

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



### AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

#### High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers

#### Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-100:2008/AMD1:2012



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

#### Useful links:

IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

#### Liens utiles:

Recherche de publications CEI - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



AMENDMENT 1  
AMENDEMENT 1

**High-voltage switchgear and controlgear –  
Part 100: Alternating-current circuit-breakers**

**Appareillage à haute tension –  
Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XA**

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-83220-335-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## FOREWORD

This amendment has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

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

| FDIS          | Report on voting |
|---------------|------------------|
| 17A/1009/FDIS | 17A/1019/RVD     |

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

The contents of the corrigendum of December 2012 have been included in this copy.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

---

## 1.1 Scope

*Replace, in the existing Note 1, “non-simultaneity” by “non-simultaneity”.*

*Replace the existing eighth paragraph by the following new paragraph:*

This standard does not cover self-tripping circuit-breakers with tripping devices that cannot be made inoperative during testing.

### 3.1.128 effectively earthed neutral system

*This correction to definition 3.1.128 applies to the French text only.*

### 3.4.116 circuit-breaker class M1

*Replace the existing definition of this term by the following new definition:*

circuit-breaker with normal mechanical endurance as demonstrated by specific type tests

### 3.4.117 circuit-breaker class M2

*Delete the existing parentheses in the definition of this term.*

*Delete the existing note of this term.*

### 3.7.145 pre-insertion time

*Replace the existing term, definition and note by the following new term and new definition:*

**pre-insertion time** (of a closing resistor)

interval of time during a closing operation between the instant of contact touch of the resistor elements in any one pole and the instant of contact touch in the breaking unit of that pole

*Add, after the existing note of 3.7.159, the following new term and definition 3.7.160 as follows:*

### 3.7.160 insertion time (of an opening resistor)

interval of time during an opening operation between the instant of separation of the arcing contacts in the main interrupters of any one pole and the instant of contact separation in the resistor interrupters in that pole

## 3.8 Index of definitions

*Add, to the existing alphabetical list, the following new line:*

Insertion time (of an opening resistor)

3.7.160

*Replace, in the existing alphabetical list, “Pre-insertion time” by “Pre-insertion time (of a closing resistor)”*

## 4.2 Rated insulation level

Add, after the existing text of this subclause, the following new paragraph and new Table 36:

For circuit-breakers with rated voltages 1 100 kV and 1 200 kV, Table 36 applies.

**Table 36 – Rated insulation levels for rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV**

| Rated voltage<br><br>$U_r$<br>(kV<br>r.m.s.<br>value)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Rated short-duration power-frequency withstand voltage<br><br>$U_d$<br>kV<br>(r.m.s. value) |                                                                           | Rated switching impulse withstand voltage<br><br>$U_s$<br>kV<br>(peak value) |                                       |                                              | Rated lightning impulse withstand voltage<br><br>$U_p$<br>kV<br>(peak value) |                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Phase-to-earth and between phases<br><br>(Note 3)                                           | Across open switching device and/or isolating distance<br>(Notes 1 and 3) | Phase-to-earth and across open switching device                              | Between phases<br><br>(Notes 3 and 4) | Across isolating distance<br>(Notes 2 and 3) | Phase-to-earth and between phases                                            | Across open switching device and/or isolating distance<br><br>(Notes 2 and 3) |
| (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (2)                                                                                         | (3)                                                                       | (4)                                                                          | (5)                                   | (6)                                          | (7)                                                                          | (8)                                                                           |
| 1 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 100<br>1 450                                                                              | $\frac{1\,100 \times 2}{\sqrt{3}}$                                        | 1 550                                                                        | 2 635                                 | 1 550 + (900)                                | 2 250                                                                        | 2 250 + (630)                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                             | 1 100 + (635)                                                             | 1 800                                                                        | 2 880                                 |                                              | 2 400                                                                        | 2 400 + (630)                                                                 |
| 1 200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 200<br>1 600                                                                              | $\frac{1\,200 \times 2}{\sqrt{3}}$                                        | 1 800                                                                        | 2 970                                 | 1 675 + (980)                                | 2 400                                                                        | 2 400 + (685)                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                             | 1 200 + (695)                                                             | 1 950                                                                        | 3 120                                 |                                              | 2 550                                                                        | 2 550 + (685)                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                             | 1 200 + (695)                                                             | 1 950                                                                        | 3 120                                 |                                              | 2 550                                                                        | 2 550 + (685)                                                                 |
| <p>NOTE 1 In column (3) the values in brackets are r.m.s. values.</p> <p>NOTE 2 In column (6), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage <math>U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}</math> applied to the opposite terminal (combined voltage).</p> <p>In column (8), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage <math>0,7 U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}</math> applied to the opposite terminal (combined voltage).</p> <p>NOTE 3 Values of column (2) are applicable as follows:</p> <p>a) the smaller value is for type tests, phase-to-earth, the larger value is for the withstand voltage between phases;</p> <p>b) the smaller value is for routine tests, phase-to-earth and across the open switching device.</p> <p>The values of columns (3), (5), (6) and (8) are applicable for type tests only.</p> <p>NOTE 4 These values are derived using the multiplying factors given in Table 3 of IEC 60071-1:2006.</p> |                                                                                             |                                                                           |                                                                              |                                       |                                              |                                                                              |                                                                               |

## 4.6 Rated peak withstand current ( $I_p$ )

Add, between the existing first and second paragraphs of this subclause, the following new paragraph:

For circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV, the standard d.c. time constant is 120 ms and the rated peak withstand current equal to 2,7 times the rated short-time withstand current for 50 Hz and 60 Hz.

#### **4.7 Rated duration of short circuit ( $t_k$ )**

*Replace the existing text and note of this subclause by the following new sentence:*

Subclause 4.7 of IEC 62271-1 is applicable.

#### **4.101.2 DC time constant of the rated short-circuit breaking current**

*Replace the existing text before Note 1 by the following new text:*

- a) For circuit-breakers with rated voltages up to and including 800 kV

The standard d.c. time constant is 45 ms. The following are special case d.c. time constants, related to the rated voltage of the circuit-breaker:

- 120 ms for rated voltages up to and including 52 kV;
- 60 ms for rated voltages from 72,5 kV up to and including 420 kV;
- 75 ms for rated voltages 550 kV and 800 kV.

These special case time constants recognise that the standard value may be inadequate in some systems. They are provided as unified values for such special system needs, taking into account the characteristics of the different ranges of rated voltage, for example their particular system structures, design of lines, etc.

*Add, after the existing Note 3, the following new text:*

- b) For circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV

The standard d.c. time constant is 120 ms. Note 3 is also applicable in this case.

#### **4.102.1 Representation of TRV waves**

*Replace the existing seventh and eighth paragraphs of this subclause by the following new paragraphs:*

If a circuit-breaker with a rated voltage equal to or less than 800 kV has a short-line fault rating, the ITRV requirements are covered if the short-line fault tests are carried out using a line with a time delay less than 100 ns (see 6.104.5.2 and 6.109.3) unless both terminals are not identical from an electrical point of view (for instance when an additional capacitance is used as mentioned in Note 4 of 6.109.3). When terminals are not identical from an electrical point of view, test circuits which produce an equivalent TRV stress across the circuit-breaker may be used.

For circuit-breakers with a rated voltage higher than 800 kV, the ITRV requirements are considered to be covered if the short-line fault tests are carried out using a line with a time delay less than 100 ns and a surge impedance of 450  $\Omega$  unless both terminals are not identical from an electrical point of view (for instance when an additional capacitance is used as mentioned in Note 4 of 6.109.3). When terminals are not identical from an electrical point of view, test circuits which produce an equivalent TRV stress across the circuit-breaker may be used.

Since the ITRV is proportional to the busbar surge impedance and to the current, the ITRV requirements can be neglected for all circuit-breakers with a rated short-circuit breaking current of less than 25 kA and for circuit-breakers with a rated voltage below 100 kV. In addition the ITRV requirements can be neglected for circuit-breakers installed in metal enclosed gas insulated switchgear (GIS) because of the low surge impedance. ITRV

requirements can also be neglected for circuit-breakers directly connected to a busbar with a total source side capacitance of more than 800 pF.

#### 4.102.2 Representation of TRV

Replace the existing item a) by the following new item a):

a) Four-parameter reference line (see Figure 10):

$u_1$  = 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.

TRV parameters are defined as a function of the rated voltage ( $U_r$ ), the first-pole-to-clear factor ( $k_{pp}$ ) and the amplitude factor ( $k_{af}$ ) as follows:

$$u_1 = 0,75 \times k_{pp} U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$t_1$  for terminal fault is derived from  $u_1$  and the specified value of the rate of rise  $u_1/t_1 = RRRV$ ;

$t_1$  for out-of-phase =  $2 \times t_1$  (for terminal fault)

$$u_c = k_{af} \times k_{pp} U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$$

1) For rated voltages up to and including 800 kV,  $k_{af}$  is equal to:

– 1,4 for terminal fault and short-line fault;

– 1,25 for out-of-phase.

$t_2 = 4t_1$  for terminal fault and short-line fault;

$t_2$  for out-of-phase = between  $t_2$  (for terminal fault) and  $2t_2$  (for terminal fault).

2) For rated voltages higher than 800 kV:

A four-parameter reference line is specified for terminal fault and short-line fault test-duties and a two-parameter reference line (see b) and Figure 11) for out-of-phase test-duties.  $k_{af}$  is equal to:

– 1,5 for terminal fault and short-line fault;

– 1,25 for out-of-phase.

$t_2 = 3t_1$  for test-duty T100 and for the supply side circuit for short-line fault.

$t_2 = 4,5t_1$  for T60.

For out-of-phase test duties OP1 and OP2, time  $t_3$  is derived from  $u_c$  and a rate of rise of 1,54 kV/ $\mu$ s.

Replace the existing item c) by the following new item c):

c) Delay line of TRV (see Figures 10 and 11):

$t_d$  = time delay, in microseconds;

$u'$  = reference voltage, in kilovolts;

$t'$  = time to reach  $u'$ , in microseconds.

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 the voltage  $u'$  (time co-ordinate  $t'$ ).

For rated voltages lower than 100 kV:

$t_d = 0,15 \times t_3$ , for terminal fault and out-of-phase in the case of cable systems;

$t_d = 0,05 \times t_3$ , for terminal fault and short-line-fault in the case of line systems;

$t_d = 0,15 \times t_3$ , for out-of-phase in the case of line systems;

$u' = u_c/3$ ;

$t'$  is derived from  $t_d$  and  $t_3$  according to Figure 11,  $t' = t_d + t_3/3$ .

For rated voltages from 100 kV up to and including 800 kV:

$t_d = 2 \mu s$  for terminal fault and for the supply side circuit for short-line fault;

$t_d = 2 \mu s$  to  $0,1 \times t_1$  for out-of-phase;

$u' = u_1/2$  ;

$t'$  is derived from  $u'$ ,  $u_1/t_1$  (RRRV) and  $t_d$  according to Figure 10,  $t' = t_d + u'/RRRV$ .

For rated voltages higher than 800 kV:

$t_d = 2 \mu s$  for terminal fault and for the supply side circuit for short-line fault;

$u' = u_1/2$ ;

$t'$  is derived from  $u'$ ,  $u_1/t_1$  (RRRV) and  $t_d$  according to Figure 10,  $t' = t_d + u'/RRRV$ .

$t_d = 2 \mu s$  to  $0,05 \times t_3$  for out-of-phase;

$u' = u_c/3$ ,  $t'$  is derived from  $u_c$  and a rate-of-rise of 1,54 kV/ $\mu s$ .

#### 4.102.3 Standard values of TRV related to the rated short-circuit breaking current

*Replace the existing second paragraph of this subclause by the following new paragraphs:*

Table 3 gives values for rated voltages of 100 kV up to 170 kV for effectively earthed systems. Table 4 gives values for rated voltages of 100 kV up to 170 kV for non-effectively earthed systems. Table 5 gives values for rated voltages of 245 kV and above.

The TRV peak values given in Tables 1, 2, 3, 4, 5 and 37 shall be met. The values for the amplitude factor are given for information only.

**Table 5 – Standard values of transient recovery voltage<sup>a</sup> – Rated voltages 245 kV and above for effectively earthed systems – Representation by four parameters**

Replace the existing title of Table 5 by the following new title:

**Table 5 – Standard values of transient recovery voltage<sup>a</sup> –  
Rated voltage 245 kV and above for effectively earthed systems**

Add, before the existing table footnotes <sup>a</sup> and <sup>b</sup>, the following new lines to Table 5:

|       |                  |     |      |     |     |       |       |      |     |     |      |
|-------|------------------|-----|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-----|------|
| 1 100 | Terminal fault   | 1,2 | 1,50 | 808 | 404 | 1 617 | 1 212 | 2    | 404 | 204 | 2    |
|       | Short-line fault | 1   | 1,50 | 674 | 337 | 1 347 | 1 011 | 2    | 337 | 170 | 2    |
|       | Out-of-phase     | 2   | 1,25 | -   | -   | 2 245 | 1 458 | 2-73 | 748 | 559 | 1,54 |
| 1 200 | Terminal fault   | 1,2 | 1,50 | 882 | 441 | 1 764 | 1 323 | 2    | 441 | 222 | 2    |
|       | Short-line fault | 1   | 1,50 | 735 | 367 | 1 470 | 1 101 | 2    | 367 | 186 | 2    |
|       | Out-of-phase     | 2   | 1,25 | -   | -   | 2 449 | 1 590 | 2-80 | 816 | 610 | 1,54 |

**Table 6 – Standard multipliers for transient recovery voltage values for second and third clearing poles for rated voltages above 1 kV**

Add, after the existing line "For effectively earthed systems" of this table, the following new line:

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 1,2 | 0,95 | 0,95 | 0,83 | 0,83 |
|-----|------|------|------|------|

**Table 7 – Standard values of initial transient recovery voltage – Rated voltages 100 kV and above**

Replace, in the existing header of this table, the symbol " $F_i$ " by " $f_i$ ".

Add, before the existing note of this table, the following new lines:

|       |       |       |     |
|-------|-------|-------|-----|
| 1 100 | 0,173 | 0,208 | 1,5 |
| 1 200 | 0,173 | 0,208 | 1,5 |

Replace, in the existing note of this table, the words "can be roughly represented by a resulting surge impedance  $Z_i$  of about 260  $\Omega$  in the case of a rated voltage lower than 800 kV and by a resulting surge impedance  $Z_i$  of about 325  $\Omega$  in the case of a rated voltage of 800 kV." by "can be roughly represented by a resulting surge impedance  $Z_i$  of about 260  $\Omega$  with the exception of rated voltage 800 kV for which the resulting surge impedance  $Z_i$  is about 325  $\Omega$ ."

Replace, in the existing table footnote \*, the words "short-circuit breaking current" by "short-circuit current".

#### 4.103 Rated short-circuit making current

Replace the existing text of this subclause by the following new text and Table 37:

The rated short-circuit making current (see Figure 8) of a circuit-breaker is related to:

- the a.c. component of the rated short-circuit current;

- the d.c. time constant of the rated short-circuit current;
- the rated frequency.

The rated short-circuit making current is obtained by multiplying the r.m.s. value of the a.c. component of the rated short-circuit breaking current (see 4.101) with the peak factor given in Table 37.

**Table 37 – Peak factors for the rated short-circuit making current**

| Peak factor<br>p.u. | Frequency<br>Hz | Time constant<br>ms |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| 2,5                 | 50              | 45                  |
| 2,6                 | 60              | 45                  |
| 2,7                 | 50 or 60        | > 45                |

#### 4.105 Characteristics for short-line faults

*Replace the existing first paragraph of this subclause by the following new paragraph:*

Characteristics for short-line faults tests are required for class S2 circuit-breakers designed for direct connection to overhead lines, irrespective of the type of network on the source side, having a rated voltage equal or higher than 15 kV and less than 100 kV and a rated short-circuit breaking current exceeding 12,5 kA. Characteristics for short-line faults are also required for all circuit-breakers designed for direct connection to overhead lines having a rated voltage of 100 kV and above and a rated short-circuit breaking current exceeding 12,5 kA.

*Delete, in the first indent of the existing item a), the existing words “corresponding to the rated voltage  $U_r$ ”.*

*Replace, in the existing note of this subclause, the words “(see Table 8)” by “(see L.3)”.*

*Replace, in the existing item b) of this subclause, the first dashed item by the following new dashed item:*

- standard values of the RRRV factor, based on the line surge impedance  $Z$ , the peak factor  $k$  and the line side time delay  $t_{dL}$  that are given in Table 8. For determination of the line side time delay and the rate-of-rise of the line side voltage, see Figure 16;

**Table 8 – Standard values of line characteristics for short-line faults**

Replace the existing Table 8 by the following new table:

| Rated voltage<br>$U_r$<br>kV | Surge impedance<br>$Z$<br>$\Omega$ | Peak factor<br>$k$ | RRRV factor |       | Time delay<br>$t_{dL}$<br>$\mu\text{s}$ |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------|-------|-----------------------------------------|
|                              |                                    |                    | 50 Hz       | 60 Hz |                                         |
| $15 \leq U_r \leq 38$        | 450                                | 1,6                | 0,200       | 0,240 | 0,1                                     |
| $48,3 \leq U_r \leq 170$     | 450                                | 1,6                | 0,200       | 0,240 | 0,2                                     |
| $245 \leq U_r \leq 800$      | 450                                | 1,6                | 0,200       | 0,240 | 0,5                                     |
| $U_r > 800$                  | 330 <sup>a</sup>                   | 1,6                | 0,147       | 0,176 | 0,5                                     |

NOTE These values cover the short-line faults dealt with in this standard. For very short lines ( $t_L < 5t_{dL}$ ) not all requirements as given in the table can be met. The procedures for approaching very short lines are given in IEC 62271-306 [4].

<sup>a</sup> As described in 4.102.1, a value of 450  $\Omega$  may be used during testing to cover ITRV requirements.

<sup>b</sup> For the RRRV factor  $s$ , see Annex A.

**Table 9 – Preferred values of rated capacitive switching currents**

Add, before the existing notes of this table, the two following new lines:

|       |       |   |   |   |   |   |
|-------|-------|---|---|---|---|---|
| 1 100 | 1 200 | - | - | - | - | - |
| 1 200 | 1 300 | - | - | - | - | - |

This correction to Note 3 of this table applies to the French text only.

Add, after the existing Note 4 of this table, the following new Note 5:

NOTE 5 Preferred values for rated voltages 1 100 kV and 1 200 kV are based on applications at 50 Hz. Higher values of current could be possible in the future in systems operated at 60 Hz, however experience shows that these higher currents would not lead to a higher stress for the circuit-breaker as the recovery voltage is generally the dominant factor for interruption.

#### 4.109.1 Rated break-time

Replace this existing text and notes of this subclause by the following new text and note:

The rated break time of a circuit-breaker is the maximum interval between the energizing of the trip circuit and the interruption of the current in the main circuit during test duties T30, T60 and T100s in all poles under the following conditions:

- rated auxiliary supply voltage and frequency;
- rated pressures for operation, insulation and interruption;
- an ambient air temperature of  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

According to 6.102.3.1, the basic short-circuit test-duties, with the exception of T100a, should be carried out at the minimum auxiliary supply voltage and/or pressures for operation and/or interruption. For convenience of testing, the auxiliary supply voltage may be the rated or maximum value as long as it does not affect the making or breaking capability. (The operating times of some circuit-breakers may vary with the auxiliary supply voltage). In order to verify the rated break time during these test-duties, the maximum break time should be amended to take account of the lower auxiliary supply voltage and pressures as follows:

$$t_{\text{bmax}} = t_{\text{bm}} + t_{\text{w}} - (t_{\text{om}} - t_{\text{or}})$$

where

$t_{\text{bmax}}$  is the maximum determined break time;

$t_{\text{bm}}$  is the longest of the minimum recorded break times during test-duties T30, T60 and T100s;

Note that  $t_{\text{bm}}$  corresponds to the last pole-to-clear in case of a three-phase test.

$t_{\text{w}}$  is the necessary arcing window expressed in ms;

– for single-phase tests in substitution for three-phase conditions

- non-effectively earthed neutral systems:  $t_{\text{we}} = 150 - d\alpha$
- effectively earthed neutral systems:  $t_{\text{we}} = 180 - d\alpha$

– for three-phase tests

- $t_{\text{we}} = 60 - d\alpha$

$t_{\text{we}}$  is expressed in electrical degrees

$$t_{\text{w}} = T \times t_{\text{we}} / 360$$

$T$  period of power frequency (20 ms for 50 Hz, 16,7 ms for 60 Hz)

$d\alpha$  is the tripping impulse step in the search for the minimum arcing time, it is equal to 18 electrical degrees

$t_{\text{om}}$  is the maximum recorded opening time on no-load, with minimum auxiliary supply voltage and pressures for operation and/or interruption.

$t_{\text{or}}$  is the maximum recorded opening time on no-load, with auxiliary supply voltage and pressures for operation with the rated condition.

If the maximum break time determined according to this procedure exceeds the rated break time, the test-duty that has given the longest break time may be repeated with auxiliary supply voltage and pressure for operation and interruption at their rated values.

The rated break time is defined based on the minimum arcing time because the longest recorded arcing time during the tests can be longer than under the actual field condition.

NOTE The break time during a make-break operation may be longer than that of a single break operation for some circuit-breaker designs. Such longer break times may impact system protection strategy and stability if the delay is longer than the relay time. Users should advise the manufacturer of the maximum allowable break time during make-break operations.

## Table 11 – Type tests

Replace, in the existing Table 11, the existing twentieth line on short-line fault tests by the following new line:

|                           |                                                                                                                       |       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Short-line fault tests *# | $U_{\text{r}} \geq 15\text{kV}$ and $I_{\text{sc}} > 12,5\text{ kA}$ , in case of direct connection to overhead lines | 6.109 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

### 6.2.11 Voltage test as a condition check

Replace the existing text and notes of this subclause by the following new text, new Notes 1 and 2 and new Table 38:

Subclause 6.2.11 of IEC 62271-1 is not applicable; the tests specified there are replaced with the following:

Where after mechanical or environmental tests (see 6.101.1.4) the insulating properties across open contacts of a circuit-breaker cannot be verified by visual inspection with sufficient reliability, a power-frequency withstand voltage test in dry condition according to 6.2.11 of IEC 62271-1 across the open circuit-breaker shall be applied as a condition check. For GIS and dead tank circuit-breakers test conditions refer to Table 38.

For gas enclosed vacuum circuit-breakers the voltage test as a condition check may not be sufficient. For such cases the vacuum integrity shall be demonstrated.

Where after making, breaking or switching tests (see 6.102.9) a voltage test is performed as a condition check, the following conditions shall apply:

For circuit-breakers with an asymmetrical current path, the connections shall be reversed. The complete tests shall be carried out once for each arrangement of the connections. For dead tank and GIS circuit-breakers having a symmetrical current path, a test to earth is required with the circuit-breaker in closed position. When a test to earth is required, the rated insulation voltages across open contacts and to earth may be different. For such cases, each of the rated values corresponding to the test condition shall be used as the reference value for the determination of the test voltage. These requirements are summarised in Table 38.

