

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

**Modification n° 4**

Juin 1981  
à la

**Amendment No. 4**

June 1981  
to

Publication 56-2  
1971

---

**Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension**

**Deuxième partie: Caractéristiques nominales**

---

**High-voltage alternating-current circuit-breakers**

**Part 2: Rating**

---

Les modifications contenues dans le présent document ont été approuvées suivant la Règle des Six Mois.

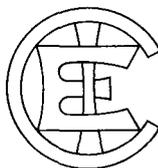
Les projets de modifications, discutés par le Sous-Comité 17A du Comité d'Etudes N° 17, furent diffusés pour approbation suivant la Règle des Six Mois en novembre 1979, sous forme de document 17A(Bureau Central)137, et en janvier 1980, sous forme de document 17A(Bureau Central)138.

Ces modifications sont destinées à être découpées et collées sur le texte original de la publication

The amendments contained in this document have been approved under the Six Months' Rule.

The draft amendments, discussed by Sub-Committee 17A of Technical Committee No. 17, were circulated for approval under the Six Months' Rule in November 1979, as Document 17A(Central Office)137, and in January 1980, as Document 17A(Central Office)138.

These amendments are intended to be cut out and pasted in the original text of the publication



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

Remplacer l'article 7 par le suivant:

## 7. Tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes

La tension transitoire de rétablissement assignée (TTR) pour les défauts aux bornes, associée au pouvoir de coupure assigné en court-circuit conformément à l'article 6, est la tension de référence qui constitue la limite de la tension transitoire de rétablissement présumée de circuits que le disjoncteur doit pouvoir couper lors d'un court-circuit à ses bornes.

### 7.1 Représentation des ondes de la tension transitoire de rétablissement

La forme d'onde des tensions transitoires de rétablissement est variable suivant la configuration des circuits réels.

Dans certains cas, particulièrement dans les réseaux de tension supérieure à 100 kV et pour des courants de court-circuit relativement importants par rapport au courant de court-circuit maximal à l'endroit considéré, la tension transitoire de rétablissement comprend une période initiale pendant laquelle la vitesse d'accroissement est élevée et une période ultérieure pendant laquelle la vitesse d'accroissement est plus réduite. Cette forme d'onde est en général suffisamment bien décrite par une enveloppe constituée de trois segments de droite définis par quatre paramètres\*.

Dans d'autres cas, particulièrement dans les réseaux de tension inférieure à 100 kV ou bien dans les réseaux de tension supérieure à 100 kV pour des courants de court-circuit relativement faibles par rapport au courant de court-circuit maximal et alimentés au travers de transformateurs, la tension transitoire de rétablissement a une forme proche d'une oscillation amortie à une seule fréquence. Cette forme d'onde est suffisamment bien décrite par une enveloppe constituée par deux segments de droite définis par deux paramètres\*.

Cette représentation par deux paramètres est un cas particulier de la représentation par quatre paramètres.

La capacité au lieu d'installation et du côté de l'alimentation du disjoncteur réduit la vitesse d'accroissement de la tension pendant les quelques premières microsecondes de la TTR. On en tient compte par l'introduction d'un retard.

Il apparaît que chaque période de l'onde de TTR peut influencer les performances de coupure d'un disjoncteur. Le tout début de la TTR peut être important pour certains types de disjoncteurs. Cette période de la TTR, dénommée TTR initiale (TTRI), est provoquée par une oscillation initiale de faible amplitude due aux réflexions sur la première discontinuité majeure du jeu de barres. Elle est surtout déterminée par la configuration du jeu de barres et par la disposition des appareils au départ de chaque poste. La TTRI est un phénomène physique très semblable au défaut en ligne. Par comparaison avec le défaut en ligne, la première crête de tension est plutôt basse, mais la durée pour atteindre cette première crête est extrêmement courte et se situe dans les premières microsecondes après le passage à zéro du courant. C'est pourquoi le processus thermique d'interruption peut être influencé.

\* Les méthodes de tracé des enveloppes de la tension transitoire de rétablissement figurent dans l'annexe D de la Publication 56-4 de la CEI.

Replace Clause 7 by the following:

## 7. Rated transient recovery voltage for terminal faults

The rated transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, relating to the rated short-circuit breaking current in accordance with Clause 6, is the reference voltage which constitutes the limit of the prospective transient recovery voltage of circuits which the circuit-breaker shall be capable of breaking in the event of a short-circuit at its terminals.

### 7.1 Representation of transient recovery voltage waves

The waveform of transient recovery voltages varies according to the arrangement of actual circuits.

In some cases, particularly in systems with a voltage greater than 100 kV, and where the short-circuit currents are relatively heavy in relation to the maximum short-circuit current at the point under consideration, the transient recovery voltage contains first a period of high rate of rise, followed by a later period of lower rate of rise. This waveform is generally adequately described by an envelope consisting of three line segments defined by means of four parameters\*.

In other cases, particularly in systems with a voltage less than 100 kV, or in systems with a voltage greater than 100 kV in conditions where the short-circuit currents are relatively small in relation to the maximum short-circuit current and fed through transformers, the transient recovery voltage approximates to a damped single frequency oscillation. This waveform is adequately described by an envelope consisting of two line segments defined by means of two parameters\*.

