comprises:

A total of two test duties of 24 opening operations (2×24 O). The opening operations should be performed in the following manner:

- O operations for finding the minimum arcing time on one polarity (step: 6°);
- additional operations to achieve a total of 6 O at minimum arcing on one polarity;
- O operations for finding the minimum arcing time on the other polarity (step: 6°);
- additional operations to achieve a total of 6 O at minimum arcing on the other polarity;
- additional tests to achieve 24 O, distributed in both polarities (step: 30°);
- reversal of the connections for the second set if the current path is not symmetrical;
- O operations for finding the minimum arcing time on one polarity (step: 6°);
- additional operations to achieve a total of 6 O at minimum arcing on one polarity;
- O operations for finding the minimum arcing time on the other polarity (step: 6°);
- additional operations to achieve a total of 6 O at minimum arcing on the other polarity;
- additional tests to achieve 24 O, distributed in both polarities (step: 30°).

NOTE 1 It is understood that to comply with this requirement, a search for the minimum arcing time should be done before doing the required tests with minimum arcing time. These test shots are included in the total of 24 O for each individual set.

NOTE 2 It is understood that when following this procedure, the number of shots distributed at 30° steps at each polarity may not be equal. This is acceptable.

The minimum arcing time shall be determined by changing the setting of the contact separation on opening by periods of approximately 6° . Using this method, several tests may be necessary to demonstrate the minimum arcing time.

NOTE 3 In order to obtain more consistent opening time of the by-pass switch, by agreement of the manufacturer, voltages even higher than the relevant upper tolerance limit of the supply voltages of the operating devices may be applied during these tests.

If a maximum arcing time is obtained instead of an expected minimum arcing time this is a valid test and shall be included in the count for the total requirement. In such an event, the following will be necessary:

- advance the setting of the control of the tripping impulse by 6° and repeat the test. The new setting should be kept for other tests at minimum arcing time. If with this new setting, another maximum arcing time is obtained instead of an expected minimum arcing time, the setting shall be further advanced by a step of 6° and this procedure repeated until a minimum arcing time is achieved;

- effectuer une manœuvre d'ouverture de moins pour chacune des manœuvres ci-dessus résultant en une durée d'arc maximale pour retenir le nombre total des essais.

NOTE 4 Pour des courants assignées de réinsertion relativement élevés, il se peut que deux durées d'arc minimales soient trouvées, une dans la zone de réallumage thermique (typiquement autour de 1 ms avant le zéro de courant) et une dans la zone de réallumage diélectrique (typiquement moins que 0,5 ms avant le zéro de courant). De façon à obtenir une procédure d'essai convenable, il convient que la recherche de la durée d'arc minimale débute en un point de séparation des contacts le plus près possible du zéro de courant.

Le nombre de manœuvre avec la durée d'arc minimale indiquée ci-dessus doit être obtenu, même si le nombre total spécifié de manœuvres est dépassé.

Un réallumage suivi par une interruption à un zéro de courant ultérieur doit être considéré comme une manœuvre d'insertion avec une durée d'arc longue.

Les conditions de l'interrupteur de contournement doivent être conformes à 6.102.3.1. Si l'interrupteur de contournement possède un arrangement des pièces de passage du courant non symétrique, les connexions des bornes doivent être inversées pendant la deuxième séquence d'essais comme illustré ci-dessus.

6.107 Critères de réussite des séquences d'essais

L'interrupteur de contournement a réussi les essais si les conditions suivantes sont remplies:

- a) le comportement de l'interrupteur de contournement pendant les séquences d'essais d'établissement du courant de contournement et de courant d'insertion satisfait aux conditions données en 6.102.8;
- b) soit aucun réamorçage n'a eu lieu pendant la séquence d'essais de courant d'insertion, ou, si un seul réamorçage se produit dans l'une des deux séries, la série doit être terminée et répétée sur le même échantillon sans aucune opération de maintenance. Aucun réamorçage ne doit survenir durant les d'essais additionnels. Il ne doit se produire aucun contournement extérieur et aucun contournement phase-terre;
- c) l'état de l'interrupteur de contournement après la série d'essais correspond aux conditions données en 6.102.9.2. Si aucun réamorçage ne s'est produit pendant la séquence d'essais de courant d'insertion, le contrôle visuel suffit.

7 Essais individuels

L'Article 7 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

7.1 Essais diélectriques du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Pour des interrupteurs de contournement construits par montage en série d'éléments identiques, la tension d'essai à appliquer aux bornes de chacun des éléments en position d'ouverture doit être la fraction la plus élevée de la tension de tenue totale résultant de la répartition réelle de la tension à fréquence industrielle déterminée sur l'interrupteur de contournement complètement ouvert et avec une borne mise à la terre.

En se référant à la Figure 2 de la CEI 60694 qui représente un schéma d'interrupteur de contournement tripolaire, la tension d'essai doit être appliquée conformément au Tableau 6. Pour les interrupteurs de contournement unipolaires, les essais requis se limitent à deux essais, un avec l'interrupteur de contournement en position de fermeture et un autre avec l'interrupteur de contournement en position d'ouverture. Les niveaux d'essai requis pour les deux positions peuvent être différents.

- make one less opening operation for each of the above operations resulting in a maximum arcing time to retain the overall total count of tests.

NOTE 4 For relatively high rated insertion current, it may appear that two minimum arcing times are found, one in the thermal reignition zone (typically around 1 ms before current zero) and one in the dielectric reignition zone (typically less than 0,5 ms before current zero). In order to have a consistent test procedure, the minimum arcing time search should start from a contact separation point as close as possible to current zero.

The number of operations at minimum arcing time as stated above shall be achieved, even if the specified total number of operations is exceeded.

A re-ignition followed by interruption at a later current zero shall be treated as a insertion operation with long arcing time.

The by-pass switch conditions shall be in accordance with 6.102.3.1. If the by-pass switch has a non-symmetrical current path, the terminal connections shall be reversed for the second test-duty as shown above.

6.107 Criteria to pass the test duties

The by-pass switches shall have successfully passed the tests if the following conditions are fulfilled:

- a) the behaviour of the by-pass switch during by-pass making current and insertion current test duties fulfils the conditions given in 6.102.8;
- b) either no restrikes occurred during the insertion current test-duty, or, if only one restrike occurs in one of the two sets, then the set shall be completed and repeated on the same test sample without any maintenance. No restrike shall occur during the further tests. External flashover and phase-to-ground flashover shall not occur;
- c) the condition of the by-pass switch after the test series corresponds to the conditions given in 6.102.9.2. If no restrike occurred during the insertion test-duty, visual inspection is sufficient.

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

7.1 Dielectric test on the main circuit

Subclause 7.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

In the case of by-pass switches constructed by assembling identical by-pass units in series, the test voltage to be applied across each single unit, when open, shall be the higher fraction of the total withstand voltage resulting from actual power-frequency voltage distribution with the by-pass switch fully open and one terminal earthed.

With reference to Figure 2 of IEC 60694, which shows a diagram of a three-pole operated by-pass switch, the test voltage shall be applied, according to Table 6. For single pole operated by-pass switches, the required tests are limited to two tests, one with the by-pass switch in the closed position and one with the by-pass switch in the open position. The required test levels for both positions may be different.

Tableau 6 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal

Condition d'essai N°	Interrupteur de contournement	Tension appliquée à	Terre connectée à
1	Fermé	AaCc	BbF
2	Fermé	Bb	AaCcF
3	Ouvert	ABC	abcF

NOTE Si l'isolation entre pôles est de l'air à pression atmosphérique, les conditions d'essai N° 1 et N° 2 peuvent être combinées, la tension d'essai étant appliquée entre toutes les parties du circuit principal connectées ensemble et le support.

7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la CEI 60694 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de la CEI 60694 est applicable.

7.4 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 7.4 de la CEI 60694 est applicable.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le paragraphe 7.5 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

L'interrupteur de contournement doit être contrôlé afin de vérifier sa conformité avec la spécification de la commande.

Les points suivants doivent être contrôlés, lorsque cela s'applique:

- la langue et les indications portées sur les plaques signalétiques;
- l'identification des équipements auxiliaires;
- la couleur et la qualité de la peinture et la protection contre la corrosion des surfaces métalliques;
- les valeurs des résistances et des condensateurs reliés au circuit principal.

7.101 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement mécanique doivent comprendre:

- a) à la tension maximale spécifiée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de contrôle et à la pression maximale pour l'opération (si cela est applicable)
 - cinq manœuvres de fermeture;
 - cinq manœuvres d'ouverture.
- b) à la tension minimale spécifiée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de contrôle et à la pression minimale pour l'opération (si cela est applicable)
 - cinq manœuvres de fermeture;
 - cinq manœuvres d'ouverture.
- c) à la tension assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de contrôle et à la pression assignée pour l'opération (si cela est applicable)
 - cinq cycles de manœuvres d'ouverture-fermeture, le mécanisme de fermeture étant mis sous tension à l'ouverture des contacts principaux par l'interrupteur auxiliaire.

Table 6 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit

Test condition No.	By-pass switch	Voltage applied to	Earth connected to
1	Closed	AaCc	BbF
2	Closed	Bb	AaCcF
3	Open	ABC	abcF

NOTE If the insulation between poles is air at atmospheric pressure, test conditions nos. 1 and 2 may be combined, the test voltage being applied between all parts of the main circuit, connected together, and the base.

7.2 Dielectric test on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 60694 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 7.3 of IEC 60694 is applicable.

7.4 Tightness test

Subclause 7.4 of IEC 60694 is applicable.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The by-pass switch shall be checked to verify its compliance with the order specification.

The following items shall be checked as applicable:

- the language and data on the nameplates;
- identification of any auxiliary equipment;
- the colour and quality of paint and corrosion protection of metallic surfaces;
- the values of the resistors and capacitors connected to the main circuit.

7.101 Mechanical operating tests

Mechanical operating tests shall include the following:

- a) at maximum supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits and maximum pressure for operation (if applicable)
 - five closing operations;
 - five opening operations.
- b) at specified minimum supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits and minimum functional pressure for operation (if applicable)
 - five closing operations;
 - five opening operations.
- c) at rated supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits and rated pressure for operation (if applicable)
 - five open-close operating cycles with the closing mechanism energized by the opening of the main contacts through the auxiliary switch.

Les essais de fonctionnement mécanique doivent être réalisés sur l'interrupteur de contournement complet. Toutefois, si les interrupteurs de contournement sont assemblés et expédiés sous la forme d'éléments séparés, les essais individuels peuvent être réalisés sur les composants conformément à 6.101.1.2. Dans ces cas, le constructeur doit produire un programme d'essais de mise en service, pour confirmer la compatibilité des éléments séparés et des composants lorsqu'ils forment l'interrupteur de contournement complet. Un guide pour les essais de réception est donné en 10.2.101.

Lors de toutes les séquences de manœuvres exigées, on doit effectuer les mesures suivantes et enregistrer les manœuvres de fermeture et d'ouverture:

- le mesurage des durées de manœuvres;
- le mesurage de la consommation du fluide pendant les manœuvres, par exemple la différence de pression (si cela est applicable).

Une preuve doit être donnée à effet que le comportement mécanique est conforme à celui du spécimen utilisé pour les essais de type. Un cycle de manœuvre à vide, par exemple, comme décrit en 6.101.1.1, peut être effectué pour enregistrer les courbes de déplacement à vide à l'issue des essais individuels. Lorsque cela est fait, la courbe doit se situer dans l'enveloppe définie du tracé de référence de la caractéristique de déplacement mécanique, tel que défini en 6.101.1.1, depuis l'instant de la séparation des contacts jusqu'à la fin de leur course ou depuis le début de la course des contacts jusqu'à l'instant de leur toucher.

Lorsque les essais mécaniques individuels sont effectués sur des sous-ensembles, les caractéristiques de déplacement mécanique de référence réalisées à la fin des essais de mise en service sur site doivent être conformes, comme ci-dessus.

Si les mesures sont effectuées sur le site, le constructeur doit établir la procédure de mesure préférentielle. Si d'autres procédures sont utilisées, les résultats peuvent être différents et la comparaison avec la course instantanée des contacts peut être impossible à réaliser.

Les caractéristiques de déplacement mécanique peuvent être enregistrées directement à l'aide d'un capteur de déplacement ou d'un dispositif équivalent sur le système de contact de l'interrupteur de contournement, ou à d'autres emplacements convenables du mécanisme reliant les contacts où il y a une connexion directe, et où on peut obtenir une image représentative de la course des contacts. Les caractéristiques de déplacement mécanique doivent, de préférence, être sous forme de courbe continue, comme montré sur la Figure 7). Lorsque les mesures sont effectuées sur le site, d'autres méthodes peuvent être employées pour enregistrer des points de la course pendant une manœuvre.

Dans ces cas, le nombre de points enregistrés doit être suffisant pour pouvoir déterminer le temps et la vitesse des contacts lors de leur séparation et/ou de leur toucher, ainsi que le temps de la course totale.

Après l'achèvement des séquences de manœuvres exigées, les essais et inspections suivants doivent être exécutés (si cela est applicable):

- la vérification des raccordements;
- les contacts auxiliaires ou de commande doivent indiquer de manière satisfaisante les positions d'ouverture ou de fermeture de l'interrupteur de contournement;
- tous les équipements auxiliaires doivent fonctionner correctement aux limites des tensions d'alimentation des dispositifs de commande et des circuits auxiliaires et de commande, et/ou des pressions des fluides pour la manœuvre.

Mechanical operating tests shall be made on the complete by-pass switch. However, when by-pass switches are assembled and shipped as separate units, routine tests may be performed on components according to 6.101.1.2. In such cases, the manufacturer shall produce a programme of commissioning tests for use at site to confirm the compatibility of such separate units and components when assembled as a by-pass switch. A guide for commissioning tests is given in 10.2.101.

For all required operating sequences the following shall be performed and records made of the closing and opening operations:

- measurement of operating times;
- where applicable, measurement of fluid consumption during operations, for example pressure difference.

Proof shall be given that the mechanical behaviour conforms to that of the test specimen used for type testing. For example, a no-load operating cycle, as described in 6.101.1.1, can be performed to record the no-load travel curves at the end of the routine tests. Where this is done, the curve shall be within the prescribed envelope of the reference mechanical travel characteristic, as defined in 6.101.1.1, from the instant of contact separation to the end of contact travel or from the start of contact travel to the instant of contact touch.

Where the mechanical routine tests are performed on sub-assemblies, the reference mechanical travel characteristics shall be confirmed to be correct, as above, at the end of the commissioning tests on site.

If the measurement is performed on site, the manufacturer shall state the preferred measuring procedure. If other procedures are used, the results may be different and the comparison of the instantaneous contact stroke may be impossible to achieve.

The mechanical travel characteristics can be recorded directly, using a travel transducer or similar device on the by-pass switch contact system or at other convenient locations on the drive to the contact system where there is a direct connection, and a representative image of the contact stroke can be achieved. The mechanical travel characteristics shall be preferably a continuous curve as shown in Figure 7). Where the measurements are taken on site, other methods may be applied which record points of travel during the operating period.

In these circumstances, the number of points recorded shall be sufficient to derive the time to, and contact speed at, contact touch and contact separation, together with the total travel time.

After completion of the required operating sequences, the following tests and inspections shall be performed (if applicable):

- connections shall be checked;
- the control and/or auxiliary switches shall correctly indicate the open and closed positions of the by-pass switch;
- all auxiliary equipment shall operate correctly at the limits of supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits and/or pressures for operation.

De plus, les essais et inspections suivants doivent être effectués (si cela est applicable):

- la mesure des résistances des dispositifs de chauffage (si utilisés) et des bobines de commande;
- les inspections du câblage du circuit de commande, des circuits de chauffage et des équipements auxiliaires et contrôle du nombre de contacts auxiliaires, conformément à la spécification de la commande;
- l'inspection de l'armoire de commande (systèmes électrique, mécanique, pneumatique et hydraulique);
- le temps de réarmement;
- les caractéristiques fonctionnelles de la soupape de sécurité;
- le fonctionnement des verrouillages électriques, mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques et des dispositifs de signalisation;
- le fonctionnement du dispositif d'anti-pompage;
- les performances générales de l'équipement dans les tolérances indiquées de la tension d'alimentation;
- l'inspection des bornes de mise à la terre de l'interrupteur de contournement.

8 Guide pour le choix des interrupteurs de contournement selon le service

Cet article ne s'applique pas aux interrupteurs de contournement. Pour plus d'informations, se reporter à la CEI 60143-1, la CEI 60143-2 et à l'Annexe F de la présente norme.

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

9.101 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes

En faisant un appel d'offres ou en passant une commande d'un interrupteur de contournement, le demandeur doit fournir les renseignements suivants:

- a) les caractéristiques propres au réseau, c'est-à-dire tensions nominale et la plus élevée par rapport à la terre et aux bornes de l'élément de contournement, la fréquence, le nombre de phases;
- b) les conditions en service comprenant les températures minimale et maximale de l'air ambiant, l'altitude si elle est supérieure à 1 000 m et toutes conditions spéciales susceptibles d'exister ou de se produire, par exemple l'exposition inhabituelle à la vapeur d'eau, à l'humidité, aux vapeurs chimiques, aux gaz explosifs, à une poussière excessive ou à l'air salin;

Furthermore the following tests and inspections shall be made (if applicable):

- measurement of the resistance of heaters (if fitted) and of the control coils;
- inspection of the wiring of the control, heater and auxiliary equipment circuits and checking of the number of auxiliary contacts, in accordance with the order specification;
- inspection of control cubicle (electrical, mechanical, pneumatic and hydraulic systems);
- recharging duration(s);
- functional performance of pressure relief valve;
- operation of electrical, mechanical, pneumatic or hydraulic interlocks and signalling devices;
- operation of anti-pumping device;
- general performance of equipment within the required tolerance of the supply voltage;
- inspection of earthing terminals of the by-pass switch.

8 Guide to the selection of by-pass switches for service

This clause does not apply to by-pass switches. For more information refer to IEC 60143-1, IEC 60143-2 and Annex F of this standard.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.101 Information to be given with enquiries and orders

When enquiring about, or ordering, a by-pass switch, the following particulars shall be supplied by the enquirer:

- a) particulars of systems, i.e. nominal and highest voltages to earth and across the by-pass unit, frequency, number of phases;
- b) service conditions including minimum and maximum ambient air temperatures, altitude if over 1 000 m and any special conditions likely to exist or arise, for example unusual exposure to water vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt air;

c) les caractéristiques de l'interrupteur de contournement.

Il faut donner les renseignements suivants:

Type de renseignement	Référence
1) le nombre de pôles	2
2) les conditions ambiantes (température, vent, glace, etc.)	4.1
3) la tension assignée par rapport à la terre et aux bornes des pôles	4.2
4) le niveau d'isolement assigné par rapport à la terre et aux bornes des pôles s'il existe un choix entre différents niveaux d'isolement correspondant à une tension assignée donnée, ou, s'il est différent du niveau normal, les niveaux d'isolement demandés	4.3
5) la fréquence assignée	4.4
6) le courant assigné en service continu	4.5
7) le courant de courte durée admissible assigné	4.6
8) la valeur de crête du courant admissible assigné	4.7
9) la durée du court-circuit	4.101
10) la séquence de manœuvres assignée	4.102
11) le courant assigné de contournement	4.102
12) la fréquence du courant assigné de contournement	3.8.28
13) le courant de décharge durant un contournement	4.102
14) l'amortissement du courant de contournement	4.103
15) le courant assigné d'insertion	4.104
16) la tension de réinsertion assignée	4.105
17) la durée de fermeture maximale	4.105
18) la durée d'ouverture-fermeture maximale	4.104
19) la tension de crête maximale limite du dispositif de protection contre les surtensions	4.104
20) la durée minimale jusqu'à la première crête de tension pendant l'insertion	Annexe F
21) le facteur de compensation	Annexe F
22) l'amplitude de l'oscillation de puissance	4.106
23) les essais de type spécifiés sur demande spéciale (par exemple, pollution artificielle et perturbations radioélectriques, etc.)	
24) le nombre de séquences de manœuvre mécanique (classe M1 ou M2)	
25) s'il y a lieu, tout essai au-delà des essais de type, de série et de réception	

d) les caractéristiques du mécanisme de manœuvre de l'interrupteur de contournement et de l'équipement associé, en particulier:

- 1) le nombre et le type des contacts auxiliaires de réserve;
- 2) la tension d'alimentation assignée et la fréquence d'alimentation assignée;
- 3) le nombre de déclencheurs de fermeture, si plus d'un;
- 4) le nombre de déclencheurs d'ouverture, si plus d'un.

e) les exigences relatives à l'utilisation de gaz comprimé et exigences relatives à la construction et aux essais des réservoirs de pression.

NOTE Il convient que le demandeur donne des renseignements sur toutes les conditions spéciales, non énumérées précédemment, qui pourraient avoir une influence sur la soumission ou la commande.

9.102 Renseignements à donner avec les soumissions

Lorsque le demandeur désire connaître les particularités techniques d'un interrupteur de contournement, le constructeur doit fournir les renseignements suivants (ceux qui sont applicables) avec les notices descriptives et les plans:

c) characteristics of by-pass switch.

The following information shall be given:

Type of information	Reference
1) number of poles	
2) environmental conditions (temperature, wind, ice, etc.)	2
3) rated voltage to earth and across poles	4.1
4) rated insulation level to earth and across poles where a choice exists between different insulation levels corresponding to a given rated voltage, or, if other than standard, the desired insulation levels	4.2
5) rated frequency	4.3
6) rated normal current	4.4
7) rated short-time withstand current	4.5
8) rated peak withstand current	4.6
9) duration of short-circuit	4.7
10) rated operating sequence	4.101
11) rated by-pass making current	4.102
12) Frequency of the rated by-pass making current	4.102
13) by-pass discharge current	3.8.28
14) damping of the by-pass making current	4.102
15) rated by-pass insertion current	4.103
16) rated reinsertion voltage	4.104
17) maximum closing time	4.105
18) maximum open-close time	4.105
19) maximum limiting peak voltage of the overvoltage protector	4.104
20) minimum time-to-peak voltage during insertion	4.104
21) compensation factor	Annex F
22) amplitude of power swing	Annex F
23) the type tests specified under special request (for example artificial pollution and radio interference, etc.)	4.106
24) the number of mechanical operating sequences (class M1 or M2)	
25) if applicable, any test exceeding the standardised type, routine and commissioning tests	

d) characteristics of the operating mechanism of by-pass switch and associated equipment, in particular:

- 1) number and type of spare auxiliary switches;
- 2) rated supply voltage and rated supply frequency;
- 3) number of releases for closing, if more than one;
- 4) number of releases for opening, if more than one.

e) requirements concerning the use of compressed gas and requirements for design and tests of pressure vessels.

NOTE The enquirer should give information of any special conditions, not included above, that might influence the tender or order.