- Circuit-breakers with  $U_r \leq 72,5$  kV

A 1 min power-frequency voltage test shall be performed. The test voltage shall be 80 % of the value in Tables 1a or 1b, column (2) of IEC 62271-1.

- Circuit-breakers with  $72,5$  kV  $< U_r \leq 245$  kV

An impulse voltage test shall be performed. The crest value of the impulse voltage shall be 60 % of the highest relevant value in Tables 1a or 1b, column (4) of IEC 62271-1.

- Circuit-breakers with  $300$  kV  $\leq U_r \leq 420$  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 Tables 2a or 2b of IEC 62271-1. In case of GIS circuit-breakers the crest value of the impulse voltage shall be 80 % of the rated switching impulse withstand voltage given in Table 103 of IEC 62271-203.

- Circuit-breakers with  $550$  kV  $\leq U_r \leq 800$  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 Tables 2a or 2b of IEC 62271-1. In case of GIS circuit-breakers the crest value of the impulse voltage shall be 90 % of the rated switching impulse withstand voltage given in Table 103 of IEC 62271-203.

- Circuit-breakers with  $U_r > 800$  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 Tables 2a or 2b of IEC 62271-1. In case of GIS circuit-breakers the crest value of the impulse voltage shall be 90 % of the rated switching impulse withstand voltage. Examples of rated switching impulse withstand voltage values for GIS equipment are given in Table G.1 of IEC 62271-203.

Where an impulse voltage test shall be carried out, the waveshape of the impulse voltage shall be either a standard switching impulse or a waveshape according to the TRV specified for terminal fault test-duty T10. Five impulses of each polarity shall be applied. The circuit-breaker shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs. In the case that a T10 waveshape is used, timing tolerances on the TRV waveshape of -10 % and +200 % on time  $t_3$  are permitted.

NOTE 1 Comparative tests have shown that there are almost no differences in the behaviour of the 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 2 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;
- the voltage should be in the range of 50 % of its peak value 2,5 ms after time to peak.

**Table 38 – Test requirements for voltage tests as condition check for GIS and dead tank circuit-breakers**

| No. of series connected breaks                                       | Arrangement of the current path | Circuit-breaker position |                   |        |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|--------|
|                                                                      |                                 | Open (one side)          | Open (other side) | Closed |
| Single                                                               | Symmetrical                     | Y                        | N                 | Y      |
|                                                                      | Asymmetrical                    | Y                        | Y                 | N      |
| Multi                                                                | Symmetrical                     | Y                        | N                 | Y      |
|                                                                      | Asymmetrical                    | Y                        | Y                 | Y      |
| Y: necessary to apply voltage.<br>N: not necessary to apply voltage. |                                 |                          |                   |        |

### 6.6.2 Test current and duration

*Replace the existing text of this subclause by the following new text:*

Subclause 6.6.2 of IEC 62271-1 is applicable.

### 6.101.3.3 Low temperature test

*Replace, in the existing items d) and h) of this subclause, the words "Table 12 of IEC 62271-1" by "Table 13 of IEC 62271-1".*

### 6.101.3.4 High-temperature test

*Replace, in the existing item r) of this subclause, the words "Table 12 of IEC 62271-1" by "Table 13 of IEC 62271-1".*

### 6.101.6.1 General

*Replace the existing fifth paragraph of this subclause by the following new paragraph:*

Some examples of forces due to wind, ice and weight on flexible and tubular connected conductors (not including wind or ice load or the dynamic loads on the circuit-breaker itself) are given as a guidance in Table 14.

### Table 14 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test

*Add, at the end of the existing Table 14, the following new line:*

|               |               |       |       |       |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|
| 1 100 – 1 200 | 4 000 – 6 300 | 3 500 | 3 000 | 2 500 |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|

### 6.102.1 General

*Add, at the end of the existing text of this subclause, the following new paragraphs:*

The operating time of some circuit-breakers may vary when the supply voltage to the coils is at the minimum value specified in 5.8 of IEC 62271-1, while the operating times are reasonably constant at their rated supply voltages. Performing a test duty with correct arcing times can be difficult to achieve in such a case, especially where steps of 18 electrical degrees need to be made to prove the arcing window. Additionally, the scattering of the closing time may prevent the possibility to perform the making test with the rated short-circuit making current.

For circuit-breakers where the operation of the coils does not affect contact travel characteristics, it is permitted to increase the supply voltage of the coils from the minimum value to 110 % of the rated supply voltage. No-load operations performed at the rated and minimum supply voltage shall be included in the test report to show that the contact travel characteristics are not affected by the increased voltage of the coil.

At least one making and one breaking operation shall be performed for test-duty T100s with minimum supply voltage to prove the ability of the circuit-breaker to operate correctly up to its rated short-circuit current under minimum control voltage conditions.

### 6.102.4.2 Unit testing

*Replace the existing items c) and d) of this subclause by the following new items c) and d):*

- c) The circuit-breaker pole consists of units (or assemblies of units) which are not separately operated.

In this case, unit testing is only acceptable if the mechanical characteristics for the single-unit testing and for full-pole testing are the same. The procedure as given in 6.102.4.1 for single-pole testing of a three-pole circuit-breaker shall be applied accordingly. Moreover, the influence of electrodynamic forces (see also item a) above) shall be covered.

However, if the units not under test arc during the test (for example, used as auxiliary circuit-breaker in synthetic tests), the requirements related to the mechanical characteristics are considered to be covered. In this case, the requirement for circuit-breakers, which have mutual connections for the extinguishing medium between units (see also item b) above) is covered at the same time.

- d) For test currents equal to or less than 60 % of the rated short-circuit current, single-unit testing is permissible if the arc extinguishing medium volume of the single unit under test is proportional to the applicable part of one assembly of units having the same arc extinguishing medium.

The mechanical characteristics under no-load conditions for single-unit testing and for full-pole testing shall be the same. The procedure for comparison of mechanical characteristics given in 6.102.4.1 for single-pole testing of a three-pole circuit-breaker shall be applied accordingly. The mutual influence through the electrodynamic forces of the current and the arc in the units is considered to be negligible for test currents equal or less than 60 % of the rated short-circuit current.

*Add, at the end of the existing text of this subclause, the following new paragraph:*

For unit testing of GIS and dead tank circuit-breakers, see Annex O.

#### 6.102.10.1.1 Test-duty T10, T30, T60, T100s, T100s(b), OP1 and OP2

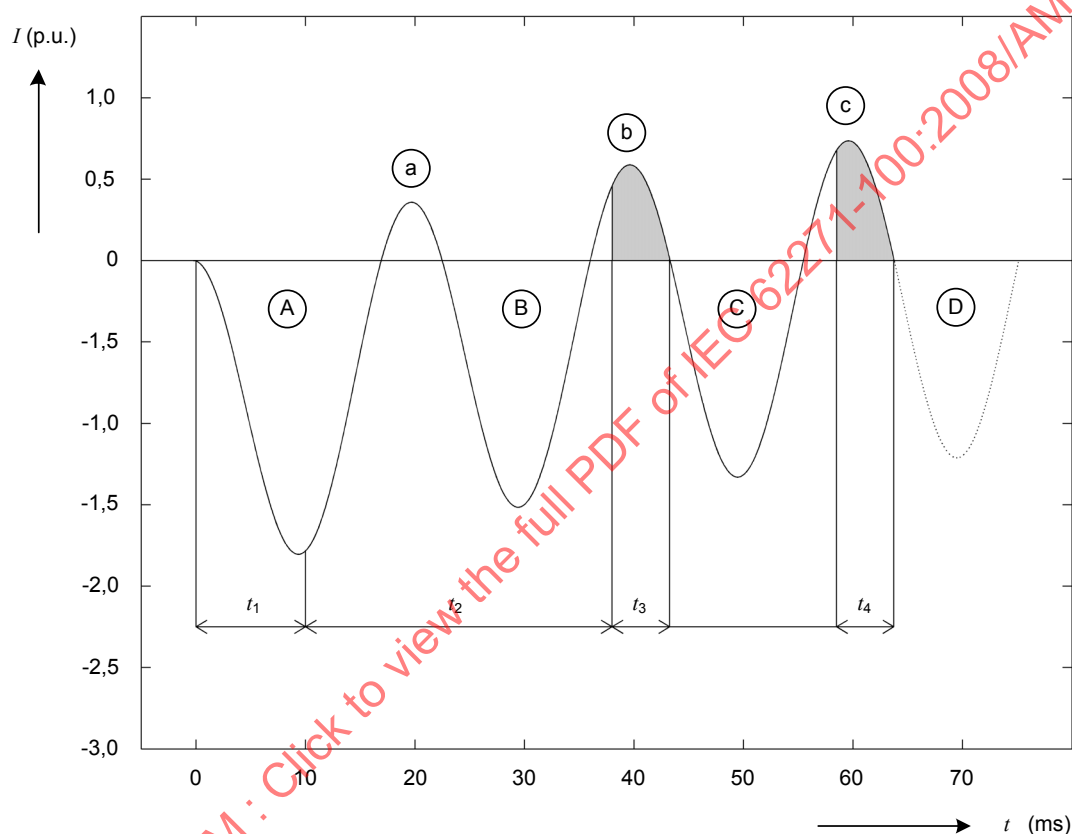
*Replace the existing second paragraph of this subclause by the following new paragraph:*

Examples of a graphical representation of the three valid breaking operations for the first-pole-to-clear factor 1,5 are given in Figure 29 and for the first-pole-to-clear factor 1,3 in Figure 30.

### 6.102.10.2.1.2 Test-duty T100a

Add, at the end of the existing text of this subclause, the following new paragraph and new Figure 57:

If, during the tests, the minimum arcing time is such that the circuit-breaker cannot clear at the intended minor loop (b in Figure 57) without exceeding the declared minimum clearing time window, the single-phase procedure shall be repeated at the next minor loop (c in Figure 57). If during these tests the minimum arcing time is such that the minimum clearing time would fit inside the original clearing time window again, the major loop in between the two minor loops (C in Figure 57) shall be tested. The medium and maximum arcing times of the third major loop shall be based on the minimum arcing time of the third minor loop.



#### Key

|   |                   |       |                       |
|---|-------------------|-------|-----------------------|
| A | First major loop  | $t_1$ | $t_{\text{relay}}$    |
| B | Second major loop | $t_2$ | $t_{\text{open min}}$ |
| C | Third major loop  | $t_3$ | $t_{\text{arc 1}}$    |
| D | Fourth major loop | $t_4$ | $t_{\text{arc 2}}$    |
| a | First minor loop  |       |                       |
| b | Second minor loop |       |                       |
| c | Third minor loop  |       |                       |

$$t_{\text{arc 1}} = t_{\text{arc min minor loop b}} - 18^\circ$$

$$t_{\text{arc 2}} = t_{\text{arc min minor loop c}}$$

If  $t_{\text{arc 2}} \leq t_{\text{arc 1}} \rightarrow$  testing of major loop C

If  $t_{\text{arc 2}} > t_{\text{arc 1}} \rightarrow$  testing of major loop D

### Figure 57 – Determination of the major loop to be tested

#### Tables 15 to 22

*In all Tables numbered 15 to 22, delete the existing Note 1, and renumber the existing "NOTE 2" as "NOTE".*

#### 6.102.10.2.3.1 Breaking test with symmetrical current

*Replace, in the existing item b) of this subclause, the words "if  $k_{pp} = 1,3$ , or 1,0" by "if  $k_{pp} = 1,3$ , 1,2 or 1,0".*

#### 6.102.10.2.5 Splitting of test-duties in test series taking into account the associated TRV for each pole-to-clear

*Replace the last existing sentence of the last paragraph of this subclause by the following new sentence:*

A graphical representation of the interrupting window and the voltage factor  $k_p$ , determining the TRV of the individual pole, is given in Figure 37 and Figure 58 for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,2 and 1,3 and in Figure 38 for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,5.

#### Table 23 – Interrupting window for tests with symmetrical current

*Add, at the bottom of the existing Table 23, the following new line:*

|     |        |          |           |
|-----|--------|----------|-----------|
| 1,2 | 0 – 42 | 71 – 113 | 120 – 162 |
|-----|--------|----------|-----------|

#### 6.104.5.1 General

*Replace the existing text of this subclause by the following new text:*

The prospective TRV of the test circuits shall be determined by such a method as will produce and measure the TRV wave without significantly influencing it. It shall be measured at the terminals to which the circuit-breaker will be connected with all necessary test-measuring devices, such as voltage dividers, etc. Suitable methods are described in Annex F (see also 6.104.6). In such cases where a measurement is not possible, for instance in some synthetic circuits, a calculation of the prospective TRV is allowed. Guidance is given in Annex F.

For three-phase circuits, the prospective TRV refers to the first-pole-to-clear, i.e. the voltage across one open pole with the other two poles closed, with the appropriate test circuit arranged as specified in 6.103.3.

The prospective TRV for the test is represented by its envelope, drawn as shown in Annex E, and by its initial portion.

The TRV specified for the test is represented by a reference line, a delay line and initial transient recovery voltage (ITRV) envelope in the same manner as the TRV related to the rated short-circuit breaking current in accordance with 4.102.2 and Figures 10, 11 and 12.

TRV parameters are defined as follows as a function of the rated voltage ( $U_r$ ), the first-pole-to-clear factor ( $k_{pp}$ ) and the amplitude factor ( $k_{af}$ ). The actual values of  $k_{pp}$  and  $k_{af}$  are stated in Tables 1, 2, 3, 4, 5, 24, 25, 26 and 27. The first-pole-to-clear factor  $k_{pp}$  is 1,3 as listed in Table 26 for all circuit-breakers of rated voltages 100 kV to 800 kV where systems are usually

effectively earthed. For circuit-breakers of rated voltages higher than 800 kV, the first-pole-to-clear factor  $k_{pp}$  is 1,2 as listed in Table 26. For circuit-breakers in non-effectively earthed systems from 100 kV to 170 kV,  $k_{pp}$  is 1,5 as listed in Table 27.

a) *For rated voltages less than 100 kV*

A representation by two parameters of the prospective TRV is used for all test-duties.

- In Table 24, for circuit-breakers in cable systems.

TRV peak value  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_r$  where  $k_{af}$  is equal to 1,4 for test-duty T100, 1,5 for test-duty T60, 1,6 for test duty T30 and 1,7 for test duty T10, 1,25 for out-of-phase breaking.

Time  $t_3$  for test-duty T100 is taken from Table 24. Time  $t_3$  for test-duties T60, T30 and T10 is obtained by multiplying the time  $t_3$  for test-duty T100 by 0,44 (for T60), 0,22 (for T30) and 0,22 (for T10).

- In Table 25, for circuit-breakers in line systems.

TRV peak value  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_r$  where  $k_{af}$  is equal to 1,54 for test-duty T100 and the supply side circuit for short-line fault, 1,65 for test-duty T60, 1,74 for test duty T30 and 1,8 for test duty T10, 1,25 for out-of-phase breaking.

Time  $t_3$  for test-duty T100 is taken from Table 25. Time  $t_3$  for test-duties T60, T30 and T10 is obtained by multiplying the time  $t_3$  for test-duty T100 by 0,67 (for T60), 0,40 (for T30) and 0,40 (for T10).

- Time delay  $t_d$  for test-duty T100 is  $0,15 \times t_3$  for cable systems,  $0,05 \times t_3$  for line systems,  $0,05 \times t_3$  for the supply side circuit for short-line fault. For line systems, the time delay  $t_d$  for test-duty T100 can be extended up to  $0,15 \times t_3$  if short-line fault tests are performed.
- Time delay  $t_d$  is  $0,15 \times t_3$  for test-duties T60, T30 and T10 and for out-of-phase breaking.
- Voltage  $u' = u_c/3$ .
- Time  $t'$  is derived from  $u'$ ,  $t_3$  and  $t_d$  according to Figure 11,  $t' = t_d + t_3/3$ .

b) *For rated voltages from 100 kV to 800 kV*

A representation by four parameters of the prospective TRV is used for test-duties T100 and T60, and the supply circuit of SLF for test duties  $L_{90}$  and  $L_{75}$  and for out-of-phase test duties OP1 and OP2 and by two parameters for test-duties T30 and T10.

- First reference voltage  $u_1 = 0,75 \times k_{pp} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$
- Time  $t_1$  for terminal fault test duties is derived from  $u_1$  and the specified value of the rate of rise  $u_1/t_1$ . For test duties OP1 and OP2,  $t_1$  is two times  $t_1$  for test duty T100 and the rate of rise is derived from  $u_1$  and  $t_1$ .

- TRV peak value  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$

where  $k_{af}$  is equal to 1,4 for test-duty T100 and for the supply side circuit for SLF, 1,5 for test-duty T60, 1,54 for test-duty T30,  $0,9 \times 1,7$  for test-duty T10, and 1,25 for out-of-phase breaking.

- Time  $t_2$  is equal to  $4t_1$  for test-duty T100 and for the supply side circuit for short-line fault and between  $t_2$  (for T100) and  $2t_2$  (for T100) for out-of-phase breaking. Time  $t_2$  is equal to  $6t_1$  for T60.

- For test-duties T30 and T10, time  $t_3$  is derived from  $u_c$  and the specified value of the rate of rise  $u_c/t_3$ .
- Time delay  $t_d$  is 2  $\mu$ s for test-duty T100, between 2  $\mu$ s and 0,3  $t_1$  for test-duty T60, between 2  $\mu$ s and 0,1  $t_1$  for test duties OP1 and OP2. Time delay is 0,15  $t_3$  for test-duties T30 and T10. For the supply side circuit for short-line fault the time delay is equal to 2  $\mu$ s. When short-line fault tests are performed, the time delay  $t_d$  for test-duty T100 can be extended up to 0,28  $t_1$ . The relevant value of  $t_d$  to be used for testing is given in 6.104.5.2 to 6.104.5.5.
- Voltage  $u' = u_1/2$  for test-duties T100 and T60 and the supply side for SLF and out-of-phase breaking, and  $u_c/3$  for test-duties T30 and T10.
- Time  $t'$  is derived from  $u'$ ,  $u_1/t_1$  and  $t_d$  for test-duties T100, T60 and the supply circuit for SLF and out-of-phase breaking, and according to Figure 10; and from  $u'$ ,  $u_c/t_3$  and  $t_d$  for test-duties T30 and T10 according to Figure 11.

c) *For rated voltages higher than 800 kV*

A representation by four parameters of the prospective TRV is used for test-duties T100 and T60, and the supply circuit of SLF for test duties L<sub>90</sub> and L<sub>75</sub>, and by two parameters for test-duties T30, T10 and for out-of-phase test duties OP1 and OP2.

- First reference voltage  $u_1 = 0,75 \times k_{pp} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$
- Time  $t_1$  for terminal fault test duties is derived from  $u_1$  and the specified value of the rate of rise  $u_1/t_1$ .
- Time  $t_3$  for out-of-phase test duties OP1 and OP2 is derived from  $u_c$  and the specified value of the rate of rise.
- TRV peak value  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$

where  $k_{af}$  is equal to 1,5 for test-duty T100 and for the supply side circuit for SLF, 1,5 for test-duty T60, 1,54 for test-duty T30, 1,76 for test-duty T10, and 1,25 for out-of-phase breaking.

- Time  $t_2$  is equal to 3  $t_1$  for test-duty T100 and for the supply side circuit for short-line fault. Time  $t_2$  is equal to 4,5  $t_1$  for T60.
- For test-duties T30 and T10, time  $t_3$  is derived from  $u_c$  and the specified value of the rate of rise  $u_c/t_3$ .
- Time delay  $t_d$  is 2  $\mu$ s for test-duty T100, between 2  $\mu$ s and 0,3  $t_1$  for test-duty T60. Time delay is 0,15  $t_3$  for test duties T30 and T10, 0,05  $t_3$  for test duties OP1 and OP2. For the supply side circuit for short-line fault the time delay is equal to 2  $\mu$ s. When short-line fault tests are performed, the time delay  $t_d$  for test-duty T100 can be extended up to 0,28  $t_1$ . The relevant value of  $t_d$  to be used for testing is given in 6.104.5.2 to 6.104.5.5.
- Voltage  $u' = u_1/2$  for test-duties T100 and T60 and the supply side for SLF, and  $u_c/3$  for test-duties T30, T10 and out-of-phase test duties.
- Time  $t'$  is derived from  $u'$ ,  $u_1/t_1$  and  $t_d$  for test-duties T100, T60 and the supply circuit for SLF, and according to Figure 10; and from  $u'$ ,  $u_c/t_3$  and  $t_d$  for test-duties T30, T10 and out-of-phase test duties according to Figure 11.

The prospective transient recovery voltage wave of the test circuit shall comply with the following two requirements:

- Requirement a)

Its envelope shall at no time be below the specified reference line.

NOTE 1 It is stressed that the extent by which the envelope may exceed the specified reference line requires the consent of the manufacturer (see 6.104); this is of particular importance in the case of two-parameter envelopes when four-parameter reference lines are specified, and in the case of four-parameter envelopes when two-parameter reference lines are specified.

NOTE 2 For convenience of testing it is allowed to carry out test-duties for which a four parameter TRV is specified with a two parameter TRV, provided that the rate-of-rise of recovery voltage corresponds to the standard value  $u_1/t_1$  and the peak value to the standard value  $u_c$ . This procedure requires the consent of the manufacturer.

– Requirement b)

Its initial portion shall fulfil the specified ITRV requirements. The ITRV has to be handled like a short-line fault. Consequently, it is necessary to measure the ITRV circuit independently of the source side in an inherent way. The ITRV is defined by the peak value  $u_i$  and the time coordinate  $t_i$  (Figure 12b). The inherent waveshape shall mostly follow a straight line reference line drawn from the beginning of the ITRV to the point defined by  $u_i$  and  $t_i$ . The inherent ITRV waveshape shall follow this reference line from 20 % to 80 % of the required ITRV peak value. Deviations from the reference line are permitted for the ITRV amplitude below 20 % and above 80 % of the specified ITRV peak value. It shall not be significantly higher than the above-mentioned reference line. If the 80 % value cannot be reached without significant increase of the rate of rise of the ITRV, it is preferred to raise the peak value  $u_i$  above the specified value in order to reach the 80 % point. The rate of rise of the ITRV shall not be increased, because this would be connected to a change of the impedance and thus to an essential change of the severity of the test.

Testing under ITRV conditions is necessary for T100a, T100s and L<sub>90</sub>. However, if a circuit-breaker with rated voltage equal or less than 800 kV has a short-line fault rating, the ITRV requirements are considered to be covered if the short-line fault tests are carried out using a line with a time delay less than 100 ns (see also 6.104.5.2).