Such a representation in terms of two parameters is a special case of representation in terms of four parameters.

The influence of local capacitance on the source side of the circuit-breaker produces a slower rate of rise of the voltage during the first few microseconds of the TRV. This is taken into account by introducing a time delay.

It appears that every part of the TRV wave may influence the interrupting capability of a circuit-breaker. The very beginning of the TRV may be of importance for some types of circuit-breakers. This part of the TRV, called initial TRV (ITRV), is caused by the initial oscillation of small amplitude due to reflections from the first major discontinuity along the busbar. The ITRV is mainly determined by the busbar and line bay configuration of the substation. The ITRV is a physical phenomenon which is very similar to the short-line fault. Compared with the short-line fault, the first voltage peak is rather low, but the time to the first peak is extremely short, that is within the first microseconds after current zero. Therefore the thermal mode of interruption may be influenced.

\* Methods of drawing TRV envelopes are given in Appendix D of IEC Publication 56-4.

Si le disjoncteur a un pouvoir de coupure en défaut en ligne assigné, la contrainte inhérente due à la TTRI côté source combinée avec le défaut aux bornes est moindre que la contrainte due au défaut en ligne lorsque la ligne n'introduit pas de retard. Il apparaît que si la contrainte due à la TTRI côté source est combinée avec la TTR d'une ligne courte introduisant un retard, la contrainte totale est pratiquement égale à la contrainte due à une ligne courte n'introduisant pas de retard. C'est pourquoi, si un disjoncteur a un pouvoir de coupure en défaut en ligne assigné, les spécifications de la TTRI côté source peuvent être négligées si les essais de défaut en ligne sont effectués avec une ligne n'introduisant pas de retard.

Etant donné que la TTRI est proportionnelle à l'impédance d'onde des jeux de barres et au courant, les spécifications la concernant peuvent être négligées pour l'appareillage sous enveloppe métallique du fait de leur impédance d'onde faible, de même que pour tout l'appareillage d'un pouvoir de coupure inférieur à 25 kA.

## 7.2 Représentation de la TTR assignée

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR assignées:

a) Représentation par quatre paramètres (voir figure 3, page 56):

$u_1$  = première tension de référence, en kilovolts;

$t_1$  = temps mis pour atteindre la tension  $u_1$ , en microsecondes;

$u_c$  = seconde tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts;

$t_2$  = temps mis pour atteindre la tension  $u_c$ , en microsecondes.

b) Représentation par deux paramètres (voir figure 4, page 56):

$u_c$  = tension de référence (valeur de crête de la TTR), en kilovolts;

$t_3$  = temps mis pour atteindre la tension  $u_c$ , en microsecondes.

c) TTRI (voir figure 8, page 24 de cette modification).

La vitesse d'accroissement de la TTRI dépend de la valeur du courant de court-circuit interrompu et son amplitude dépend de la distance à la première discontinuité le long du jeu de barres. La TTRI assignée se représente d'abord par une ligne droite tracée entre l'origine et le point  $(u_1, t_1)$ . En second lieu, une droite horizontale est tracée entre le point  $(u_1, t_1)$  et la droite de TTR tracée de l'origine au point  $(u_1, t_1)$  pour couper le segment de droite définissant le retard de la TTR spécifiée au point A.

d) Retard de la TTR.

On spécifie pour un disjoncteur un retard assigné  $t_d$  ( $\mu$ s). Le disjoncteur doit pouvoir couper dans un circuit quelconque dans lequel l'onde de la TTR traverse une fois «le segment de droite définissant le retard» et ne le traverse pas une seconde fois.

Le segment définissant le retard commence sur l'axe des temps à la valeur du retard assigné, est parallèle à la première partie du tracé de référence de la TTR assignée et se termine à la valeur de tension spécifiée  $u'$  (correspondant à l'abscisse  $t'$ ).

If the circuit-breaker has a short-line fault rating, the inherent stress due to the source side ITRV in combination with the terminal fault is below the short-line fault stress for a line without time delay. It appears that, if the source side ITRV stress is combined with the TRV of a short-line having a time delay, the total stress is, for practical considerations, equal to the stress of a short-line without time delay. Therefore, if a circuit-breaker has a short-line fault rating, the source side ITRV requirements may be disregarded if the short-line fault tests are carried out using a line without time delay.

Since the ITRV is proportional to the busbar surge impedance and to the current, the ITRV requirements can be neglected for metal-enclosed switchgear because of the low surge impedance and for all switchgear with a rated breaking current of less than 25 kA.

## 7.2 Representation of rated TRV

The following parameters are used for the representation of rated TRV:

a) Case of four parameters (see Figure 3, page 56):

$u_1$  = first reference voltage, in kilovolts;

$t_1$  = time to reach  $u_1$ , in microseconds;

$u_c$  = second reference voltage (TRV peak value), in kilovolts;

$t_2$  = time to reach  $u_c$ , in microseconds.

b) Case of two parameters (see Figure 4, page 56):

$u_c$  = reference voltage (TRV peak value), in kilovolts;

$t_3$  = time to reach voltage  $u_c$ , in microseconds.

c) ITRV (see Figure 8, page 24 of this amendment).