9.102 Information to be given with tenders

When the enquirer requests technical particulars of a by-pass switch, the following information (those which are applicable) shall be given by the manufacturer, with the descriptive matter and drawings:

a) les valeurs assignées et caractéristiques:

Type d'information	Référence
1) le nombre de pôles	2
2) la classe : conditions ambiantes (température, vent, glace, etc.)	4.1
3) la tension assignée par rapport à la terre et aux bornes des pôles	4.2
4) le niveau d'isolement assigné par rapport à la terre et aux bornes des pôles	4.3
5) la fréquence assignée	4.4
6) le courant assigné en service continu	4.5
7) le courant de courte durée admissible assigné	4.6
8) la valeur de crête du courant admissible assigné	4.7
9) la durée de court-circuit assignée	4.101
10) la séquence de manœuvres assignée	4.102
11) le courant assigné de contournement	4.102
12) la fréquence du courant assigné de contournement	3.8.28
13) le courant de décharge durant un contournement	4.102
14) l'amortissement du courant de contournement	4.103
15) le courant assigné d'insertion	4.104
16) la tension de crête maximale limite du dispositif de protection contre les surtensions	4.104
17) la durée minimale jusqu'à la première crête de tension pendant l'insertion	4.105
18) la durée de fermeture assignée maximale et la durée d'ouverture-fermeture assignée maximale	4.106
19) les essais de type spécifiés sur demande spéciale (par exemple, pollution artificielle et perturbations radioélectriques, etc.)	
20) la classe M1 ou M2 pour l'endurance mécanique	

b) les essais de type:

le certificat ou le rapport sur demande;

c) les détails constructifs:

Les détails suivants sont requis s'il y a lieu, suivant la conception:

- 1) la masse de l'interrupteur de contournement complet sans les fluides d'isolation, de contournement, d'insertion et de manœuvre;
- 2) la masse/le volume du fluide pour l'isolation, sa qualité et la gamme d'opération, y compris la valeur minimale de fonctionnement;
- 3) la masse/le volume du fluide pour le contournement et l'insertion (si le fluide est différent de celui de 2) et/ou 4)), sa qualité et la gamme d'opération, y compris la valeur minimale de fonctionnement;
- 4) la masse/le volume du fluide pour la manœuvre (si le fluide est différent de celui de 2) et/ou 3)), sa qualité et la gamme d'opération, y compris la valeur minimale de fonctionnement;
- 5) la qualification en étanchéité;
- 6) la masse/le volume des fluides par pôle, à remplir jusqu'à un niveau suffisant pour empêcher toute dégradation de composant interne pendant le stockage et le transport;
- 7) le nombre d'éléments en série par pôle;
- 8) les distances d'isolement minimales dans l'air:
 - entre pôles;
 - par rapport à la terre;
 - les limites du périmètre de sécurité pendant une manœuvre de contournement pour les interrupteurs de contournement munis d'un dispositif d'évacuation à l'extérieur des gaz ionisés ou des flammes;
- 9) toutes autres dispositions spéciales pour assurer le maintien des caractéristiques assignées de l'interrupteur de contournement aux températures prescrites de l'air ambiant (par exemple, chauffage, refroidissement);

a) rated values and characteristics:

Type of information	Reference
1) number of poles	2
2) class: environmental conditions (temperature, wind, ice-coating)	4.1
3) rated voltage to earth and across pole	4.2
4) rated insulation level to earth and across pole	4.3
5) rated frequency	4.4
6) rated normal current	4.5
7) rated short-time withstand current	4.6
8) rated peak withstand current	4.7
9) rated duration of short-circuit	4.101
10) rated operating sequence	4.102
11) rated by-pass making current	4.102
12) Frequency of the rated by-pass making current	3.8.28
13) by-pass discharge current	4.102
14) damping of the by-pass making current	4.103
15) rated by-pass insertion current	4.104
16) maximum limiting peak voltage of the overvoltage protector	4.104
17) minimum time-to-peak voltage during insertion	4.105
18) rated maximum closing time and rated maximum open-close time	4.106
19) the type tests specified under special request (for example artificial pollution and radio interference, etc.)	
20) class M1 or class M2 for mechanical endurance	

b) type tests:

certificate or report on request;

c) constructional features:

The following details are required where they are applicable to the design:

- 1) mass of complete by-pass switch without fluids for insulation, by-passing, insertion and operation;
- 2) mass/volume of fluid for insulation, its quality and operating range, including the minimum functional value;
- 3) mass/volume of fluid for by-passing and insertion (where different fluid to items 2) and/or 4)), its quality and operating range, including the minimum functional value;
- 4) mass/volume of fluid for operation (where different fluid to items 2) and/or 3)), its quality and operating range, including the minimum functional value;
- 5) tightness qualification;
- 6) mass/volume of fluids per pole to fill to a level sufficient to prevent deterioration of internal components during storage and transportation;
- 7) number of units in series per pole;
- 8) minimum clearances in air:
 - between poles;
 - to earth;
 - the safety boundaries during a by-passing operation, for by-pass switches with an external exhaust for ionised gasses or flame;
- 9) any special arrangements (for example heating or cooling) to maintain the rated characteristics of the by-pass switch at the required temperatures of the ambient air;

- d) le mécanisme de manœuvre d'un interrupteur de contournement et l'équipement associé:
- 1) le type de mécanisme de manœuvre;
 - 2) la tension assignée d'alimentation et/ou pression du mécanisme de fermeture, limites de pression si elles diffèrent ou dépassent les valeurs spécifiées en 9.102 c) 4);
 - 3) le courant requis à la tension assignée d'alimentation pour fermer l'interrupteur de contournement;
 - 4) l'énergie nécessaire à la fermeture de l'interrupteur de contournement, par exemple mesurée en chute de pression;
 - 5) la tension assignée d'alimentation du déclencheur shunt d'ouverture;
 - 6) le courant requis à la tension assignée d'alimentation pour le déclencheur shunt d'ouverture;
 - 7) le nombre et le type des contacts auxiliaires de réserve;
 - 8) le courant requis à la tension assignée d'alimentation par les autres auxiliaires;
 - 9) le réglage des dispositifs de verrouillage à haute et à basse pression;
 - 10) le nombre de déclencheurs de fermeture, si plus d'un;
 - 11) le nombre de déclencheurs d'ouverture, si plus d'un;

- e) les dimensions hors tout et autres renseignements:

Le constructeur doit communiquer les renseignements nécessaires concernant les dimensions hors tout de l'interrupteur de contournement et les renseignements détaillés nécessaires à la conception de la fondation.

Il faut donner des renseignements généraux concernant la maintenance de l'interrupteur de contournement et de ses raccordements.

10 Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance

L'Article 10 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 10.1 de la CEI 60694 est applicable.

10.2 Installation

Les paragraphes 10.2.1 à 10.2.4 de la CEI 60694 sont applicables avec le complément suivant:

10.2.101 Guide pour les essais de mise en service

Après l'installation de l'interrupteur de contournement et l'achèvement de tous les raccordements, il est recommandé d'effectuer les essais de mise en service. L'objet de tels essais est de vérifier que le transport et le stockage n'ont pas endommagé l'interrupteur de contournement. De plus, quand une grande partie de l'assemblage et/ou du réglage est exécutée sur le site comme indiqué en 7.101, les essais sont nécessaires pour vérifier la compatibilité des sous-ensembles et contrôler la qualité du travail et les caractéristiques fonctionnelles dépendant de ce travail.

En complément des exigences de 10.2.102, un nombre minimal de 50 manœuvres à vide doit être réalisé à la mise en service de l'interrupteur de contournement lorsque de grands sous-ensembles sont assemblés sur site sans essais de routine antérieurs sur l'interrupteur de contournement complet. Ces manœuvres doivent être faites après l'assemblage, les raccordements et les vérifications et après l'exécution du programme d'essais de mise en service.

d) operating mechanism of by-pass switch and associated equipment:

- 1) type of operating mechanism;
- 2) rated supply voltage and/or pressure of closing mechanism, pressure limits where different to or expanding data required in c) 4) of 9.102;
- 3) current required at rated supply voltage to close the by-pass switch;
- 4) energy expended to close the by-pass switch, for example measured as a fall in pressure;
- 5) rated supply voltage of shunt opening release;
- 6) current required at rated supply voltage for shunt opening release;
- 7) number and type of spare auxiliary switches;
- 8) current required at rated supply voltage by other auxiliaries;
- 9) setting of high and low pressure interlocking devices;
- 10) number of releases for closing, if more than one;
- 11) number of releases for opening, if more than one;

e) overall dimensions and other information:

The manufacturer shall give the necessary information as regards the overall dimensions of the by-pass switch and details necessary for the design of the foundation.

General information regarding maintenance of the by-pass switch and its connections shall be given.

10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 60694 is applicable, with the following additions:

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 10.1 of IEC 60694 is applicable.

10.2 Installation

Subclauses 10.2.1 to 10.2.4 of IEC 60694 are applicable, with the following addition:

10.2.101 Guide for commissioning tests

After a by-pass switch has been installed and all connections have been completed, commissioning tests are recommended to be performed. The purpose of these tests is to confirm that transportation and storage have not damaged the by-pass switch. In addition, when a large part of the assembly and/or of the adjustment is performed on site, as identified in 7.101, the tests are required to confirm compatibility of the sub-components and the satisfactory nature of both the site work and the functional characteristics dependent upon it.

In addition to the requirements of 10.2.102, a minimum of 50 no-load operations shall be performed on site on the by-pass switch where major sub-assemblies are combined at site without previous routine tests on the complete by-pass switch. These operations shall be performed after assembly, all connections and checks having been made and the programme of commissioning tests having been completed. These operations may include deferred

Ces manœuvres peuvent comprendre des manœuvres différées d'essais de routine faisant partie du programme d'essais de mise en service seulement lorsqu'elles sont faites après l'exécution des réglages sur site et des contrôles d'étanchéité. Le but de ces essais est de réduire les cas de mauvais fonctionnement et de défaut peu de temps après la mise en service de l'interrupteur de contournement.

Le constructeur doit établir un programme d'essais et de vérifications à la mise en service. La répétition du programme complet d'essais individuels, déjà effectué en usine, doit être évitée dans la mesure où le but des essais de mise en service est de confirmer

- l'absence de dommage;
- la compatibilité d'éléments séparés;
- que le montage est correctement effectué;
- les performances correctes de l'interrupteur de contournement assemblé

En général, cela est obtenu lorsque le programme d'essais de mise en service se compose, sans y être limité, du programme donné en 10.2.102. Les résultats des essais doivent être enregistrés dans un compte rendu d'essais.

10.2.102 Programme d'essais et de vérifications à la mise en service

10.2.102.1 Vérifications après installation

Le paragraphe 10.2.101 impose au constructeur d'établir un programme d'essais et de vérifications à la mise en service. Il convient que celui-ci soit basé sur le programme d'essais et de vérifications indiqué ici, sans toutefois s'y limiter.

10.2.102.1.1 Vérification générale

La vérification générale doit comprendre ce qui suit :

- la vérification de l'assemblage conformément aux dessins et aux instructions du constructeur;
- la vérification de l'étanchéité de l'interrupteur de contournement, des serrages, des systèmes hydrauliques et des dispositifs de commande;
- la vérification que l'isolation externe et, si cela s'applique, l'isolation interne, sont propres et non endommagées;
- la vérification que la peinture et que la protection contre la corrosion est adéquate;
- la vérification que les dispositifs de commande, en particulier des déclencheurs de manœuvre sont exempts de contamination;
- la vérification que le raccordement à la terre est complet et suffisant jusques et y compris l'interface avec le réseau de mise à la terre du poste;

et si applicable:

- l'enregistrement du nombre de manœuvres indiqué par le ou les compteurs à la livraison;
- l'enregistrement du nombre de manœuvres indiqué par le ou les compteurs à l'issue des essais de mise en service;
- l'enregistrement du nombre de manœuvres indiqué par le ou les compteurs lors de la première mise sous tension.

routine test operations forming part of the commissioning programme only where they are made after all site adjustments and tightness checks are complete. The purpose of these tests is to reduce occurrences of maloperation and failure early in the operational life of the by-pass switch.

The manufacturer shall produce a programme of site commissioning checks and tests. Repetition of the full programme of routine tests, already performed in the factory, shall be avoided as the purpose of commissioning tests is for confirmation of

- absence of damage;
- compatibility of separate units;
- correct assembly;
- correct performance of the assembled by-pass switch.

In general, this is achieved when the commissioning tests include, but are not limited to, the programme given in 10.2.102. The results of the tests shall be recorded in a test report.

10.2.102 Commissioning checks and test programme

10.2.102.1 Checks after installation

Subclause 10.2.101 requires the manufacturer to produce a programme of commissioning checks and tests. This should be based on, but is not limited to, the programme of checks and tests given here.

10.2.102.1.1 General checks

These shall include the following:

- assembly conforms to manufacturer's drawings and instructions;
- tightness of by-pass switch, its fastenings, fluid systems and control devices;
- external insulation and, where applicable, internal insulation are undamaged and clean;
- paint and other corrosion protection are sound;
- operating devices, especially operating releases, are free from contamination;
- adequacy and integrity of the earth connection up to and including the interface with the substation earthing system;

and, where applicable:

- record the number on the operations counter(s) at delivery;
- record the number on the operations counter(s) at completion of all site testing;
- record the number on the operations counter(s) at first energization.

10.2.102.1.2 Vérification des circuits électriques

La vérification des circuits électriques doit comprendre :

- la conformité au schéma de câblage;
- le fonctionnement correct de la signalisation (positions, alarmes, verrouillages, etc.);
- le fonctionnement correct du chauffage et de l'éclairage.

10.2.102.1.3 Vérification du ou des fluides d'isolement et/ou d'extinction

Huile	Type, tenue diélectrique (CEI 60296), niveau
SF ₆	Vérification de la pression de remplissage/de la densité et de la qualité, pour confirmer les niveaux d'acceptation, respectivement, de la CEI 60376, de la CEI 60480 et CEI 61634. Cette vérification de la qualité n'est pas exigée pour les appareils scellés et dans le cas de gaz neuf provenant de bouteilles scellées. Une vérification du point de rosée et du niveau total d'impuretés doit être effectuée pour confirmer les critères d'acceptation du constructeur
Mélanges gazeux	La qualité doit être confirmée avant la mise sous tension
Air comprimé	Qualité (si cela est applicable) et pression

10.2.102.1.4 Vérification du ou des fluides de manœuvre, en cas de remplissage ou de complément sur site

Huile hydraulique	Niveau et, à moins d'un accord contraire, confirmation que l'humidité contenue est suffisamment faible pour éviter une corrosion interne ou d'autres dommages au système hydraulique
Azote	Pression de remplissage, et pureté (par exemple sans oxygène ou avec 1 % de gaz traceur)

10.2.102.1.5 Manœuvres sur site

Une confirmation doit être donnée que le programme d'essais et de vérifications de mise en service exigé en 7.101 a été effectué et, si applicable, complété par les 50 manœuvres additionnelles exigées en 10.2.101.

10.2.102.2 Essais mécaniques et mesurages

10.2.102.2.1 Mesurages des pressions caractéristiques du fluide d'isolement et/ou de contournement et d'insertion (si applicable)

10.2.102.2.1.1 Généralités

Les mesurages suivants doivent être faits afin de les comparer à la fois avec les valeurs enregistrées lors des essais individuels et avec celles garanties par le constructeur. Ces valeurs servent de référence pour les futures maintenances et autres vérifications, et permettront de détecter une dérive éventuelle des caractéristiques de fonctionnement.

Ces mesurages comprennent, si applicable, une vérification du fonctionnement des dispositifs d'alarme et de verrouillage (manostats, relais, transducteurs, etc.).

10.2.102.1.2 Checks of electrical circuits

This shall include:

- conformity to the wiring diagram;
- correct operation of signalling (position, alarms, lockouts, etc.);
- correct operation of heating and lighting.

10.2.102.1.3 Checks of the insulation and/or extinguishing fluid(s)

Oil	Type, dielectric strength (IEC 60296), level
SF ₆	Filling pressure/density, and quality checks, to confirm the acceptance levels of IEC 60376, IEC 60480 and IEC 61634. These quality checks are not required on sealed equipment and new gas used from sealed bottles. A dewpoint check and a check of the total impurities shall be carried out to confirm the manufacturer's acceptance levels
Gas mixtures	Quality to be confirmed prior to energisation
Compressed air	Quality (if applicable) and pressure

10.2.102.1.4 Checks on operating fluid(s), where filled or added to on site

Hydraulic oil	Level and, unless otherwise agreed, confirmation that the moisture content is sufficiently low to prevent internal corrosion or other damage to the hydraulic system
Nitrogen	Filling pressure and purity (for example oxygen free or 1 % tracer gas)

10.2.102.1.5 Site operations

Confirmation shall be given that the programme of commissioning checks and tests required by 7.101 has been completed and, where applicable, extended by the additional 50 operations required by 10.2.101.

10.2.102.2 Mechanical tests and measurements**10.2.102.2.1 Measurements of the characteristic insulating and/or by-passing and insertion fluid pressures (where applicable)****10.2.102.2.1.1 General**

The following measurements shall be taken in order to compare them with the values both recorded during the routine tests and guaranteed by the manufacturer. These values serve as the reference for future maintenance and other checks and will enable any drift in operating characteristics to be detected.

These measurements involve a check of the operation of the alarm and lockout devices (pressure switches, relays, transducers, etc.) where applicable.

10.2.102.2.1.2 Mesurages à effectuer

- a) Si applicable, mesurages à la montée en pression:
 - la valeur de désactivation du verrouillage de fermeture;
 - la valeur de désactivation du verrouillage d'ouverture;
 - la valeur de désactivation du verrouillage de réouverture automatique;
 - la valeur de disparition de l'alarme de basse pression.
- b) Si applicable, à la baisse de pression:
 - la valeur d'apparition de l'alarme de basse pression;
 - la valeur d'activation du verrouillage de réouverture automatique;
 - la valeur d'activation du verrouillage d'ouverture;
 - la valeur d'activation du verrouillage de fermeture.

10.2.102.2.2 Mesurages des pressions caractéristiques du fluide de commande (si applicable)

10.2.102.2.2.1 Généralités

Il faut effectuer les mesurages suivants (liste à adapter suivant les cas) pour être comparés à la fois aux valeurs enregistrées lors des essais individuels et aux valeurs garanties par le constructeur. Ces valeurs peuvent servir de référence lors des contrôles ultérieurs (maintenance) et permettront de déceler une dérive éventuelle des caractéristiques de fonctionnement.

Ces mesurages impliquent une vérification de la manœuvre des dispositifs de verrouillage et d'alarme (pressostats, relais, etc.).

10.2.102.2.2.2 Mesurages à effectuer

- a) À la montée en pression, avec le dispositif de gonflage (pompe, compresseur, vanne commandée, etc.) en service:
 - la valeur de désactivation du verrouillage de fermeture;
 - la valeur de désactivation du verrouillage d'ouverture;
 - la valeur de désactivation du verrouillage de réouverture automatique (si applicable);
 - la valeur de disparition de l'alarme de basse pression;
 - la valeur d'arrêt du dispositif de regonflage;
 - la valeur d'ouverture de la soupape de sûreté (si applicable).

NOTE Les mesurages peuvent être combinés avec le mesurage des temps de regonflage du mécanisme de manœuvre (voir 10.2.102.2.5.2).

- b) À la descente en pression, le dispositif de gonflage étant maintenu hors service:
 - la valeur de fermeture de la soupape de sûreté (si applicable);
 - la valeur de démarrage du dispositif de regonflage;
 - la valeur d'apparition de l'alarme de basse pression;
 - la valeur de verrouillage de la réouverture automatique (si applicable);
 - la valeur de verrouillage de l'ouverture;
 - la valeur de verrouillage de la fermeture.

Dans le cas d'une commande hydraulique, il convient d'indiquer, avant le début des essais, la pression de prégonflage des accumulateurs à la température de l'air ambiant.

10.2.102.2.1.2 Measurements to be taken

- a) Where applicable, on rising pressure:
- the reset value of the closing lockout;
 - the reset value of the opening lockout;
 - the reset value of the auto-reopening lockout;
 - disappearance of the low-pressure alarm.
- b) Where applicable, on dropping pressure:
- appearance of low-pressure alarm;
 - operating value of lockout of the auto-reopening feature;
 - operating value of lockout of the opening;
 - operating value of lockout of the closing.

10.2.102.2.2 Measurements of characteristic operating fluid pressures (if applicable)**10.2.102.2.2.1 General**

The following measurements (list to be adapted as necessary) shall be taken, in order to compare them with the values both recorded during routine tests and guaranteed by the manufacturer. These values may serve as a reference during later checks (maintenance) and will enable any drift in operating characteristics to be detected.

The measurements involve a check of the operation of the lockout or alarm devices (pressure switches, relays, etc.).

10.2.102.2.2.2 Measurements to be taken

- a) On a rise in pressure with the pumping device (pump, compressor, controlled valve, etc.) in service:
- the reset value of the closing lockout;
 - the reset value of the opening lockout;
 - the reset value of the auto-reopening lockout (if applicable);
 - disappearance of the low-pressure alarm;
 - cut-off of the pumping device;
 - opening of the safety valve (if applicable).

NOTE The measurements may be combined with the measurements of the recharging time of the operating mechanism (see 10.2.102.2.5.2).

- b) On a drop in pressure with the pumping device switched off:
- closing of the safety valve (if applicable);
 - starting of the pumping device;
 - appearance of the low-pressure alarm;
 - lockout of the auto-reopening (if applicable);
 - lockout of the opening;
 - lockout of the closing.

In the case of a hydraulic control, the pre-inflation pressure of the accumulators should be indicated together with the ambient air temperature before the tests are performed.

10.2.102.2.3 Mesurage des consommations lors des manœuvres (si applicable)

Le dispositif de gonflage étant hors service et la réserve individuelle à la pression de démarrage du dispositif de gonflage, il convient d'évaluer les consommations lors de chacune des manœuvres ou séquences de manœuvres suivantes:

- O;
- C;
- OC.

Il convient de noter la pression stabilisée après chaque manœuvre ou séquence de manœuvres.

10.2.102.2.4 Vérification de la séquence de manœuvres assignée

Il convient de vérifier la capacité de l'interrupteur de contournement à effectuer sa séquence de manœuvres assignée. Il convient de réaliser les essais avec les dispositifs de recharge en service, à la tension d'alimentation du site et, si cela est applicable, en partant de la pression de démarrage du dispositif de gonflage comme en 10.2.102.2.3.

Il convient de démontrer la coordination entre les niveaux d'intervention du dispositif de verrouillage et les valeurs minimales de pression mesurées pendant la séquence de manœuvres assignée.

La tension d'alimentation sur le site est la tension en charge disponible sur l'interrupteur de contournement à partir de la source normale sur le site, et il convient qu'elle soit compatible avec la tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande.

10.2.102.2.5 Mesurages des durées

10.2.102.2.5.1 Durées caractéristiques de l'interrupteur de contournement

a) Durées de fermeture et d'ouverture, écart de simultanéité

Il convient d'effectuer les mesurages suivants à la pression maximale (arrêt du dispositif de gonflage) et à la tension d'alimentation sur le site, mesurée aux bornes de l'équipement:

- la durée de fermeture de chaque pôle, l'écart de simultanéité des pôles et, lorsque cela est possible, l'écart de simultanéité des éléments de contournement ou des groupes d'éléments de chaque pôle;
- la durée d'ouverture de chaque pôle, l'écart de simultanéité des pôles et, lorsque cela est possible, l'écart de simultanéité des éléments de contournement ou des groupes d'éléments de chaque pôle.

Dans le cas de bobines de fermeture et de déclenchement multiples, il convient de toutes les essayer et d'enregistrer les temps pour chacune d'elles.

Il convient d'enregistrer la tension d'alimentation avant et pendant les manœuvres.

b) Fonctionnement des contacts de commande et des contacts auxiliaires

Il convient de déterminer la synchronisation du fonctionnement d'un contact auxiliaire et de commande de chaque type (contournement et insertion) par rapport à celui des contacts principaux, à la fermeture et à l'ouverture de l'interrupteur de contournement.

10.2.102.2.3 Measurement of consumption during operations (if applicable)

With the pumping device switched off and the individual reservoir at the cut-in pressure of the pumping device, the consumption during each of the following operations or operating sequence should be evaluated:

- O;
- C;
- OC.

The steady-state pressure after each operation or operating sequence should be noted.

10.2.102.2.4 Verification of the rated operating sequence

The ability of the by-pass switch to perform its specified rated operating sequence should be verified. The tests should be performed with the recharging device in service, with site supply voltage and, if applicable, starting with the cut-in pressure of the pumping device, as in 10.2.102.2.3.

Evidence should be given to demonstrate the coordination between the interlocking device intervention levels and the minimum pressures for operation measured during the rated operating sequence.

The site supply voltage is the on-load voltage available at the by-pass switch from the normal site supply and should be compatible with the rated supply voltage of auxiliary and control circuits.

10.2.102.2.5 Measurement of time quantities

10.2.102.2.5.1 Characteristic time quantities of the by-pass switch

a) Closing and opening times, time spread

The following measurements should be made at maximum pressure (cut-off of pumping device) and at the site supply voltage, measured at the terminals of the equipment:

- closing time of each pole, time spread of the poles and, when possible, time spread of the by-passing units or groups of units of each pole;
- opening time of each pole, time spread of the poles and, when possible, time spread of the by-passing units or groups of units of each pole.

In the case of multiple close and trip coils, all should be tested and the times recorded for each.

The supply voltage before and during the operations should be recorded.

b) Operation of control and auxiliary contacts

The timing of the operation of one of each kind (by-pass and insertion) of control and auxiliary contacts should be determined in relation to the operation of the main contacts, on closing and on opening of the by-pass switch.