If a circuit-breaker with rated voltage higher than 800 kV has a short-line fault rating, the ITRV requirements are covered if the short-line fault tests are carried out using a line with a time delay less than 100 ns and a surge impedance of 450 Ω (see also 6.104.5.2 and 6.109.3).

Since the ITRV is proportional to the busbar surge impedance and to the current, the ITRV requirements can be neglected for circuit-breakers installed in metal-enclosed, gas-insulated switchgear (GIS) because of the low surge impedance, and for all circuit-breakers with a rated short-circuit breaking current of less than 25 kA. The same applies to circuit-breakers with a rated voltage below 100 kV because of the small dimensions of the busbars.

#### 6.104.5.2 Test-duties T100s and T100a

*Replace the existing last paragraph of this subclause by the two following new paragraphs:*

Where short-line fault duties are also to be performed, it may be convenient to combine the ITRV and SLF requirements in the line-side circuit. When the ITRV is combined with the transient voltage of a short line having a time delay  $t_{dL}$  as specified in Table 8, the total stress is, for practical considerations, equal or covered by the stress of a short line with a time delay less than 100 ns and a surge impedance of 450 Ω. Therefore, the ITRV requirements for test-duties T100s and T100a are considered to be covered when the short-line fault duties are performed using the short line with a time delay less than 100 ns and a surge impedance of 450 Ω (see 6.109.3) unless both terminals are not identical from an electrical point of view (for instance, where an additional capacitance is used as mentioned in Note 4 of 6.109.3).

Where short-line fault duties with a time delay less than 100 ns are used to cover ITRV requirements, the initial part of the line side transient voltage up to 0,2  $u_L^*$  cannot cross the 20 % to 80 % SLF reference except if the time delay as defined in Figure 16b less than 100 ns.

#### 6.104.5.4 Test duty T30

*Replace the existing item a) of the subclause by the following new item a):*

- a) For rated voltages less than 100 kV, the specified standard values are given in
- Table 24 for circuit-breakers in cable systems,
  - Table 25 for circuit-breakers in line systems.

In case that small values of time  $t_3$  cannot be met, the shortest time that can be met shall be used. The values used shall be stated in the test report.

*Replace the existing note of the subclause by the following new note:*

NOTE The contribution of transformers to the short-circuit current is relatively larger at smaller values of short-circuit current as in T30 and T10 conditions. However, most systems have effectively earthed neutrals at ratings of 100 kV up to 800 kV. With the system and transformer neutrals effectively earthed, the first-pole-to-clear factor of 1,3 is applicable for all test-duties except for T10, where in general a first-pole-to-clear factor of 1,5 is used in order to take also transformer fed faults into account. For rated voltages higher than 800 kV, the first-pole-to-clear factor of 1,2 is applicable for all test-duties.

In some systems for rated voltages of 100 kV up to and including 170 kV, transformers with non-effectively earthed neutrals are in service, even though the rest of the system may have effectively earthed neutrals. Such systems are considered special cases and are covered in Tables 4 and 27 where the TRVs specified for all test duties are based on a first-pole-to-clear factor of 1,5. For rated voltages above 170 kV, all systems and their transformers are considered to have effectively earthed neutrals.

#### 6.104.5.5 Test duty T10

*This correction in item a) applies to the French text only.*

*Replace the existing last paragraph of this subclause by the following new paragraph:*

In case that small values of time  $t_3$  cannot be met, the shortest time that can be met shall be used. The values used shall be stated in the test report.

#### 6.104.5.6 Test-duties OP1 and OP2

*This correction in the last paragraph of this subclause applies to the French text only.*

**Table 25 – Standard values of prospective transient recovery voltage<sup>c</sup> for class S2 circuit-breakers – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters**

*Replace the existing table footnote <sup>c</sup> of this table by the following new table footnote <sup>c</sup>:*

<sup>c</sup> Where two values of times  $t_d$  and  $t'$  are given for test duty T100 separated by brackets, the time  $t_d$  in brackets is the upper limit of the time delay  $t_d$  that can be used for test-duty T100 if short-line fault tests are also made. For such cases, the delay line terminates at  $t'$  given in brackets. If this is not the case, the lower values of  $t_d$  and  $t'$  apply.

**Table 26 – Standard values of prospective transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV to 800 kV for effectively earthed neutral systems – Representation by four parameters (T100, T60, OP1 and OP2) or two parameters (T30, T10)**

*Replace the existing title of this table by the following new title:*

**Table 26 – Standard values of prospective transient recovery voltage –  
Rated voltages of 100 kV and above**

*Add, after the existing line starting with "800", the following new lines:*

|       |         |     |      |     |     |      |      |         |     |           |      |
|-------|---------|-----|------|-----|-----|------|------|---------|-----|-----------|------|
| 1 100 | T100    | 1,2 | 1,50 | 808 | 404 | 1617 | 1212 | 2 (113) | 404 | 204 (315) | 2    |
|       | T60     | 1,2 | 1,50 | 808 | 269 | 1617 | 1212 | 2-81    | 404 | 137-216   | 3    |
|       | T30     | 1,2 | 1,54 | -   | -   | 1660 | 332  | 50      | 553 | 161       | 5    |
|       | T10     | 1,2 | 1,76 | -   | -   | 1897 | 271  | 41      | 632 | 131       | 7    |
|       | OP1-OP2 | 2   | 1,25 | -   | -   | 2245 | 1458 | 2-73    | 748 | 488-559   | 1,54 |
| 1 200 | T100    | 1,2 | 1,50 | 882 | 441 | 1764 | 1323 | 2 (123) | 441 | 222 (343) | 2    |
|       | T60     | 1,2 | 1,50 | 882 | 294 | 1764 | 1323 | 2-88    | 441 | 149-235   | 3    |
|       | T30     | 1,2 | 1,54 | -   | -   | 1811 | 362  | 54      | 604 | 175       | 5    |
|       | T10     | 1,2 | 1,76 | -   | -   | 2069 | 296  | 44      | 690 | 143       | 7    |
|       | OP1-OP2 | 2   | 1,25 | -   | -   | 2449 | 1590 | 2-80    | 816 | 532-610   | 1,54 |

*Replace the existing Note 1 of this table by the following new Note 1:*

NOTE 1 Where two values of times  $t_d$  and  $t'$  are given for test duty T100 separated by brackets, the time  $t_d$  in brackets is the upper limit of the time delay  $t_d$  that can be used for test-duty T100 if short-line fault tests are also made. For such cases, the delay line terminates at  $t'$  given in brackets. If this is not the case, the lower values of  $t_d$  and  $t'$  apply.

Where two values of times  $t_d$  and  $t'$  are given for terminal fault test duties T60 and out-of-phase test duties OP1 and OP2, those indicate the lower and upper limits which should be used for testing. The time delay  $t_d$  and the time  $t'$  during testing should not be shorter than their respective lower limits and should not be longer than their respective upper limits.

**Table 27 – Standard values of prospective transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for non-effectively earthed neutral systems – Representation by four parameters (T100, T60, OP1 and OP2) or two parameters (T30 and T10)**

*Replace the existing Note 1 of this table by the following new Note 1:*

NOTE 1 Where two values of times  $t_d$  and  $t'$  are given for test duty T100 separated by brackets, the time  $t_d$  in brackets is the upper limit of the time delay  $t_d$  that can be used for test-duty T100 if short-line fault tests are also made. For such cases, the delay line terminates at  $t'$  given in brackets. If this is not the case, the lower values of  $t_d$  and  $t'$  apply.

Where two values of times  $t_d$  and  $t'$  are given for terminal fault test duties T60 and out-of-phase test duties OP1 and OP2, those indicate the lower and upper limits which should be used for testing. The time delay  $t_d$  and the time  $t'$  during testing should not be shorter than their respective lower limits and should not be longer than their respective upper limits.

#### 6.104.7 Power frequency recovery voltage

*Replace the existing item b) by the following new item b):*

- b) For single-phase tests on a three-pole circuit-breaker, the power frequency recovery voltage shall be equal to the product of the phase-to-earth value  $U_p/\sqrt{3}$  and the first-pole-to-clear factor (1,2 or 1,3 or 1,5); the power frequency recovery voltage may be reduced to  $U_p/\sqrt{3}$  after an interval of one cycle of rated frequency.

#### 6.105.1 Time interval between tests

*Add, in the existing second paragraph, the words "but taking into account 6.105.3," between "given in 4.104," and "subject to the following provision".*

#### 6.105.3 Application of auxiliary power to the opening release – Make-break tests

*Replace the existing text of this subclause by the following new text:*

In make-break tests the auxiliary power shall not be applied to the opening release before the circuit-breaker has reached the closed position. In the close-open operations of the short-circuit test-duties the power shall not be applied until at least one half-cycle has elapsed from the instant of contact touch. The close-open time shall remain as close as possible to the minimum close-open time (see Note of 3.7.143), but it is permissible to delay the circuit-breaker opening such that the d.c. component at contact separation is within the permissible limits.

#### Table 28 – TRV parameters for single-phase and double earth fault tests

*Replace the existing equation " $4 \times t_{1,sp}$ " of this table by the table footnote "a".*

*Add, at the end of the existing table, the following new table footnote:*

<sup>a</sup>  $4 \times t_{1,sp}$  for rated voltages from 100 kV up to and including 800 kV  $3 \times t_{1,sp}$  for rated voltages above 800 kV.

#### 6.109.1 Applicability

*Replace the existing second paragraph of this subclause by the following new paragraph:*

Short-line faults tests are required for class S2 circuit-breakers designed for direct connection to overhead lines, irrespective of the type of network on the source side, having a rated voltage equal or higher than 15 kV and less than 100 kV and a rated short-circuit breaking current exceeding 12,5 kA. Short-line faults tests are also required for all circuit-breakers designed for direct connection to overhead lines having a rated voltage of 100 kV and above and a rated short-circuit breaking current exceeding 12,5 kA.

#### 6.109.3 Test circuit

*Replace, in the existing text of this subclause, "insignificant time delay" by "a time delay less than 100 ns" (4 instances).*

*Replace the existing third paragraph starting with "The representation of the ITRV..." by the two following new paragraphs:*

The representation of the ITRV on the source side can be neglected if a line side oscillation with a time delay less than 100 ns is used.

Figure 16b shows the determination of the line side time delay in case of a non-linear rate of rise. The tangent on the line-side TRV drawn in parallel to the line through  $0,2 \times u_L$  and  $0,8 \times u_L$  crosses the zero line at a time  $t_{dL}$ .

*Replace the existing Note 1 by the following new Note 1:*

NOTE 1 (Void)

*Add the following new text after the seventh paragraph beginning with "Other characteristics of the source side ....":*

Where applicable, a circuit-breaker with rated voltage higher than 800 kV can be tested with a line having a time delay less than 100 ns and a surge impedance of 450  $\Omega$  (see 6.104.5.1). If the circuit-breaker fails during this test procedure after a time corresponding to the first peak of ITRV, the test can be repeated with the required test circuit having the specified ITRV and a line having a surge impedance of 330  $\Omega$  and the specified time delay ( $t_{dL}$ ). For both cases it is not required to perform T100s and T100a with circuits reproducing the rated ITRV.

### 6.110.3 Test-duties

*Replace the existing Note 2 by the following new note:*

NOTE 2 Power frequency recovery voltages corresponding to out-of-phase voltage factors of 2,0 p.u. and 2,5 p.u. are specified for breaking, respectively, in effectively earthed neutral systems and non-effectively earthed neutral systems, as they cater to the great majority of applications of circuit-breakers intended for switching during out-of-phase conditions (see 8.103.3). The out-of-phase angle corresponding to 2,0 p.u. in effectively earthed neutral systems is approximately 105° for rated voltages up to 800 kV and approximately 115° for rated voltages higher than 800 kV. The out-of-phase angle corresponding to 2,5 p.u. in non-effectively earthed neutral systems is approximately 115°. However higher values of angle are covered when considering other factors such as the non simultaneity of voltage peaks, lower  $k_{pp}$  (see IEC 62271-306 [4]).

#### 6.111.9.1.1 Class C2 test-duties

*Replace, in the tenth paragraph, the second and third dashed items by the following new dashed items:*

- the test voltage shall be the phase-to-earth voltage;
- making shall occur within  $\pm 25^\circ$  of the peak value (on the same phase for three-phase tests) and evenly distributed in both polarities.

*Replace the paragraph beginning with "The preferred order for the line-charging or cable-charging current switching....." by the following new paragraph:*

No preferred order is specified for line-charging and cable-charging current switching tests, except that the required preconditioning test at T60 level shall be carried out at the beginning of the test.

#### 6.111.9.1.2 Three-phase line-charging and cable-charging current switching tests

*Replace the existing sentence before the Note by the following new sentence:*

With the exception of the additional tests, all distributed and minimum arcing times shall occur on the same phase.

#### 6.111.9.2.1 Class C1 test-duties

*Replace, in the existing fourth paragraph of this subclause, the figure " $\pm 15^\circ$ " by " $\pm 25^\circ$ ".*

Add, in the last sentence of the existing fourth paragraph, the word "inherent" between "switching current the" and "inrush making current...".

Replace the second and third dashed items of the first list by the two following dashed items:

- the test voltage shall be the phase-to-earth voltage;
- making shall occur within  $\pm 25^\circ$  of the peak value (on the same phase for three-phase tests) and evenly distributed in both polarities.

Add the following new paragraph at the end of the existing text of this subclause:

No preferred order is specified for capacitive current switching tests.

**Table 32 – Specified values of  $u_1$ ,  $t_1$ ,  $u_c$  and  $t_2$**

Replace the last two existing lines of this table by the three following new lines:

- \*  $k_{af} = 1,4$  (see Tables 1, 3 and 5) for class S1 circuit-breakers and for circuit-breakers with rated voltage of 100 kV up to 800 kV;
- $k_{af} = 1,5$  (see Table 5) for circuit-breakers with rated voltage higher than 800 kV;
- $k_{af} = 1,54$  (see Table 2) for class S2 circuit-breakers.

#### **8.103.1 Selection of rated short-circuit breaking current**

Replace the third existing paragraph of this subclause by the following new paragraph:

The curves in Figure 9 are based on a constant a.c. component and on the short-circuit power factors stated in Table 35, corresponding to a d.c. time constant  $\tau = 45$  ms (i.e. the standard d.c. time constant for rated voltages up to and including 800 kV), 60 ms, 75 ms and 120 ms (i.e. the standard d.c. time constant for rated voltages higher than 800 kV).

Replace the fifth existing paragraph of this subclause by the following new paragraph:

When the location of the installation is sufficiently remote electrically from rotating machines, the decrement of the a.c. component at the time of the fault is negligible and it is only necessary to verify that in case of 50 Hz the short-circuit power factor is not less than 0,071 in case of the standard d.c. time constant  $\tau = 45$  ms, or 0,026 in case of a standard d.c. time constant  $\tau = 120$  ms, and the minimum relay time of the protective equipment is not less than one half cycle of rated frequency. In these conditions it is sufficient that the selected circuit-breaker has a rated short-circuit breaking current not less than the r.m.s. value of the short-circuit current at the point where the circuit-breaker is to be installed.

#### **8.103.2 Selection of transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, first-pole-to-clear factor and characteristics for short-line faults**

Replace the fourth and fifth paragraphs of this subclause by the following new paragraphs:

The standard values given for rated voltages below 100 kV are applicable to a first-pole-to-clear factor  $k_{pp}$  of 1,5. For rated voltages 100 kV to 800 kV,  $k_{pp}$  is 1,3 since most systems at 100 kV and above are effectively earthed. For rated voltages 100 kV to 170 kV, the choice of  $k_{pp}$  between 1,3 and 1,5 is provided for those special cases with non-effectively earthed neutrals (see also the note in 6.104.5.4). For rated voltages higher than 800 kV  $k_{pp}$  is 1,2.

The values of  $k_{pp}$  of 1,3 and 1,2 are based on a system with effectively earthed neutral where three-phase faults not involving earth are considered highly improbable. For applications in non-effectively earthed neutral systems,  $k_{pp} = 1,5$  should be used. For applications in systems with effectively-earthed neutral in cases where the probability of three-phase faults not

involving earth cannot be disregarded, and for applications in systems other than with effectively-earthed neutral systems,  $k_{pp} = 1,5$  may be necessary.

*Replace the existing sentence between Note 3 and Note 4 by the following new sentence:*

Such cases are covered in Annex M.

*Delete the existing Note 4 of this subclause.*

### **8.103.3 Selection of out-of-phase characteristics**

*Add, after the existing text of this subclause, the following new paragraph:*

In the case of applications of circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV, an out-of-phase angle of approximately  $115^\circ$  is covered; however, higher values of angle are covered when considering other factors such as the non simultaneity of voltage peaks, lower  $k_{pp}$  (see IEC 62271-306 [4]).

### **8.103.4 Selection of rated short-circuit making current**

*Replace the existing first two paragraphs of this subclause by the following new paragraphs:*

As stated in 4.103, the rated short-circuit making current is derived from the rated voltage and is related to the rated frequency and the d.c. time constant of the rated short-circuit current. For a rated frequency of 50 Hz and based on a time constant  $\tau = 45$  ms, it is 2,5 times (i.e. approximately  $1,8\sqrt{2}$  times) the a.c. component of the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker. For a rated frequency of 60 Hz and based on a time constant  $\tau = 45$  ms, it is 2,6 times the a.c. component of the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker.

If one of the other d.c. time constants (60 ms, 75 ms or 120 ms) stated in 4.101.2 applies, taking the explanations given in I.2 into account, the rated short-circuit making current is 2,7 times the a.c. component of the rated short-circuit breaking current of the circuit-breaker, for both 50 Hz and 60 Hz rated frequencies.

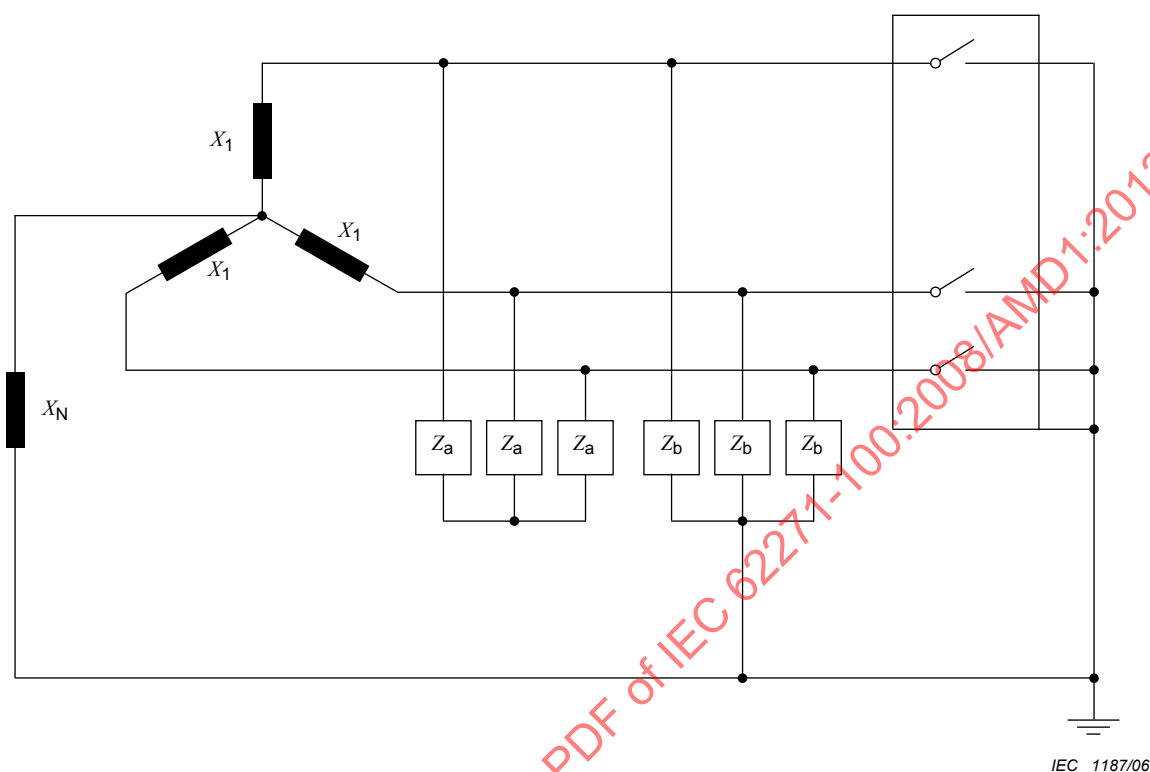
**Figure 9 – Percentage d.c. component in relation to the time interval from the initiation of the short-circuit for the standard time constant  $\tau_1$  and for the special case time constants  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  and  $\tau_4$**

*Replace the existing title of this figure by the following new title:*

**Figure 9 – Percentage d.c. component in relation to the time interval from the initiation of the short-circuit for the different time constants**

**Figure 13 – Three-phase short-circuit representation**

Replace the existing figure by the following new figure:



**Key**

- $X_N$  source neutral impedance
- $X_1$  positive sequence short-circuit reactance
- $Z_a$  phase-to-phase impedance of TRV circuit
- $Z_b$  phase-to-ground impedance of TRV circuit