The rate of rise of the ITRV is dependent on the short-circuit current interrupted and its amplitude depends upon the distance to the first discontinuity along the busbar. The rated ITRV is expressed firstly as a straight line drawn between the origin and the point ( $u_1$ ,  $t_1$ ) and secondly as a horizontal straight line drawn from the point ( $u_1$ ,  $t_1$ ) to intersect the delay line of the specified TRV at point A.

d) Time delay of TRV.

A circuit-breaker has a rated time delay  $t_d$  ( $\mu$ s). The circuit-breaker shall be capable of interrupting in any circuit in which the TRV wave passes once through a "delay line" and does not recross it.

The delay line starts on the time axis at the rated time delay and runs parallel to the first section of the reference line of rated TRV and terminates at a specified voltage  $u'$  (time-coordinate  $t'$ ).

7.3 Valeurs normales de la TTR assignée

Les valeurs normales de la TTR assignée des disjoncteurs tripolaires de tensions assignées inférieures ou égales à 100 kV correspondent à la représentation par deux paramètres. Les valeurs correspondant aux tensions assignées de la série I sont indiquées dans le tableau VI A. Le tableau VI B correspondant aux tensions assignées de la série II est à l'étude.

Pour des tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, on utilise quatre paramètres. Les valeurs sont indiquées dans le tableau VI C pour un facteur de premier pôle 1,3 et pour des tensions comprises entre 100 kV et 170 kV. Le tableau VI D indique, pour cette gamme de tensions assignées, les valeurs correspondant à un facteur de premier pôle 1,5. Le tableau VI E indique les valeurs correspondant aux tensions supérieures ou égales à 245 kV.

Pour les pouvoirs de coupure supérieurs à 50 kA et les tensions supérieures ou égales à 100 kV, l'emploi de disjoncteurs de caractéristiques inférieures quant à la vitesse d'accroissement de la TTR peut se justifier et être plus économique. De tels cas sont soumis à un accord entre constructeur et utilisateur.

TABLEAU VI A  
Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée  
Tensions assignées de la série I  
Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_c$	$t_3$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_c/t_3$
kV	kV	$\mu s$	$\mu s$	kV	$\mu s$	kV/ $\mu s$
3,6	6,2	40	6,0	2,1	19	0,15
7,2	12	52	7,8	4,1	25	0,24
12	20	60	9,0	6,9	29	0,34
17,5	30	72	11	10	35	0,42
24	41	88	13	14	42	0,47
36	62	108	16	21	52	0,57
52	89	132	6,6	30	50	0,68
72,5	124	166	8,3	41	64	0,75

$$u_c = 1,4 \times 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0,15 t_3 \quad \text{pour } U < 52 \text{ kV};$$

$$u' = \frac{1}{3} u_c; \quad t_d = 0,05 t_3 \quad \text{pour } U \geq 52 \text{ kV}$$

TABLEAU VI B  
Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée  
Tensions assignées de la série II  
Représentation par deux paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

A l'étude.

7.3 Standard values of rated TRV

Standard values of rated TRV for three-pole circuit-breakers of rated voltages below 100 kV, make use of two parameters. Values are given in Table VI A for rated voltages Series I. Table VI B for rated voltages Series II is under consideration.

For rated voltages of 100 kV and above, four parameters are used. Values are given in Table VI C for a first-pole-to-clear-factor of 1.3 for rated voltage from 100 kV to 170 kV. Table VI D gives values appropriate to a first-pole-to-clear-factor of 1.5 for this range of rated voltages. Table VI E gives values for rated voltages of 245 kV and above.

For rated breaking currents greater than 50 kA and voltages 100 kV and above, it may be justified and more economical to use circuit-breakers having lower capabilities in terms of rate of rise of the TRV. Such cases shall be the subject of agreement between manufacturer and user.

TABLE VI A  
Standard values of rated transient recovery voltage  
Rated voltages Series I  
Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage <i>U</i> kV	TRV peak value <i>u<sub>c</sub></i> kV	Time co-ordinate <i>t<sub>3</sub></i> μs	Time delay <i>t<sub>d</sub></i> μs	Voltage co-ordinate <i>u'</i> kV	Time co-ordinate <i>t'</i> μs	Rate of rise <i>u<sub>c</sub>/t<sub>3</sub></i> kV/μs
3.6	6.2	40	6.0	2.1	19	0.15
7.2	12	52	7.8	4.1	25	0.24
12	20	60	9.0	6.9	29	0.34
17.5	30	72	11	10	35	0.42
24	41	88	13	14	42	0.47
36	62	108	16	21	52	0.57
52	89	132	6.6	30	50	0.68
72.5	124	166	8.3	41	64	0.75

$$u_c = 1.4 \times 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0.15 t_3 \quad \text{for } U < 52 \text{ kV};$$

$$u' = \frac{1}{3} u_c; \quad t_d = 0.05 t_3 \quad \text{for } U \geq 52 \text{ kV}$$

TABLE VI B  
Standard values of rated transient recovery voltage  
Rated voltages Series II  
Representation by two parameters — First-pole-to-clear factor 1.3

Under consideration.