10.2.102.2.5.2 Durée de réarmement du mécanisme de manœuvre

a) Mécanisme à commande par fluide

Il convient de mesurer le temps de fonctionnement du dispositif de gonflage (pompe, compresseur, vanne commandée, etc.):

- entre la pression minimale et la pression maximale (démarrage et arrêt du dispositif de gonflage);
- lors des manœuvres ou séquences de manœuvres suivantes, en partant chaque fois de la pression minimale (démarrage du dispositif de gonflage):
 - C;
 - O;
 - OC.

b) Mécanisme de manœuvre à ressort

Il convient de mesurer le temps de recharge du moteur après une manœuvre d'ouverture à la tension d'alimentation du site.

10.2.102.2.6 Enregistrement des caractéristiques de déplacement mécanique

Comme exigé en 7.101, un enregistrement des caractéristiques de déplacement mécanique peut être fait lorsque le montage complet de l'interrupteur de contournement a été fait pour la première fois sur site ou si tout ou partie des essais individuels est effectué sur site. L'enregistrement doit confirmer la qualité du fonctionnement par comparaison avec la caractéristique de déplacement mécanique de référence qui a été obtenue pendant les essais de référence à vide détaillés en 6.101.1.1.

10.2.102.2.7 Vérification de certaines manœuvres spécifiques

10.2.102.2.7.1 Réouverture automatique à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)

Le dispositif de gonflage étant hors service, il convient de réduire la pression de commande jusqu'à la valeur de verrouillage de la réouverture automatique et d'effectuer une séquence de manœuvres de réouverture automatique (sous les conditions du site, il peut être nécessaire d'utiliser une temporisation séparée pour donner l'ordre de réouverture). Il convient d'effectuer cet essai à la tension d'alimentation de l'équipement. Il convient d'enregistrer la tension d'alimentation avant et pendant les manœuvres. Il convient de relever la pression finale et de s'assurer qu'il existe une marge de sécurité suffisante jusqu'à la pression de fonctionnement minimale pour la fermeture de manière à se prémunir contre des variations de pression transitoires et d'une dérive éventuelle des pressostats.

En cas de doute, on peut réaliser une variante de l'essai ci-dessus en partant d'une pression plus basse que celle du verrouillage de la réouverture automatique (contact court-circuité). Il convient de vérifier ensuite qu'une manœuvre de fermeture est encore possible.

10.2.102.2.7.2 Fermeture à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)

Le dispositif de gonflage étant hors service, il convient de réduire la pression de commande jusqu'à la valeur de verrouillage de fermeture et d'effectuer une manœuvre de fermeture. Il convient d'effectuer cet essai à la tension d'alimentation de l'équipement. Il convient d'enregistrer la tension d'alimentation avant et pendant les manœuvres. Il convient de noter la pression finale.

10.2.102.2.5.2 Recharging time of the operating mechanism**a) Fluid-operated mechanism**

The operation time of the pumping device (pump, compressor, control valve, etc.) should be measured:

- between minimum and maximum pressure (cut-in and cut-off of the pumping device);
- during the following operations or operating sequence, starting each time with minimum pressure (cut-in of the pumping device):
 - C;
 - O;
 - OC.

b) Spring-operated mechanism

The recharging time of the motor after an opening operation should be measured at the site supply voltage.

10.2.102.2.6 Record of mechanical travel characteristics

As required by 7.101, a record can be made of the mechanical travel characteristics where the by-pass switch has been assembled as a complete by-pass switch for the first time on site or where all or part of the routine tests are performed on site. The record shall confirm satisfactory performance by comparison with the reference mechanical travel characteristics obtained during the reference no-load tests detailed in 6.101.1.1.

10.2.102.2.7 Checks of certain specific operations**10.2.102.2.7.1 Auto-reopening at the minimum functional pressure for operation (if applicable)**

With the pumping device out of service, the control pressure should be lowered to the lockout value for auto-reopening and an auto-reopening operating sequence be carried out (under site conditions it may be necessary to use a separate timing device to initiate reopening). The test should be conducted at the supply voltage of the equipment. The supply voltage before and during the operations should be recorded. The final pressure should be noted and it should be ensured that there is sufficient safety margin to the minimum functional pressure for operation for closing, as a guard against pressure switch deviation and pressure transients.

In case of doubt, an alternative test to the one described above may be performed, starting with a lower pressure than the minimum functional pressure for operation for auto-reopening (short-circuited contact). It should then be verified that a closing operation is still possible.

10.2.102.2.7.2 Closing at the minimum functional pressure for operation (if applicable)

With the pumping device out of service, the control pressure should be lowered as far as the lockout value for closing and a closing operation be carried out. The test should be conducted at the supply voltage of the equipment. The supply voltage before and during the operations should be recorded. The final pressure should be noted.

10.2.102.2.7.3 Ouverture à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)

Le dispositif de gonflage étant hors service, il convient de diminuer la pression de commande jusqu'à la valeur de verrouillage de l'ouverture et d'effectuer une manœuvre d'ouverture. Il convient d'effectuer cet essai à la tension d'alimentation de l'équipement. Il convient d'enregistrer la tension d'alimentation avant et pendant les manœuvres. Il convient de relever la pression finale et de garantir une marge de sécurité suffisante par rapport à la pression minimale pour la fermeture.

En cas de doute, on peut réaliser une variante de l'essai ci-dessus en partant d'une pression plus basse que la pression minimale d'ouverture (contact court-circuité). Il convient de vérifier ensuite qu'une manœuvre de fermeture est encore possible.

10.2.102.2.7.4 Simulation d'une fermeture sur défaut et vérification du dispositif d'anti-pompage

Il convient de mesurer la durée pendant laquelle l'interrupteur de contournement reste ouvert pendant un cycle de manœuvres OC, le circuit de fermeture étant mis sous tension par la fermeture du contact auxiliaire.

Cet essai permet également de vérifier le fonctionnement du dispositif d'anti-pompage et l'absence de fonctionnement anormal de la commande pour toute cause mécanique, hydraulique ou pneumatique provoquée par la rapidité de l'envoi de l'ordre de fermeture.

Afin de vérifier l'efficacité du dispositif d'anti-pompage, il convient de maintenir l'ordre d'ouverture pendant 1 s à 2 s.

NOTE Un essai d'anti-pompage simplifié peut également être effectué à l'aide de la commande locale. Dans ce cas, on donne et on maintient un ordre d'ouverture, immédiatement suivi d'un ordre de fermeture.

10.2.102.2.7.5 Comportement de l'interrupteur de contournement sur un ordre d'ouverture lorsqu'un ordre de fermeture est déjà présent

Il convient de vérifier que l'interrupteur de contournement satisfait aux exigences techniques en présence d'un ordre d'ouverture, un ordre de fermeture étant préalablement appliqué et maintenu.

10.2.102.2.7.6 Envoi d'un ordre de fermeture simultanément sur les deux déclencheurs (si applicable)

Il peut arriver que les deux déclencheurs (normal et secours) soient alimentés simultanément (ou quasi simultanément).

Il convient de s'assurer qu'il n'existe pas d'interférence mécanique, hydraulique ou pneumatique dans les fonctionnements, surtout si les déclencheurs n'agissent pas au même niveau.

10.2.102.2.7.7 Protection de discordance de pôles (si applicable)

Il convient de vérifier la protection contre la discordance de pôles par l'un des essais suivants:

- l'interrupteur de contournement étant ouvert, le déclencheur de fermeture de l'un des pôles doit être alimenté et il faut vérifier si tous les pôles se ferment;
- l'interrupteur de contournement étant fermé, le déclencheur d'ouverture de l'un des pôles doit être alimenté et il faut vérifier si celui-ci s'ouvre puis se referme.

10.2.102.2.7.3 Opening at the minimum functional pressure for operation (if applicable)

With the pumping device out of service, the control pressure should be lowered as far as the lockout value for opening and an opening operation be carried out. The test should be conducted at the supply voltage of the equipment. The supply voltage before and during the operations should be recorded. The final pressure should be noted and a sufficient safety margin is ensured to the minimum functional pressure for closing.

In case of doubt, an alternative test to the one described above may be performed, starting with a lower pressure than the minimum functional pressure for opening (short-circuited contact). It should then be verified that a closing operation is still possible.

10.2.102.2.7.4 Simulation of fault-making operation and check of anti-pumping device

Measurement should be taken of the time during which the by-pass switch remains open on a OC operating cycle with the close circuit energized by the closing of the auxiliary contact.

The test also allows checking of the anti-pumping device operation and the absence of malfunction for any mechanical, hydraulic or pneumatic reasons, caused by the rapid application of the closing command.

The opening command should be maintained for 1 s to 2 s in order that the anti-pumping device can be checked for effective operation.

NOTE A simplified anti-pumping test may also be executed, using the local control. In this case, an opening command is applied and maintained, while a consecutive closing command is applied.

10.2.102.2.7.5 Behaviour of the by-pass switch on an opening command while a closing command is already present

It should be verified that the by-pass switch meets the technical specifications in the presence of an opening command when previously a closing command is applied and maintained.

10.2.102.2.7.6 Application of a closing command on both releases simultaneously (if applicable)

It may happen that both releases (normal and emergency) are energized simultaneously (or virtually simultaneously).

It should be ensured that the operations are not subject to any mechanical, hydraulic or pneumatic interference, particularly if the releases do not operate at the same level.

10.2.102.2.7.7 Protection against pole discrepancy (if applicable)

Protection against pole discrepancy should be checked by either of the following tests:

- with the by-pass switch open, the closing release of one of the poles shall be energized and a check carried out to see that all poles close;
- with the by-pass switch closed, the opening release of one of the poles shall be energized and a check carried out to see that it opens and then closes.

10.2.102.3 Essais et mesurages électriques

10.2.102.3.1 Essais diélectriques

Des essais diélectriques des circuits auxiliaires doivent être effectués pour confirmer que le transport et le stockage de l'interrupteur de contournement n'ont pas endommagé ces circuits. Cependant, il est reconnu que de tels circuits contiennent des composants qui peuvent être endommagés par l'application de la pleine tension d'essai pendant la durée complète de l'essai. Pour éviter ce problème, et pour éviter le retrait temporaire de connexions éprouvées, le fournisseur doit donner le détail du processus d'essai qui démontre que des dommages ne se sont pas produits, ainsi que la méthode d'enregistrement des résultats de ce processus d'essai.

Pour les essais diélectriques du circuit principal des appareillages sous enveloppe métallique, la CEI 62271-200 et la CEI 62271-203 sont applicables (voir bibliographie).

10.2.102.3.2 Mesurage de la résistance des circuits principaux

Le mesurage de la résistance des circuits principaux n'est nécessaire que si les éléments de contournement ont été assemblés sur le site. Le mesurage doit être réalisé avec un courant continu, conformément à 7.3 de la CEI 60694.

10.3 Fonctionnement

Le paragraphe 10.3 de la CEI 60694 est applicable.

10.4 Maintenance

Le paragraphe 10.4 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Il convient que le constructeur communique des renseignements concernant la maintenance des interrupteurs de contournement après des manœuvres de contournement et de courant d'insertion.

Il convient que ces renseignements comprennent le nombre de manœuvres après lequel il y a lieu de réviser l'interrupteur de contournement.

Les paragraphes 10.4.1 à 10.4.3 de la CEI 60694 sont applicables. Les vérifications exigées en 10.2.102.1.3 s'appliquent.

10.4.101 Résistances et condensateurs (si applicable)

Pour la vérification des résistances et des condensateurs, il est recommandé d'indiquer les tolérances permises sur les valeurs.

11 Sécurité

L'Article 11 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Il convient d'identifier dans le manuel d'instructions de l'interrupteur de contournement tout risque connu de nature chimique et d'impact sur l'environnement.

Notes concernant les Figures 1 à 3 suivantes:

NOTE 1 En pratique, il se produira une dispersion des durées entre les courses des contacts des trois pôles. Pour plus de clarté sur les figures, la course des contacts est indiquée avec une seule ligne pour les trois pôles.

NOTE 2 En pratique, il se produira une dispersion entre le début ainsi qu'entre la fin de la circulation du courant dans les trois pôles. Pour plus de clarté sur les figures, le début ainsi que la fin de la circulation du courant sont indiqués avec une seule ligne pour les trois pôles.

10.2.102.3 Electrical tests and measurements

10.2.102.3.1 Dielectric tests

Dielectric tests on auxiliary circuits shall be performed to confirm that transportation and storage of the by-pass switch have not damaged these circuits. However, it is recognized that such circuits contain vulnerable sub-components and the application of the full testing voltage for the full duration can cause damage. In order to avoid this, and to avoid the temporary removal of proven connections, the supplier shall detail the test process that demonstrates that damage has not occurred as well as the method of recording the results from this test process.

For dielectric tests on the main circuit of metal-enclosed switchgear and controlgear, IEC 62271-200 and IEC 62271-203 are applicable (see bibliography).

10.2.102.3.2 Measurement of the resistance of the main circuit

Measurement of the resistance of the main circuit need only be made if by-passing units have been assembled on site. The measurement shall be made with a direct current in accordance with 7.3 of IEC 60694.

10.3 Operation

Subclause 10.3 of IEC 60694 is applicable.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The manufacturer should give information regarding the maintenance of by-pass switches following by-pass making current and insertion current operations.

This information should include the number of operations after which the by-pass switch is to be overhauled.

Subclauses 10.4.1 to 10.4.3 of IEC 60694 are applicable. The checks required in 10.2.102.1.3 apply.

10.4.101 Resistors and capacitors (if applicable)

When checking resistors and capacitors, allowed variations of the values should be given.

11 Safety

Clause 11 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Any known chemical and environmental impact hazards should be identified in the by-pass switch handbook/manual.

Notes to the following Figures 1 through 3:

NOTE 1 In practice, there will be a time spread between the travel of the contacts of the three poles. For clarity the travel of the contacts in the figures is indicated with a single line for all three poles.

NOTE 2 In practice, there will be a time spread between both the start and end of current flow in the three poles. For clarity, both the start and end of current flow in the figures is indicated with a single line for all three poles.