$X_N$  much larger than  $X_1$  for first-pole-to-clear factor of 1,5

$X_N$  0,75  $X_1$  for first-pole-to-clear factor of 1,3

$X_N$  0,33  $X_1$  for first-pole-to-clear factor of 1,2

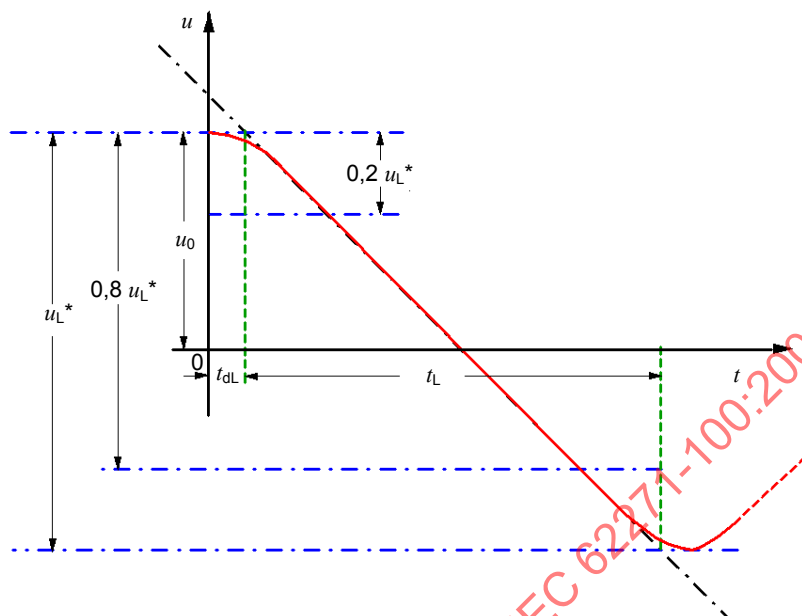
For  $Z_0/Z_1 \approx 2$  (for exact values see IEC 62271-306 [4]):  $Z_a = Z_b = 2Z_1$

with  $Z_0$  zero sequence component of short-circuit impedance on supply side

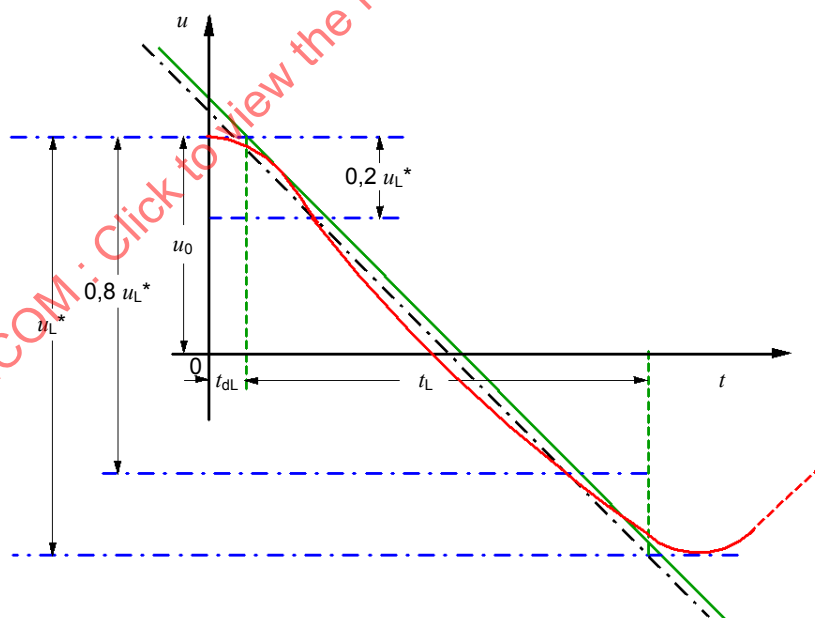
**Figure 13 – Three-phase short-circuit representation**

**Figure 16 – Example of a line-side transient voltage with time delay and rounded crest showing construction to derive the values  $u_L^*$ ,  $t_L$  and  $t_{dL}$**

Replace the existing figure and title by the following new Figures 16a and 16b and title:



**Figure 16a – Example of a line side transient voltage with time delay**



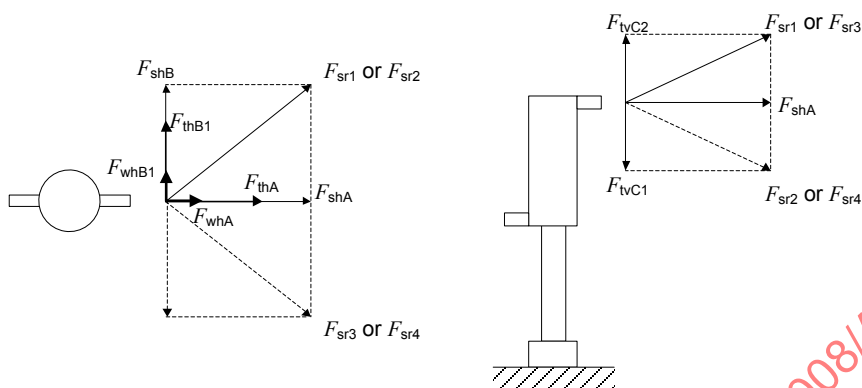
**Figure 16b – Example of line transient voltage with time delay with non-linear rate of rise**

**Figure 16 – Examples of line side transient voltages**

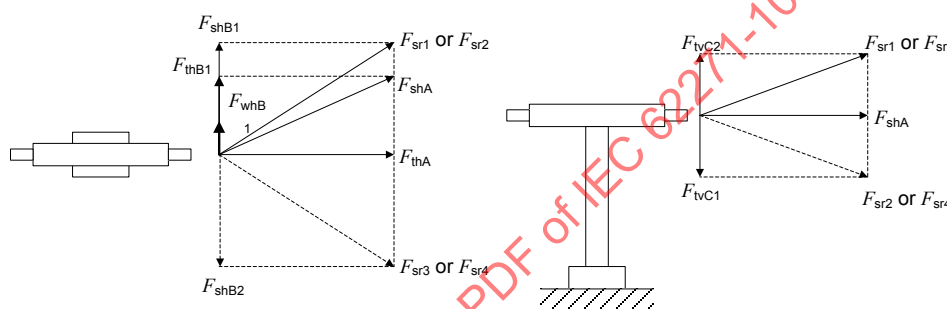
**Figure 19 – Static terminal load forces**

Replace the existing figure by the following new figure:

**Circuit-breaker with one interrupter unit**



**Circuit-breaker with more than one interrupter unit**



$$F_{shB1} = F_{thB1} + F_{whB1} \text{ and } F_{shB2} = F_{thB2} + F_{whB2}$$

$$F_{tv} = F_{sv} \text{ (see 6.101.6.2)}$$

- Test to item 6.101.6.2 a):
- For circuit breaker with one interrupter unit,  $F_{wh}$  acts in the direction of the resultant of  $F_{thB}$  and  $F_{thA}$
  - For circuit breaker with more than one interrupter unit,  $F_{wh}$  acts in the direction of the resultant of  $F_{thB}$  in order to get the more severe loading condition

Test to item 6.101.6.2 b):  $F_{wh}$  acts in the direction of  $F_{thB}$  or  $F_{thA}$

$F_{thA}$  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 circuit-breaker due to wind pressure on ice-coated circuit-breaker

$F_{shA}$ ,  $F_{shB}$  horizontal forces resulting from  $F_{thA}$ ,  $F_{thB}$  and  $F_{wh}$

$F_{sr1}$ ,  $F_{sr2}$ ,  $F_{sr3}$ ,  $F_{sr4}$  rated static terminal loads (resultant forces)

NOTE 1 Refer to Figure 20 for directions A, B and C.

NOTE 2 The index letter "s" characterises testing values.

|                                                                | Horizontal            | Vertical | Remark                         |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|
| Forces due to dead weight, wind and ice on connected conductor | $F_{thA}$ , $F_{thB}$ | $F_{tv}$ | According to Table 14          |
| Forces due to wind and ice on circuit-breaker*                 | $F_{wh}$              | O        | Calculated by the manufacturer |

\* The horizontal force on the circuit-breaker, 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 circuit-breaker should be the same.)

**Figure 19 – Static terminal load forces**

**Figure 29 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)**

*Replace the existing title of Figure 29 by the following new title:*

**Figure 29 – Example of a graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)**

**Figure 30 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)**

*Replace the existing title of Figure 30 by the following new title:*

**Figure 30 – Example of a graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)**

**Figure 35 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)**

*Replace the existing title of Figure 35 by the following new title:*

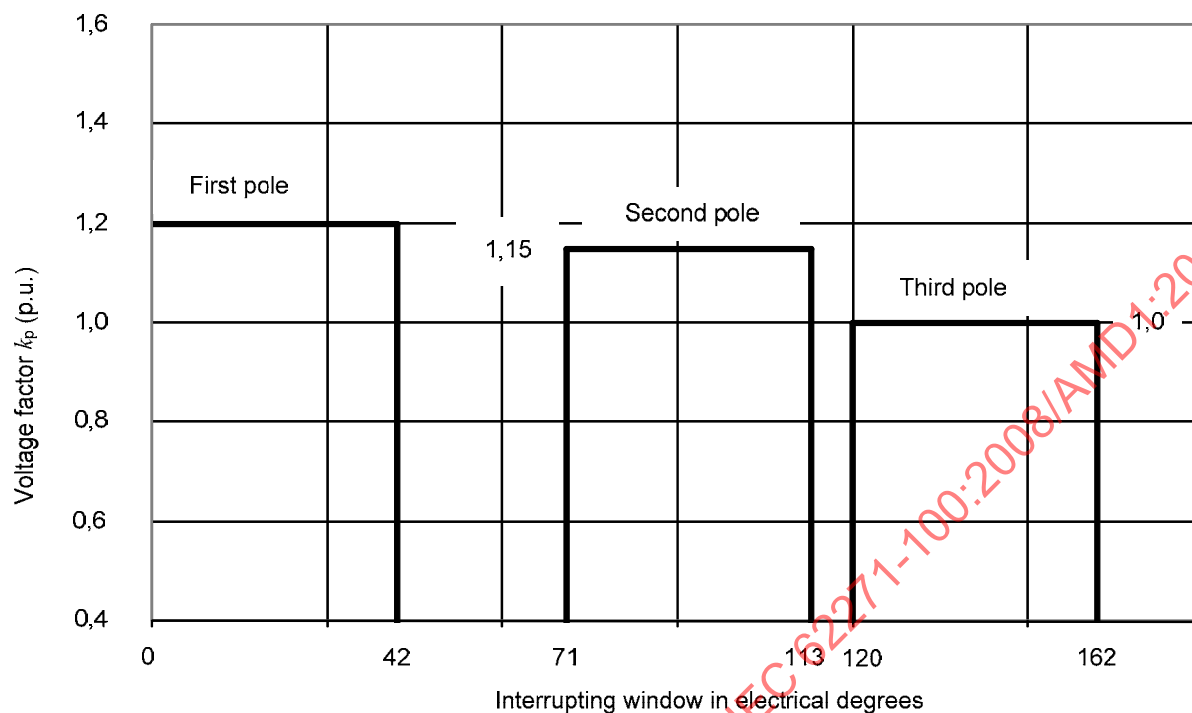
**Figure 35 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,2 or 1,3)**

**Figure 36 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)**

*Replace the existing title of Figure 35 by the following new title:*

**Figure 36 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,2 or 1,3)**

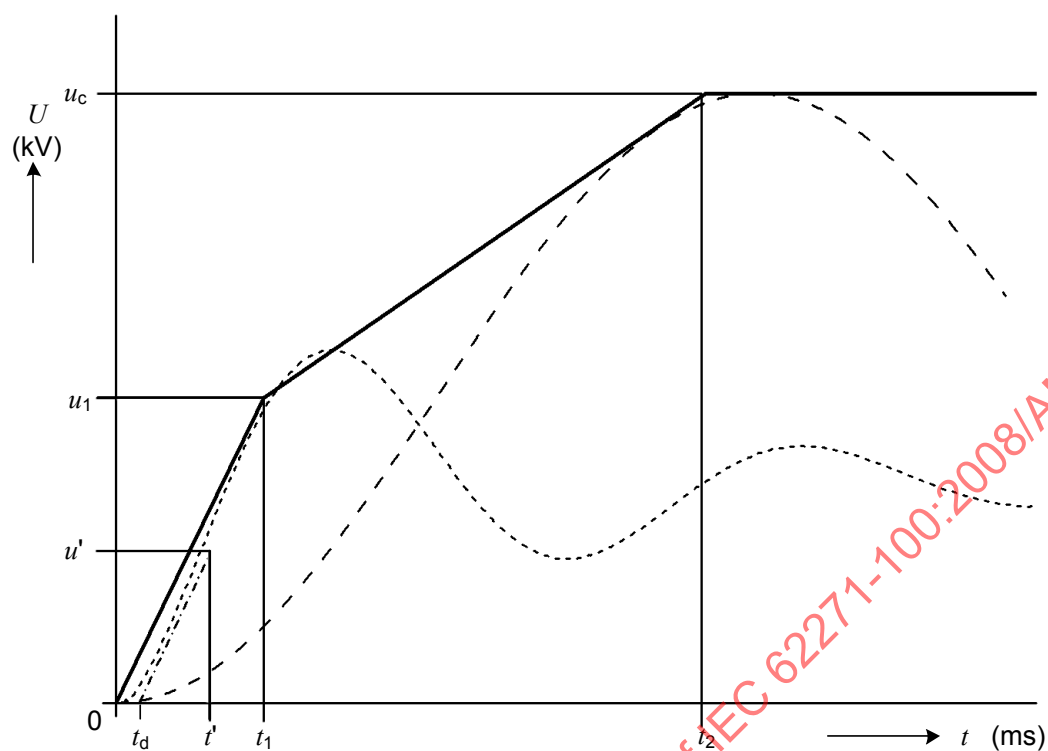
Add, after the existing Figure 36, the following new Figure 58:



**Figure 58 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor  $k_p$ , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,2**

**Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test**

Replace the existing Figure 43 by the following new figure:

**Key**

- Required 4-parameter envelope
- Test TRV part 1
- . - . - Test TRV part 2
- ..... Delay line

**Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test**

**A.3.1 Rated voltages of 100 kV and above**

Replace, in the line of Equation (A.17b), “insignificant time delay” by “a time delay less than 100 ns”.

**A.4.3 Source side with time delay, line side without time delay ( $L_{90}$  for 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Calculation carried out using a simplified method**

Replace the existing table by the following new table:

| Parameter                                                     | Equation | Test parameters                                     |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------|----------|
|                                                               |          | Unit                                                | $L_{90}$ |
| <b>Power frequency source side (bus inductance neglected)</b> |          | Same as in A.4.1                                    |          |
| <b>Power frequency line side</b>                              |          | Same as in A.4.1                                    |          |
| <b>TRV parameters on line side</b>                            |          | Same as in A.4.1<br>except for given value $t_{dL}$ |          |
| Time delay $t_{dL}$                                           | ---      | $\mu s$                                             | < 0,1    |
| <b>TRV parameters on source side</b>                          |          | Same as in A.4.1                                    |          |
| <b>Total first peak voltage across the circuit-breaker</b>    |          |                                                     |          |
| Time coordinate $t_T$ to first peak                           | A.17b    | $\mu s$                                             | 3,66     |
| Source side contribution $u_s^*$ to TRV at time $t_T$         | A.18     | kV                                                  | 3,0      |
| First peak voltage $u_T$                                      | A.19     | kV                                                  | 35,0     |

**Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests**

Replace the existing rows 6.108 to 6.111 by the following new rows:

|       |                                           |                                                                                         |                                          |            |  |
|-------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------|--|
| 6.108 | Single-phase and double earth fault tests | Breaking current                                                                        | See Figure 45                            | +5 %<br>0  |  |
|       |                                           | DC component of breaking current                                                        | ≤ 20 %                                   |            |  |
|       |                                           | Peak value of TRV:<br>– for circuit-breakers ≤ 52 kV<br>– for circuit-breakers > 52 kV  | See 6.108.2 and Tables 24, 25, 26 and 27 | +10 %<br>0 |  |
|       |                                           | Rate-of-rise of TRV<br>– for circuit-breakers ≤ 52 kV<br>– for circuit-breakers > 52 kV | See 6.108.2 and Tables 24, 25, 26 and 27 | +5 %<br>0  |  |
|       |                                           |                                                                                         |                                          | +15 %<br>0 |  |
|       |                                           |                                                                                         |                                          | +8 %<br>0  |  |

|       |                        |                                   |                                              |              |          |
|-------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------------|----------|
| 6.109 | Short-line fault tests | DC component of breaking current  | ≤ 20 %                                       |              |          |
|       |                        | Breaking current $I_{90}$         | 90 % of rated short-circuit breaking current | 90 % to 92 % |          |
|       |                        | Breaking current $I_{75}$         | 75 % of rated short-circuit breaking current | 71 % to 79 % |          |
|       |                        | Breaking current $I_{60}$         | 60 % of rated short-circuit breaking current | 55 % to 65 % |          |
|       |                        | Surge impedance $Z$               |                                              | ± 3 %        | See NOTE |
|       |                        | Peak value of line side voltage   |                                              | +20 %<br>0   |          |
|       |                        | Rate of rise of line side voltage | See Table 8 and Annex A                      | +5 %<br>0    |          |
|       |                        | Time delay $t_{dL}$               |                                              | 0<br>–10 %   |          |

|       |                                        |                                                      |                                              |                           |  |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|--|
| 6.110 | Out-of-phase making and breaking tests | Power factor                                         | --                                           | ≤ 0,15                    |  |
|       |                                        | DC component of breaking current                     | ≤ 20 %                                       |                           |  |
|       |                                        | Applied voltage and power frequency recovery voltage | As specified in 6.110.2                      | ± 5 %                     |  |
|       |                                        | Peak value of TRV:                                   |                                              |                           |  |
|       |                                        | – for circuit-breakers ≤ 52 kV                       | See Tables 1 and 2                           | +10 %<br>0                |  |
|       |                                        | – for circuit-breakers > 52 kV                       | See Tables 1, 2, 3, 4 and 26                 | +5 %<br>0                 |  |
|       |                                        | Rate of rise of TRV:                                 |                                              |                           |  |
|       |                                        | – for circuit-breakers ≤ 52 kV                       | See Tables 1 and 2                           | +15 %<br>0                |  |
|       |                                        | – for circuit-breakers > 52 kV                       | See Tables 1, 2, 3, 4 and 26                 | +8 %<br>0                 |  |
|       |                                        | Instant of making in OP2                             | At crest of applied voltage in one pole      | ± 15°                     |  |
|       |                                        | Breaking current for OP1                             | 30 % of rated out-of-phase breaking current  | ± 20 % of specified value |  |
|       |                                        | Breaking current for OP2                             | 100 % of rated out-of-phase breaking current | +10 %<br>0                |  |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF file

|       |                                                       |                                                                                  |                                                                                                |                                                                                                                                |  |
|-------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 6.111 | Capacitive current switching tests                    | Power frequency voltage variation:<br>– for LC1, CC1, BC1<br>– for LC2, CC2, BC2 |                                                                                                | ≤ 2 %<br>≤ 5 %                                                                                                                 |  |
|       |                                                       | Voltage decay of recovery voltage 300 ms after arc extinction                    |                                                                                                | ≤ 10 %                                                                                                                         |  |
|       |                                                       | R.m.s value / r.m.s. value of fundamental component                              | --                                                                                             | ≤ 1,2                                                                                                                          |  |
|       |                                                       | Test voltage                                                                     | As specified in 6.111.7                                                                        | +3 %<br>0                                                                                                                      |  |
|       |                                                       | Frequency of the recovery voltage                                                | Rated frequency                                                                                | ± 2 %                                                                                                                          |  |
|       |                                                       | Breaking current / rated capacitive breaking current                             | LC1, CC1, BC1<br>LC2, CC2, BC2                                                                 | 10 % to 40 %<br>≥ 100 %                                                                                                        |  |
|       |                                                       | Damping factor of inrush current                                                 | Circuit-breakers < 52 kV<br>Circuit-breakers ≥ 52 kV                                           | ≥ 0,75<br>≥ 0,85                                                                                                               |  |
|       |                                                       | Back-to-back current switching: inherent peak value of inrush making current     | BC2                                                                                            | +10 %<br>-0                                                                                                                    |  |
|       |                                                       | Back-to-back current switching: frequency of inrush making current               | BC2                                                                                            | As close as possible to the required value. Shall not be lower than 77 % of service condition and not be higher than 6 000 Hz. |  |
|       | Capacitive current switching tests with specified TRV | Waveshape of the recovery voltage                                                | Theoretical test voltage waveshape of the corresponding single-phase direct test (1-cos curve) | +6 % of the peak value of the test voltage (i.e. approximately 3 % of the peak recovery voltage $u_c$ shown in Figure 54)      |  |
|       |                                                       |                                                                                  |                                                                                                |                                                                                                                                |  |
|       |                                                       |                                                                                  |                                                                                                |                                                                                                                                |  |

### I.2.1 Advice for the choice of the appropriate time constant

Replace the first existing sentence of this subclause by the following new sentence:

A d.c. time constant of 45 ms is adequate for the majority of actual cases except for rated voltages higher than 800 kV for which the standard d.c. time constant is 120 ms.

## Annex K (informative) – List of symbols and abbreviations used in this standard

Replace the eighth existing line starting with " $\tau_4$ " by the new following line:

|          |          |                                                                                                                                          |
|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tau_4$ | Figure 9 | Standard time constant for rated voltages higher than 800 kV and special case time constant for rated voltages equal or less than 800 kV |
|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Add the following new lines to the existing table:

|           |            |                                                                       |
|-----------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| $I_m$     | Figure R.1 | Current through main interrupter                                      |
| $I_{res}$ | Figure R.1 | Current through resistor interrupter                                  |
| $I_s$     | Figure R.1 | Source current                                                        |
| $T$       | 4.109.1    | Period of the power frequency                                         |
| $t_{bm}$  | 4.109.1    | Longest of the minimum recorded break times during T30, T60 and T100s |
| $t_{om}$  | 4.109.1    | Maximum recorded opening time during no-load                          |
| $t_{or}$  | 4.109.1    | Rated opening time                                                    |
| $U_m$     | Figure R.1 | Voltage across the main interrupter                                   |
| $U_{res}$ | Figure R.1 | Voltage across the resistor interrupter                               |
| $U_s$     | Figure R.1 | Source voltage                                                        |

Delete the existing lines " $T$ " and the first line " $t_2$ " (4.109.1) in the existing table.

## Annex M (normative) – Requirements for breaking of transformer-limited faults by circuit-breakers with rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV

Delete in the existing title of this annex, the words " and less than 100 kV".

Add, between the existing title and the existing text, the following new title:

### M.1 General

Add, after the existing Figure M.2, the following new title:

### M.2 Circuit-breakers with rated voltage less than 100 kV

This correction on item a) applies to the French text only.

Replace the existing Note 1 of this annex by the following new Note 1:

NOTE 1 Calculations show that the additional capacitance necessary to reduce the transformer's natural frequency to the TRV frequency specified for T30 in Tables 24 and 25 is independent of the rated voltage and proportional to the rated short-circuit current. The additional capacitance to earth should be at least

$$C_0 = 0,6 \times I_{30} \text{ (50 Hz) or } 0,7 \times I_{30} \text{ (60 Hz)}$$

where

$I_{30}$  is 30 % of the rated short-circuit current in kA;

$C_0$  is in nF.

Typical cables (0,3 nF/m to 0,5 nF/m) easily provide the values of necessary additional capacitance.

For example, in the case of a circuit-breaker with a rated short-circuit breaking current of 31,5 kA - 50 Hz the minimum length of cable for which type test T30 covers the breaking of transformer-limited faults is  $\frac{0,6 \times 0,3 \times 31,5}{0,3} = 19 \text{ m}$ , assuming that the capacitance is 0,3 nF/m.

Add, after the existing Table M.1, the following new subclauses and new Table M.2:

### M.3 Circuit-breakers with rated voltage from 100 kV to 800 kV

Standard values of prospective transient recovery voltage are under consideration by CIGRE, therefore no test requirements are specified.

### M.4 Circuit-breakers with rated voltage higher than 800 kV

Severe TRV conditions may occur when short-circuit occurs immediately after a transformer without any appreciable capacitance between the transformer and the circuit breaker. In such cases, the rate-of-rise of transient recovery voltage (RRRV) exceeds the values specified for terminal fault test duties. This is due to the fact that the capacitances to earth of transformers are relatively small i.e. 9 000 pF for applications at voltages above 800 kV. The corresponding natural frequency of the transformer leads to a TRV having a rate-of-rise that is approximately two times the value for T10.