TABLEAU VI C

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée  
Tensions assignées de 100 kV à 170 kV  
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée	Première tension de référence	Temps	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_1$	$t_1$	$u_c$	$t_2$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_1/t_1$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
100	106	53	149	159	2	53	29	2,0
123	131	65	183	195	2	65	35	2,0
145	154	77	215	231	2	77	40	2,0
170	180	90	253	270	2	90	47	2,0

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1,4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABLEAU VI D

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée  
Tensions assignées de 100 kV à 170 kV  
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,5

Tension assignée	Première tension de référence	Temps	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_1$	$t_1$	$u_c$	$t_2$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_1/t_1$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
100	122	61	171	183	2	61	33	2,0
123	151	75	211	225	2	75	40	2,0
145	178	89	249	267	2	89	46	2,0
170	208	104	291	312	2	104	54	2,0

$$u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1,4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABLE VI C  
 Standard values of rated transient recovery voltage  
 Rated voltages 100 kV to 170 kV  
 Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.3

Rated voltage <i>U</i> kV	First reference voltage <i>u</i> <sub>1</sub> kV	Time co-ordinate <i>t</i> <sub>1</sub> μs	TRV peak value <i>u</i> <sub>c</sub> kV	Time co-ordinate <i>t</i> <sub>2</sub> μs	Time delay <i>t</i> <sub>d</sub> μs	Voltage co-ordinate <i>u</i> ' kV	Time co-ordinate <i>t</i> ' μs	Rate of rise <i>u</i> <sub>1</sub> / <i>t</i> <sub>1</sub> kV/μs
100	106	53	149	159	2	53	29	2.0
123	131	65	183	195	2	65	35	2.0
145	154	77	215	231	2	77	40	2.0
170	180	90	253	270	2	90	47	2.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1.4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABLE VI D  
 Standard values of rated transient recovery voltage  
 Rated voltages 100 kV to 170 kV  
 Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.5

Rated voltage <i>U</i> kV	First reference voltage <i>u</i> <sub>1</sub> kV	Time co-ordinate <i>t</i> <sub>1</sub> μs	TRV peak value <i>u</i> <sub>c</sub> kV	Time co-ordinate <i>t</i> <sub>2</sub> μs	Time delay <i>t</i> <sub>d</sub> μs	Voltage co-ordinate <i>u</i> ' kV	Time co-ordinate <i>t</i> ' μs	Rate of rise <i>u</i> <sub>1</sub> / <i>t</i> <sub>1</sub> kV/μs
100	122	61	171	183	2	61	33	2.0
123	151	75	211	225	2	75	40	2.0
145	178	89	249	267	2	89	46	2.0
170	208	104	291	312	2	104	54	2.0

$$u_1 = 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1.4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABEAU VI E

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée  
Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV  
Représentation par quatre paramètres — Facteur de premier pôle 1,3

Tension assignée	Première tension de référence	Temps	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_1$	$t_1$	$u_c$	$t_2$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_1/t_1$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
245	260	130	364	390	2	130	67	2,0
300	318	159	446	477	2	159	82	2,0
362	384	192	538	576	2	192	98	2,0
420	446	223	624	669	2	223	113	2,0
525	557	279	780	837	2	279	141	2,0
765	812	406	1 137	1 218	2	406	205	2,0

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1,4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

Les tableaux indiquent également les valeurs de la vitesse d'accroissement, sous la forme  $u_c/t_3$  et  $u_1/t_1$  respectivement pour les représentations par deux et par quatre paramètres. Associées aux valeurs de crête de la TTR  $u_c$ , ces vitesses peuvent être utilisées pour la désignation des TTR.

Les valeurs indiquées dans les tableaux sont des valeurs présumées. Elles s'appliquent aux disjoncteurs destinés à des réseaux triphasés de transport et de distribution, fonctionnant à des fréquences de 50 Hz ou 60 Hz et comportant des transformateurs, des lignes aériennes et de courtes longueurs de câbles.

Dans les réseaux monophasés ou lorsque des disjoncteurs sont destinés à des installations où l'on peut rencontrer des conditions plus sévères, les valeurs feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur, particulièrement dans les cas suivants:

- a) disjoncteurs à proximité d'alternateurs;
- b) disjoncteurs directement reliés à des transformateurs fournissant un courant supérieur à 50% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur, sans capacité supplémentaire appréciable entre le disjoncteur et le transformateur;
- c) disjoncteurs à proximité de réactances série.

Dans des circuits comportant un réseau de câbles important directement relié à la source, il peut être plus économique d'utiliser des disjoncteurs dont la vitesse d'accroissement de la tension transitoire de rétablissement assignée est plus faible, mais, dans ce cas, les valeurs correspondantes feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

TABLE VI E  
*Standard values of rated transient recovery voltage  
 Rated voltages from 245 kV and above  
 Representation by four parameters — First-pole-to-clear factor 1.3*

Rated voltage	First reference voltage	Time co-ordinate	TRV peak value	Time co-ordinate	Time delay	Voltage co-ordinate	Time co-ordinate	Rate of rise
$U$	$u_1$	$t_1$	$u_c$	$t_2$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_1/t_1$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
245	260	130	364	390	2	130	67	2.0
300	318	159	446	477	2	159	82	2.0
362	384	192	538	576	2	192	98	2.0
420	446	223	624	669	2	223	113	2.0
525	557	279	780	837	2	279	141	2.0
765	812	406	1137	1218	2	406	205	2.0

$$u_1 = 1.3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1.4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

The tables also indicate values of rate of rise, taken as  $u_c/t_3$  and  $u_1/t_1$ , in the two-parameter and four-parameter cases respectively, which together with TRV peak values  $u_c$  may be used for purposes of designation.