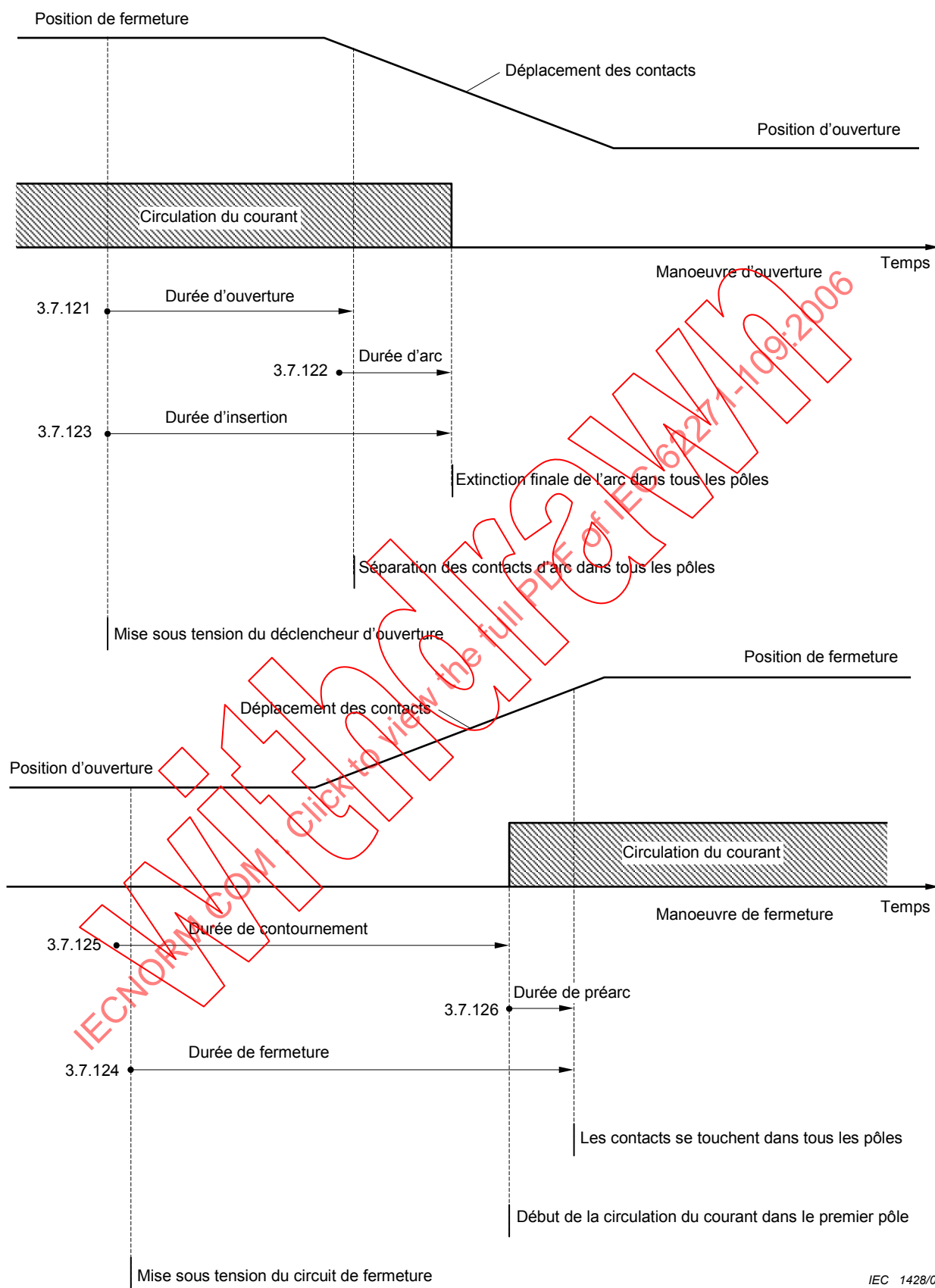


Figure 1 – Interrupteur de contournement – Manœuvres d'ouverture et de fermeture

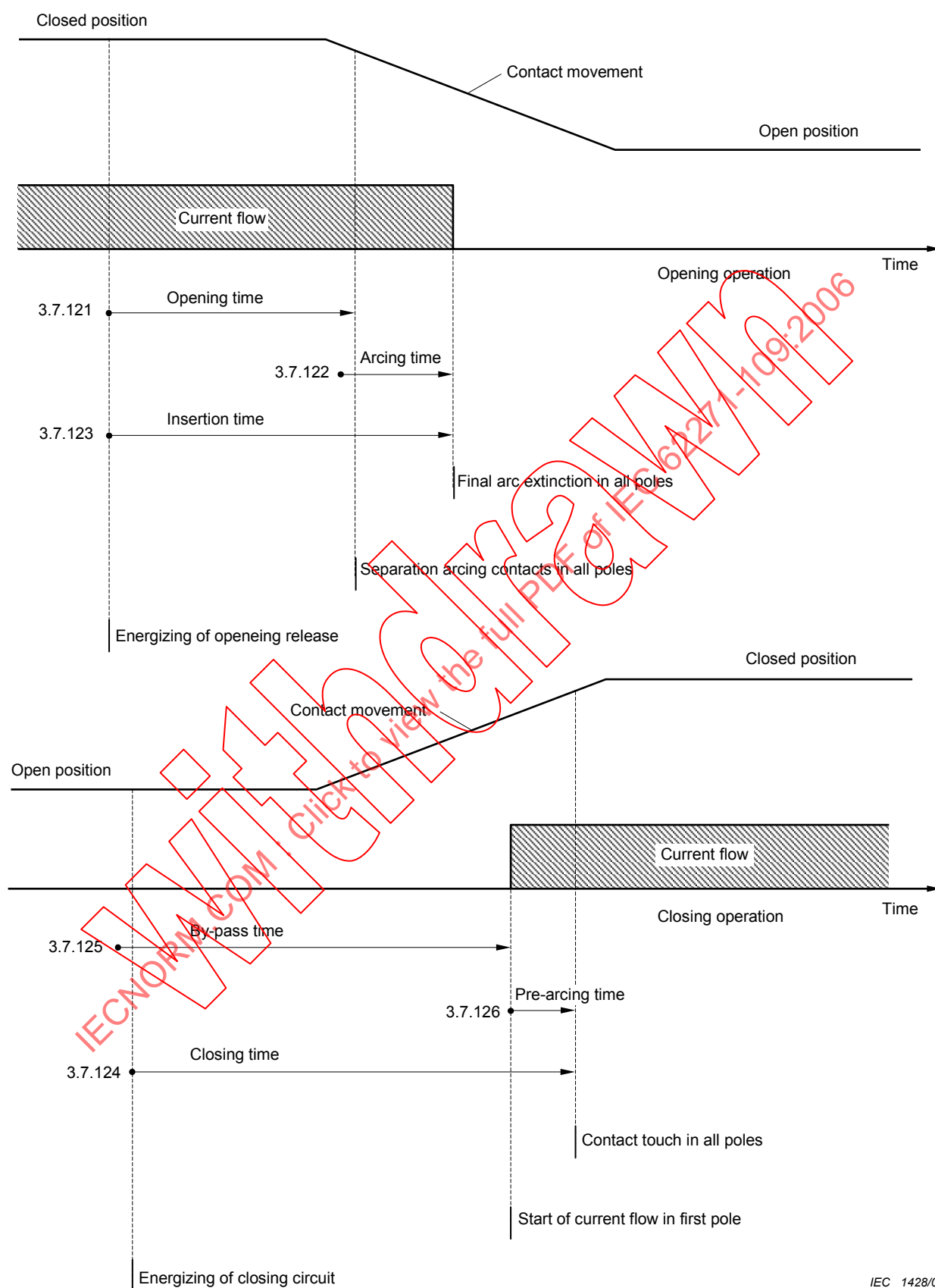


Figure 1 – By-pass switch – Opening and closing operations

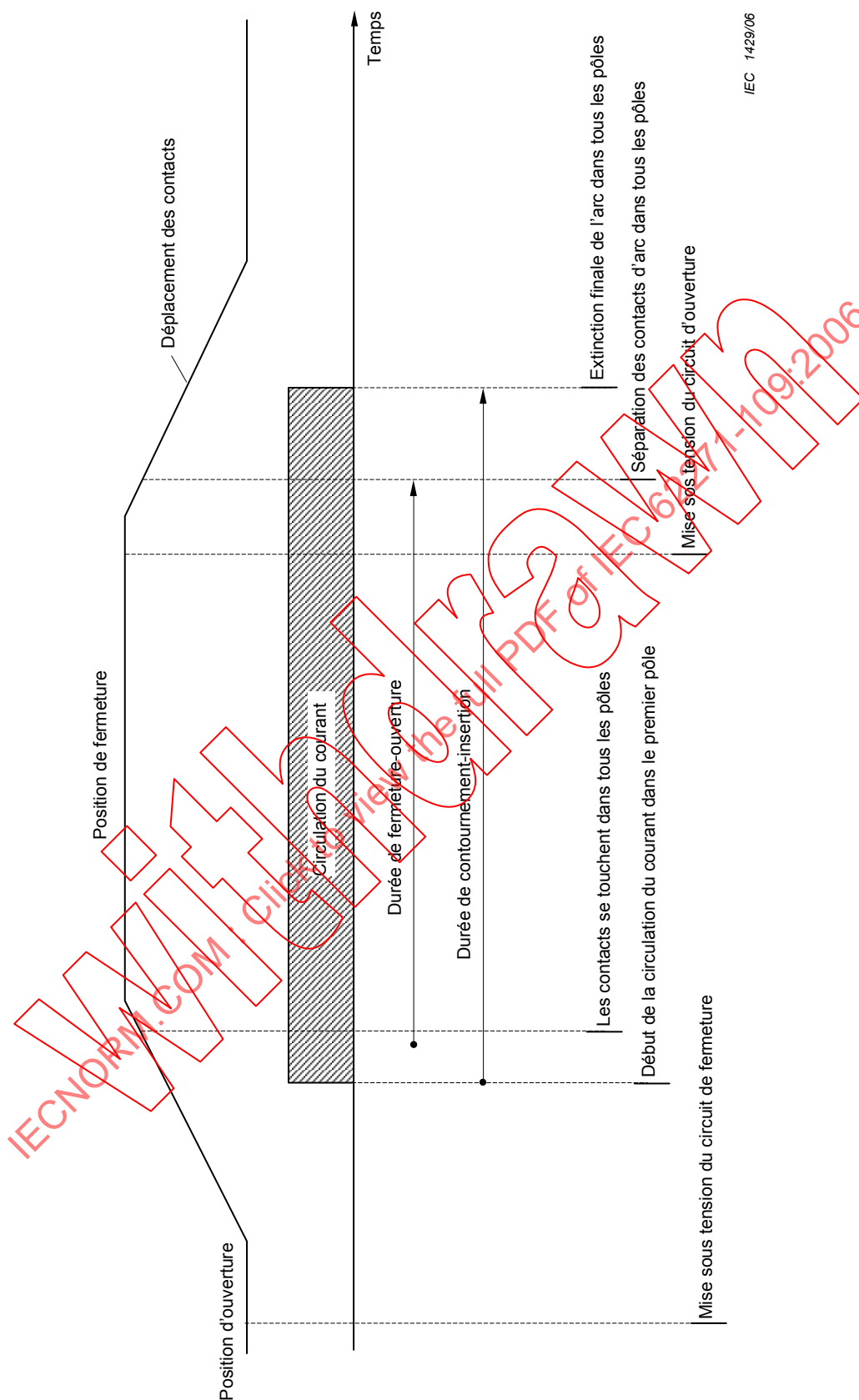


Figure 2 – Interrupteur de contournement – Cycle de fermeture-ouverture

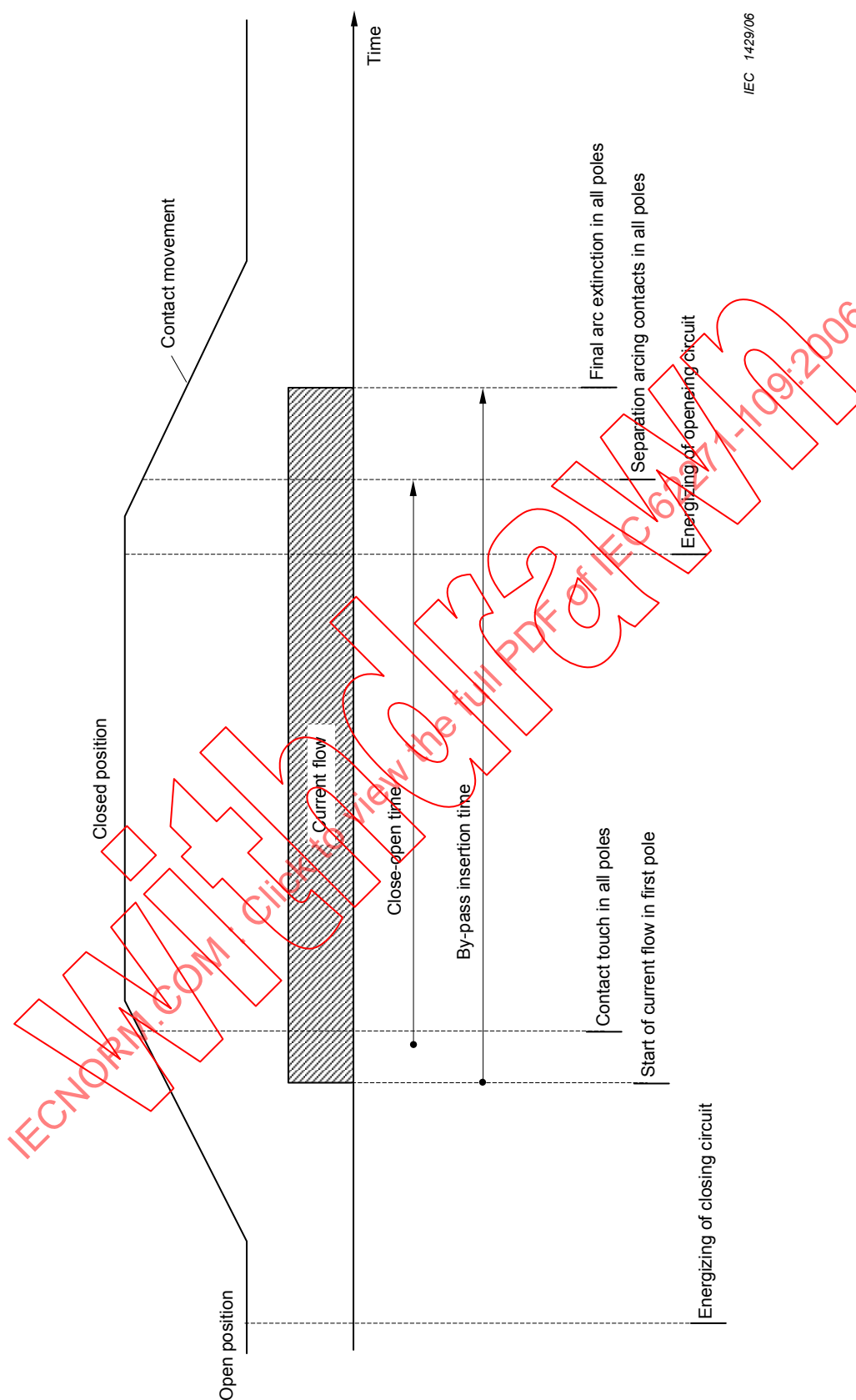
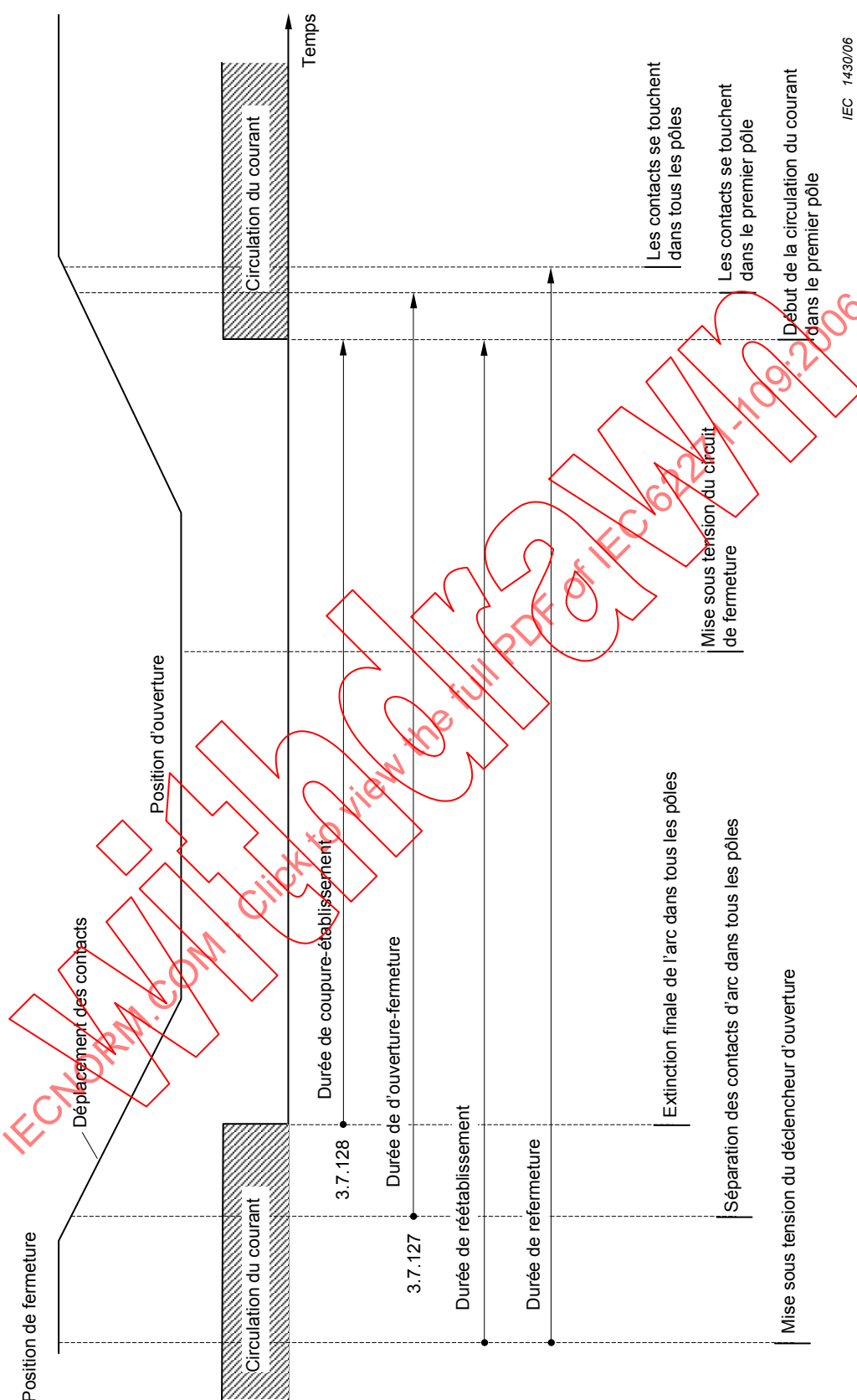


Figure 2 – By-pass switch – Close-open cycle



IEC 1430/06

Figure 3 – Interrupteur de contournement – Cycle d'ouverture-fermeture

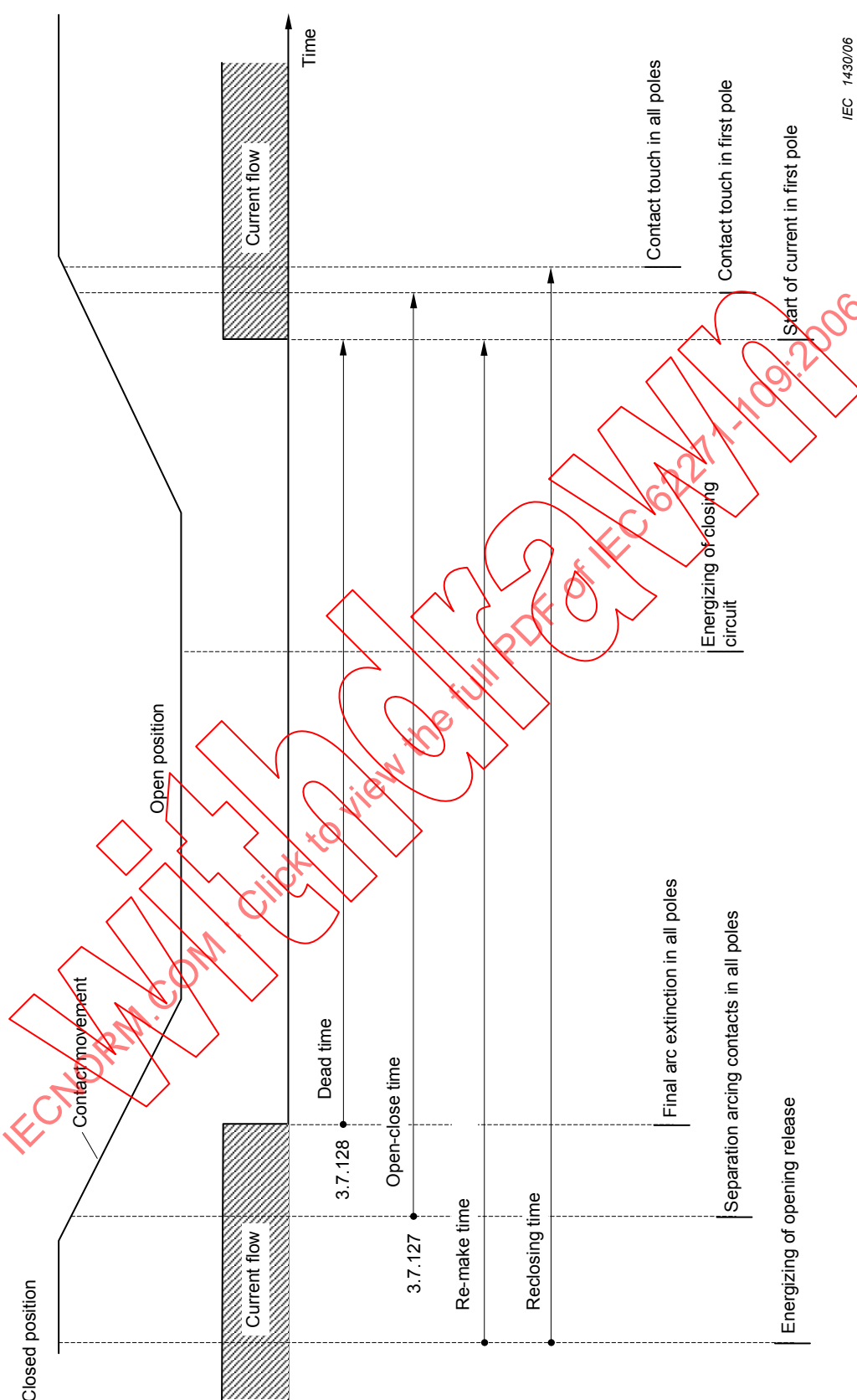


Figure 3 – By-pass switch – Open-close cycle

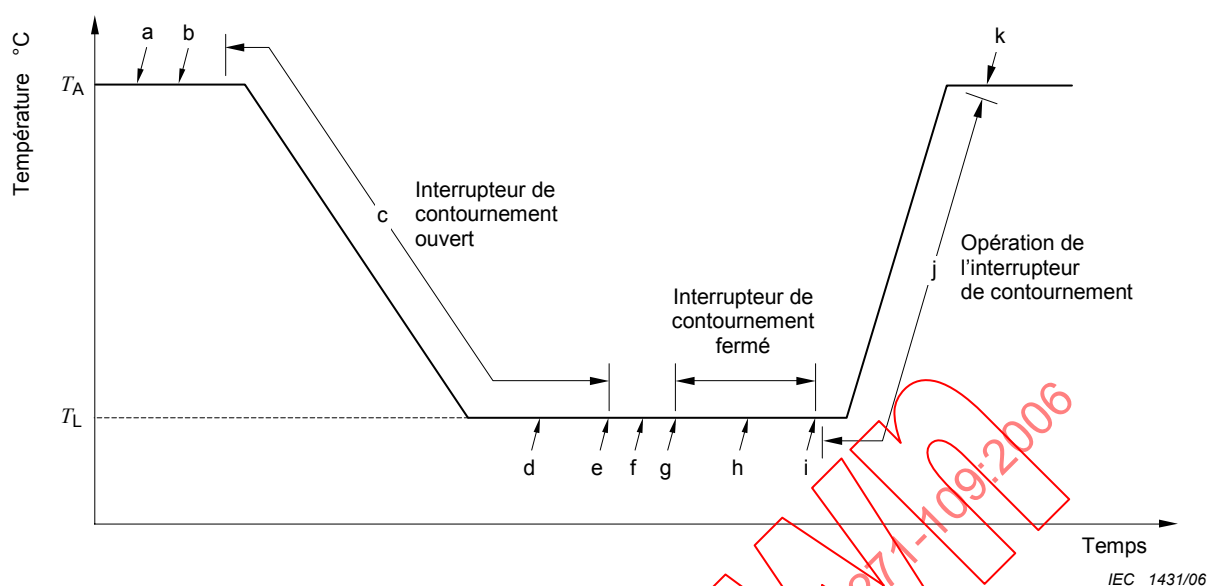


Figure 4a – Essai à basse température

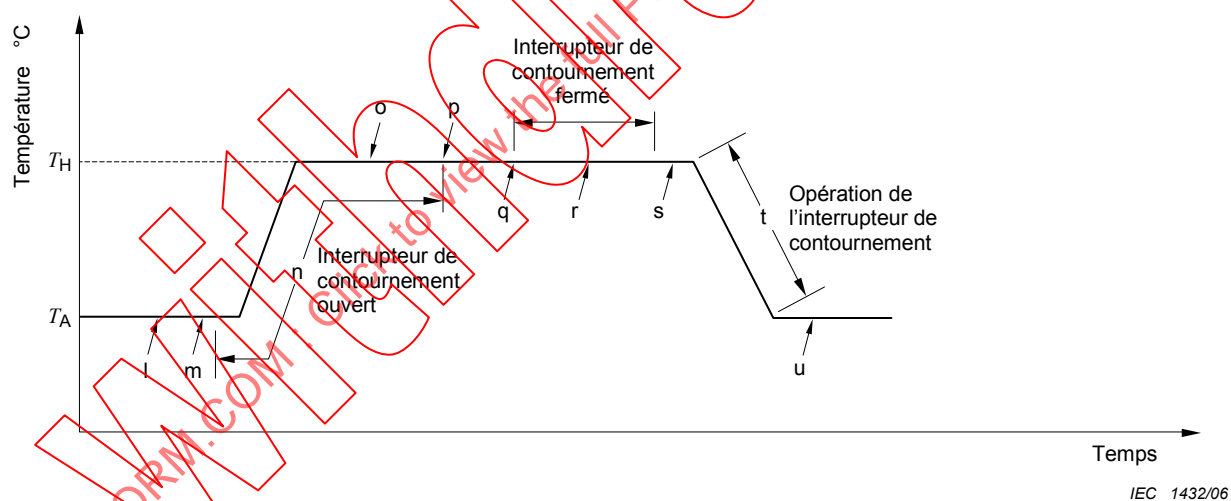


Figure 4b – Essai à haute température

NOTE Les lettres a à u identifient les points d'application des essais spécifiés en 6.101.3.3 et 6.101.3.4.

Figure 4 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute températures

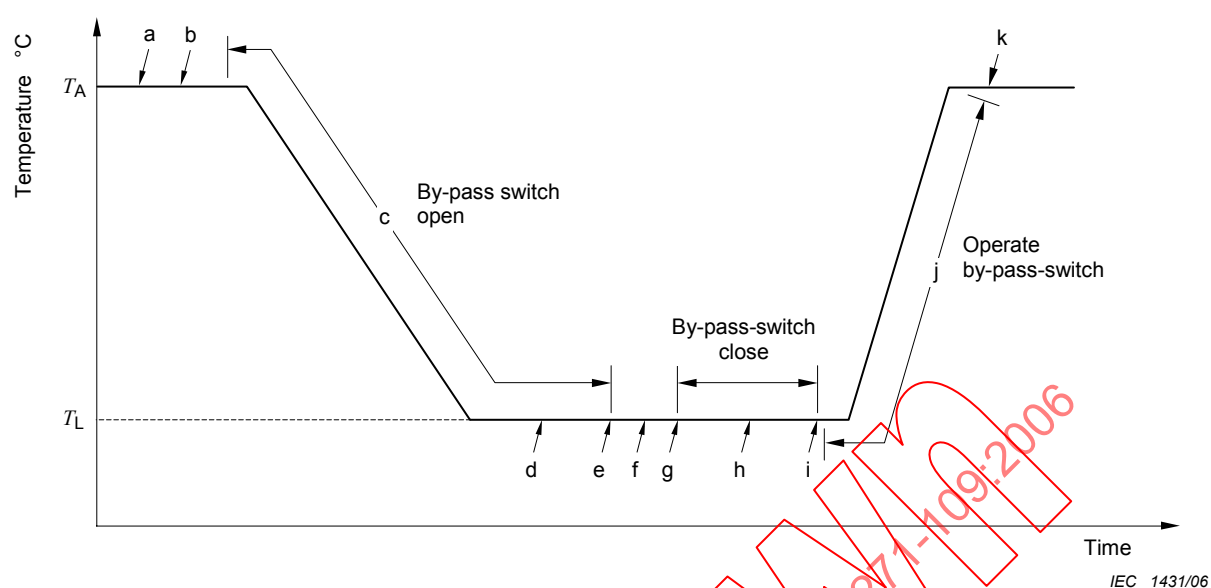


Figure 4a – Low temperature test

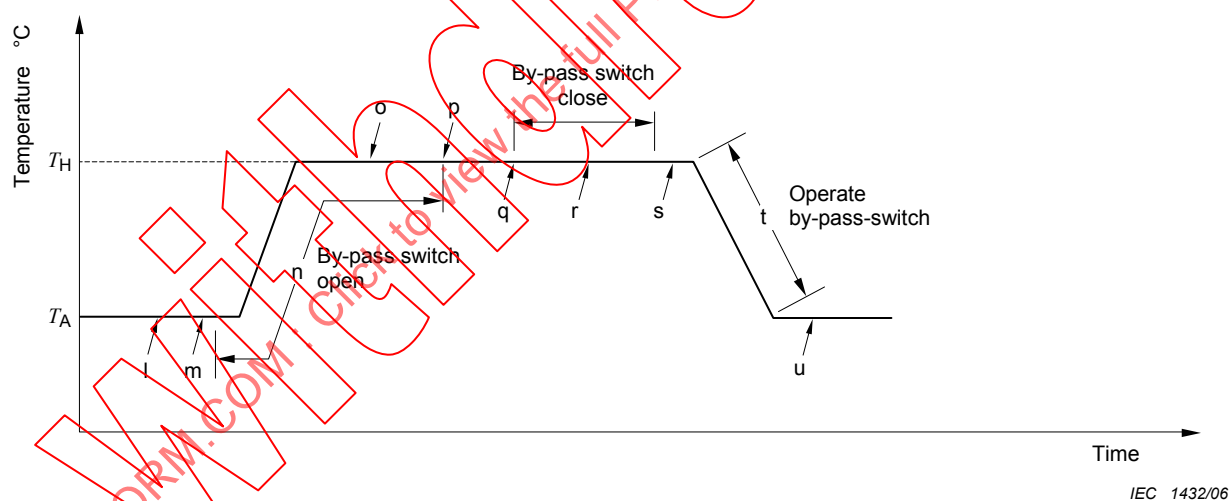
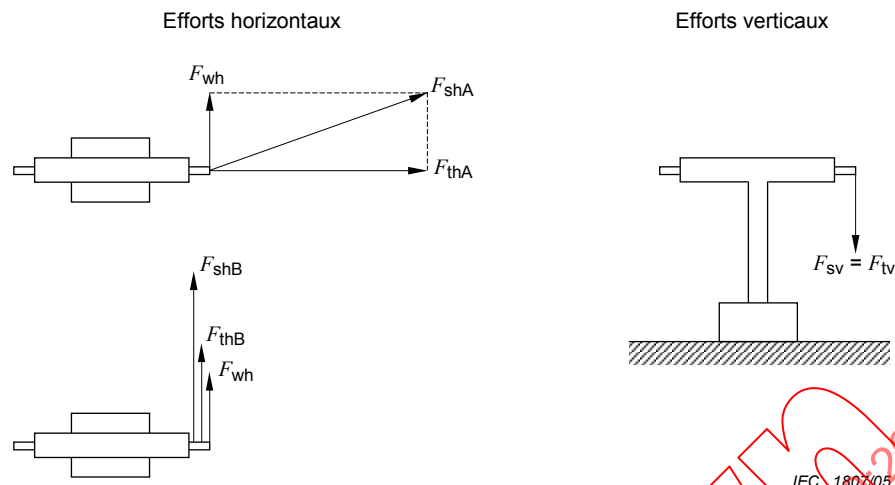


Figure 4b – High temperature test

NOTE Letters a to u identify application points of tests specified in 6.101.3.3 and 6.101.3.4.

Figure 4 – Test sequences for low and high temperature tests



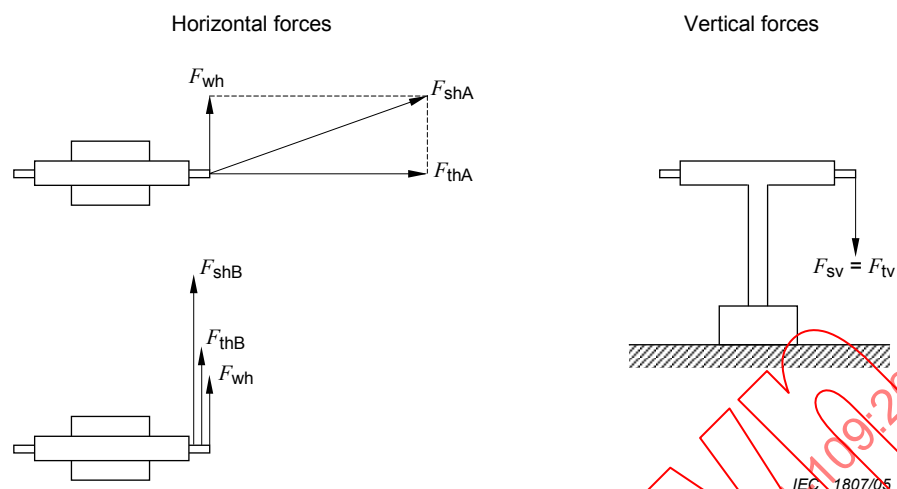
Légende

F_{thA}	effort horizontal de traction dû aux conducteurs raccordés (direction A)
F_{thB}	effort horizontal de traction dû aux conducteurs raccordés (direction B)
F_{tv}	effort vertical de traction dû aux conducteurs raccordés (direction C)
F_{wh}	effort horizontal sur l'interrupteur de contournement dû à la pression du vent sur l'interrupteur de contournement recouvert de glace
F_{shA}, F_{shB}, F_{sv}	efforts statiques assignés sur borne (efforts résultants)

NOTE Voir la Figure 6 pour les directions A, B et C.