The system TRV can be modified by a capacitance and then be within the standard TRV capability envelope. As an alternative, the user can choose to specify a rated transformer limited fault (TLF) current breaking capability.

The rated TLF breaking current is selected from the R10 series in order to limit the number of testing values possible. For applications at voltages above 800 kV, preferred values are 10 kA and 12,5 kA.

TRV parameters are calculated from the TLF current, the rated voltage and a capacitance of the transformer of 9 nF. The first-pole-to-clear factor corresponding to this type of fault is 1,2. Pending further studies, conservative values are taken for the amplitude factor and the voltage drop across the transformer. They are respectively equal to 1,7 and 0,9.

**Table M.2 – Standard values of prospective transient recovery voltage for circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV intended to be connected to a transformer with a connection of low capacitance**

| Rated voltage<br>$U_r$<br>kV | TLF fault current<br>kA r.m.s. sym. | First-pole-to-clear factor<br>$k_{pp}$<br>p.u. | Amplitude factor<br>$k_{af}$<br>p.u. | TRV peak value<br>$u_c$<br>kV | Time<br>$t_3$<br>$\mu$ s | Time delay<br>$t_d$<br>$\mu$ s | Voltage<br>$u'$<br>kV | Time<br>$t'$<br>$\mu$ s | RRRV <sup>a</sup><br>$u_c/t_3$<br>kV/ $\mu$ s |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 100                        | 10                                  | 1,2                                            | $1,7 \times 0,9$                     | 1 649                         | 107                      | 16                             | 550                   | 51                      | 15,4                                          |
| 1 100                        | 12,5                                | 1,2                                            | $1,7 \times 0,9$                     | 1 649                         | 96                       | 14                             | 550                   | 46                      | 17,2                                          |
| 1 200                        | 10                                  | 1,2                                            | $1,7 \times 0,9$                     | 1 799                         | 112                      | 17                             | 600                   | 54                      | 16,1                                          |
| 1 200                        | 12,5                                | 1,2                                            | $1,7 \times 0,9$                     | 1 799                         | 100                      | 15                             | 600                   | 48                      | 18,0                                          |

<sup>a</sup> RRRV = rate of rise of recovery voltage.

Add, after the existing Annex Q, the following new Annex R:

## Annex R (normative)

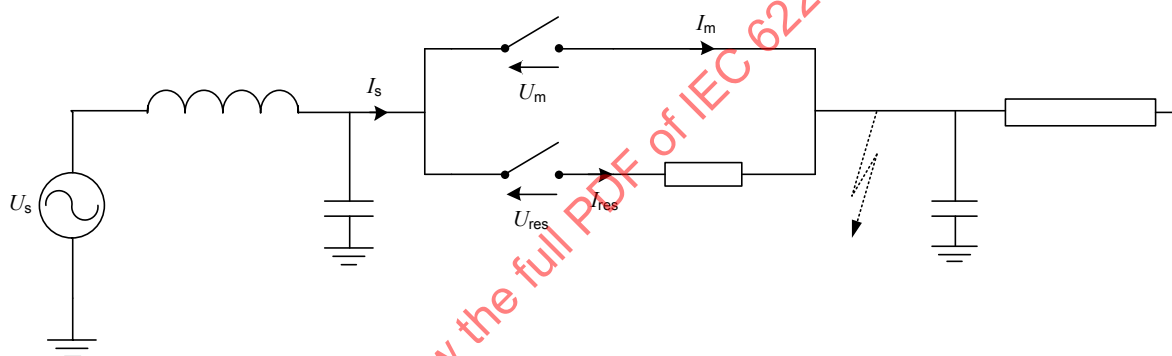
### Requirements for circuit-breakers with opening resistors

#### R.1 General

This annex is applicable to circuit-breakers in which a resistor is inserted in series with the circuit to be interrupted. This resistor is connected in parallel to the main interrupter at least for breaking operations. During the interruption process, the main interrupter transfers the current to the resistor and then the resistor interrupter connected in series to the resistor break the remaining current.

Circuit-breakers with opening resistors shall meet all requirements of the main text of this standard. This annex supplements the main text and defines specific design and testing requirements which take into account the presence of the opening resistors.

A typical system configuration is given in Figure R.1.



#### Key

|           |                                          |           |                                         |
|-----------|------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|
| $I_m$     | Current through the main interrupter     | $U_m$     | Voltage across the main interrupter     |
| $I_{res}$ | Current through the resistor interrupter | $U_{res}$ | Voltage across the resistor interrupter |
| $I_s$     | Source side current                      | $U_s$     | Source side voltage                     |

**Figure R.1 – Typical system configuration for interruption  
by a circuit-breaker with opening resistors**

#### R.2 Switching performance to be verified

##### R.2.1 General

The switching performance of the circuit-breaker with opening resistors is adequately verified if a direct test method is used. In case of limitations in testing facilities, synthetic test methods shall be used, refer to Annex F of IEC 62271-101:2006.

Appropriate timing of mechanical and electrical operation including pre-arcing time and arcing times for both main interrupter and resistor interrupter shall be achieved.

NOTE 1 The number of consecutive operations during tests and in service will be limited by the thermal capacity of the resistor and by its cooling time constant.

Tests should be performed preferably with opening resistor. Alternatively, the tests may also be performed without opening resistor provided that interruption by the main interrupter is not affected by or affecting the resistor interrupter. The resistor is taken into account by applying modified current and voltage parameters as calculated under breaking conditions.

If the tests are performed without the opening resistor, modified TRV values should be calculated on a case-by-case basis, depending on the operating conditions such as short-circuit current and ohmic resistance value of the opening resistor. TRV calculations may be performed using transient calculation programs. Modified TRV values should be specified by the system designer in this case.

Modified TRV parameters may also be obtained by calculating the influence of the resistor on the circuits with lumped elements that generates the uninfluenced TRV.

NOTE 2 It is common that making, breaking and switching tests are performed without the opening resistor and the test parameters are adjusted considering the effects of the resistor on the current to be interrupted and on the following recovery voltage for both main and resistor interrupters.

NOTE 3 When tests are performed without the opening resistor, it is essential that the operation and performances of the main and of the resistor interrupter are not mutually affected during operations e.g. influence of hot gases.

Because of limited available energy using synthetic circuits, synthetic tests shall be done in three parts:

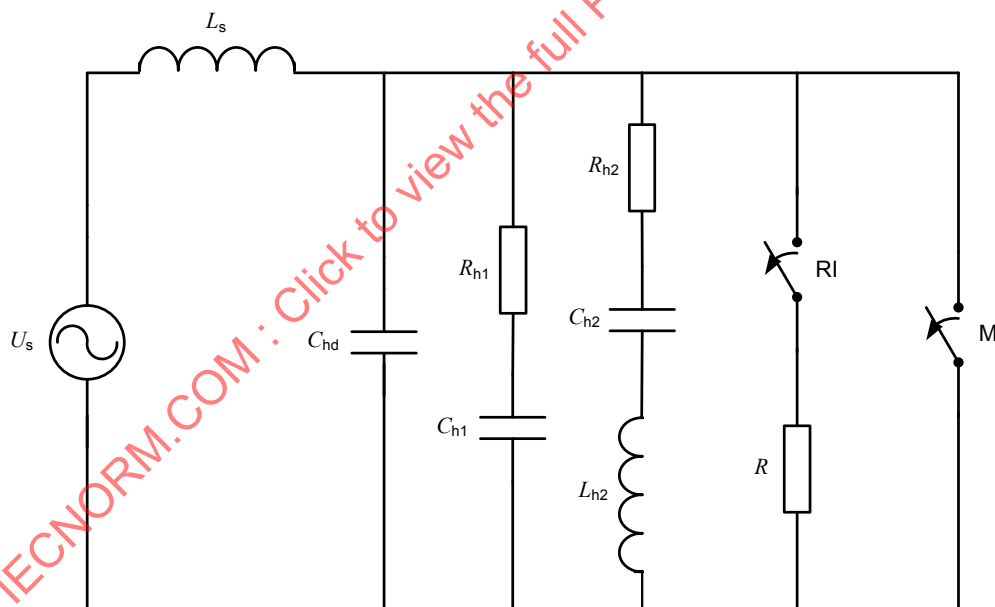
- tests on the main interrupter;
- tests on the resistor interrupter;
- tests on the resistor stack.

## R.2.2 Tests of the main interrupter

### R.2.2.1 Terminal fault tests and out-of-phase switching tests

These tests are normally performed using synthetic test methods.

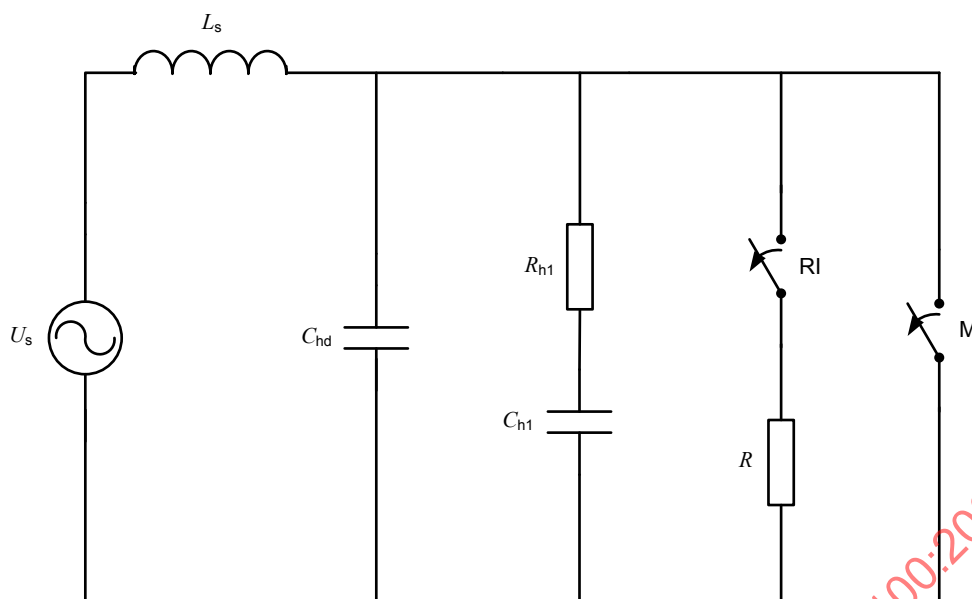
An example of a test circuit for test duties T60 and T100 is given in Figure R.2. An example of a test circuit for test duties T10, T30 and OP2 is given in Figure R.3.



#### Key

|          |                            |          |                        |
|----------|----------------------------|----------|------------------------|
| $U_s$    | Source voltage             | $C_{h2}$ | TRV capacitance part 2 |
| $L_s$    | Source inductance          | $L_{h2}$ | TRV inductance         |
| $C_{hd}$ | Capacitance for time delay | RI       | Resistor interrupter   |
| $R_{h1}$ | TRV resistance part 1      | $R$      | Resistance             |
| $C_{h1}$ | TRV capacitance part 1     | M        | Main contacts          |
| $R_{h2}$ | TRV resistance part 2      |          |                        |

Figure R.2 – Test circuit for test duties T60 and T100



**Key**

$U_s$  Source voltage

$L_s$  Source inductance

$C_{hd}$  Capacitance for time delay

$R_{h1}$  TRV resistance

$C_{h1}$  TRV capacitance

RI Resistor interrupter

$R$  Resistance

M Main contacts

**Figure R.3 – Test circuit for test duties T10, T30 and OP2**

Calculation of parameters:

$$U_s = k_{pp} \times U_r / \sqrt{3}$$

$$L_s = (U_s / I_s) / \omega$$

Calculation of the TRV components for T100:

$$R_{h1} \approx (du/dt) / (di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 0,31 \times L_s / R_{h1}^2$$

$$R_{h2} \approx 0,32 \times R_{h1}$$

$$C_{h2} \approx 0,7 \times C_{h1}$$

$$L_{h2} \approx 1,15 \times L_v$$

$$C_{hd} \approx t_d / R_{h1}$$

Calculation of the TRV components for T60:

$$R_{h1} \approx 0,9 \times (du/dt) / (di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 0,3 \times L_s / R_{h1}^2$$

$$R_{h2} \approx 0,1 \times R_{h1}$$

$$C_{h2} \approx 1,16 \times C_{h1}$$

$$L_{h2} \approx 1,38 \times L_v$$

$$C_{hd} \approx t_d / R_{h1}$$

Calculation of the TRV components for T30:

$$R_{h1} \approx (du/dt)/(di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 0,42 \times L_s/R_{h1}^2$$

$$C_{hd} \approx t_d/R_{h1}$$

Calculation of the TRV components for T10:

$$R_{h1} \approx 1,3 \times (du/dt)/(di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 0,42 \times L_s/R_{h1}^2$$

$$C_{hd} \approx t_d/R_{h1}$$

Calculation of the TRV components for OP2:

$$R_{h1} \approx 1,85 \times (du/dt)/(di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 2,55 \times L_s/R_{h1}^2$$

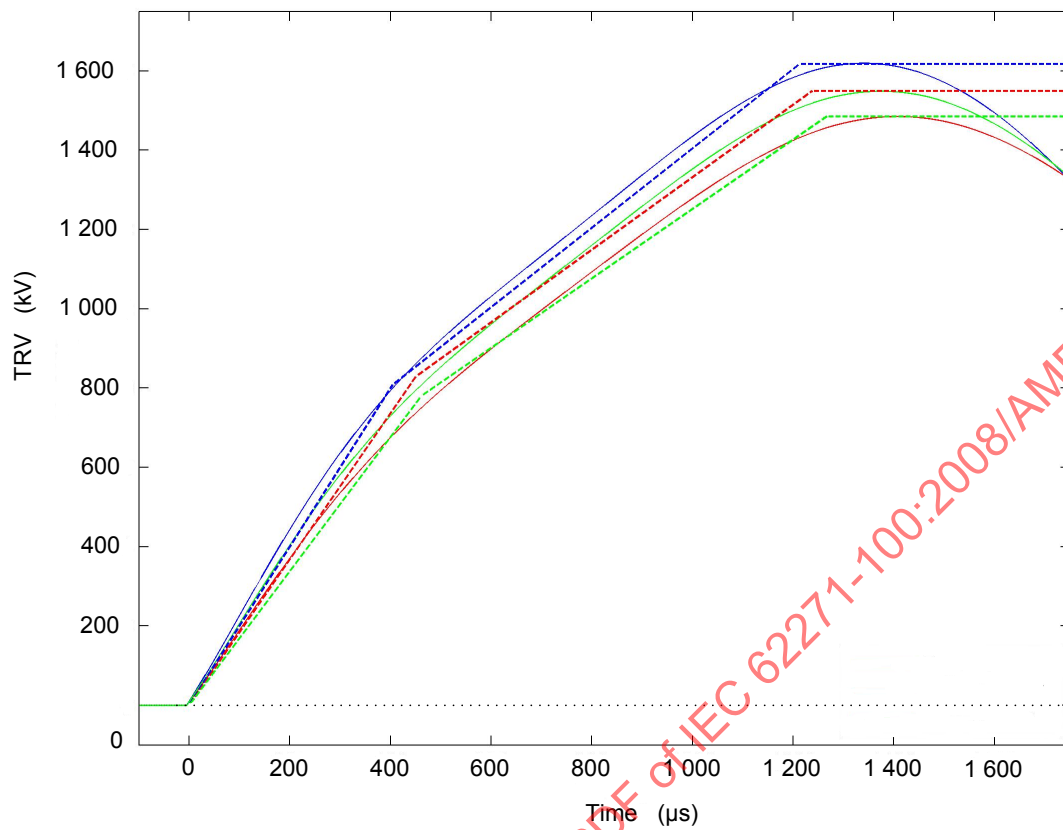
$$C_{hd} \approx t_d/R_{h1}$$

Table R.1 lists the results of calculations done using the two circuits. The reduction of the TRV<sub>peak</sub> is listed under  $u_{cred}$ .

**Table R.1 – Results of the TRV calculation for terminal faults and out-of-phase**

| $U_r$<br>(kV) | $I_{sc}$<br>(kA) | $f$<br>(Hz) | Duty     | $R$<br>( $\Omega$ ) | $u_1$<br>(kV) | $t_1$<br>( $\mu$ s) | $u_c$<br>(kV) | $t_2$ or $t_3$<br>( $\mu$ s) | $u_{cred}$<br>(%) | Result      |
|---------------|------------------|-------------|----------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------|
| 1 100         | 50               | 50          | T100s(b) | $\infty$            | 808           | 404                 | 1 617         | 1 212                        | 0                 | -           |
| 1 100         | 50               | 50          | T100s(b) | 1 000               | 830           | 451                 | 1 549         | 1 238                        | -4                | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | T100s(b) | 500                 | 780           | 461                 | 1 485         | 1 267                        | -8                | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | T60      | $\infty$            | 808           | 269                 | 1 617         | 1 212                        | 0                 | -           |
| 1 100         | 50               | 50          | T60      | 1 000               | 740           | 320                 | 1 508         | 1 210                        | -7                | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | T60      | 500                 | 660           | 340                 | 1 410         | 1 237                        | -13               | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | T30      | $\infty$            | -             | -                   | 1 660         | 332                          | 0                 | -           |
| 1 100         | 50               | 50          | T30      | 1 000               | -             | -                   | 1 163         | 407                          | -30               | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | T30      | 500                 | -             | -                   | 1 036         | 531                          | -38               | Overdamped  |
| 1 100         | 50               | 50          | T10      | $\infty$            | -             | -                   | 1 897         | 271                          | 0                 | -           |
| 1 100         | 50               | 50          | T10      | 1 000               | -             | -                   | 971           | 624                          | -49               | Overdamped  |
| 1 100         | 50               | 50          | T10      | 500                 | -             | -                   | 853           | 935                          | -55               | Overdamped  |
| 1 100         | 50               | 50          | OP2      | $\infty$            | -             | -                   | 2 245         | 1 344                        | 0                 | -           |
| 1 100         | 50               | 50          | OP2      | 1 000               | -             | -                   | 1 877         | 1 435                        | -16               | Underdamped |
| 1 100         | 50               | 50          | OP2      | 500                 | -             | -                   | 1 639         | 1 502                        | -27               | Overdamped  |

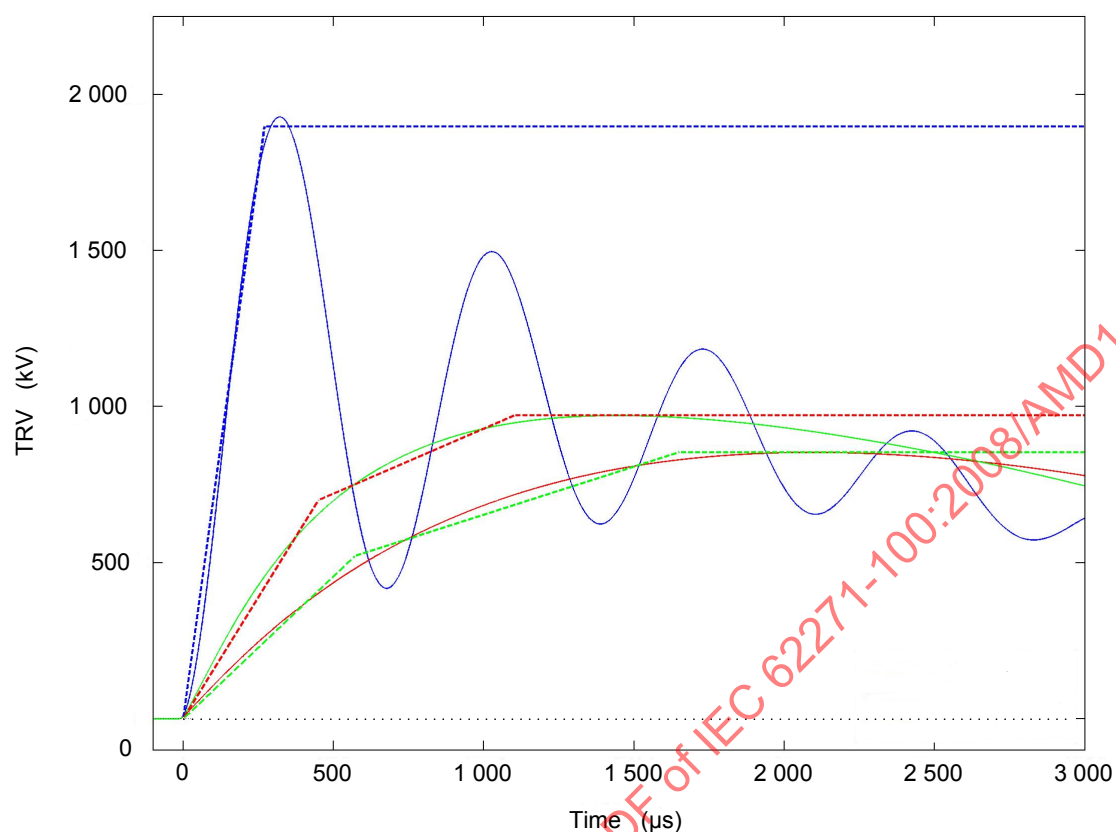
Figures R.4 and R.5 show examples of underdamped TRV and overdamped TRV, respectively.