The values given in the tables are prospective values. They apply to circuit-breakers for general transmission and distribution in three-phase systems having service frequencies of 50 Hz or 60 Hz and consisting of transformers, overhead lines and short lengths of cable.

In the case of single-phase systems or where circuit-breakers are for use in an installation having more severe conditions, the values shall be subject to agreement between manufacturer and user, particularly for the following cases:

- a) circuit-breakers adjacent to generator circuits;
- b) circuit-breakers directly connected to transformers without appreciable additional capacitance between the circuit-breaker and the transformer which provides more than 50% of the rated short-circuit breaking-current of the circuit-breaker;
- c) circuit-breakers adjacent to series reactors.

In circuits having large cable networks directly on the source side, it may be more economical to use circuit-breakers having a lower rate of rise of rated transient recovery voltage, but in this case the values shall be subject to agreement between manufacturer and user.

La tension transitoire de rétablissement assignée correspondant au pouvoir de coupure assigné en court-circuit en cas de défaut aux bornes est utilisée pour les essais au pouvoir de coupure assigné. Toutefois, pour les essais effectués à des valeurs inférieures à 100% de la valeur assignée, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir paragraphe 7.5 de la Publication 56-4 de la CEI); de plus, des spécifications complémentaires concernent les disjoncteurs dont la tension assignée est égale ou supérieure à 52 kV et dont les pouvoirs de coupure assignés en court-circuit sont supérieurs à 12,5 kA, et qui peuvent être amenés à fonctionner dans les conditions du défaut en ligne (voir article 8).

7.4 TTR initiale

TABLEAU XX

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale assignée  
Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

Tension assignée <i>U</i> kV	Coefficient multiplicateur $f_i$ servant à déterminer $u_i$ en fonction de la valeur efficace du pouvoir de coupure $I$ kV/kA		Temps $t_i$ µs
	50 Hz	60 Hz	
100	**	**	**
123	0,046	0,056	0,4
145	0,046	0,056	0,4
170	0,058	0,07	0,5
245	0,069	0,084	0,6
300	0,081	0,098	0,7
362	0,092	0,112	0,8
420	0,092	0,112	0,8
525	0,116	0,139	1,0
765	**	**	**

\* Les valeurs de crête initiale réelles sont obtenues en multipliant les valeurs de cette colonne par la valeur efficace du pouvoir de coupure.

\*\* A l'étude.

Notes 1. — Les valeurs indiquées dans le tableau XX sont censées couvrir les défauts triphasés et monophasés et sont basées sur l'hypothèse que le jeu de barres, y compris les éléments qui y sont raccordés (supports, transformateurs de courant et de tension, sectionneurs, etc.), peut être approximativement représenté par une impédance d'onde résultante  $Z_i$  d'environ 260 Ω. La relation entre  $f_i$  et  $t_i$  est alors:

$$f_i = t_i \times Z_i \times \omega \times \sqrt{2}$$

$\omega$  correspondant à la fréquence assignée du disjoncteur.

2. — La TTRI peut être négligée pour les postes sous enveloppe métallique ou lorsque le pouvoir de coupure assigné est inférieur à 25 kA.

The rated transient recovery voltage corresponding to the rated short-circuit breaking current on the occurrence of a terminal fault is used for testing at breaking currents equal to the rated value. However, for testing at breaking currents less than 100% of the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see Sub-clause 7.5 of IEC Publication 56-4); further additional requirements apply to circuit-breakers rated at 52 kV and above and having rated short-circuit breaking currents exceeding 12.5 kA, which may be called upon to operate in short-line fault conditions (see Clause 8).

7.4 Initial TRV

TABLE XX  
Standard values of rated initial transient recovery voltage  
Rated voltages 100 kV and above

Rated voltage <i>U</i> kV	Multiplying factor $f_i$ to determine $u_i$ as function of the r.m.s. value of the breaking current *		Time co-ordinate $t_i$ $\mu$ s
	kV/kA		
	50 Hz	60 Hz	
100	**	**	**
123	0.046	0.056	0.4
145	0.046	0.056	0.4
170	0.058	0.07	0.5
245	0.069	0.084	0.6
300	0.081	0.098	0.7
362	0.092	0.112	0.8
420	0.092	0.112	0.8
525	0.116	0.139	1.0
765	**	**	**

\* The actual initial peaks are obtained by multiplying the figures of this column with the r.m.s. value of the breaking current.

\*\* Under consideration.

Notes 1. — The values of Table XX are deemed to cover both three-phase and single-phase faults and are based on the assumption that the busbar, including the elements connected to it (supports, current- and voltage transformers, disconnectors, etc.), can be roughly represented by a resulting surge impedance  $Z_i$  of about 260  $\Omega$ . The relation between  $f_i$  and  $t_i$  is then:

$$f_i = t_i \times Z_i \times \omega \times \sqrt{2}$$

$\omega$  corresponding to the rated frequency of the circuit-breaker.

2. — ITRV can be neglected for metal-enclosed substations or where the rated breaking current is less than 25 kA.