	Horizontal	Vertical	Remarque
Efforts dus au poids mort, au vent et à la glace sur le conducteur raccordé	F_{thA}, F_{thB}	F_{tv}	Selon Tableau 4
Force due au vent et à la glace sur l'interrupteur de contournement *	F_{wh}	O	Calculé par le constructeur
Effort résultant	F_{shA}, F_{shB}	F_{sv}	
* L'effort horizontal sur l'interrupteur de contournement, dû au vent, peut être déplacé depuis le centre de poussée vers la borne et son amplitude réduite proportionnellement à l'augmentation du bras de levier. (le moment de flexion sur la partie la plus basse de l'interrupteur de contournement est en principe le même.)			

Figure 5 – Efforts statiques sur les bornes

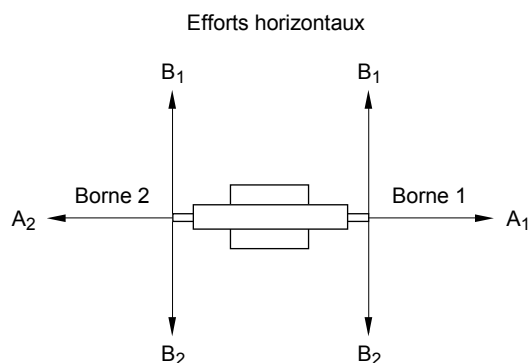
**Key**

F_{thA}	tensile horizontal force due to connected conductors (direction A)
F_{thB}	tensile horizontal force due to connected conductors (direction B)
F_{tv}	tensile vertical force due to connected conductors (direction C)
F_{wh}	horizontal force on by-pass switch due to wind pressure on ice-coated by-pass switch
F_{shA}, F_{shB}, F_{sv}	rated static terminal load (resultant forces)

NOTE Refer to Figure 6 for directions A, B and C.

	Horizontal	Vertical	Remark
Forces due to dead weight, wind and ice on connected conductor	F_{thA}, F_{thB}	F_{tv}	According to Table 4
Forces due to wind and ice on by-pass switch *	F_{wh}	0	Calculated by manufacturer
Resultant force	F_{shA}, F_{shB}	F_{sv}	
* The horizontal force on the by-pass switch, due to wind, may be moved from the centre of pressure to the terminal and reduced in magnitude in proportion to the longer lever arm. (The bending moment at the lowest part of the by-pass switch should be the same.)			

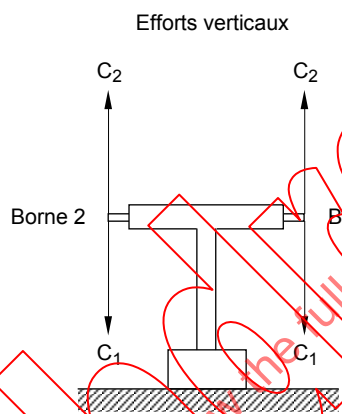
Figure 5 – Static terminal load forces



Direction des efforts: A_1 , B_1 , B_2 pour la borne 1

Direction des efforts: A_2 , B_1 , B_2 pour la borne 2

Efforts horizontaux d'essais: F_{shA} and F_{shB} (voir Figure 5)



Direction des efforts: C_1 , C_2 pour la borne 1

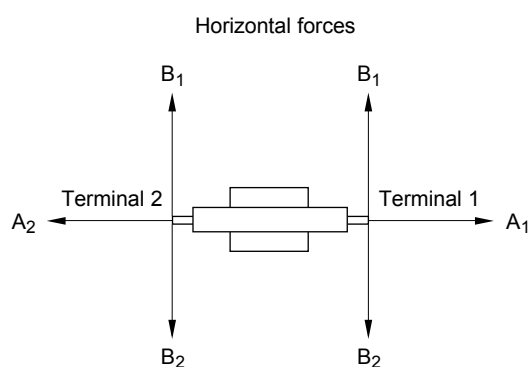
Direction des efforts: C_1 , C_2 pour la borne 2

Efforts verticaux d'essais (dans les deux directions): F_{sv} (voir Figure 5)

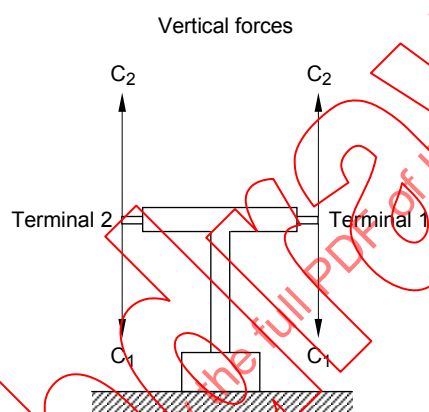
IEC 1433/06

NOTE Il suffit d'essayer une seule borne des interrupteurs de contournement s'ils sont symétriques par rapport à l'axe vertical central du pôle.

Figure 6 – Directions pour les essais d'efforts statiques sur les bornes



Force directions: A_1 , B_1 , B_2 for terminal 1
 Force directions: A_2 , B_1 , B_2 for terminal 2
 Horizontal test forces: F_{shA} and F_{shB} (see Figure 5)



Force directions: C_1 , C_2 for terminal 1
 Force directions: C_1 , C_2 for terminal 2
 Vertical test forces (both directions): F_{sv} (see Figure 5)

IEC 1433/06

NOTE For by-pass switches that are symmetrical about the pole unit vertical centreline, only one terminal needs to be tested.

Figure 6 – Directions for static terminal load tests

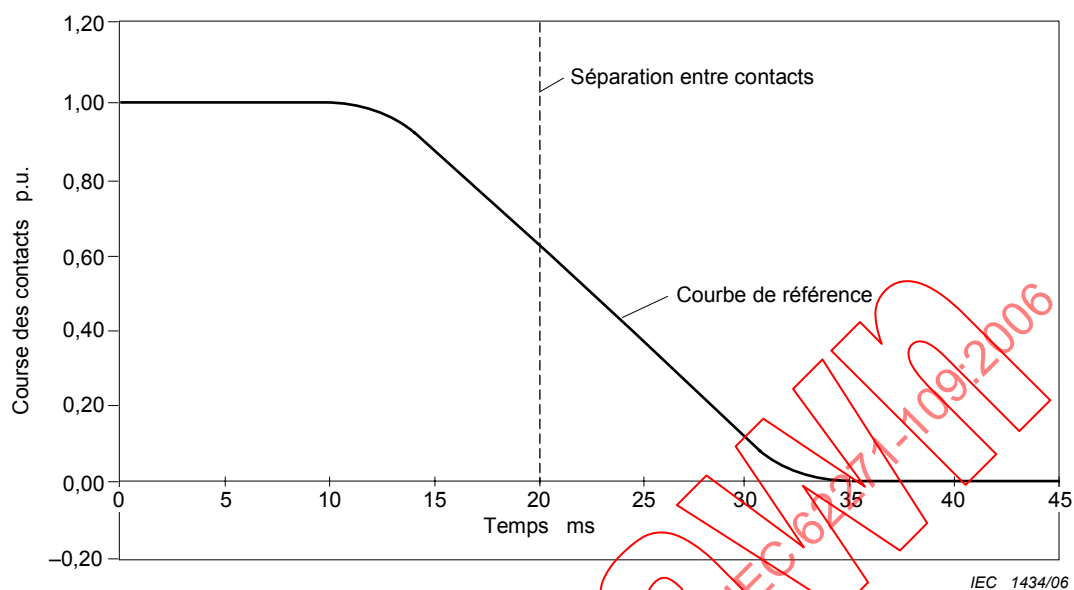


Figure 7 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée)

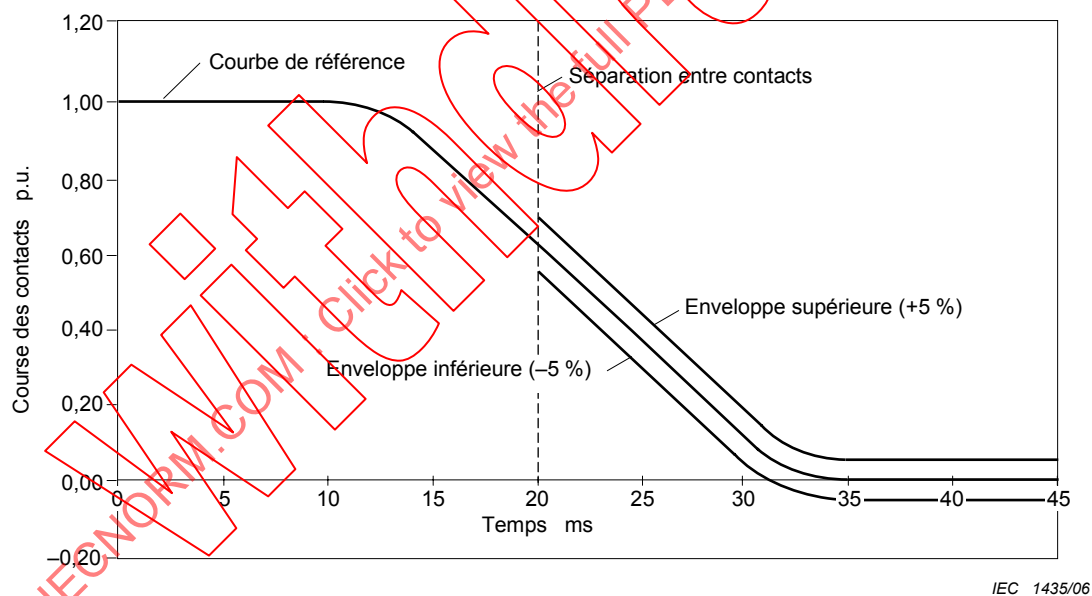


Figure 8 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite centrée autour de la courbe de référence ($\pm 5\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms

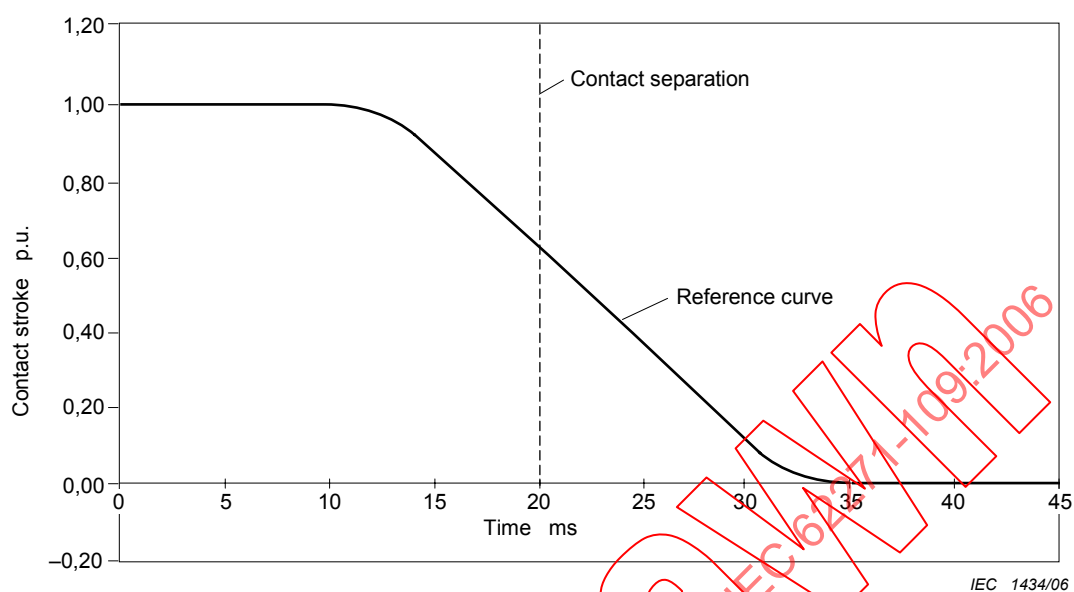


Figure 7 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve)

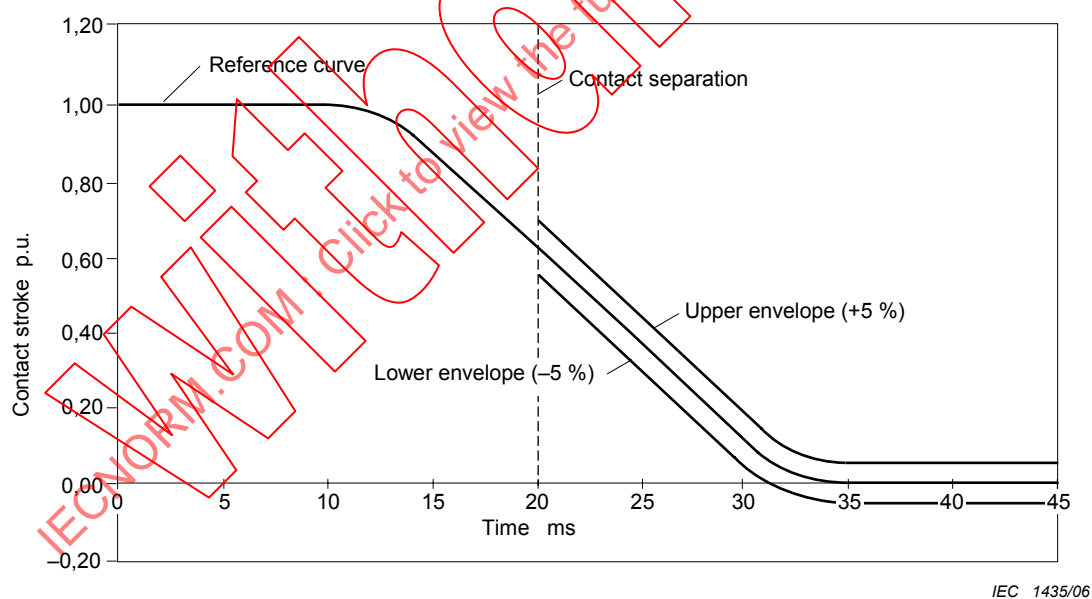


Figure 8 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes centred over the reference curve ($\pm 5\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms

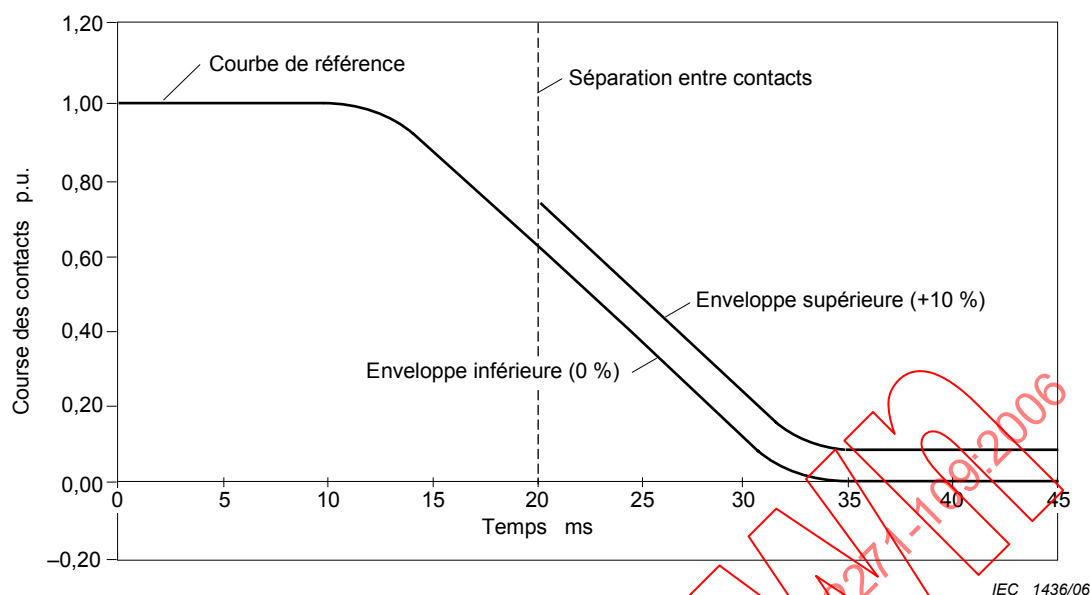


Figure 9 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée totalement vers la haut par rapport à la courbe de référence ($^{+10}_0$ %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms

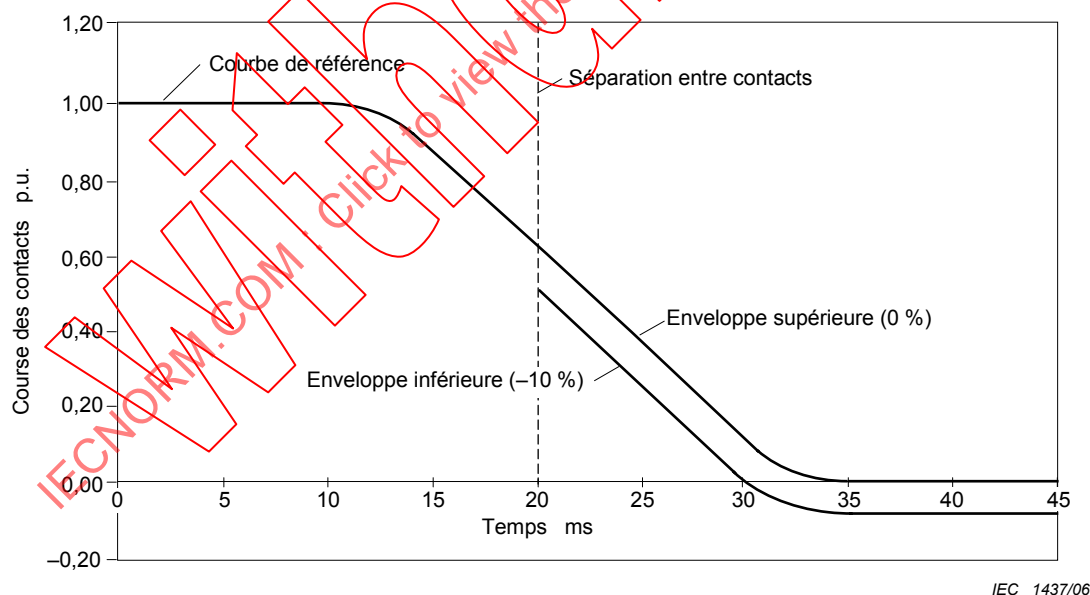


Figure 10 – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée totalement vers la bas par rapport à la courbe de référence ($^0_{-10}$ %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms

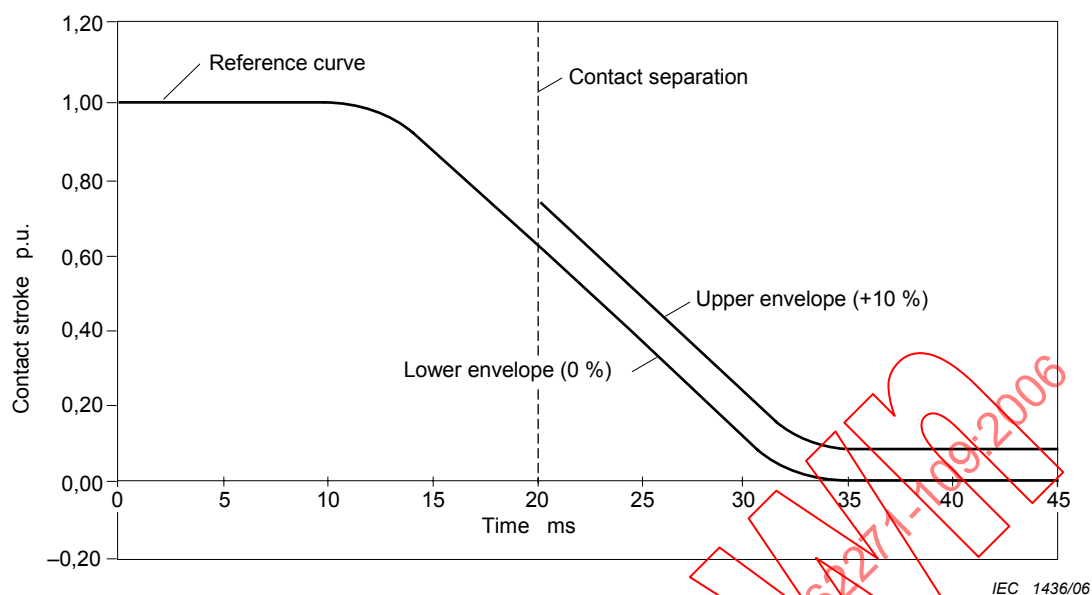


Figure 9 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced upward from the reference curve ($+10\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms

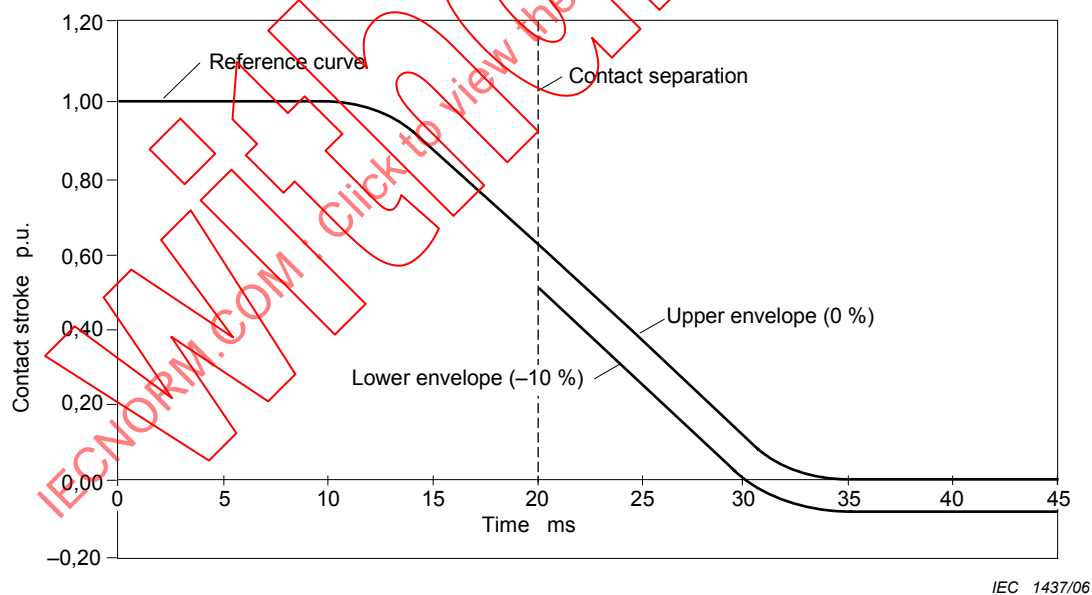
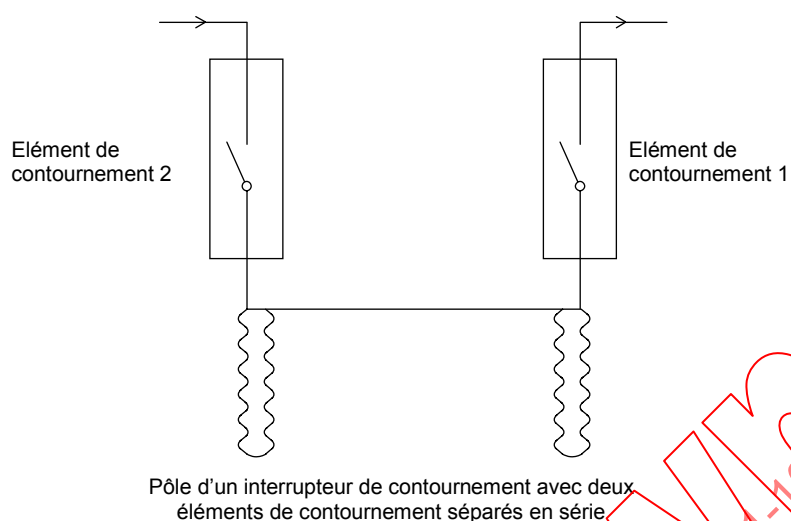
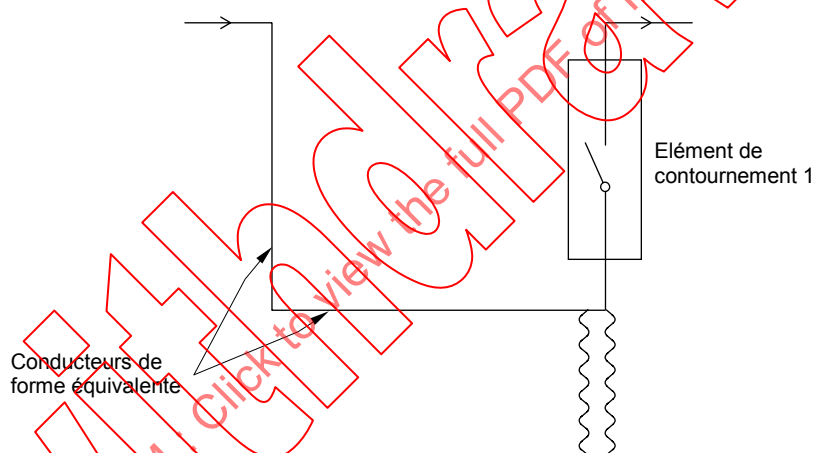