**Key**

|            |                      |
|------------|----------------------|
| Blue line  | $R = \infty$         |
| Red line   | $R = 1\,000\ \Omega$ |
| Green line | $R = 500\ \Omega$    |

**Figure R.4 – Example of an underdamped TRV for T100s(b),  
 $U_r = 1\,100\text{ kV}$ ,  $I_{sc} = 50\text{ kA}$ ,  $f_r = 50\text{ Hz}$**

**Key**

|            |                      |
|------------|----------------------|
| Blue line  | $R = \infty$         |
| Red line   | $R = 1\,000\ \Omega$ |
| Green line | $R = 500\ \Omega$    |

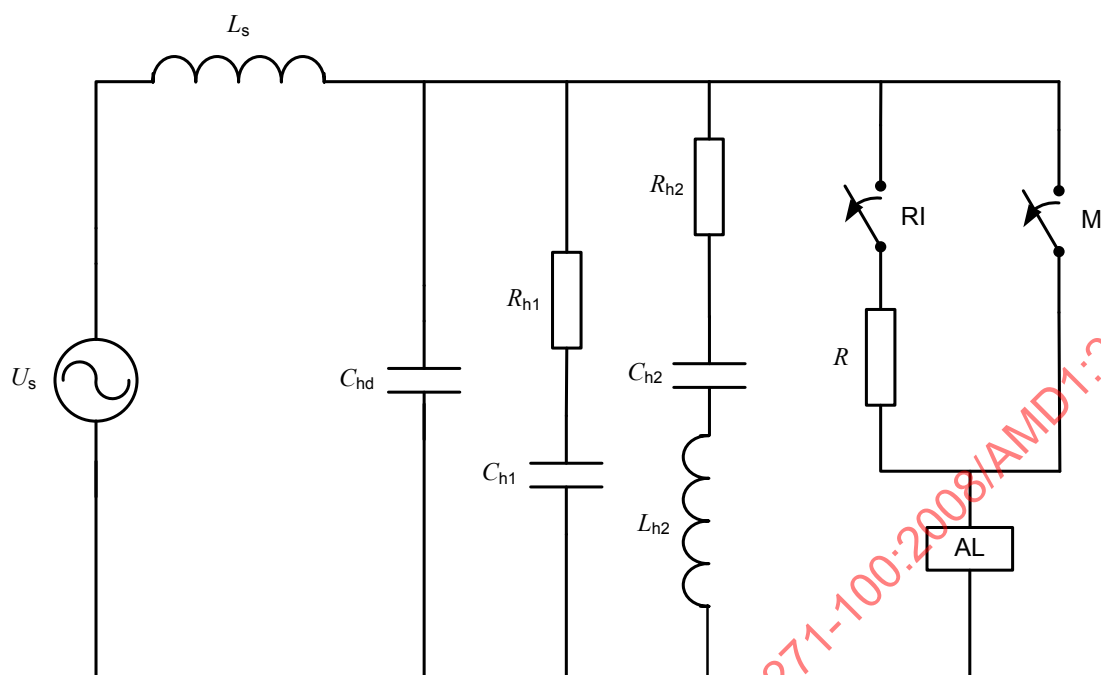
**Figure R-5 – Example of an overdamped TRV for T10,**  
 $U_r = 1\,100\ \text{kV}$ ,  $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ ,  $f_r = 50\ \text{Hz}$

### R.2.2.2 Short-line fault tests

These tests are normally performed using synthetic test methods.

An example of a test circuit for test duty  $L_{90}$  is given in Figure R.6.

The equivalent line side TRV shall be calculated by simulation of a line having at least  $10\ \pi$  sections with the specified surge impedance. An example of such a calculation is given in Figure R.7.



**Key**

|          |                            |          |                        |
|----------|----------------------------|----------|------------------------|
| $U_s$    | Source voltage             | $C_{h2}$ | TRV capacitance part 2 |
| $L_s$    | Source inductance          | $L_{h2}$ | TRV inductance         |
| $C_{hd}$ | Capacitance for time delay | $R_I$    | Resistor interrupter   |
| $R_{h1}$ | TRV resistance part 1      | $R$      | Resistance             |
| $C_{h1}$ | TRV capacitance part 1     | $M$      | Main contacts          |
| $R_{h2}$ | TRV resistance part 2      | $AL$     | Artificial line        |

**Figure R.6 – Example of a test circuit for short-line fault test duty  $L_{90}$**

Table R.2 lists the results of calculations done using the test circuit shown in Figure R.6. The reduction of the  $TRV_{peak}$  is listed under  $u_{cred}$  column.

Calculation of the TRV components for  $L_{90}$ :

- Source side

$$R_{h1} \approx (du/dt)/(di/dt)$$

$$C_{h1} \approx 0,31 \times L_s / R_{h1}^2$$

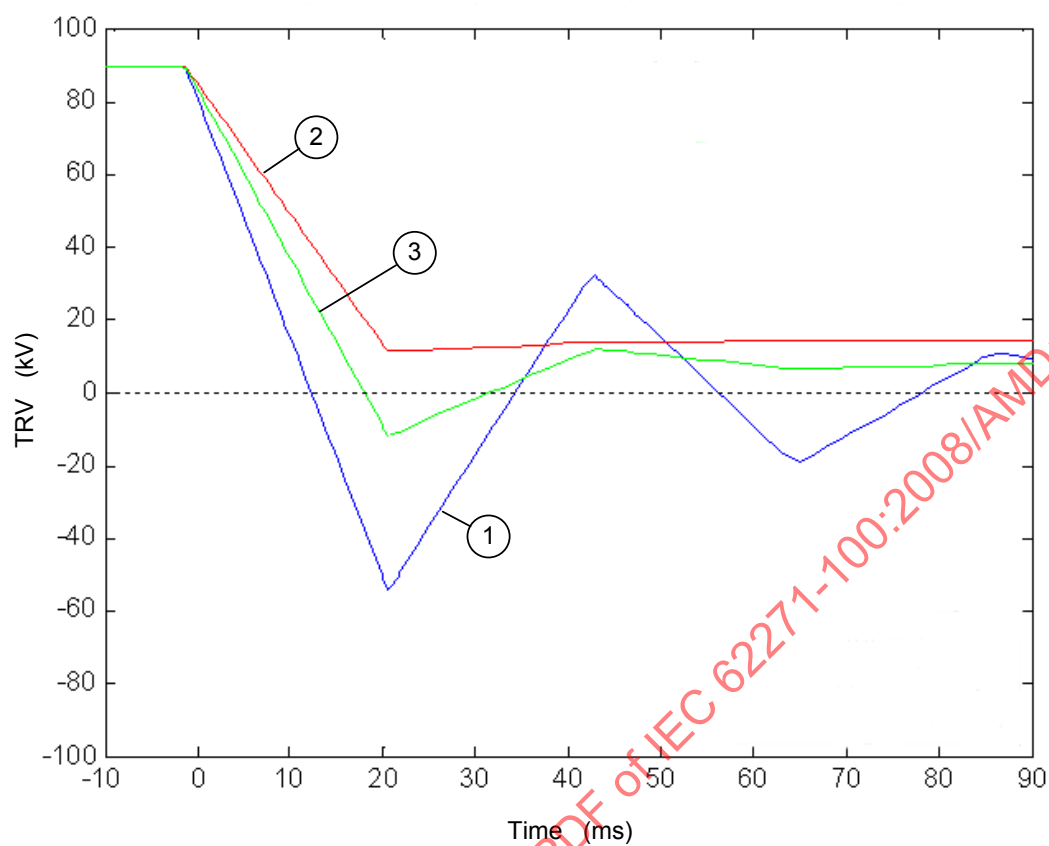
$$R_{h2} \approx 0,32 \times R_{h1}$$

$$C_{h2} \approx 0,7 \times C_{h1}$$

$$L_{h2} \approx 1,15 \times L_v$$

$$C_{hd} \approx t_d / R_{h1}$$

- Line side by real line simulation as indicated in Figure R.7



#### Key

- 1 Blue line: IEC 62271-100 ( $R = \infty$ ):  $k = 1,6$  and  $Z = 330 \, \Omega$   
 2 Red line:  $R = 500 \, \Omega$ :  $k = 0,87$  and  $Z = 173 \, \Omega$   
 3 Green line:  $R = 1\,000 \, \Omega$ :  $k = 1,13$  and  $Z = 224 \, \Omega$

**Figure R.7 – Example of real line simulation for short-line fault test-duty  $L_{90}$  based on  $U_r = 1\,100 \, \text{kV}$ ,  $I_{sc} = 50 \, \text{kA}$  and  $f_r = 50 \, \text{Hz}$**

**Table R.2 – Results of the TRV calculation for test-duty  $L_{90}$**

| $U_r$<br>(kV) | $I_{sc}$<br>(kA) | $f$<br>(Hz) | Duty | $R$<br>( $\Omega$ ) | $u_1$<br>(kV) | $t_1$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $u_c$<br>(kV) | $t_2$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $u_{cred}$<br>(%) | $k$  | $Z$<br>( $\Omega$ ) |
|---------------|------------------|-------------|------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|-------------------|------|---------------------|
|               |                  |             |      |                     | Source        |                            |               |                            |                   | Line |                     |
| 1 100         | 50               | 50          | L90  | $\infty$            | 674           | 337                        | 1 347         | 1 011                      | 0                 | 1,6  | 330                 |
| 1 100         | 50               | 50          | L90  | 1 000               | 635           | 350                        | 1 302         | 1 050                      | -3                | 1,13 | 224                 |
| 1 100         | 50               | 50          | L90  | 500                 | 605           | 360                        | 1 251         | 1 076                      | -7                | 0,87 | 173                 |

#### R.2.2.3 Capacitive current switching tests

Application of circuit-breakers with opening resistors is limited to overhead line switching only.

The recovery voltage waveshape during the insertion period is expressed as follows:

$$U(t) = \frac{\sqrt{2} U_s R}{Z} \left[ \cos \varphi \times e^{-(1/RC)t} - \cos(\omega t + \varphi) \right] \quad (\text{R.1})$$

where  $U_s$  is the source voltage including the capacitive voltage factor  $k_c$  expressed in r.m.s. value (kV);

$C$  is the line side capacitance (F);

$R$  is the value of the opening resistor ( $\Omega$ );

$$Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2};$$

$$\varphi = \tan^{-1} (1/\omega RC).$$

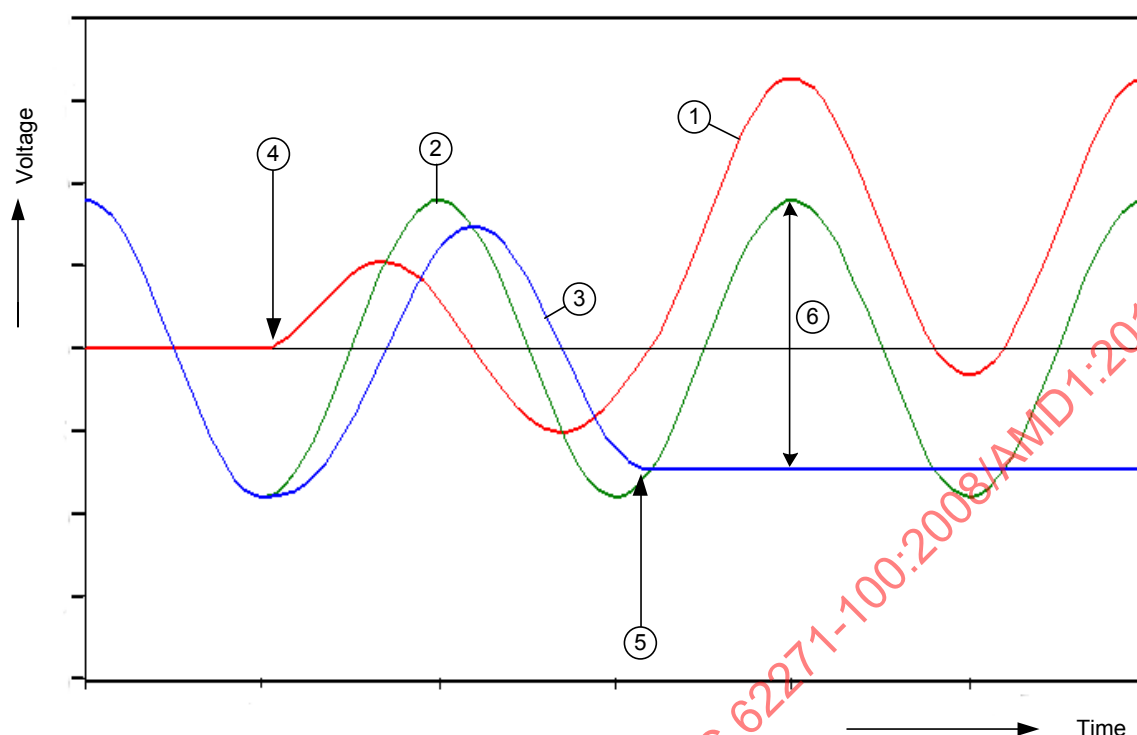
Line-charging current switching tests on the main interrupter are performed in two parts:

- a) Test duty LC2 with a sinusoidal recovery voltage to verify that there is no restrike or reignition during the resistor insertion period. If a reignition(s) occurs the tests are considered to be invalid and direct tests shall be performed to confirm the adequate behaviour of the main interrupter.
- b) Test duty LC1 with a modified "1 – cos" waveshape to verify the voltage withstand for the highest recovery voltage peak. The modified "1 – cos" waveshape shall be applied at a time after current zero equal to or less than the rated opening resistor insertion time.

NOTE The recovery voltage waveshape after insertion period is considered to be without reduction. An alternative way is to conduct the tests with a single test to cover both conditions with same number of tests as described in 6.111.9.

The restrike performance of the main interrupter shall be in accordance with 6.111.11.

A typical recovery voltage waveshape for capacitive current switching is shown in Figure R.8.

**Key**

|   |            |                                                                    |
|---|------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 | red line   | Voltage across the terminals of the main interrupter $U_m$         |
| 2 | green line | Source side voltage $U_s$                                          |
| 3 | blue line  | Load side voltage $U_l$                                            |
| 4 |            | Interruption of main interrupter                                   |
| 5 |            | Interruption of resistor interrupter                               |
| 6 |            | Voltage across the terminals of the resistor interrupter $U_{res}$ |

**Figure R.8 – Typical recovery voltage waveshape of capacitive current switching on a circuit-breaker equipped with opening resistors**

### R.2.3 Tests on the resistor interrupter

#### R.2.3.1 Terminal fault and out-of-phase switching tests

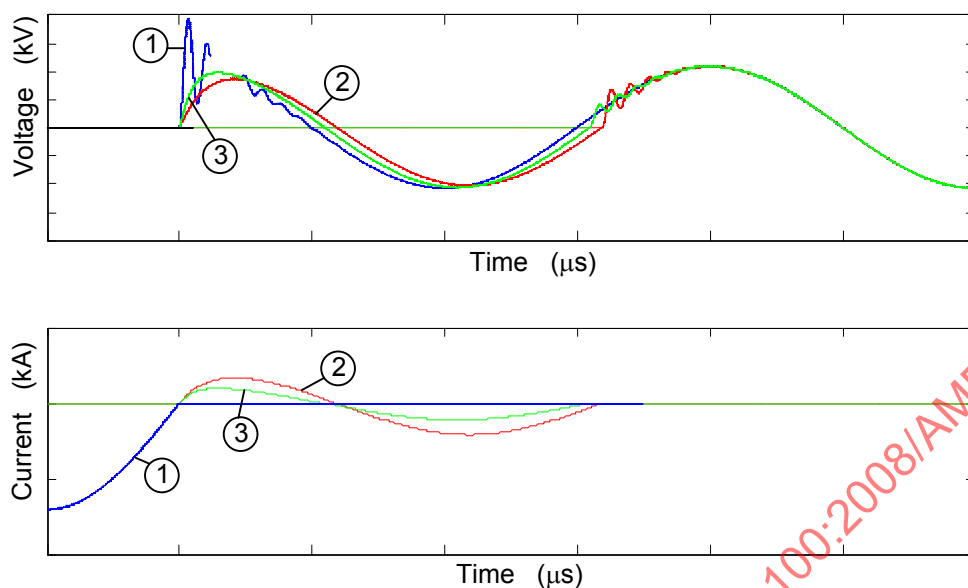
The breaking current value of the resistor interrupter is generally of the order of 1,5 kA or less even in the case of rated voltages above 800 kV, since the ohmic value of the opening resistor is in the range of 500  $\Omega$  to 2 000  $\Omega$ . The short-circuit current is assumed to be in the range of 40 kA to 63 kA. Then the current flowing in the resistor interrupter is in the order of 1 % to 4 % of the rated short-circuit current. Only in the case of out-of-phase switching the current could be of the order of 3 kA.

As done for the main interrupter, modified TRV values shall be calculated for each specific case.

TRV calculations may be conducted using a suitable electromagnetic transient calculation program.

Modified TRV parameters may also be obtained by calculating the influence of the resistor on the circuits with lumped elements. An example of a test circuit is given in Figure R.3.

A typical recovery voltage waveshape and the current through the resistor interrupter are shown in Figure R.9.



**Key**

- 1 Blue line: Main interrupter,  $R = \infty$
- 2 Red line:  $R = 500 \, \Omega$
- 3 Green line:  $R = 1\,000 \, \Omega$

**Figure R.9 – Typical recovery voltage waveshape of T10  
(based on  $U_r = 1\,100 \, \text{kV}$ ,  $I_{sc} = 50 \, \text{kA}$  and  $f_r = 50 \, \text{Hz}$ ) on the resistor  
interrupter of a circuit-breaker equipped with opening resistors**

Table R.3 lists the results of calculations done using the circuit as given in Figure R.3.

**Table R.3 – Results of the TRV calculations for test-duty T10**

| $U_r$<br>(kV) | $I_{sc}$<br>(kA) | $f$<br>(Hz) | Duty | $R$<br>( $\Omega$ ) | $U_c$<br>(kV) | $t_3$<br>( $\mu\text{s}$ ) | $I_r$<br>(kA) |
|---------------|------------------|-------------|------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| 1 100         | 50               | 50          | T10  | $\infty$            |               |                            |               |
| 1 100         | 50               | 50          | T10  | 1 000               | 408           | 295                        | 0,75          |
| 1 100         | 50               | 50          | T10  | 500                 | 673           | 287                        | 1,46          |

When terminal fault test duty T10 is performed, it is not necessary to repeat the other terminal fault test duties on the resistor interrupter (T30, T60, T100a and T100s).

### R.2.3.2 Short-line fault (SLF) tests

For the breaking current value of the resistor interrupter refer to R.2.3.1.

As done for the main interrupter, modified TRV values shall be calculated for each specific case.

TRV calculations may be conducted using a suitable electromagnetic transient calculation program.

When terminal fault test duty T10 is performed, no SLF tests are required on the resistor interrupter.

### R.2.3.3 Capacitive current switching tests

Two series of line-charging current switching tests are required:

- a) LC1: using a "1 – cos" waveshape as defined for circuit-breakers not equipped with opening resistors;
- b) LC2: with a modified "1 – cos" waveshape on a circuit-breaker equipped with opening resistors. The following equation gives the modified momentary and peak recovery voltage of the resistor interrupter in a circuit with a resistor  $R$  in series:

$$U(t) = \sqrt{2} U_s [\cos(\theta) - \cos(\omega t + \theta)] \quad (\text{R.2})$$

where

$$\theta = \tan^{-1}(\omega CR)$$

The restriking performance of the resistor interrupter shall be in accordance with 6.111.11.

### R.2.4 Tests of the resistor stack

The resistor stack shall withstand the thermal stresses caused by current flow through the resistor during the insertion time. This is tested by performing one T100s breaking operation, followed by one out-of-phase make-break duty (CO operation). Both energy and current levels shall be obtained in the resistor elements during test. Upon agreement with the manufacturer, it is permissible to shorten the current duration during the test if the current used in an actual test is higher than the current flowing in the resistor during an out-of-phase condition. These tests may be conducted with the actual circuit-breaker contacts or with an auxiliary interrupter.

Tests on thermally pro-rated sections containing at least 20 series connected resistor elements may be performed. The pro-rated sections shall simulate thermal and dielectric conditions that are equal to or more severe than those of the complete module.

Prospective insertion times are considered to be 10 ms for a making operation and 30 ms for a breaking operation.

NOTE Different insertion time(s) may be used if the assigned insertion time(s) are different than mentioned above.

The duration between two rated energy injections shall be stated by the manufacturer.

To verify the thermal capacity of resistor stacks, a second test duty after the prescribed duration of cooling shall be performed. The cooling of the resistor assembly in between the two test-duties shall not be more favourable than service conditions. No significant deterioration shall be observed on the resistor elements after the second test duty.

Measurement of the ohmic values of the resistor assembly and each individual resistor element shall be such that the ohmic values after test, and after a sufficient cooling time, does not vary by more than 2,5 % from the values measured before test.

## R.3 Insertion time of the resistor

The resistor shall be inserted in the circuit during breaking operations for a certain period of time. The mechanical insertion time of the resistor shall be longer than the maximum arcing time of the main interrupter and a value around 30 ms is generally sufficient (the arcing time of the resistor interrupter shall also be considered).

Depending on the design, the same resistor and resistor interrupter assembly may be used for closing and opening. The resistor shall be inserted in the circuit during the preinsertion time defined in 3.7.145, taking the pre-arcing of resistor and main interrupters into consideration.

## R.4 Current carrying performance

The resistor shall be capable of carrying its current for a specified period without any abnormalities such as arcing, flashover to the adjacent parts, cracks, or any mechanical damages. Their electrical contact surfaces shall not show any signs of arcing such as burning marks.

Insulating material supporting resistor elements, if any, shall withstand the thermal and electrical stresses caused by current through the resistors during breaking and making operations.

## **R.5 Dielectric performance**

See 6.2 of this standard.

## **R.6 Mechanical performance**

The mechanical operation test (see 6.101.2) shall be conducted on a pole or poles of circuit-breaker fully equipped with main and resistor interrupters and resistor assembly.

The resistor elements shall fulfil the conditions stated in 6.101.1.4 during and after a mechanical test. In addition, the resistor elements shall not show any damages such as chips, cracks, etc. The ohmic resistance of resistor assembly measured after tests shall not differ by more than 2,5 % from the value measured before tests.

## **R.7 Requirements for the specification of opening resistors**

For circuit-breakers equipped with opening resistors, the following items shall be specified:

- resistor value;
- insertion time for resistors;
- duty cycle.

The time between two consecutive duty cycles identified in R.2.3 (one duty cycle being one O under terminal fault and one CO under out-of-phase) shall be stated by the manufacturer.

## **R.8 Examples of recovery voltage waveshapes**

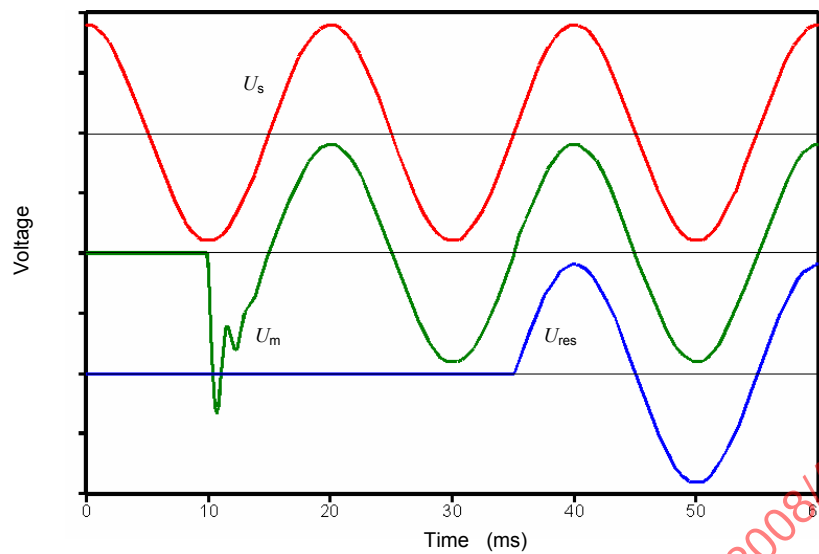
### **R.8.1 General**

Figures R.10 to R.15 give the waveshapes for various breaking and switching conditions. The aim is to show a graphical representation and to illustrate the effects of an opening resistor.