Remplacer l'article 8 par le suivant:

**8. Caractéristiques assignées pour les défauts en ligne**

On impose des caractéristiques assignées pour les défauts en ligne aux disjoncteurs tripolaires prévus pour être reliés directement à des lignes aériennes et dont la tension assignée est égale ou supérieure à 52 kV et le pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA. Ces caractéristiques correspondent à la coupure d'un défaut monophasé à la terre sur un réseau dont le neutre est effectivement à la terre.

*Note.* — En ce qui concerne la présente norme, un essai effectué en monophasé à la tension phase-neutre est censé couvrir tous les types de défauts en ligne. Dans le cas présent, on considère qu'il est sans importance que, dans des réseaux à neutre isolé, des défauts monophasés à la terre ne soumettent pas un disjoncteur aux conditions du défaut en ligne.

Le circuit correspondant au défaut en ligne se compose d'un circuit d'alimentation du côté où le disjoncteur est relié à la source de puissance et d'une ligne courte du côté de la charge (voir figure 5, page 57) et il possède les caractéristiques assignées suivantes:

a) Caractéristiques assignées du circuit d'alimentation:

Tension égale à la tension phase-neutre  $U/\sqrt{3}$  correspondant à la tension assignée  $U$  du disjoncteur.

Courant de court-circuit, si l'on réalise un défaut aux bornes, égal au pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur.

Tension transitoire de rétablissement présumée, si l'on réalise un défaut aux bornes, correspondant aux valeurs normales des tableaux VII A, VII B et VII C.

Caractéristiques de la TTRI déduites du tableau VI.

b) Caractéristiques assignées de la ligne:

Les valeurs normales de l'impédance d'onde assignée  $Z$ , du facteur de crête assigné  $k$  et du retard  $t_{dl}$  sont indiquées dans le tableau VIII.

TABLEAU VII A

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement du circuit d'alimentation pour les défauts en ligne

Tensions assignées de la série 1 — Représentation par deux paramètres

Tension assignée	Valeur de crête de la TTR	Temps	Retard	Tension	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_c$	$t_3$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_c/t_3$
kV	kV	$\mu s$	$\mu s$	kV	$\mu s$	kV/ $\mu s$
52	59	132	6,6	20	51	0,45
72,5	83	166	8,4	28	64	0,50

$$u_c = 1,4 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0,05 t_3; \quad u' = \frac{1}{3} u_c$$

Replace Clause 8 by the following:

8. Rated characteristics for short-line faults

Rated characteristics for short-line faults are required for three-pole circuit-breakers designed for direct connection to overhead transmission lines and having a rated voltage of 52 kV and above and a rated short-circuit breaking current exceeding 12.5 kA. These characteristics relate to the breaking of a single-phase line-to-earth fault in a system with effectively earthed neutral.

*Note.* — For the purpose of this standard, a single-phase test at the voltage to neutral is deemed to cover all types of short-line fault. In this context it is considered immaterial that in isolated neutral systems, single-phase line-to-earth faults do not subject a circuit-breaker to short-line fault conditions.

The short-line fault circuit is taken as composed of a supply circuit on the source side of the circuit-breaker and a short-line on its load side (see Figure 5, page 57), with the following rated characteristics:

a) Rated supply circuit characteristics:

Voltage equal to the phase-to-neutral voltage  $U/\sqrt{3}$  corresponding to the rated voltage  $U$  of the circuit-breaker.

Short-circuit current, in case of terminal fault, equal to the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker.

Prospective transient recovery voltage, in case of terminal fault, given by the standard values in Tables VII A, VII B, VII C.

ITRV characteristics derived from Table VI.

b) Rated line characteristics:

Standard values of rated surge impedance  $Z$ , rated peak factor  $k$  and time delay  $t_{dl}$  are given in Table VIII.

TABLE VII A  
Standard values of transient recovery voltage  
of the supply circuit for short-line faults  
Rated voltages Series I — Representation by two parameters

Rated voltage	TRV peak value	Time co-ordinate	Time delay	Voltage co-ordinate	Time co-ordinate	Rate of rise
$U$	$u_c$	$t_3$	$t_d$	$u'$	$t'$	$u_c/t_3$
kV	kV	$\mu\text{s}$	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
52	59	132	6.6	20	51	0.45
72.5	83	166	8.4	28	64	0.50

$$u_c = 1.4 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0.05 t_3; \quad u' = \frac{1}{3} u_c$$

TABLEAU VII B

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement  
du circuit d'alimentation pour les défauts en ligne  
Tensions assignées de la série II — Représentation par deux paramètres

A l'étude.