Figure 10 – Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced downward from the reference curve (-10%), contact separation in this example at time $t = 20$ ms



IEC 1438/06



IEC 1439/06

Figure 11 – Montage d'essai équivalent pour les essais sur éléments séparés des interrupteurs de contournement ayant plus d'un élément de contournement

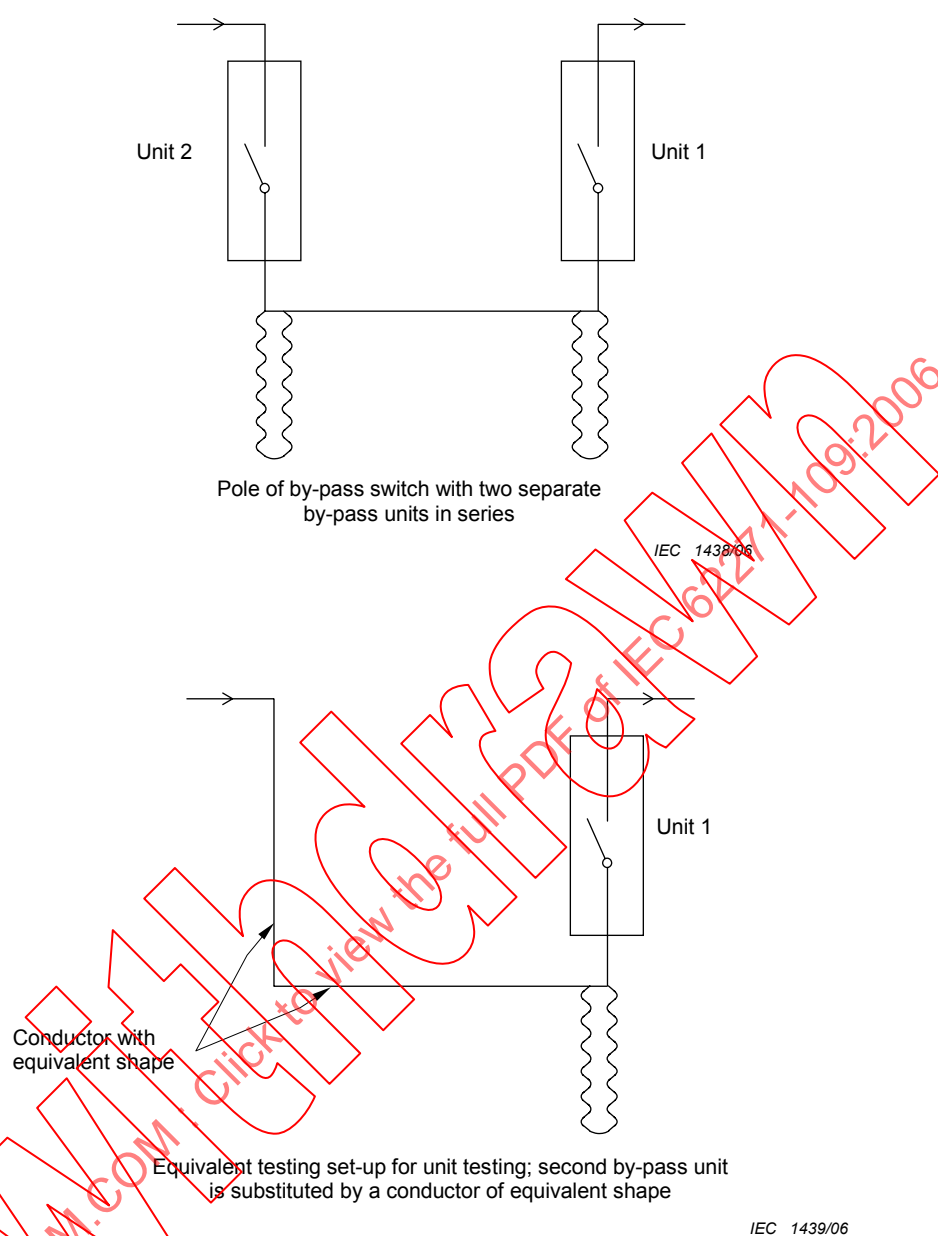
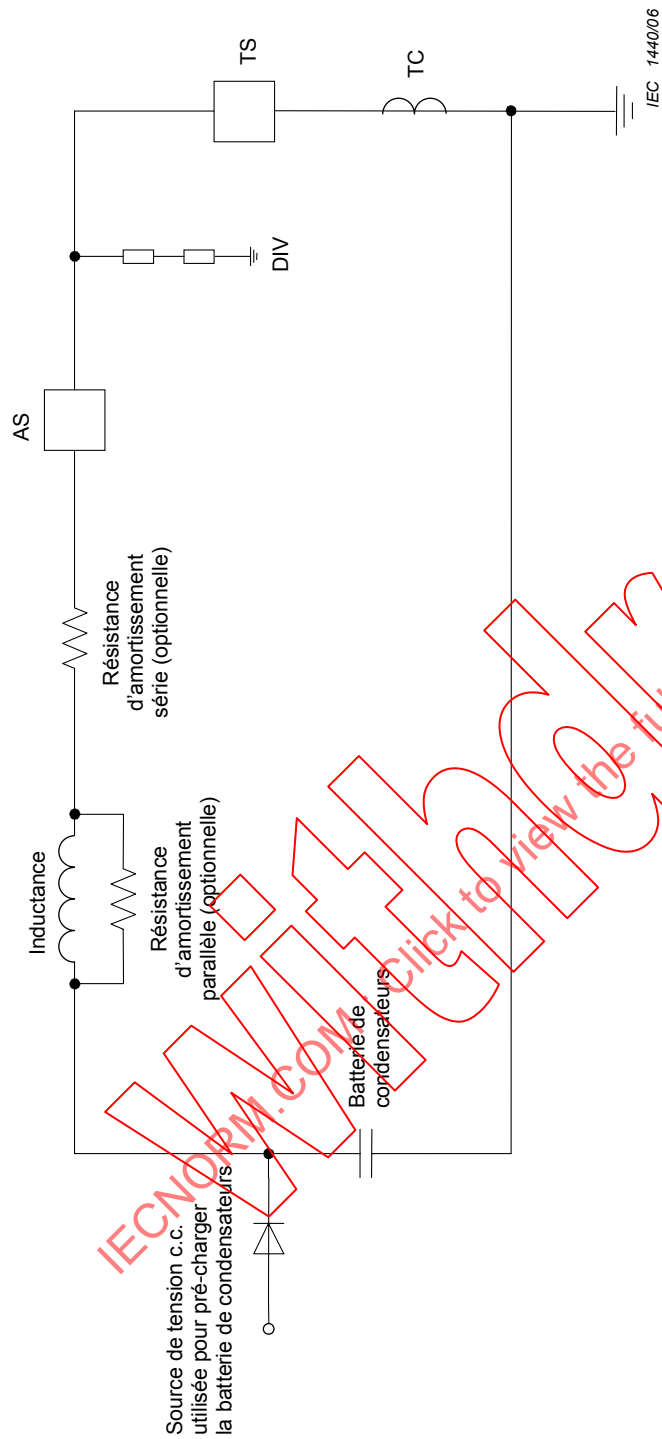


Figure 11 – Equivalent testing set-up for unit testing of by-pass switches with more than one separate by-pass units



Légende

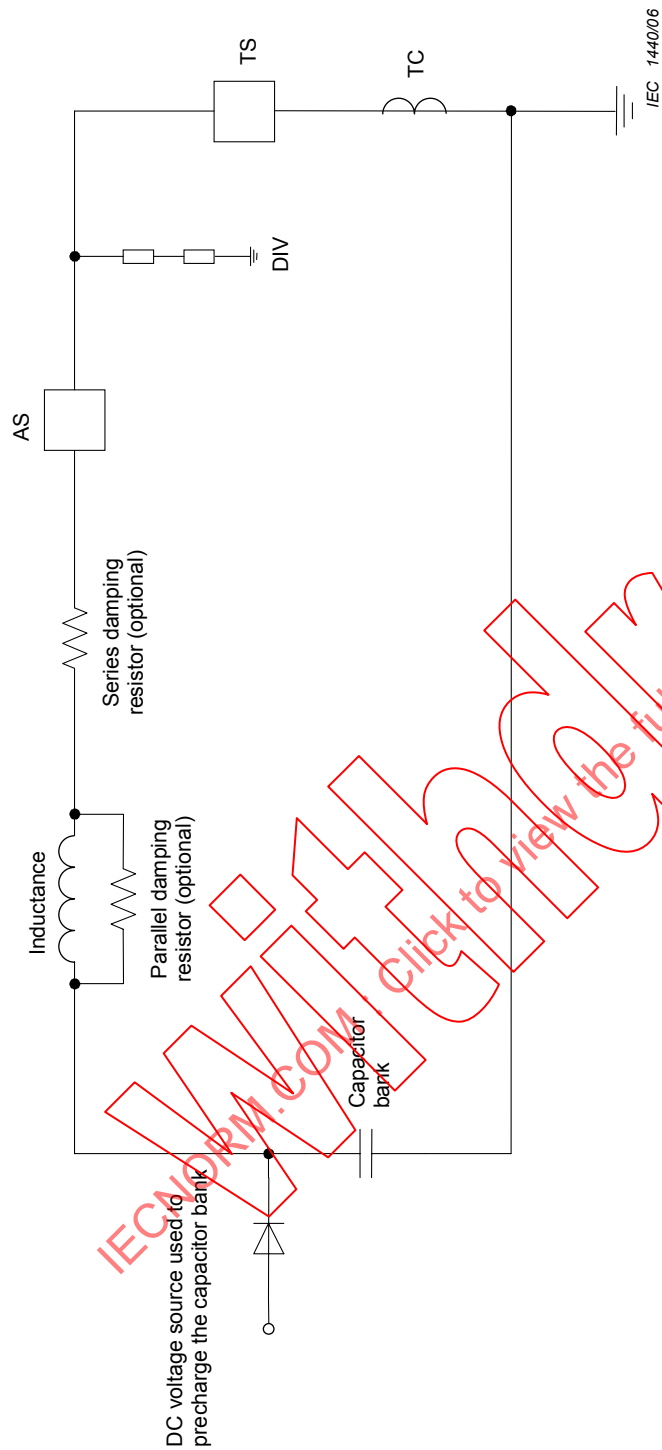
DIV diviseur de tension

AS interrupteur auxiliaire

TS interrupteur de contournement en essai

TC dispositif de mesure du courant

Figure 12 – Circuit d'essai typique pour une séquence d'essai d'établissement du courant de contournement



- Key**
- DIV voltage divider
 - AS auxiliary switch
 - TS tested by-pass switch
 - TC current measuring device

Figure 12 – Typical test circuit for the by-pass making current test-duty

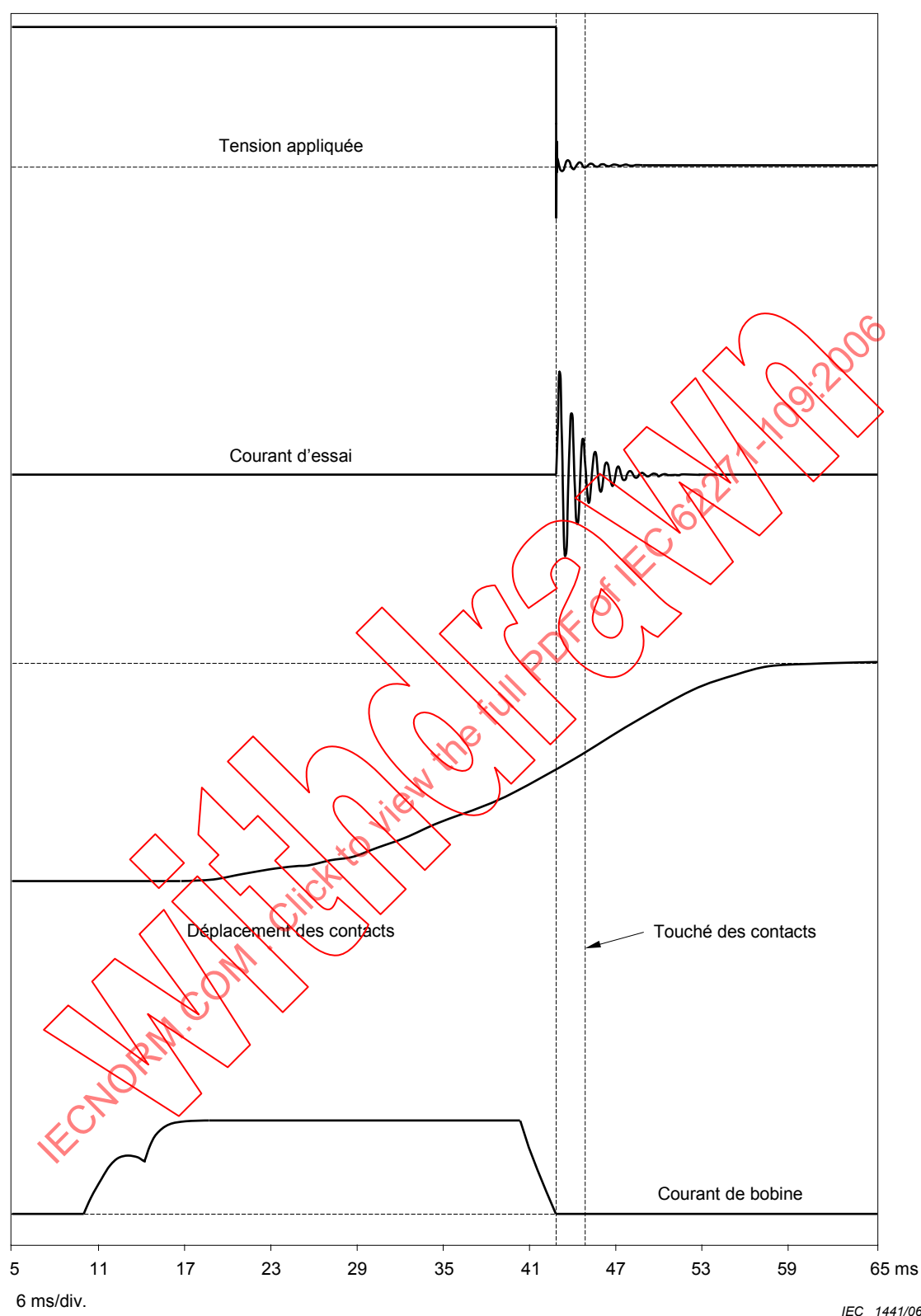


Figure 13 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai typique pour une séquence d'essai d'établissement de courant de contournement

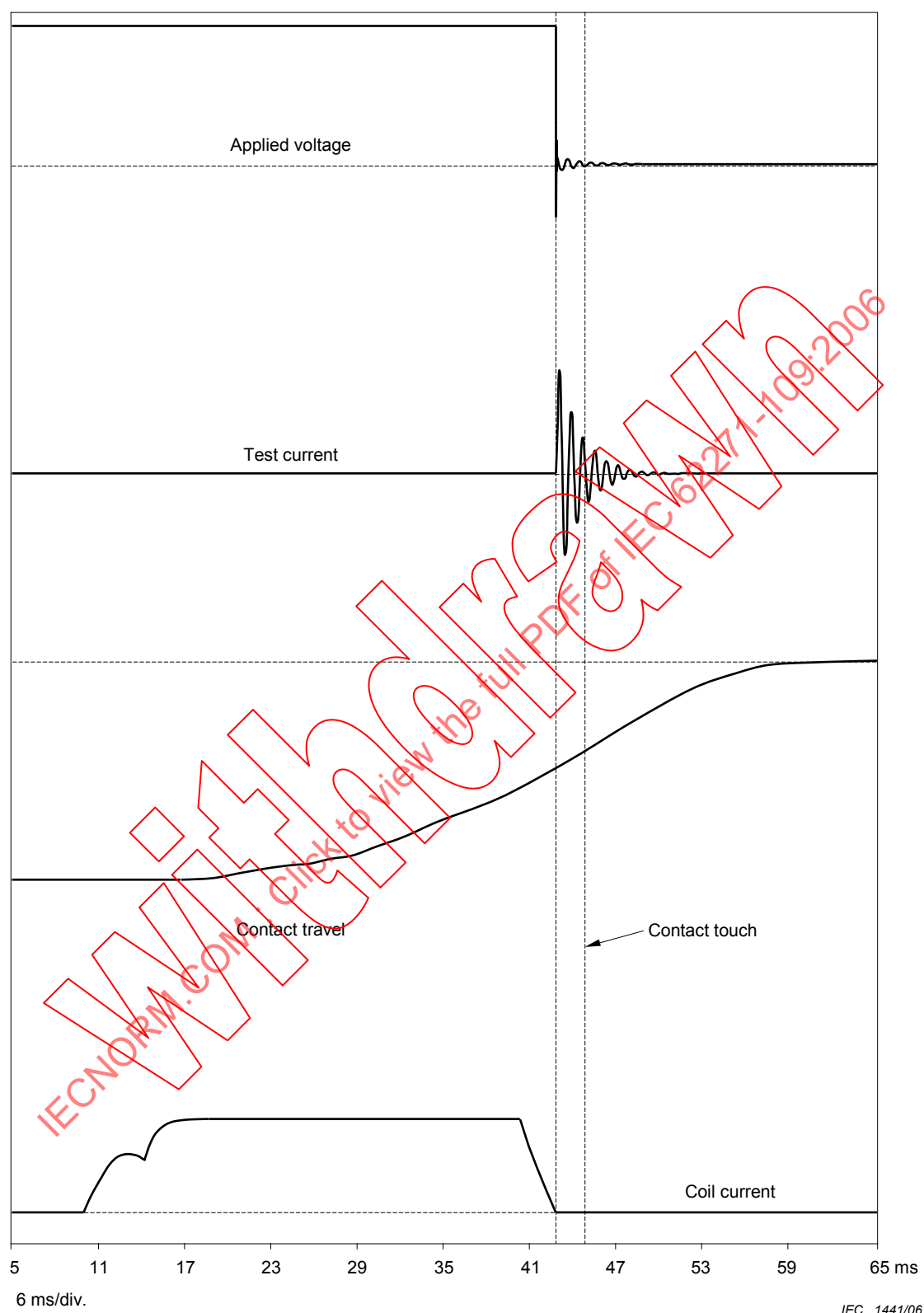
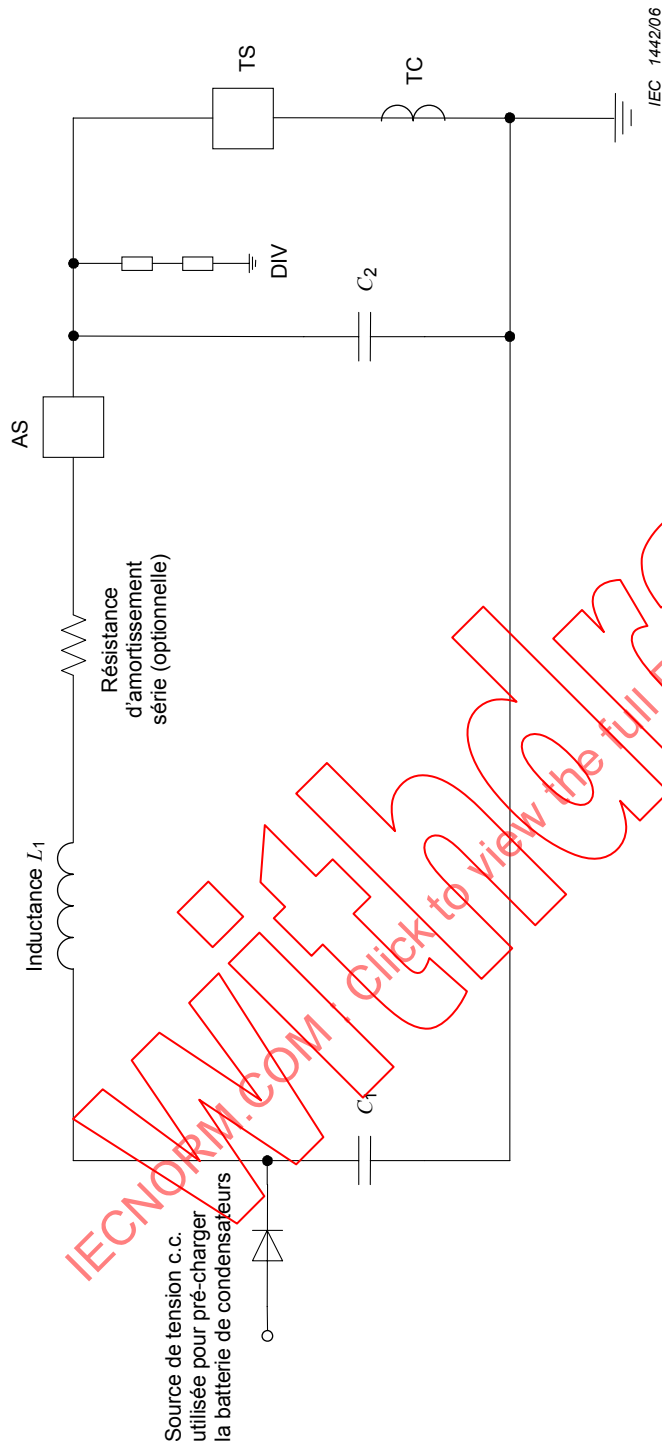


Figure 13 – Oscillogram obtained from the typical test circuit for the by-pass making current test-duty



Légende

C_1 et L_1 réglés à la fréquence assignée (composants de la source de courant)

C_1 , C_2 , et L_1 réglés pour obtenir la durée requise jusqu'à la première crête de la tension transitoire de rétablissement (composants de la source de tension)