### **R.8.2 Terminal faults**

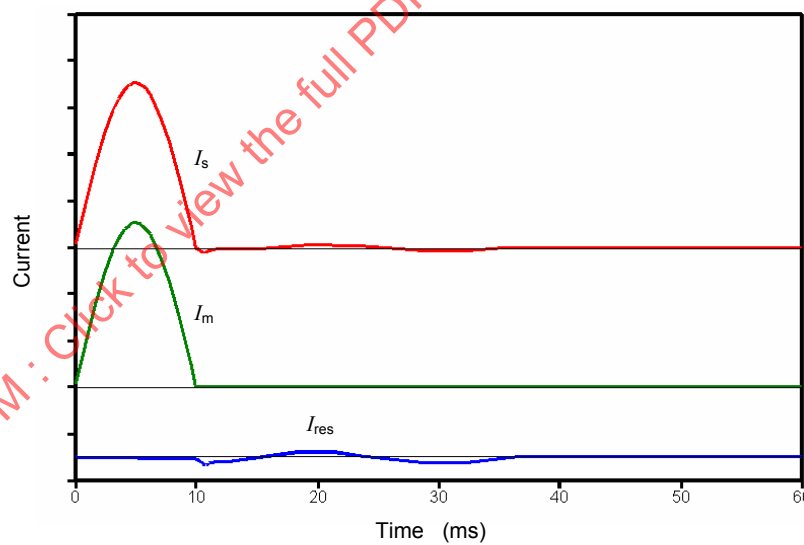
Typical examples of waveshapes for main and resistor interrupters in case of breaking high short-circuit currents such as T100s are given in Figure R.10 and corresponding currents are shown in Figure R.11.

In case of rather low short-circuit currents such as T30 and T10, the TRV waveshapes are shown in Figure R.12 and current shapes are illustrated in Figure R.13.

**Key**

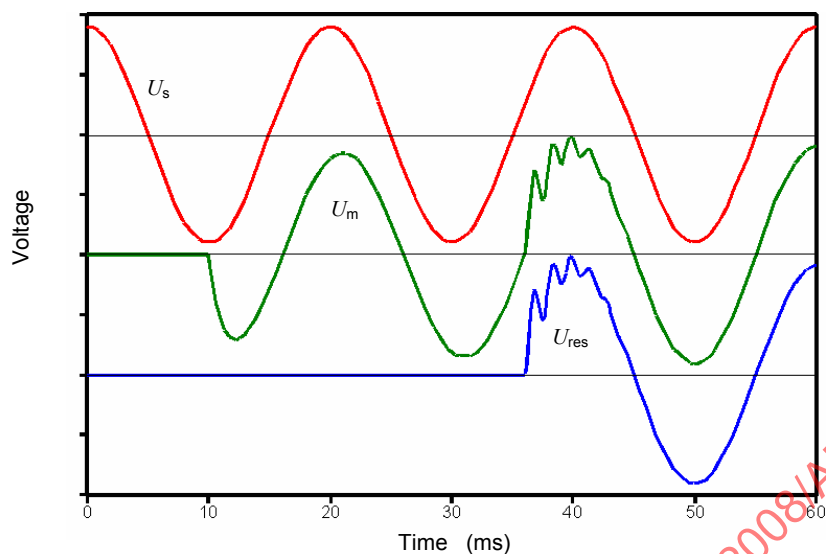
- $U_m$  Voltage across main interrupter  
 $U_{res}$  Voltage across resistor interrupter  
 $U_s$  Source voltage

**Figure R.10 – TRV waveshapes for high short-circuit current breaking operation**

**Key**

- $I_m$  Current through main interrupter  
 $I_{res}$  Current through resistor interrupter  
 $I_s$  Source current

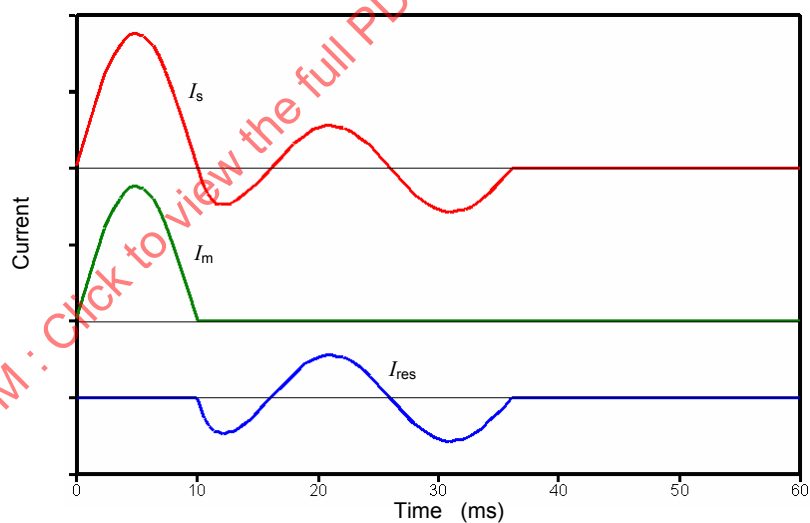
**Figure R.11 – Currents in case of high short-circuit current breaking operation**



**Key**

- $U_m$  Voltage across main interrupter
- $U_{res}$  Voltage across resistor interrupter
- $U_s$  Source voltage

**Figure R.12 – TRV shapes for low short-circuit current breaking operation**



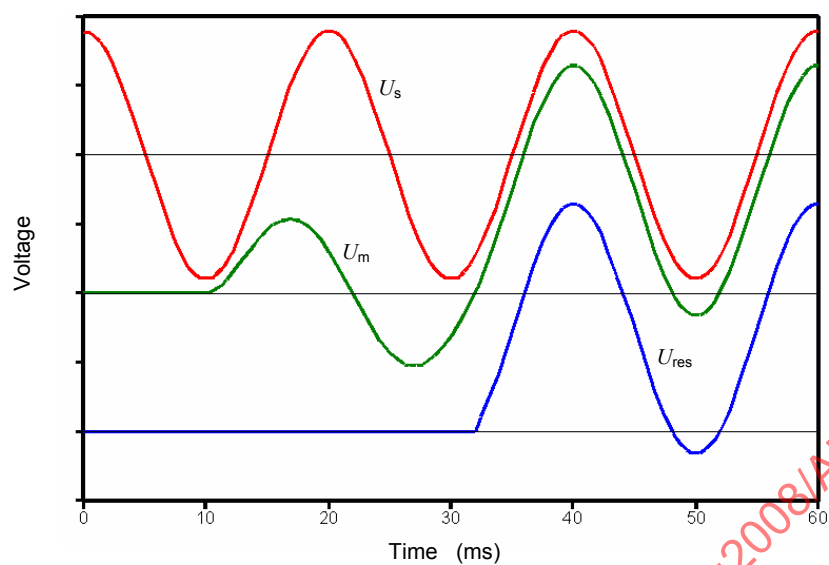
**Key**

- $I_m$  Current through main interrupter
- $I_{res}$  Current through resistor interrupter
- $I_s$  Source current

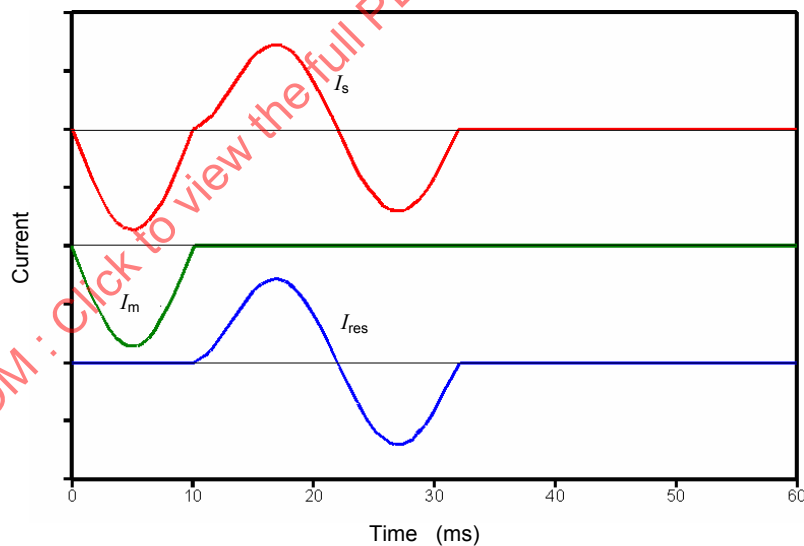
**Figure R.13 – Currents in case of low short-circuit current breaking operation**

### R.8.3 Line-charging current breaking

Typical recovery voltage waveshapes for line-charging current breaking operations are given in Figure R.14, current waveshapes are shown in Figure R.15.

**Key**

- $U_m$  Voltage across main interrupter  
 $U_{res}$  Voltage across resistor interrupter  
 $U_s$  Source voltage

**Figure R.14 – Voltage waveshapes for line-charging current breaking operation****Key**

- $I_m$  Current through main interrupter  
 $I_{res}$  Current through resistor interrupter  
 $I_s$  Source current

**Figure R.15 – Current waveshapes for line-charging current breaking operation**

## Bibliography

*Replace, in the existing list, reference [4] by the following new reference:*

- [4] IEC/TR 62271-306, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 306: Guide to IEC 62271-100, IEC 62271-1 and other IEC standards related to alternating current circuit-breakers* (to be published)

*Replace, in the existing list, reference [8] by the following new reference:*

- [8] (Void)

*Replace, in the existing list, reference [10] by the following new reference:*

- [10] IEC 62271-203:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

*Add, to the existing list of "Other documents providing additional information.", the following new reference:*

IEC 60071-1:2008, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-100:2008/AM1:2012

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-100:2008/AMD1:2012

## AVANT-PROPOS

Cet amendement a été établi par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

| FDIS          | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 17A/1009/FDIS | 17A/1019/RVD    |

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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.

Le contenu du corrigendum de décembre 2012 a été pris en considération dans cet exemplaire.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## 1.1 Domaine d'application

*La correction de la Note 1 ne concerne que le texte anglais.*

*Remplacer le huitième alinéa existant par le nouvel alinéa suivant:*

La présente norme ne traite pas des disjoncteurs à déclenchement autonome ayant des dispositifs de déclenchement qui ne peuvent pas être rendus inopérants pendant l'essai.

### 3.1.128

#### **réseau à neutre effectivement à la terre**

*Remplacer, dans la définition existante, les mots "entre les composantes directe et homopolaire de la réactance" par "entre les composantes homopolaire et directe de la réactance".*

### 3.4.116

#### **disjoncteur classe M1**

*Remplacer la définition existante de ce terme par la nouvelle définition suivante:*

disjoncteur avec une endurance mécanique normale comme démontré par des essais de type spécifiques

### 3.4.117

#### **disjoncteur classe M2**

*Supprimer les parenthèses existantes dans la définition de ce terme.*

*Supprimer la note existante de ce terme.*

### 3.7.145

#### **durée de pré-insertion**

*Remplacer le terme, la définition et la note existants par le nouveau terme et la nouvelle définition suivants:*

**durée de pré-insertion** (d'une résistance de fermeture)

intervalle de temps durant une manœuvre de fermeture, entre l'instant où les contacts se touchent dans les éléments de résistance d'un pôle quelconque, et l'instant où les contacts se touchent dans l'élément de coupure de ce pôle

*Ajouter, après la note existante de 3.7.159, le nouveau terme et la nouvelle définition 3.7.160 comme suit:*

### 3.7.160

**durée d'insertion** (d'une résistance d'ouverture)

intervalle de temps pendant une manœuvre d'ouverture entre l'instant de la séparation des contacts d'arc dans les interrupteurs principaux d'un pôle quelconque et l'instant de la séparation des contacts dans les interrupteurs de résistance de ce pôle

## 3.8 Index des définitions

*Ajouter, à la liste alphabétique existante, la nouvelle ligne suivante:*

Durée d'insertion (d'une résistance d'ouverture)

3.7.160

Remplacer, dans la liste alphabétique existante, « Durée de pré-insertion » par « Durée de pré-insertion (d'une résistance de fermeture) »

## 4.2 Niveau d'isolement assigné

Ajouter, après le texte existant de ce paragraphe, le nouvel alinéa et le nouveau Tableau 36 suivants:

Pour des disjoncteurs avec des tensions assignées de 1 100 kV et 1 200 kV, le Tableau 36 s'applique.

**Tableau 36 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées 1 100 kV et 1 200 kV**

| Tension assignée<br>$U_r$<br>kV<br>(efficace) | Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle<br>$U_d$<br>kV<br>(efficace) |                                                                                 | Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre<br>$U_s$<br>kV<br>(valeur de crête) |                                |                                                    | Tension de tenue assignée aux chocs de foudre<br>$U_p$<br>kV<br>(valeur de crête) |                                                                                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | Entre phase et terre, et entre phases<br>(Note 3)                                               | Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement<br>(Notes 1 et 3) | Entre phase et terre, et entre contacts ouverts                                     | Entre phases<br>(Notes 3 et 4) | Sur la distance de sectionnement<br>(Notes 2 et 3) | Entre phase et terre, et entre phases                                             | Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement<br>(Notes 2 et 3) |
| (1)                                           | (2)                                                                                             | (3)                                                                             | (4)                                                                                 | (5)                            | (6)                                                | (7)                                                                               | (8)                                                                             |
| 1 100                                         | 1 100<br>1 450                                                                                  | $\frac{1\,100 \times 2}{\sqrt{3}}$                                              | 1 550                                                                               | 2 635                          | 1 550 + (900)                                      | 2 250                                                                             | 2 250 + (630)                                                                   |
|                                               |                                                                                                 | 1 100 + (635)                                                                   | 1 800                                                                               | 2 880                          |                                                    | 2 400                                                                             | 2 400 + (630)                                                                   |
| 1 200                                         | 1 200<br>1 600                                                                                  | $\frac{1\,200 \times 2}{\sqrt{3}}$                                              | 1 800                                                                               | 2 970                          | 1 675 + (980)                                      | 2 400                                                                             | 2 400 + (685)                                                                   |
|                                               |                                                                                                 | 1 200 + (695)                                                                   | 1 950                                                                               | 3 120                          |                                                    | 2 550                                                                             | 2 550 + (685)                                                                   |

NOTE 1 Les valeurs entre parenthèses de la colonne (3) sont des valeurs efficaces.

NOTE 2 Dans la colonne (6), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle  $U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$  appliquée à la borne opposée (tension combinée).

Dans la colonne (8), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle  $0,7 U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$  appliquée à la borne opposée (tension combinée).

NOTE 3 Les valeurs de la colonne (2) sont applicables comme suit:

- la valeur la plus faible est pour les essais de type, entre phase et terre, et la valeur la plus élevée est pour la tension tenue entre phases;
- la valeur la plus faible est pour les essais individuels de série, entre phase et terre et entre contacts ouverts.

Les valeurs des colonnes (3), (5), (6) et (8) ne sont applicables que pour les essais de type.

NOTE 4 Ces valeurs sont déduites à l'aide des facteurs multiplicateurs donnés au Tableau 3 de la CEI 60071-1:2006.

#### 4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné ( $I_p$ )

*Ajouter, entre le premier et le deuxième alinéa existants de ce paragraphe, le nouvel alinéa suivant:*

Pour les disjoncteurs avec des tensions assignées supérieures à 800 kV, la constante de temps de la composante apériodique normalisée est de 120 ms et la valeur de crête du courant admissible assigné est égale à 2,7 fois le courant de courte durée admissible assigné pour 50 Hz et 60 Hz.

#### 4.7 Durée de court-circuit assignée ( $t_k$ )

*Remplacer le texte et la note existants de ce paragraphe par la nouvelle phrase suivante:*

Le paragraphe 4.7 de la CEI 62271-1 est applicable.

#### 4.101.2 Constante de temps de la composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

*Remplacer le texte existant avant la Note 1 par le nouvel alinéa suivant:*

a) Pour les disjoncteurs de tensions assignées inférieures ou égales à 800 kV

La constante de temps de la composante apériodique normalisée est de 45 ms. Les constantes de temps de la composante apériodique suivantes sont pour des applications particulières, suivant la tension assignée du disjoncteur:

- 120 ms pour les tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV;
- 60 ms pour les tensions assignées comprises entre 72,5 kV et 420 kV inclus;
- 75 ms pour les tensions assignées de 550 kV et 800 kV.

Ces constantes de temps pour des applications particulières reconnaissent le fait que la valeur normalisée peut être inadaptée pour certains réseaux. Elles sont fournies comme valeurs unifiées pour ces besoins de réseaux spéciaux, prenant en compte les caractéristiques des différentes gammes de tensions assignées, par exemple leurs structures de réseau particulières, la conception des lignes, etc.

*Ajouter, après la Note 3 existante, le nouveau texte suivant:*

b) Pour les disjoncteurs de tensions assignées supérieures à 800 kV

La constante de temps de la composante apériodique normalisée est de 120 ms. La Note 3 est également applicable dans ce cas.

#### 4.102.1 Représentation des ondes de la TTR

*Remplacer les septième et huitième alinéas existants de ce paragraphe par les nouveaux alinéas suivants:*

Si un disjoncteur de tension assignée inférieure ou égale à 800 kV a un pouvoir de coupure en défaut proche en ligne assigné, les exigences de la TTRI sont satisfaites si les essais de défaut proche en ligne sont effectués avec une ligne introduisant un retard inférieur à 100 ns (voir 6.104.5.2 et 6.109.3) à moins que les deux bornes ne soient pas identiques d'un point de vue électrique (c'est le cas, par exemple, lorsqu'une capacité supplémentaire est utilisée, comme mentionné dans la Note 4 de 6.109.3). Lorsque les bornes ne sont pas identiques d'un point de vue électrique, on peut utiliser des circuits d'essai produisant une contrainte de la TTR équivalente au disjoncteur.

Pour les disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV, les exigences de la TTRI sont considérées comme satisfaites si les essais de défaut proche en ligne sont effectués avec une ligne ayant un temps de retard inférieur à 100 ns et une impédance d'onde de 450  $\Omega$  à moins que les deux bornes ne soient pas identiques d'un point de vue électrique (c'est le cas, par exemple, lorsqu'une capacité supplémentaire est utilisée, comme mentionné dans la Note 4 de 6.109.3). Lorsque les bornes ne sont pas identiques d'un point de vue électrique, on peut utiliser des circuits d'essais produisant une contrainte de la TTR équivalente au disjoncteur.

Étant donné que la TTRI est proportionnelle à l'impédance d'onde des jeux de barres et au courant, les exigences la concernant peuvent être négligées pour tous les disjoncteurs ayant un pouvoir de coupure assigné inférieur à 25 kA et pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure à 100 kV. De plus, les exigences concernant la TTRI peuvent être négligées pour les disjoncteurs installés dans l'appareillage sous enveloppe métallique du fait de la faible impédance d'onde. Les exigences concernant la TTRI peuvent également être négligées pour les disjoncteurs directement connectés à un jeu de barres avec une connexion avec une capacité totale côté source supérieure à 800 pF.

#### 4.102.2 Représentation de la TTR

Remplacer le point a) existant par le nouveau point a) suivant:

a) Tracé de référence à quatre paramètres (voir Figure 10):

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

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

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

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

Les paramètres de la TTR sont définis en fonction de la tension assignée ( $U_r$ ), du facteur de premier pôle ( $k_{pp}$ ) et du facteur d'amplitude ( $k_{af}$ ) comme suit:

$$u_1 = 0,75 \times k_{pp} U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$t_1$  pour le défaut aux bornes est déduit de  $u_1$  et de la vitesse d'accroissement spécifiée  $u_1/t_1 = \text{VATR}$ ;

$t_1$  pour la discordance de phases =  $2 \times t_1$  (pour le défaut aux bornes).

$$u_c = k_{af} \times k_{pp} U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$$

1) Pour des tensions assignées inférieures ou égales à 800 kV,  $k_{af}$  est égal à:

- 1,4 pour le défaut aux bornes et le défaut proche en ligne;
- 1,25 pour la discordance de phases.

$t_2 = 4t_1$  pour le défaut aux bornes et le défaut proche en ligne;

$t_2$  pour la discordance de phases = entre  $t_2$  (pour le défaut aux bornes) et  $2t_2$  (pour le défaut aux bornes).

2) Pour les tensions assignées supérieures à 800 kV:

Un tracé de référence à quatre paramètres est spécifié pour le défaut aux bornes et les séquences d'essais de défaut proche en ligne et un tracé de référence à deux paramètres (voir b) et la Figure 11) pour les séquences d'essais de discordance de phases.  $k_{af}$  est égal à:

- 1,5 pour le défaut aux bornes et le défaut proche en ligne;

– 1,25 pour la discordance de phases.

$t_2 = 3t_1$  pour la séquence d'essais T100 et pour le circuit côté alimentation pour le défaut proche en ligne.

$t_2 = 4,5t_1$  pour T60.

Pour les séquences d'essais de discordance de phases OP1 et OP2, le temps  $t_3$  est déduit de  $u_c$  et d'une vitesse d'accroissement de 1,54 kV/ $\mu$ s.

*Remplacer le point c) existant par le nouveau point c) suivant:*

c) Segment définissant le retard de la TTR (voir Figures 10 et 11):

$t_d$  = retard, en microsecondes;

$u'$  = tension de référence, en kilovolts;

$t'$  = temps mis pour atteindre  $u'$ , en microsecondes.

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  $u'$  (correspondant à l'abscisse  $t'$ ).

Pour les tensions assignées inférieures à 100 kV:

$t_d = 0,15 \times t_3$ , pour le défaut aux bornes et la discordance de phases dans le cas de réseaux par câbles;

$t_d = 0,05 \times t_3$ , pour le défaut aux bornes et le défaut proche en ligne dans le cas de réseaux aériens;

$t_d = 0,15 \times t_3$ , pour la discordance de phases dans le cas de réseaux aériens;

$u' = u_c/3$ ;

$t'$  est déduit de  $t_d$  et  $t_3$  selon la Figure 11,  $t' = t_d + t_3/3$ .

Pour les tensions assignées comprises entre 100 kV et 800 kV inclus;

$t_d = 2 \mu$ s pour le défaut aux bornes et le circuit d'alimentation pour le défaut proche en ligne;

$t_d = 2 \mu$ s à  $0,1 \times t_1$  pour la discordance de phases;

$u' = u_1/2$ ;

$t'$  est déduit de  $u'$ ,  $u_1/t_1$  (VATR) et  $t_d$  selon la Figure 10,  $t' = t_d + u'/\text{VATR}$ .

Pour les tensions assignées supérieures à 800 kV:

$t_d = 2 \mu$ s pour le défaut aux bornes et le circuit d'alimentation pour le défaut proche en ligne;

$u' = u_1/2$ ;

$t'$  est déduit de  $u'$ ,  $u_1/t_1$  (VATR) et  $t_d$  selon la Figure 10,  $t' = t_d + u'/\text{VATR}$ .

$t_d = 2 \mu$ s à  $0,05 \times t_3$  pour la discordance de phases;

$u' = u_c/3$ ,  $t'$  est déduit de  $u_c$  et d'une vitesse d'accroissement de 1,54 kV/ $\mu$ s.