TABLEAU VII C

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement  
du circuit d'alimentation pour les défauts en ligne  
Tensions supérieures ou égales à 100 kV — Représentation par quatre paramètres

Tension assignée <i>U</i> kV	Première tension de référence <i>u<sub>1</sub></i> kV	Temps <i>t<sub>1</sub></i> μs	Valeur de crête de la TTR <i>u<sub>c</sub></i> kV	Temps <i>t<sub>2</sub></i> μs	Retard <i>t<sub>d</sub></i> μs	Tension <i>u'</i> kV	Temps <i>t'</i> μs	Vitesse d'accroissement <i>u<sub>1</sub>/t<sub>1</sub></i> kV/μs
100	82	41	114	123	2	41	22	2,0
123	100	50	141	150	2	50	27	2,0
145	118	59	166	177	2	59	32	2,0
170	139	69	194	207	2	69	37	2,0
245	200	100	280	300	2	100	52	2,0
300	245	122	343	366	2	122	63	2,0
362	296	148	414	444	2	148	76	2,0
420	343	171	480	513	2	171	88	2,0
525	429	214	600	642	2	214	109	2,0
765	625	312	874	936	2	312	158	2,0

$$u_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1,4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABLEAU VIII

Valeurs normales des caractéristiques assignées de la ligne  
pour les défauts en ligne

Tension assignée <i>U</i> kV	Nombre de conducteurs par phase	Impédance d'onde assignée <i>Z</i> Ω	Facteur de crête assigné <i>k</i>	Facteur de VATR		Retard <i>t<sub>dL</sub></i> μs
				50 Hz	60 Hz	
≤ 170	1 à 4	450	1,6	<i>s</i> *		0,2
≥ 245				0,200	0,240	0,5

\* Pour le facteur de VATR *s*, voir l'annexe A.

\*\* Pour la détermination du retard côté ligne, voir la figure 9, page 25 de cette modification.

TABLE VII B

Standard values of transient recovery voltage  
of the supply circuit for short-line faults  
Rated voltages Series II — Representation by two parameters

Under consideration.

TABLE VII C

Standard values of transient recovery voltage  
of the supply circuit for short-line faults  
Rated voltages 100 kV and above — Representation by four parameters

Rated voltage $U$ kV	First reference voltage $u_1$ kV	Time co-ordinate $t_1$ $\mu\text{s}$	TRV peak value $u_c$ kV	Time co-ordinate $t_2$ $\mu\text{s}$	Time delay $t_d$ $\mu\text{s}$	Voltage co-ordinate $u'$ kV	Time co-ordinate $t'$ $\mu\text{s}$	Rate of rise $u_1/t_1$ kV/ $\mu\text{s}$
100	82	41	114	123	2	41	22	2.0
123	100	50	141	150	2	50	27	2.0
145	118	59	166	177	2	59	32	2.0
170	139	69	194	207	2	69	37	2.0
245	200	100	280	300	2	100	52	2.0
300	245	122	343	366	2	122	63	2.0
362	296	148	414	444	2	148	76	2.0
420	343	171	480	513	2	171	88	2.0
525	429	214	600	642	2	214	109	2.0
765	625	312	874	936	2	312	158	2.0

$$u_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 3 t_1; \quad u_c = 1.4 u_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

TABLE VIII

Standard values of rated line characteristics  
for short-line faults

Rated voltage $U$ kV	Number of conductors per phase	Rated surge impedance $Z$ $\Omega$	Rated peak factor $k$	RRRV factor		Time delay $t_{dL}^{**}$ $\mu\text{s}$
				50 Hz	60 Hz	
$\leq 170$	1 to 4	450	1.6	$s^*$		0.2
$\geq 245$				0.200	0.240	0.5

\* For the RRRV factor  $s$ , see Appendix A.

\*\* For determination of the line-side time-delay, see Figure 9, page 25 of this amendment.

Remplacer l'article 12 par le suivant:

## 12. Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases

Le pouvoir de coupure assigné en discordance de phases est le courant maximal en discordance de phases que le disjoncteur doit pouvoir couper dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans cette norme et dans un circuit dont la tension de rétablissement est spécifiée ci-après.

L'indication d'un pouvoir de coupure assigné en discordance de phases n'est pas obligatoire. Si un tel pouvoir de coupure est indiqué, ce qui suit est applicable:

- i) La tension de rétablissement à fréquence industrielle est égale à  $2,0/\sqrt{3}$  fois la tension assignée pour les réseaux avec neutre à la terre et  $2,5/\sqrt{3}$  fois la tension assignée pour les autres réseaux.
- ii) La tension transitoire de rétablissement est conforme aux tableaux:
  - XXI pour les disjoncteurs de tensions assignées inférieures à 100 kV, destinés à des réseaux autres que ceux avec neutre à la terre.
  - XXII pour les disjoncteurs de tensions assignées de 100 kV à 170 kV inclus, destinés à des réseaux avec neutre à la terre.
  - XXIII pour les disjoncteurs de tensions assignées de 100 kV à 170 kV inclus, destinés à des réseaux autres que ceux avec neutre à la terre.
  - XXIV pour les disjoncteurs de tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, destinés à des réseaux avec neutre à la terre.
- iii) Sauf spécification contraire, le pouvoir de coupure assigné lors d'une discordance de phases est égal à 25% du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

Les conditions normales d'emploi en ce qui concerne le pouvoir de coupure assigné en discordance de phases sont les suivantes:

- Manœuvres d'ouverture et de fermeture effectuées conformément aux instructions données par le constructeur en ce qui concerne la manœuvre et l'emploi correct du disjoncteur et de son équipement auxiliaire.
- Conditions de mise à la terre du neutre du réseau correspondant à celles pour lesquelles le disjoncteur a été essayé.
- Absence de défaut de chaque côté du disjoncteur.