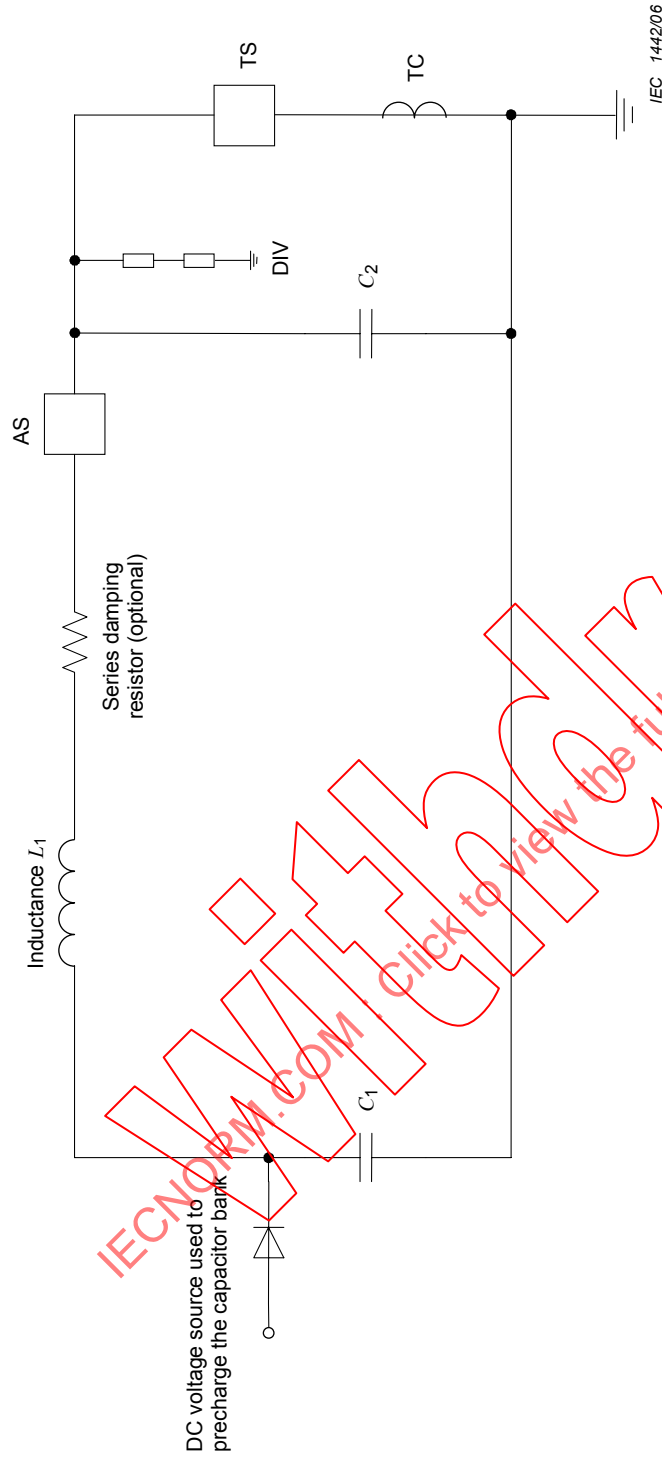
DIV diviseur de tension

AS interrupteur auxiliaire

TS interrupteur de contournement en essai

TC dispositif de mesure du courant

Figure 14 – Circuit d'essai LC typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion



Key

C_1 and L_1 set to the rated frequency (current source components)

C_1 , C_2 , and L_1 set to obtain the required time-to-peak of the transient recovery voltage (voltage source components)

DIV voltage divider

AS auxiliary switch

TS tested by-pass switch

TC current measuring device

Figure 14 – Typical LC test circuit for the insertion current test-duty

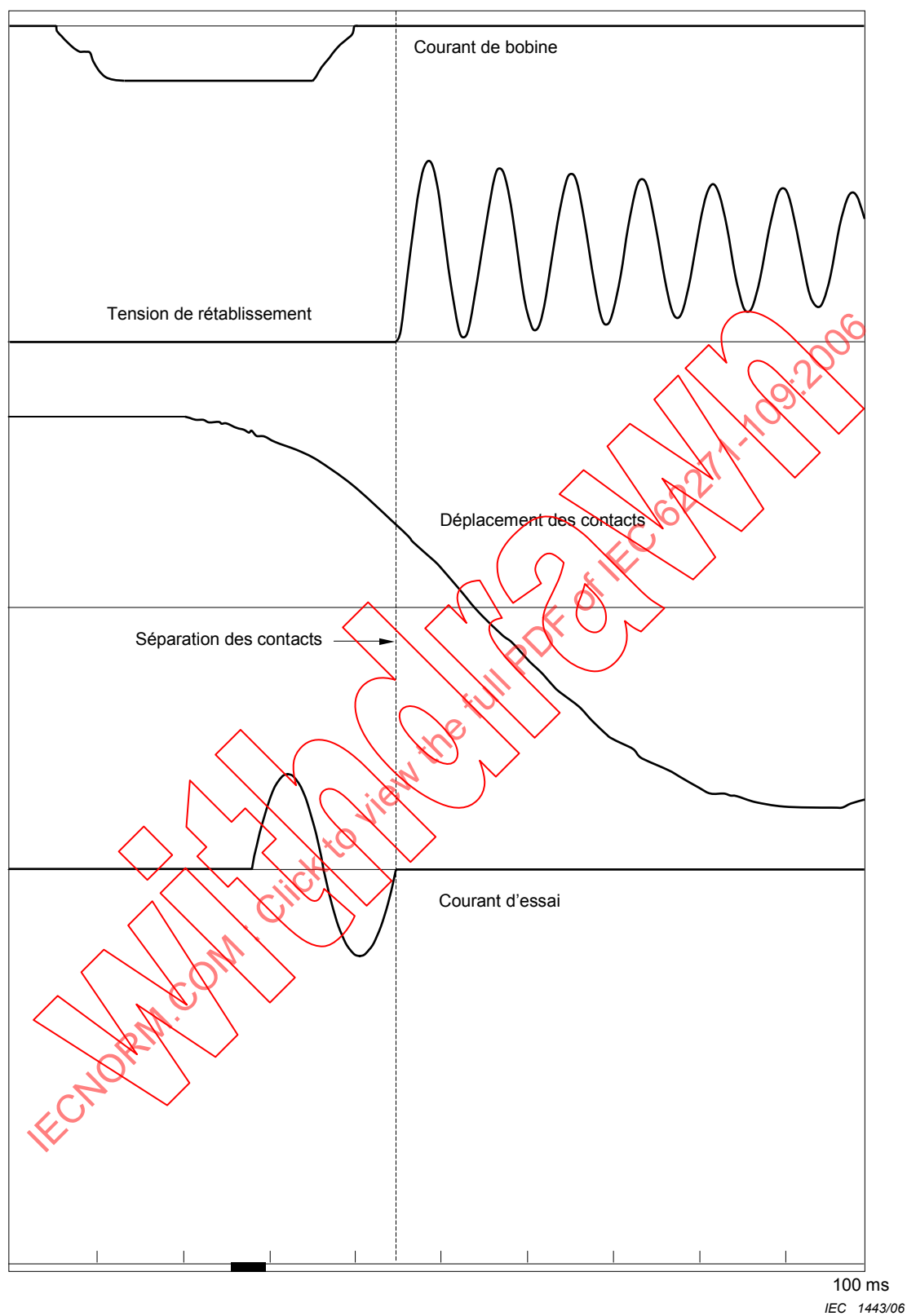


Figure 15 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai LC typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion

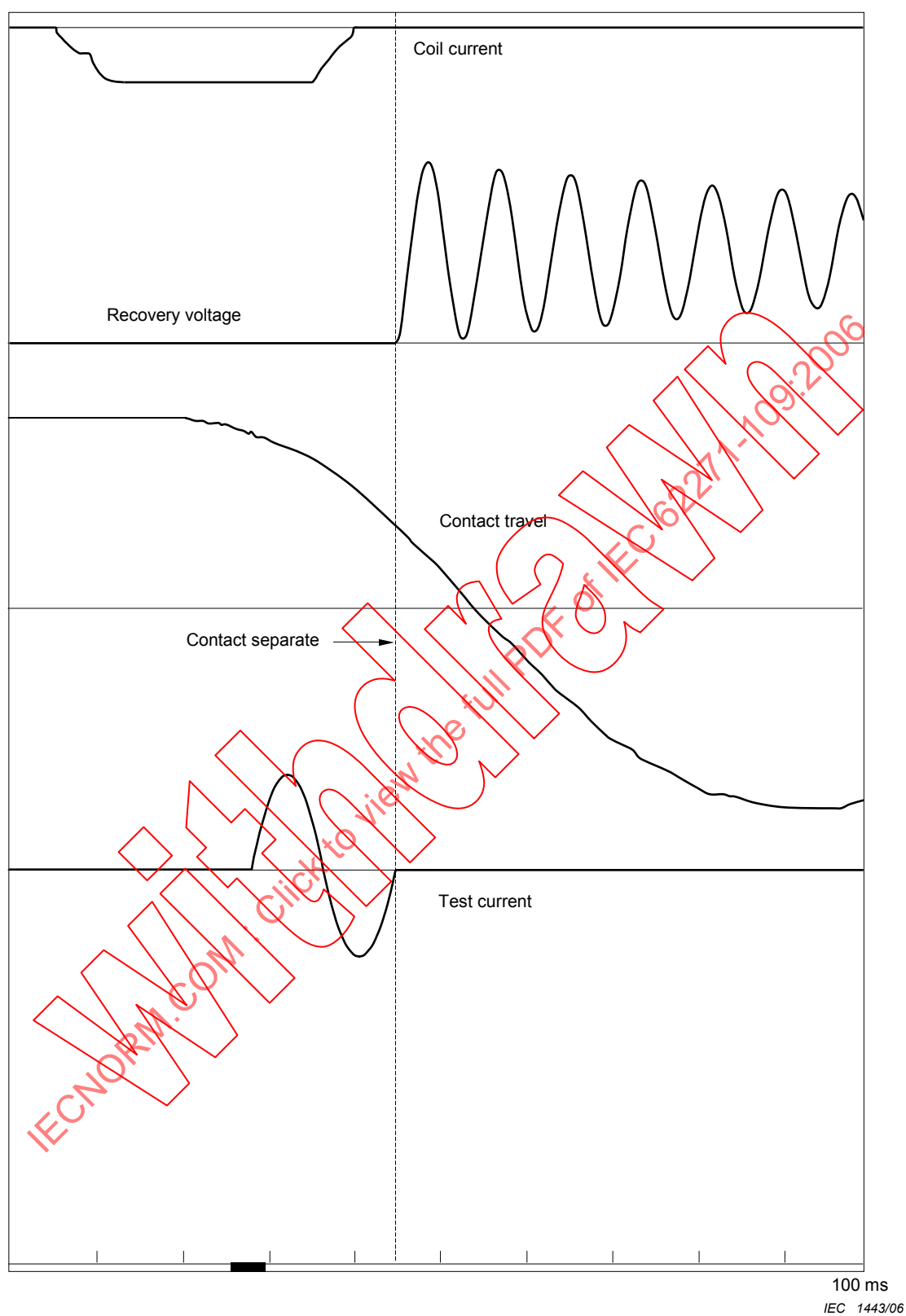
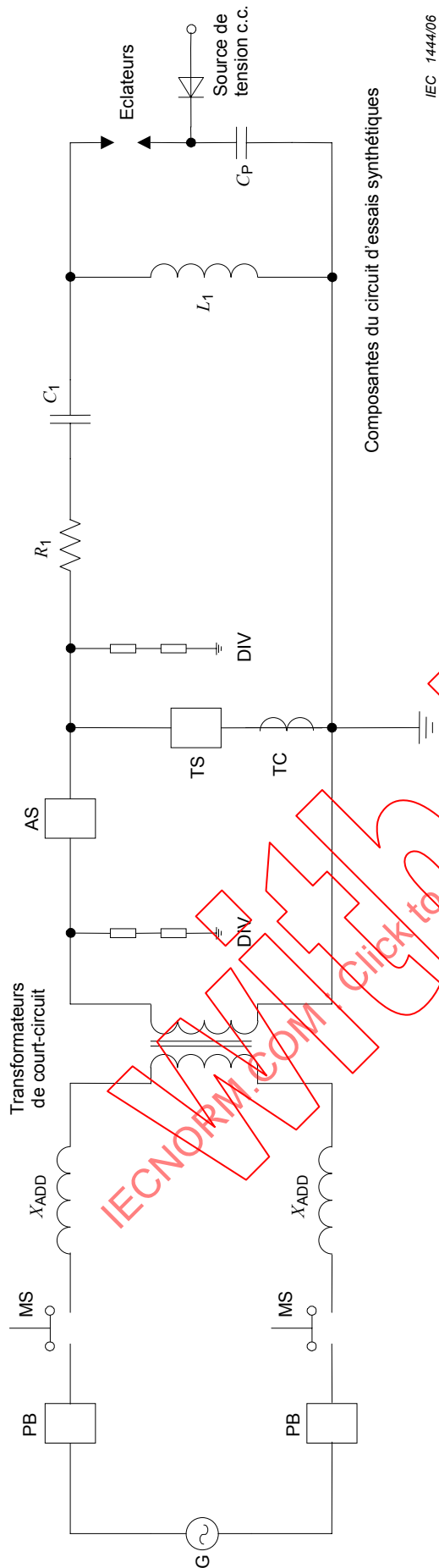


**Figure 15 – Oscilloscope obtained from the typical LC test circuit
for the insertion current test-duty**



Légende

G alternateur de court-circuit délivrant le courant à la fréquence industrielle

PB disjoncteurs de protection (secours)

MS enclencheurs

X_{ADD} réactances ajoutées pour régler le courant d'essai à la valeur requise du courant d'insertion

DIV diviseur de tension

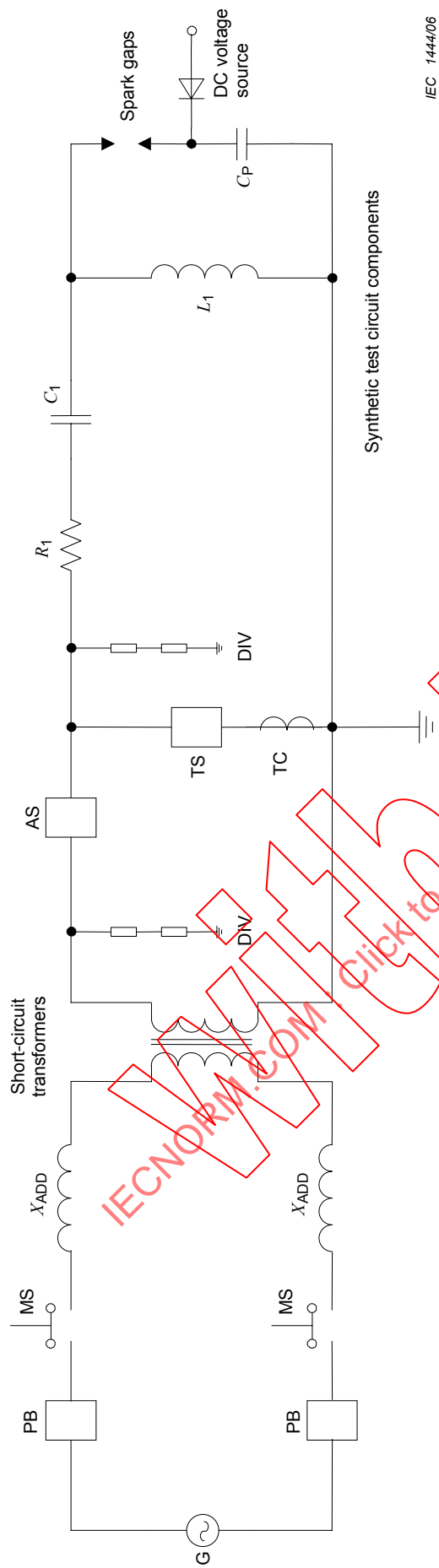
AS interrupteur auxiliaire

TS interrupteur de contournement en essai

TC dispositif de mesure du courant

R_1 , C_1 , L_1 , C_p , éléments de la source de tension (circuit synthétique)

Figure 16 – Circuit d'essai typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion
(principalement pour un courant d'insertion assigné élevé)



Key

- G short-circuit generator supplying the power-frequency current
- PB protection circuit-breakers (back-up)
- MS making switches
- X_{ADD} reactances added to adjust the test current to the required insertion current value
- DIV voltage divider
- AS auxiliary switch
- TS tested by-pass switch
- TC current measuring device

R_1, C_1, L_1, C_P , element of the voltage source (synthetic circuit)

Figure 16 – Typical test circuit for the insertion current test-duty (mainly for high-rated insertion current)

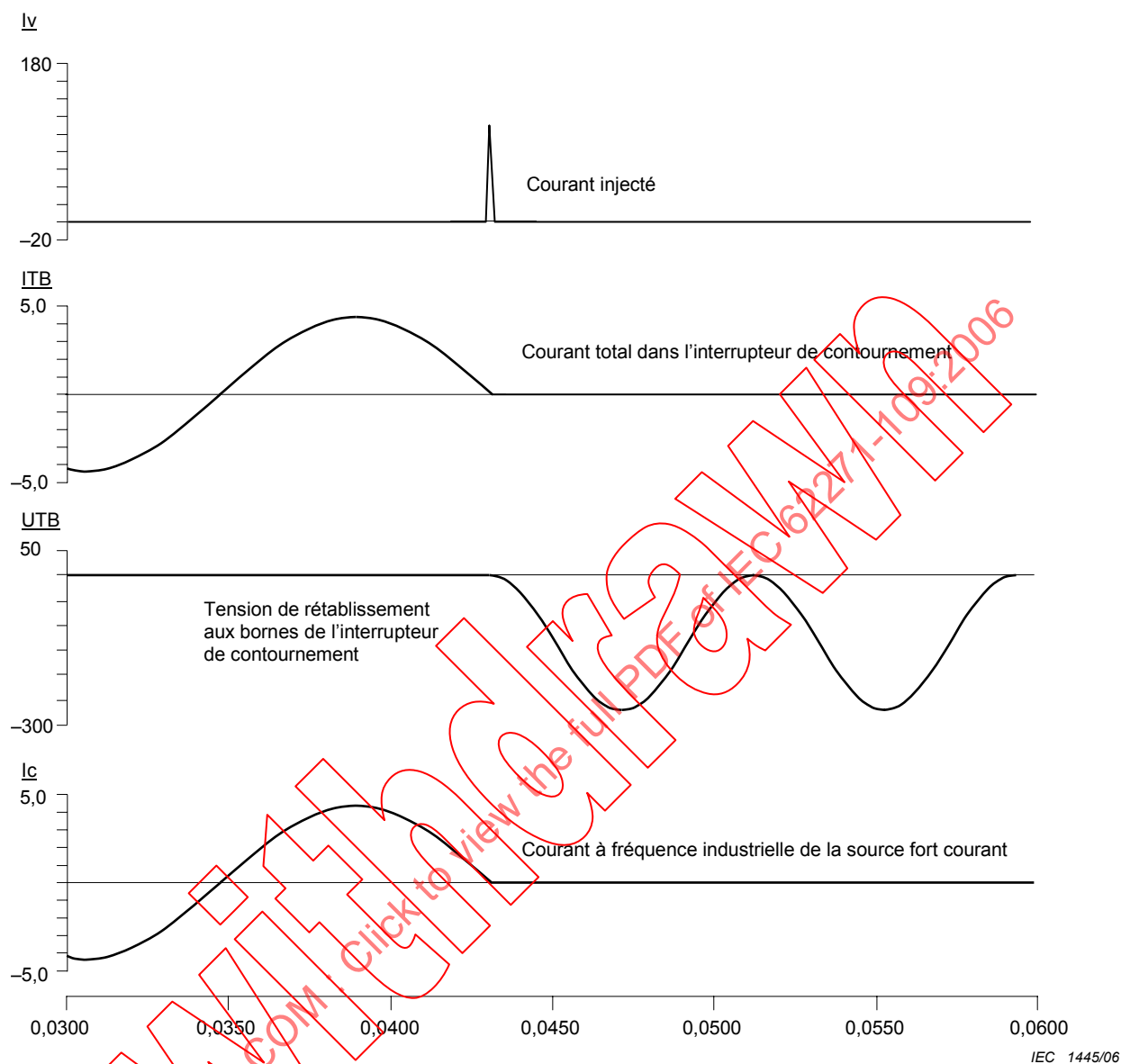


Figure 17 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai typique présenté à la Figure 16 pour la séquence d'essai de courant d'insertion

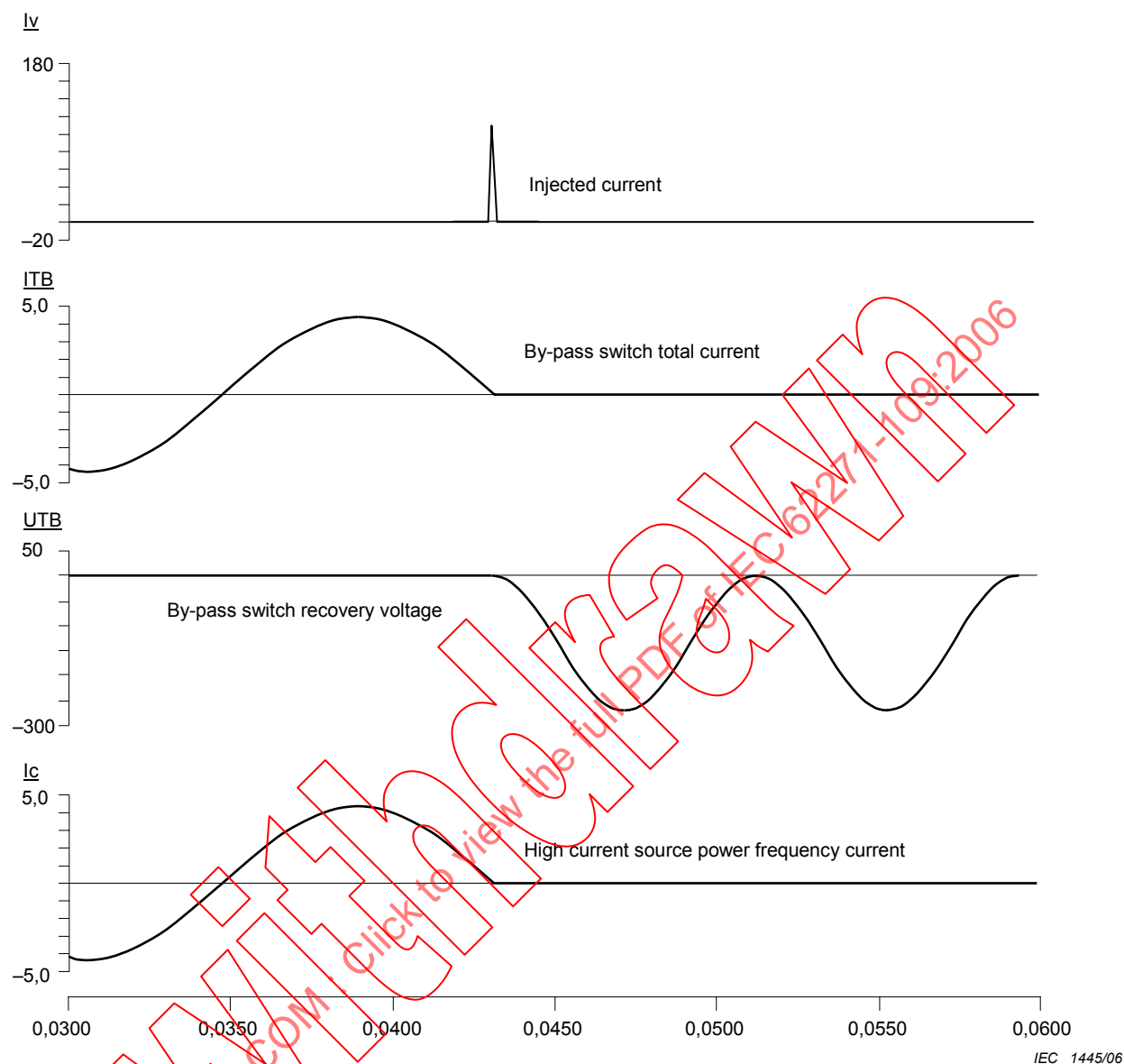
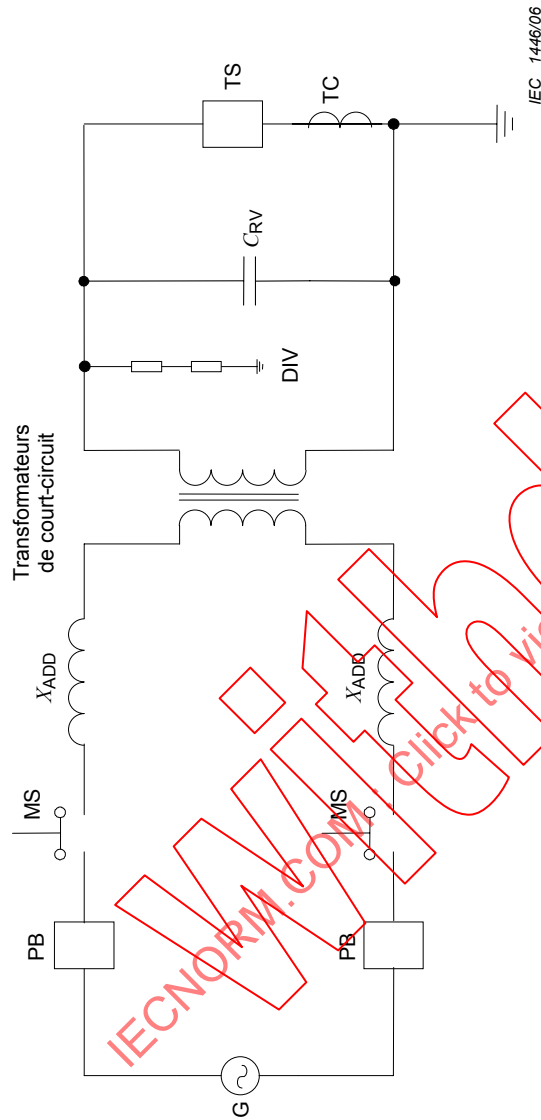


Figure 17 – Oscillogram obtained from the typical test circuit shown in Figure 16 for the insertion current test-duty



Légende

G alternateur de court-circuit délivrant le courant à la fréquence industrielle

PB disjoncteurs de protection (secours)

MS enclencheurs

X_{ADD} réactances ajoutées pour régler le courant d'essai à la valeur requise du courant d'insertion

DIV diviseurs de tension

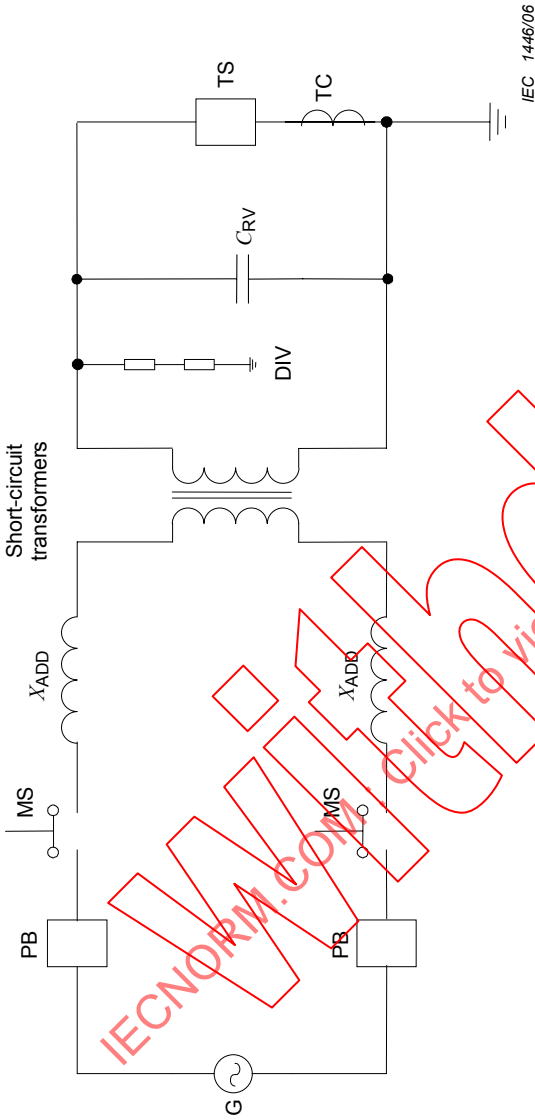
TS interrupteur de contournement en essai

TC dispositif de mesure du courant

C_{RV} condensateur utilisé pour ajuster le signal "1-cos" pour la tension transitoire de rétablissement requise. Il convient de choisir la valeur de " C_{RV} " de manière à obtenir une valeur de crête de la TTR de 5,6 ms (ou de 6,7 ms pour les interrupteurs de contournement exclusivement assignés à 50 Hz).

NOTE Du fait que ce circuit produit une deuxième crête de tension de rétablissement qui est nettement supérieure à la première crête de tension de rétablissement, il peut s'avérer nécessaire d'ajouter quelques dispositifs de limitation de la tension (par exemple des parafoudres au ZnO) entre les bornes de l'interrupteur de contournement en essai.

Figure 18 – Circuit d'essai direct typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion



Key

G short-circuit generator supplying the power-frequency current

PB protection circuit-breakers (back-up)

MS making switches

X_{ADD} reactances added to adjust the test current to the required insertion current value

DIV voltage dividers

TS tested by-pass switch

TC current measuring device

C_{RV} capacitor used to adjust the "1-cos" waveshape for to the required transient recovery voltage. The value of " C_{RV} " should be chosen to obtain a peak value of the TRV of 5,6 ms or 6,7 ms for by-pass switches exclusively rated for 50 Hz).

NOTE Because this circuit produces a second recovery voltage peak which is significantly higher than the first recovery voltage peak, it may be necessary to add some voltage-limiting devices (e.g. ZnO arresters) across the tested by-pass switch.

Figure 18 – Typical direct test circuit for the insertion current test-duty

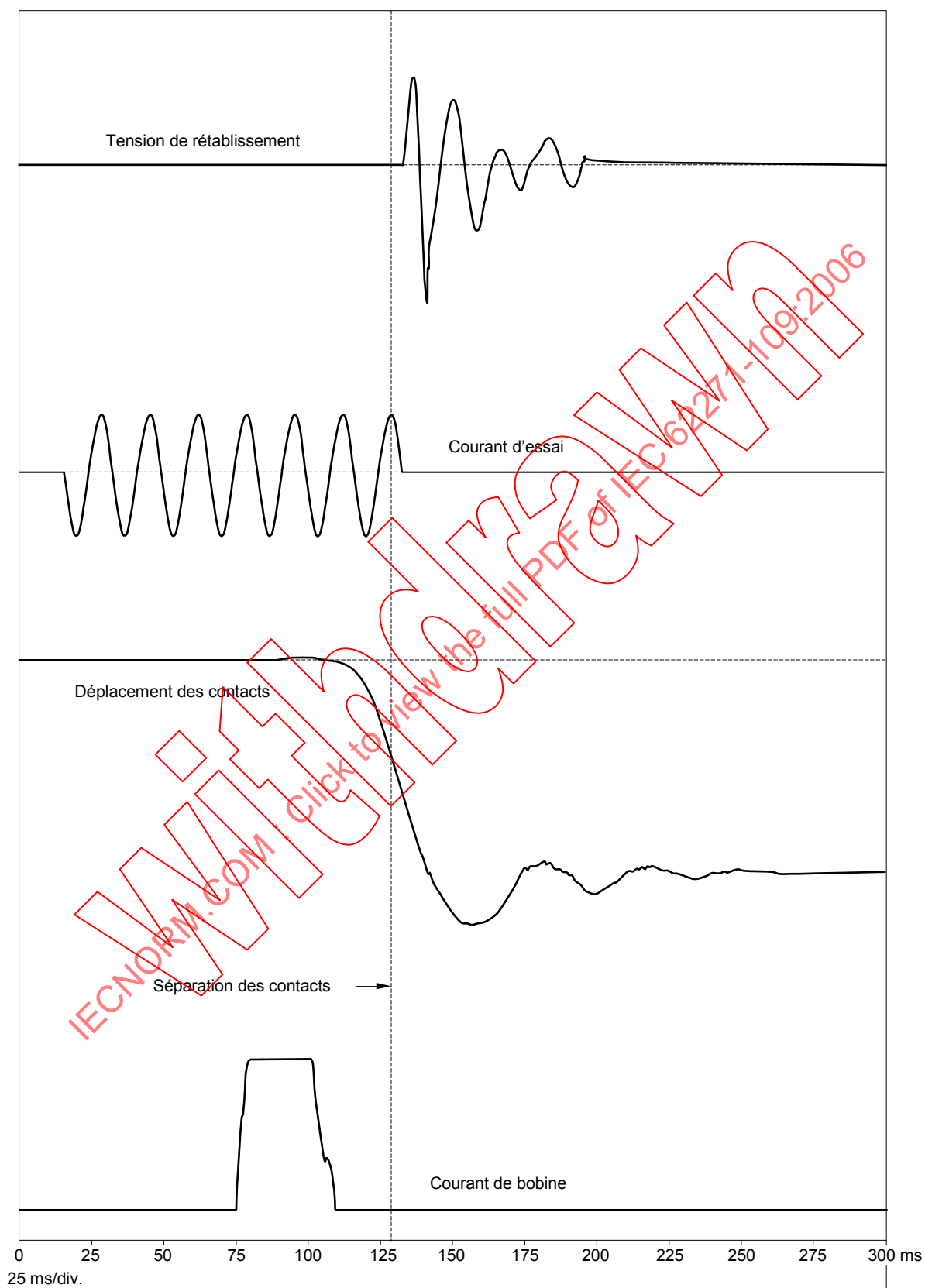
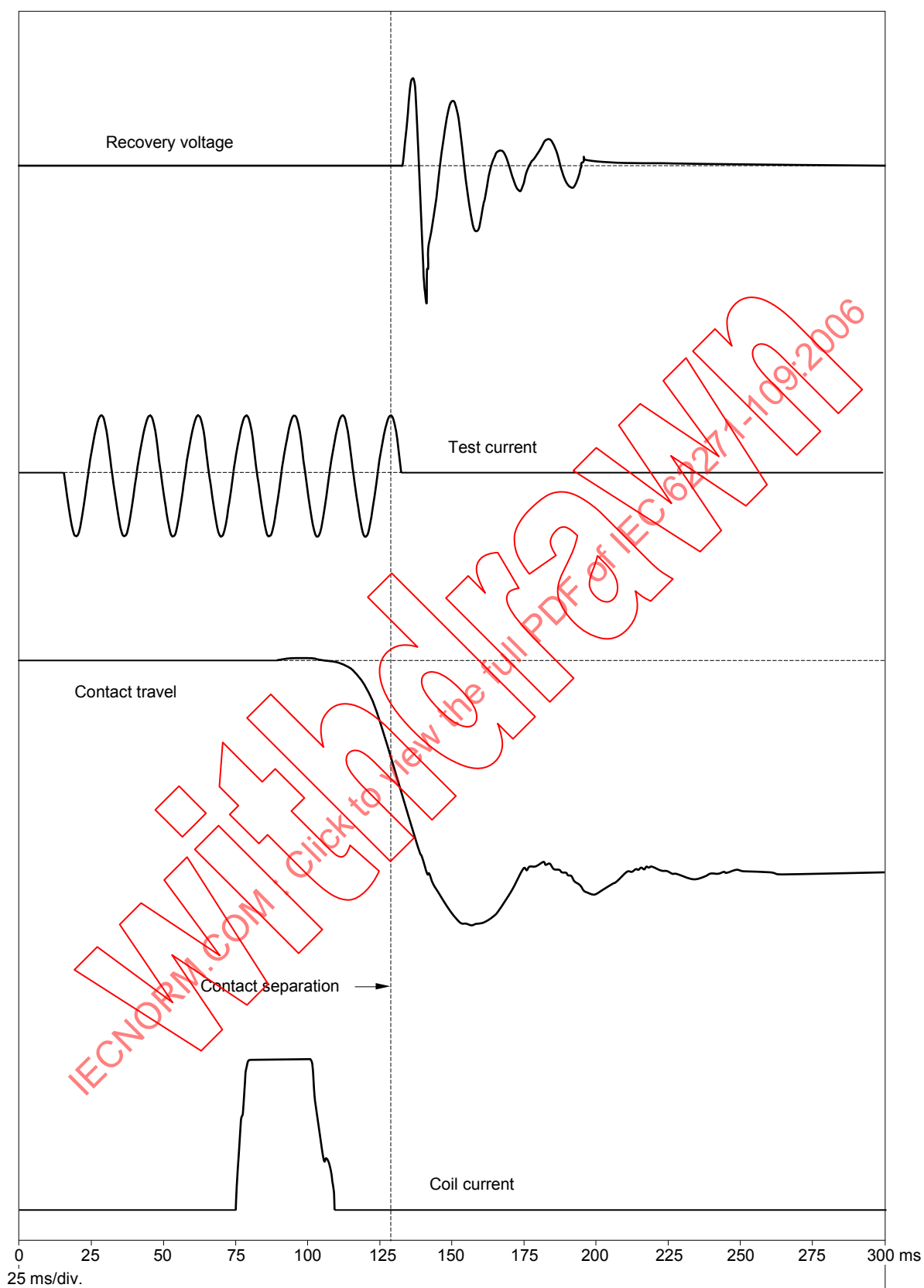


Figure 19 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d'essai direct typique pour la séquence d'essai de courant d'insertion



IEC 1447/06

Figure 19 – Oscillogram obtained from the typical direct test circuit for the insertion current test-duty

Annexe A (normative)

Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type

A.1 Types de tolérances

Durant les essais de type, les types de tolérances suivantes peuvent être normalement distingués:

- les tolérances sur les paramètres d'essais qui déterminent directement les contraintes appliquées à l'objet soumis à l'essai;
- les tolérances sur les caractéristiques et sur le comportement de l'objet soumis à l'essai avant et après un essai;
- les tolérances sur les conditions d'essais;
- les tolérances sur les paramètres des dispositifs de mesure qui seront utilisés.

Dans le Tableau A.1 ci-après, seules les tolérances sur les paramètres d'essais sont considérées.

Une tolérance est définie comme étant l'intervalle de la valeur d'essai spécifiée dans cette norme à l'intérieur duquel il convient que la valeur mesurée en essai se trouve pour que l'essai soit valable. Dans certains cas (voir 6.103 et le Tableau 5), l'essai peut rester valable même si la valeur mesurée est hors tolérance.

Tout écart dû à l'imprécision de la mesure sur la valeur mesurée durant l'essai par rapport à la valeur réelle n'est pas pris en considération.

A.2 Application des tolérances

Les règles de base pour l'application des tolérances sur les paramètres d'essais durant les essais de type sont les suivantes:

- a) les stations d'essais doivent tenter, dans la mesure du possible, d'obtenir les valeurs d'essais spécifiées;
- b) les tolérances spécifiées sur les paramètres d'essais doivent être respectées par les stations d'essais. Des contraintes plus élevées que celles données par les tolérances spécifiées peuvent être appliquées à l'interrupteur de contournement seulement avec le consentement du constructeur. Des contraintes moins élevées rendent l'essai invalide;
- c) lorsque cette norme, ou la norme applicable, ne donne aucune tolérance sur un paramètre d'essais, les essais de type doivent être réalisés à des valeurs pas moins sévères que celles spécifiées. La limite supérieure des contraintes est sujette au consentement du constructeur;
- d) si pour n'importe quel paramètre d'essais, seulement une limite est donnée, alors l'autre limite est considérée comme étant le plus près possible de la valeur spécifiée.

Annex A (normative)

Tolerances on test quantities during type tests

A.1 Types of tolerances

During type tests, the following types of tolerances may normally be distinguished:

- tolerances on test quantities which directly determine the stress of the test object;
- tolerances concerning features or the behaviour of the test object before and after the test;
- tolerances on test conditions;
- tolerances concerning parameters of measurement devices to be applied.

In the following Table A.1, only tolerances on test quantities are considered.

A tolerance is defined as the range of the test value specified in this standard within which the measured test value should lie for a test to be valid. In certain cases (see 6.103 and Table 5) the test may remain valid even if the measured value falls outside the tolerance.

Any deviation of the measured test value and the true test value caused by the uncertainty of the measurement are not taken into account in this respect.

A.2 Application of tolerances

The basic rules for application of tolerances on test quantities during type tests are as follows:

- a) testing stations shall aim wherever possible for the test values specified;
- b) the tolerances on test quantities specified shall be observed by the testing station. Higher stresses of the by-pass switch exceeding those tolerances are permitted only with the consent of the manufacturer. Lower stresses render the test invalid;
- c) where, for any test quantity, no tolerance is given within this standard, or the standard to be applied, the type test shall be performed at values not less severe than specified. The upper stress limits are subject to the consent of the manufacturer;
- d) if, for any test quantity, only one limit is given, the other limit shall be considered to be as close as possible to the specified value.

Tableau A.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type

Para- graphe	Désignation de l'essai	Paramètre d'essai	Valeur d'essai spécifiée	Tolérance d'essais/limites des valeurs d'essais	Référence à
6.2	Essais diélectriques				
6.2.6.1 et 6.2.7.1	Essais de tension à fréquence industrielle	Tension d'essai (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle	± 1 %	CEI 60694, CEI 60060
		Fréquence	--	45 Hz à 65 Hz	CEI 60060
		Forme d'onde		± 5 %	
6.2.6.2 et 6.2.7.3	Essais de tension de choc de foudre	Valeur de crête	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	± 3 %	
		Durée du front	1,2 µs	± 30 %	
		Durée jusqu'à la mi-valeur	50 µs	± 20 %	
6.2.7.2	Essais à la tension de choc de manœuvre	Valeur de crête	Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre	± 3 %	
		Durée jusqu'à la crête	250 µs	± 20 %	
		Durée jusqu'à la mi-valeur	2 500 µs	± 60 %	
6.2.11	Essais de tension pour vérification de l'état utilisant une onde de surtension de manœuvre normale				CEI 60060
		Valeur de crête de la surtension de manœuvre	Voir 6.2.11	± 3 %	
		Durée jusqu'à la crête	250 µs	± 20 %	
		Durée jusqu'à la mi-valeur	2 500 µs	± 60 %	
	Utilisation d'un circuit de TTR de T10	Valeur de crête de la surtension de manœuvre	Voir 6.2.11	± 3 %	
		Durée jusqu'à la crête	Valeur normalisée pour T10 (voir Tableau 14 de la CEI 62271-100)	+200 % -10	
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	Tension d'essai	Voir 6.3 de la CEI 60694	± 1 %	CEI 60060
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	Courant d'essais c.c., I _{DC}	--	50 A ≤ I _{DC} ≤ courant assigné en service continu	CEI 60694

Table A.1 – Tolerances on test quantities for type tests

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerances/ limits of test values	Reference to
6.2	Dielectric tests				
6.2.6.1 and 6.2.7.1	Power-frequency voltage tests	Test voltage (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage	± 1 %	IEC 60694, IEC 60060
		Frequency	--	45 Hz to 65 Hz	IEC 60060
		Wave shape	Peak value / r.m.s. value = $\sqrt{2}$	± 5 %	
6.2.6.2 and 6.2.7.3	Lightning impulse voltage tests	Peak value	Rated lightning impulse withstand voltage	± 3 %	
		Front time	1,2 μ s	± 30 %	
		Time to half-value	50 μ s	± 20 %	
6.2.7.2	Switching impulse voltage tests	Peak value	Rated switch impulse withstand voltage	± 3 %	
		Time-to-peak	250 μ s	± 20 %	
		Time to half-value	2 500 μ s	± 60 %	
6.2.11	Voltage test as condition check using standard switching impulse voltage				
		Peak value of switching impulse voltage	See 6.2.11	± 3 %	IEC 60060
		Time-to-peak	250 μ s	± 20 %	
		Time of half-value	2 500 μ s	± 60 %	
	Using TRV circuit of T10	Peak value of switching impulse voltage	See 6.2.11	± 3 %	
		Time to peak	Standard value for T10 (see Table 14 of IEC 62271-109)	+200 -10 %	
6.3	Radio interference voltage tests	Test voltage	See 6.3 of IEC 60694	± 1 %	IEC 60060
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	DC test current I_{DC}	--	50 A $\leq I_{DC} \leq$ rated normal current	IEC 60694

Tableau A.1 (suite)

Para- graphe	Désignation de l'essai	Paramètre d'essai	Valeur d'essai spécifiée	Tolérance d'essais/limites des valeurs d'essais	Référence à
6.5	Essais d'échauffement	Vitesse de l'air ambiant	--	≤ 0,5 m/s	CEI 60694
		Fréquence du courant d'essai	Fréquence assignée	+2 % -5 %	
		Courant d'essai	Courant assigné en service continu	+2 % 0	
				Ces limites doivent être observées seulement durant les deux dernières heures d'essai	
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	Température de l'air ambiant T_a	--	+10 °C < T < 40 °C	CEI 60694
		Fréquence d'essai	Fréquence assignée	±10 %	
		Courant crête (dans une des phases extérieures)	Valeur de crête du courant admissible assigné	+5 % 0	
		Moyenne de la composante c.a. du courant lors d'un essai en triphasé	Courant de courte durée admissible assigné	±5 %	
		Composante c.a. du courant d'essai dans n'importe quelle phase/valeur moyenne		±10 %	
		Durée du courant de court-circuit	Durée de court-circuit assignée	Voir tolérances pour I^2t	
		Valeur de I^2t	Valeur I^2t assignée	+10 % 0	
6.101.3	Essais à haute et à basse température	Variation de la température de l'air ambiant le long de la hauteur de l'objet d'essais	--	≤ 5 K	
		Température de l'air ambiant pour l'enregistrement des caractéristiques avant l'essai	20 °C	± 5 K	
		Températures maximales et minimales de l'air ambiant durant les essais	Selon la classe de l'interrupteur de contournement (voir CEI 60694)	± 3 K	
		Température maximale pour un cycle	40 °C	± 2 K	
6.101.6	Guide pour l'essai avec efforts statiques sur les bornes	Forces	Tel que spécifié en 6.101.6	+10 % 0	

Table A.1 (continued)

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerances/ limits of test values	Reference to
6.5	Temperature-rise tests	Ambient air velocity	--	$\leq 0,5$ m/s	IEC 60694
		Test current/frequency	Rated frequency	$+2$ % -5 %	
		Test current	Rated normal current	$+2$ % 0	
				These limits shall be kept only for the last two hours of the testing period	
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	Ambient air temperature T	--	$+10$ °C < T < 40 °C	IEC 60694
		Test frequency	Rated frequency	± 10 %	
		Peak current (in one of the outer phases)	Rated peak withstand current	$+5$ % 0	
		Average of a.c. component of three-phase test current	Rated short-time withstand current	± 5 %	
		AC component of test current in any phase/average	1	± 10 %	
		Short-circuit current duration	Rated short-circuit duration	See tolerances for I^2t	
		Value of I^2t	Rated value I^2t	$+10$ % 0	
6.101.3	Low and high temperature tests	Deviation of ambient air temperature over height of test object	--	≤ 5 K	
		Ambient air temperature for recording characteristics before test	20 °C	± 5 K	
		Minimum and maximum ambient air temperature during tests	According to class of bypass switch (see IEC 60694)	± 3 K	
		Maximum temperature of a cycle	40 °C	± 2 K	
6.101.6	Guide for static terminal load test	Forces	As specified in 6.101.6	$+10$ % 0	

Tableau A.1 (suite)

Para- graphe	Désignation de l'essai	Paramètre d'essai	Valeur d'essai spécifiée	Tolérance d'essais/limites des valeurs d'essais	Référence à
6.105	Séquence d'essai d'établissement du courant de contournement	Tension appliquée avant l'établissement	U_{PL}	+5 % 0	6.105.3
		Courant assigné de contournement	I_{BP}	+5 % 0	6.105.4
		Courant de recharge de la batterie de condensateur	$I_{DÉCHARGE}$	+5 % 0	6.105.4
		Fréquence du courant assigné de contournement	f_{BP}	Le plus près possible de la valeur demandée. Ne doit pas être inférieur à 62,5 % des conditions de service	6.105.4
		Amortissement du courant assigné de contournement	I_2 / I_1	Égal ou supérieur aux conditions en service	6.105.2
6.106	Séquence d'essais du courant d'insertion	Courant d'essai à fréquence industrielle	I_{INS}	±20 %	6.106.4
		Fréquence du courant d'essai	De 49 Hz à 61 Hz		6.106.1
		Tension transitoire de rétablissement / valeur de crête	U_{PI}	0 %, +5 %	6.106.3
		Durée jusqu'à la crête de la tension transitoire de rétablissement	Valeur spécifiée	±5 %	6.106.1
		Amplitude du saut de tension initial du signal "1-cos"		≤ 5 % de la crête de la tension transitoire de rétablissement	6.106.2
		Valeur efficace du courant/valeur efficace du courant à la fréquence fondamentale	≤ 1,2		6.106.3