*Notes 1.* — Les exigences de cette norme couvrent la grande majorité des applications des disjoncteurs destinés à effectuer des manœuvres sous courant lors de discordances de phases. Pour faire apparaître des conditions plus sévères que celles couvertes par les essais de cette norme, il faudrait réunir simultanément plusieurs circonstances défavorables et, comme les manœuvres sous courant lors de discordances de phases sont rares, il ne serait pas économique de concevoir le disjoncteur pour les conditions les plus extrêmes.

Les caractéristiques réelles de réseau sont à considérer lorsqu'on prévoit de fréquentes manœuvres en discordance de phases ou lorsque des contraintes sévères sont probables comme c'est le cas, par exemple, pour les disjoncteurs d'alternateurs.

Il peut parfois être nécessaire d'utiliser un disjoncteur spécial ou un disjoncteur de tension assignée supérieure. En variante, on peut réduire, dans divers réseaux, la sévérité des contraintes dues aux manœuvres en discordance de phases en utilisant des relais possédant des éléments coordonnés sensibles à l'impédance pour déterminer l'instant de déclenchement, de façon que la coupure survienne soit notablement après, soit notablement avant l'instant où l'angle de phase atteint  $180^\circ$ .

Replace Clause 12 by the following:

## 12. Rated out-of-phase breaking current

The rated out-of-phase breaking current is the maximum out-of-phase current that the circuit-breaker shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a recovery voltage as specified below.

The assignment of a rated out-of-phase breaking current is not mandatory. If an out-of-phase rating is assigned, the following applies:

- i) The power frequency recovery voltage shall be  $2.0/\sqrt{3}$  times the rated voltage for earthed neutral systems and  $2.5/\sqrt{3}$  times the rated voltage for other systems.
- ii) The transient recovery voltage shall be in accordance with table:
  - XXI, for circuit-breakers with rated voltages below 100 kV intended to be used in systems other than earthed neutral systems.
  - XXII, for circuit-breakers with rated voltages from 100 kV up to and including 170 kV intended to be used in earthed neutral systems.
  - XXIII, for circuit-breakers with rated voltage from 100 kV up to and including 170 kV intended to be used in systems other than earthed neutral systems.
  - XXIV, for circuit-breakers with rated voltage 245 kV and above intended to be used in earthed neutral systems.
- iii) The rated out-of-phase breaking current shall be 25% of the rated short-circuit current, unless otherwise specified.

The standard conditions of use with respect to the out-of-phase switching current rating are as follows:

- Opening and closing operations carried out in conformity with the instructions given by the manufacturer for the operation and proper use of the circuit-breaker and its auxiliary equipment.
- Earthing condition of the neutral for the power system corresponding to that for which the circuit-breaker has been tested.
- Absence of a fault on either side of the circuit-breaker.

*Notes 1.* — The requirements of this standard cater for the great majority of applications of circuit-breakers intended for switching during out-of-phase conditions. Several circumstances would have to be combined to produce a severity in excess of those covered by the tests of the standard and, as switching during out-of-phase conditions is rare, it would be uneconomical to design circuit-breakers for the most extreme conditions.

The actual system conditions should be considered when frequent out-of-phase switching is expected or where excessive stresses are probable, which could be the case for generator circuit-breakers, for example.

A special circuit-breaker, or one rated at a higher voltage, may sometimes be required. As an alternative solution, the severity of out-of-phase switching duty is reduced in several systems by using relays with co-ordinated impedance sensitive elements to control the tripping instant, so that interruption will occur either substantially after or substantially before the instant the phase angle reaches  $180^\circ$ .

2. — Une vitesse d'accroissement plus élevée peut être obtenue si une borne du disjoncteur est reliée à un transformateur. Les disjoncteurs essayés conformément à cette norme sont considérés comme répondant à cette exigence de vitesse d'accroissement plus élevée à condition qu'ils aient subi avec succès les essais de la suite n° 2 des suites d'essais fondamentales en court-circuit.

TABLEAU XXI

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement  
pour la coupure en discordance de phases

Tensions assignées de la série I — Représentation par deux paramètres  
Réseaux autres que ceux avec neutre à la terre

Tension assignée	Valeur de crête de la TTR	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_c$	$t_3$	$u_c/t_3$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
3,6	9,2	80	0,12
7,2	18,4	104	0,18
12	30,6	120	0,26
17,5	45	144	0,31
24	61	176	0,35
36	92	216	0,43
52	133	264	0,50
72,5	185	336	0,55

$$u_c = 1,25 \times 2,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U$$

TABLEAU XXII

Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement  
pour la coupure en discordance de phases

Tensions assignées de 100 kV à 170 kV — Représentation par quatre paramètres  
Réseaux avec neutre à la terre

Tension assignée	Première tension de référence	Temps	Valeur de crête de la TTR	Temps	Vitesse d'accroissement
$U$	$u_1$	$t_1$	$u_c$	$t_2$	$u_1/t_1$
kV	kV	$\mu\text{s}$	kV	$\mu\text{s}$	kV/ $\mu\text{s}$
100	163	106	204	318	1,54
123	201	130	251	390	1,54
145	237	154	296	462	1,54
170	278	180	347	540	1,54

$$u_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad u_c = 1,25 u_1; \quad t_2 = 3 t_1$$