#### 4.102.3 Valeurs normales de la TTR relative au courant de court-circuit assigné

*Remplacer le deuxième alinéa existant de ce paragraphe par les nouveaux alinéas suivants:*

Le Tableau 3 donne les valeurs pour les tensions assignées de 100 kV à 170 kV dans le cas de réseaux à neutre relié effectivement à la terre. Le Tableau 4 donne les valeurs pour les

tensions assignées de 100 kV à 170 kV dans le cas de réseaux à neutre relié non effectivement à la terre. Le Tableau 5 donne les valeurs pour les tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV.

Les valeurs de crête de la TTR données dans les Tableaux 1, 2, 3, 4, 5 et 37 doivent être satisfaites. Les valeurs du facteur d'amplitude ne sont données que pour information.

**Tableau 5 – Valeurs normales de la TTR<sup>a</sup> – Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres**

Remplacer le titre existant du Tableau 5 par le nouveau titre suivant:

**Tableau 5 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement<sup>a</sup> – Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre**

Ajouter, avant les notes de bas de tableau <sup>a</sup> et <sup>b</sup> existantes, les nouvelles lignes suivantes au Tableau 5:

|       |                        |     |      |     |     |       |       |      |     |     |      |
|-------|------------------------|-----|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-----|------|
| 1 100 | Défaut aux bornes      | 1,2 | 1,50 | 808 | 404 | 1 617 | 1 212 | 2    | 404 | 204 | 2    |
|       | Défaut proche en ligne | 1   | 1,50 | 674 | 337 | 1 347 | 1 011 | 2    | 337 | 170 | 2    |
|       | Discordance de phases  | 2   | 1,25 | -   | -   | 2 245 | 1 458 | 2-73 | 748 | 559 | 1,54 |
| 1 200 | Défaut aux bornes      | 1,2 | 1,50 | 882 | 441 | 1 764 | 1 323 | 2    | 441 | 222 | 2    |
|       | Défaut proche en ligne | 1   | 1,50 | 735 | 367 | 1 470 | 1 101 | 2    | 367 | 186 | 2    |
|       | Discordance de phases  | 2   | 1,25 | -   | -   | 2449  | 1590  | 2-80 | 816 | 610 | 1,54 |

**Tableau 6 – Valeurs normales des multiplicateurs pour la tension transitoire de rétablissement pour les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> pôles à couper à des tensions assignées supérieures à 1 kV**

Ajouter, après la ligne existante "Cas de réseau à neutre effectivement à la terre" de ce tableau, la nouvelle ligne suivante:

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 1,2 | 0,95 | 0,95 | 0,83 | 0,83 |
|-----|------|------|------|------|

**Tableau 7 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV**

La correction du symbole de la tête ne concerne que le texte anglais.

Ajouter, avant la note existante de ce tableau, les nouvelles lignes suivantes:

|       |       |       |     |
|-------|-------|-------|-----|
| 1 100 | 0,173 | 0,208 | 1,5 |
| 1 200 | 0,173 | 0,208 | 1,5 |

Remplacer, dans la note existante de ce tableau, les mots "inférieure à 800 kV et par une impédance d'onde résultante  $Z_i$  d'environ 325  $\Omega$  dans le cas d'une tension assignée de 800 kV." par "de 800 kV pour laquelle l'impédance d'onde résultante  $Z_i$  est d'environ 325  $\Omega$ ."

Remplacer, dans la note de bas de tableau \* existante, les mots "pouvoir de coupure en court-circuit" par "courant de court-circuit".

#### 4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Remplacer le texte existant de ce paragraphe par le nouveau texte suivant et le nouveau Tableau 37 suivant:

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit (voir Figure 8) d'un disjoncteur est lié à

- la composante périodique du courant de court-circuit assigné;
- la constante de temps de la composante apériodique du courant assigné de court-circuit;
- la fréquence assignée.

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit est obtenu en multipliant la valeur efficace de la composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit (voir 4.101) par le facteur de crête donnée dans le Tableau 37.

**Tableau 37 – Facteurs de crête pour le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit**

| Facteur de crête<br>p.u. | Fréquence<br>Hz | Constante de temps<br>ms |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 2,5                      | 50              | 45                       |
| 2,6                      | 60              | 45                       |
| 2,7                      | 50 ou 60        | > 45                     |

#### 4.105 Caractéristiques pour les défauts proches en ligne

Remplacer le premier alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:

Les caractéristiques pour les essais de défaut proche en ligne sont requises pour les disjoncteurs de classe S2 prévus pour être directement raccordés à des lignes aériennes, quel que soit le type de réseau du côté alimentation, et ayant une tension assignée supérieure ou égale à 15 kV et inférieure à 100 kV et un pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA. Des caractéristiques pour les défauts proches en ligne sont également exigées pour tous les disjoncteurs prévus pour être directement raccordés à des lignes aériennes et dont la tension assignée est égale ou supérieure à 100 kV et le pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA.

Supprimer, dans le premier tiret du point a) existant, les mots "correspondant à la tension assignée  $U_r$ ".

Remplacer, dans la note existante de ce paragraphe, les mots "(voir Tableau 8)" par "(voir L.3)".

Remplacer, dans le point b) existant de ce paragraphe, le premier tiret existant par le nouveau tiret suivant:

- les valeurs normales du facteur de VATR, basées sur une impédance d'onde de la ligne  $Z$ , du facteur de crête  $k$  et du temps de retard côté ligne  $t_{dL}$  sont indiquées dans le Tableau 8. Pour la détermination du retard côté ligne et de la vitesse d'accroissement de la tension côté ligne, voir la Figure 16;

**Tableau 8 – Valeurs normales des caractéristiques de ligne pour les défauts proches en ligne**

Remplacer le Tableau 8 existant par le nouveau tableau suivant:

| Tensions assignées<br>$U_r$<br>kV | Impédance d'onde<br>$Z$<br>$\Omega$ | Facteur de crête<br>$k$ | Facteur de VATR |       | Retard<br>$t_{dL}$<br>$\mu s$ |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------|-------------------------------|
|                                   |                                     |                         | 50 Hz           | 60 Hz |                               |
| $15 \leq U_r \leq 38$             | 450                                 | 1,6                     | 0,200           | 0,240 | 0,1                           |
| $48,3 \leq U_r \leq 170$          | 450                                 | 1,6                     | 0,200           | 0,240 | 0,2                           |
| $245 \leq U_r \leq 800$           | 450                                 | 1,6                     | 0,200           | 0,240 | 0,5                           |
| $U_r > 800$                       | 330 <sup>a</sup>                    | 1,6                     | 0,147           | 0,176 | 0,5                           |

NOTE Les valeurs couvrent les cas de défauts en ligne considérés dans cette norme. Pour des lignes très courtes ( $t_L < 5t_{dL}$ ), les exigences indiquées dans ce tableau ne peuvent pas être toutes respectées. Les procédures permettant d'aborder le cas des lignes très courtes sont données dans la CEI 62271-306 [4].

<sup>a</sup> Comme décrit en 4.102.1, on peut utiliser une valeur de 450  $\Omega$  pendant l'essai pour satisfaire aux exigences de la TTRI.

<sup>b</sup> Pour le facteur de VATR  $s$ , voir Annexe A.

**Tableau 9 – Valeurs préférentielles de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs**

Ajouter, avant les notes existantes de ce tableau, les deux nouvelles lignes suivantes:

|       |       |   |   |   |   |   |
|-------|-------|---|---|---|---|---|
| 1 100 | 1 200 | - | - | - | - | - |
| 1 200 | 1 300 | - | - | - | - | - |

Remplacer, dans la Note 3 existante de ce tableau, "n'est pas exigée" par "ne sont pas exigés".

Ajouter, après la Note 4 existante de ce tableau, la nouvelle Note 5 suivante:

NOTE 5 Les valeurs préférentielles pour des tensions assignées de 1 100 kV et 1 200 kV sont fondées sur des applications à 50 Hz. Des valeurs supérieures de courant seront possibles dans l'avenir dans des systèmes fonctionnant à 60 Hz. L'expérience montre toutefois que ces courants supérieurs ne conduisent pas à une plus grande contrainte pour le disjoncteur car la tension de rétablissement est généralement le facteur dominant pour la coupure.

#### 4.109.1 Durée de coupure assignée

Remplacer le texte et les notes existants de ce paragraphe par le nouveau texte suivant et la nouvelle note suivante:

La durée de coupure assignée d'un disjoncteur est l'intervalle maximum entre la mise sous tension du circuit de déclenchement et l'interruption de courant dans le circuit principal pendant les séquences d'essais T30, T60 et T100s dans tous les pôles dans les conditions suivantes:

- tension et fréquence assignées auxiliaires;
- pressions assignées pour la manœuvre, pour l'isolement et pour la coupure;
- température de l'air ambiant de  $(20 \pm 5) ^\circ C$ .

Conformément à 6.102.3.1, il convient d'effectuer les principales séquences d'essais en court-circuit, à l'exception de la séquence T100a, aux valeurs minimales de tension auxiliaire

et/ou de pression pour la manœuvre et/ou la coupure. Pour la commodité de l'essai, la tension d'alimentation auxiliaire peut être la valeur assignée ou maximale dans la mesure où elle n'influe pas sur le pouvoir de fermeture ou de coupure. (Les durées de manœuvre de certains disjoncteurs peuvent varier en fonction de la tension d'alimentation des circuits auxiliaires). Afin de vérifier la durée de coupure assignée pendant ces séquences d'essais et pour tenir compte du fait que la tension d'alimentation des circuits auxiliaires et les pressions sont plus basses, il convient de modifier la durée de coupure maximale de la façon suivante:

$$t_{b\max} = t_{bm} + t_w - (t_{om} - t_{or})$$

où

$t_{b\max}$  est la durée de coupure maximale déterminée;

$t_{bm}$  est la plus longue des durées de coupure minimales enregistrées pendant les séquences d'essais T30, T60 et T100s;

Noter que  $t_{bm}$  correspond au dernier pôle qui coupe dans le cas d'un essai triphasé.

$t_w$  est la fenêtre d'arc nécessaire, exprimée en ms;

- pour les essais monophasés en substitution des essais triphasés
  - réseaux à neutre non effectivement reliés à la terre:  $t_{we} = 150 - d\alpha$
  - réseaux à neutre effectivement reliés à la terre:  $t_{we} = 180 - d\alpha$
- pour les essais triphasés
  - $t_{we} = 60 - d\alpha$

$t_{we}$  est exprimé en degrés électriques

$$t_w = T \times t_{we} / 360$$

$T$  période de la fréquence industrielle (20 ms pour 50 Hz, 16,7 ms pour 60 Hz)

$d\alpha$  est le pas de variation de l'ordre d'ouverture pour la recherche de la durée d'arc minimale, il est égal à 18 degrés électriques

$t_{om}$  est la durée d'ouverture maximale enregistrée à vide avec la tension minimale d'alimentation des circuits auxiliaires et les pressions minimales pour la manœuvre et/ou la coupure.

$t_{or}$  est la durée d'ouverture maximale enregistrée à vide, avec la tension d'alimentation auxiliaire et les pressions pour la manœuvre avec les conditions assignées.

Si la durée de coupure maximale déterminée selon cette procédure dépasse la durée de coupure assignée, la séquence d'essais qui a donné la durée de coupure la plus longue peut être répétée avec la tension et la fréquence d'alimentation des circuits auxiliaires et la pression assignée pour la manœuvre et/ou la coupure égales à leurs valeurs assignées.

La durée de coupure assignée est définie en se fondant sur la durée d'arc minimale, car la durée d'arc enregistrée la plus longue pendant les essais peut être plus longue que dans les conditions réelles sur site.

NOTE La durée de coupure pendant une manœuvre d'établissement-coupure peut être plus longue que celle d'une simple manœuvre de coupure pour certaines conceptions de disjoncteurs. Ces durées de coupure plus longues peuvent influencer sur la stratégie de protection et la stabilité du réseau si le retard est plus long que la durée de relayage. Il convient que les utilisateurs informent le constructeur de la durée de coupure maximale admissible pendant les manœuvres d'établissement-coupure.

## Tableau 11 – Essais de type

Remplacer, dans le Tableau 11 existant, la vingtième ligne existante sur les défauts proches en ligne par la nouvelle ligne suivante:

|                            |                                                                                                               |       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Défaut proche en ligne * # | $U_r \geq 15 \text{ kV}$ et $I_{sc} > 12,5 \text{ kA}$ , en cas de connexions directes à des lignes aériennes | 6.109 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

### 6.2.11 Essais de tension comme vérification d'état

Remplacer le texte et les notes existants dans ce paragraphe par le nouveau texte suivant, les nouvelles notes 1 et 2 suivantes et le nouveau Tableau 38 suivant:

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable; les essais spécifiés ici sont remplacés par les suivants:

Lorsque, après des essais mécaniques ou d'environnement (voir 6.101.1.4), les propriétés d'isolement entre les contacts ouverts d'un disjoncteur ne peuvent pas être vérifiées avec suffisamment de confiance par examen visuel, un essai de tenue de tension à fréquence industrielle à sec, conformément à 6.2.11 de la CEI 62271-1, entre les bornes du disjoncteur ouvert, doit être appliqué comme vérification d'état. Pour les conditions d'essais des disjoncteurs de GIS et des disjoncteurs à cuve mise à la terre, se référer au Tableau 38.

Pour les disjoncteurs avec ampoule à vide dans une enveloppe remplie de gaz, l'essai de tension comme vérification d'état peut ne pas être suffisant. Dans de tels cas l'intégrité du vide doit être démontrée.

Lorsque, après des essais d'établissement, de coupure ou d'établissement-coupure (voir 6.102.9), un essai de tension est réalisé comme vérification d'état, les conditions suivantes doivent s'appliquer:

Pour les disjoncteurs 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. Pour les disjoncteurs à cuve mise à la terre et les disjoncteurs de GIS ayant un arrangement symétrique des pièces de passage du courant, un essai de tenue de tension à la terre du disjoncteur en position fermée est exigé. Lorsqu'un essai de tenue de tension à la terre est exigé, les tensions d'isolement assignées entre des contacts ouverts et à la terre peuvent être différentes. Dans de tels cas, chacune des valeurs assignées correspondant à la condition d'essai doit être utilisée comme valeur de référence pour la détermination de la tension d'essai. Ces exigences sont résumées dans le Tableau 38.

– Disjoncteurs avec  $U_r \leq 72,5 \text{ kV}$

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 les Tableaux 1a ou 1b, colonne (2) de la CEI 62271-1.

– Disjoncteurs avec  $72,5 \text{ kV} < U_r \leq 245 \text{ kV}$

Un essai de tension de choc doit être effectué. La valeur crête de la tension de choc doit être égale à 60 % de la valeur la plus élevée applicable dans les Tableaux 1a ou 1b, colonne (4) of de la CEI 62271-1.

– Disjoncteurs avec  $300 \text{ kV} \leq U_r \leq 420 \text{ kV}$

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 assignée de tenue aux chocs de manœuvre indiquée dans les Tableaux 2a ou 2b de la CEI 62271-1. Dans le cas de disjoncteurs de GIS, la valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 80 % de la tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre indiquée au Tableau 103 de la CEI 62271-203.

– Disjoncteurs avec  $550 \text{ kV} \leq U_r \leq 800 \text{ kV}$

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 assignée de tenue aux chocs de manœuvre indiquée dans les Tableaux 2a ou 2b de la CEI 62271-1. Dans le cas de disjoncteurs de GIS, la valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 90 % de la tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre indiquée au Tableau 103 de la CEI 62271-203.

- Disjoncteurs avec  $U_r > 800$  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 assignée de tenue aux chocs de manœuvre indiquée au Tableau 2a de la CEI 62271-1. Dans le cas de disjoncteurs de GIS, la valeur de crête de la tension de choc doit être égale à 90 % de la tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre. Des exemples de valeurs de tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre pour du matériel de GIS sont donnés dans le Tableau G.1 de la CEI 62271-203:2011.

Lorsqu'un essai de tension de choc doit être effectué, la forme d'onde de la tension de choc doit être soit celle d'un choc de manœuvre normalisé soit la forme d'onde de la TTR spécifiée pour la séquence d'essai de type de défaut aux bornes T10. Cinq chocs de chaque polarité doivent être appliqués. Le disjoncteur doit être considéré comme ayant réussi l'essai, s'il ne se produit aucune décharge disruptive. Dans le cas où la forme d'onde T10 est utilisée, des tolérances temporelles sur la forme d'onde de la TTR de -10 % et de +200 % sur le temps  $t_3$  sont autorisées.

NOTE 1 Quel que soit l'état du disjoncteur, la comparaison des essais a montré qu'il n'y a pratiquement pas de différence dans le comportement des disjoncteurs, à l'état neuf ou usage, 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 2 Si les essais sont effectués 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 TTR soit tel que la deuxième crête de l'oscillation de la TTR ne dépasse pas 80 % de la première;
- il convient que la tension soit de l'ordre de 50 % de la valeur de crête 2,5 ms après le temps à la crête.

**Tableau 38 – Exigences d'essai pour les essais de tension comme vérification d'état pour les disjoncteurs de GIS et les disjoncteurs à cuve mise à la terre**

| Nombre d'éléments de coupure en série                                              | Disposition du circuit de passage du courant | Position du disjoncteur |                     |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|---------------------|-------|
|                                                                                    |                                              | Ouvert (un côté)        | Ouvert (autre côté) | Fermé |
| Unique                                                                             | Symétrique                                   | O                       | N                   | O     |
|                                                                                    | Asymétrique                                  | O                       | O                   | N     |
| Multiple                                                                           | Symétrique                                   | O                       | N                   | O     |
|                                                                                    | Asymétrique                                  | O                       | O                   | O     |
| O: nécessaire d'appliquer la tension.<br>N: pas nécessaire d'appliquer la tension. |                                              |                         |                     |       |

### 6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Remplacer le texte existant de ce paragraphe par le nouveau texte suivant:

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

### 6.101.3.3 Essai à basse température

Remplacer, dans les points d) et h) existants de ce paragraphe, les mots "Tableau 12 de la CEI 62271-1" par "Tableau 13 de la CEI 62271-1".

#### 6.101.3.4 Essai à haute température

Remplacer, dans le point r) existant de ce paragraphe, les mots "Tableau 12 de la CEI 62271-1" par "Tableau 13 de la CEI 62271-1".

#### 6.101.6.1 Généralités

Remplacer le cinquième alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:

Quelques exemples d'efforts dus au vent, à la glace et au poids sur des conducteurs flexibles et tubulaires raccordés (ne comprenant pas les efforts dus au vent ou à la glace ou les efforts dynamiques sur le disjoncteur lui-même) sont donnés à titre de lignes directrices dans le Tableau 14.

**Table 14 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques aux bornes**

Ajouter, à la fin du Tableau 14 existant, la nouvelle ligne suivante:

|               |               |       |       |       |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|
| 1 100 – 1 200 | 4 000 – 6 300 | 3 500 | 3 000 | 2 500 |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|

#### 6.102.1 Généralités

Ajouter, à la fin du texte existant de ce paragraphe, les nouveaux alinéas suivants:

La durée de manœuvre de certains disjoncteurs peut varier lorsque l'alimentation des bobines est à la valeur minimale spécifiée en 5.8 de la CEI 62271-1, tandis que les durées de manœuvre sont raisonnablement constantes à leurs tensions d'alimentation assignées. L'exécution d'une séquence d'essais avec des durées d'arc correctes peut être difficile à réaliser dans ce cas, en particulier lorsqu'il est nécessaire d'effectuer des pas de 18 degrés électriques pour vérifier la fenêtre d'arc. De plus, la dispersion de la durée de fermeture peut empêcher de pouvoir effectuer l'essai d'établissement avec le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

Pour des disjoncteurs pour lesquels la manœuvre des bobines n'a pas d'influence sur les caractéristiques de déplacement de contact, il est autorisé d'augmenter la tension d'alimentation des bobines depuis la valeur minimale jusqu'à 110 % de la tension d'alimentation assignée. Les manœuvres à vide effectuée à la tension d'alimentation assignée et à la tension d'alimentation minimale doivent être incluses dans le rapport d'essai pour montrer que les caractéristiques de déplacement de contact ne sont pas affectées par l'augmentation de tension de la bobine.

Au moins une manœuvre d'établissement et une manœuvre de coupure doivent être effectuées pour la séquence d'essais T100s avec une tension d'alimentation minimale pour montrer l'aptitude du disjoncteur à fonctionner correctement jusqu'à son courant assigné de court-circuit dans les conditions de tension de commande minimale.

#### 6.102.4.2 Essais sur éléments séparés

Remplacer les points c) et d) existants de ce paragraphe par les nouveaux points c) et d) suivants:

- c) Le pôle du disjoncteur est composé d'éléments (ou d'assemblages d'éléments) qui ne sont pas opérés séparément.

Dans ce cas, les essais par éléments séparés sont acceptables seulement si les caractéristiques mécaniques pour l'essai sur élément séparé et pour l'essai sur le pôle complet sont les mêmes. La procédure donnée en 6.102.4.1 pour les essais en

monophasé de disjoncteurs tripolaires doit être appliquée en conséquence. De plus, l'influence des forces électrodynamiques (voir aussi le point a) ci-dessus) doit être considérée.

Cependant, si les éléments qui ne sont pas essayés sont soumis à l'arc durant l'essai (par exemple, utilisé comme disjoncteur auxiliaire lors d'essais synthétiques), les exigences relatives aux caractéristiques mécaniques sont considérées comme étant satisfaites. Dans ce cas, l'exigence pour les disjoncteurs dont les éléments ont un lien commun en ce qui concerne le fluide extingueur de l'arc (voir aussi le point b) ci-dessus) est satisfaite en même temps.

- d) Pour les courants d'essais égaux ou inférieurs à 60 % du pouvoir assigné de court-circuit, les essais par éléments séparés sont acceptables si le volume du fluide extingueur de l'arc de l'élément en essai est proportionnel à la partie applicable d'un ensemble d'éléments ayant le même fluide extingueur de l'arc.

Les caractéristiques mécaniques à vide pour les essais sur l'élément séparé et pour les essais sur le pôle complet doivent être les mêmes. La procédure de comparaison des caractéristiques mécaniques donnée en 6.102.4.1 pour les essais en monophasé de disjoncteurs tripolaires doit être appliquée en conséquence. L'influence mutuelle des forces électrodynamiques du courant et de l'arc sur les éléments est considérée comme négligeable pour des courants d'essai inférieurs ou égaux à 60 % du courant assigné de court-circuit.

*Ajouter, à la fin du texte existant de ce paragraphe, le nouvel alinéa suivant:*

Pour les essais par éléments séparés de disjoncteurs de GIS et de disjoncteurs à cuve mise à la terre, voir l'Annexe O.

#### **6.102.10.1.1 Séquence d'essais T10, T30, T60, T100s, T100s(b), OP1 et OP2**

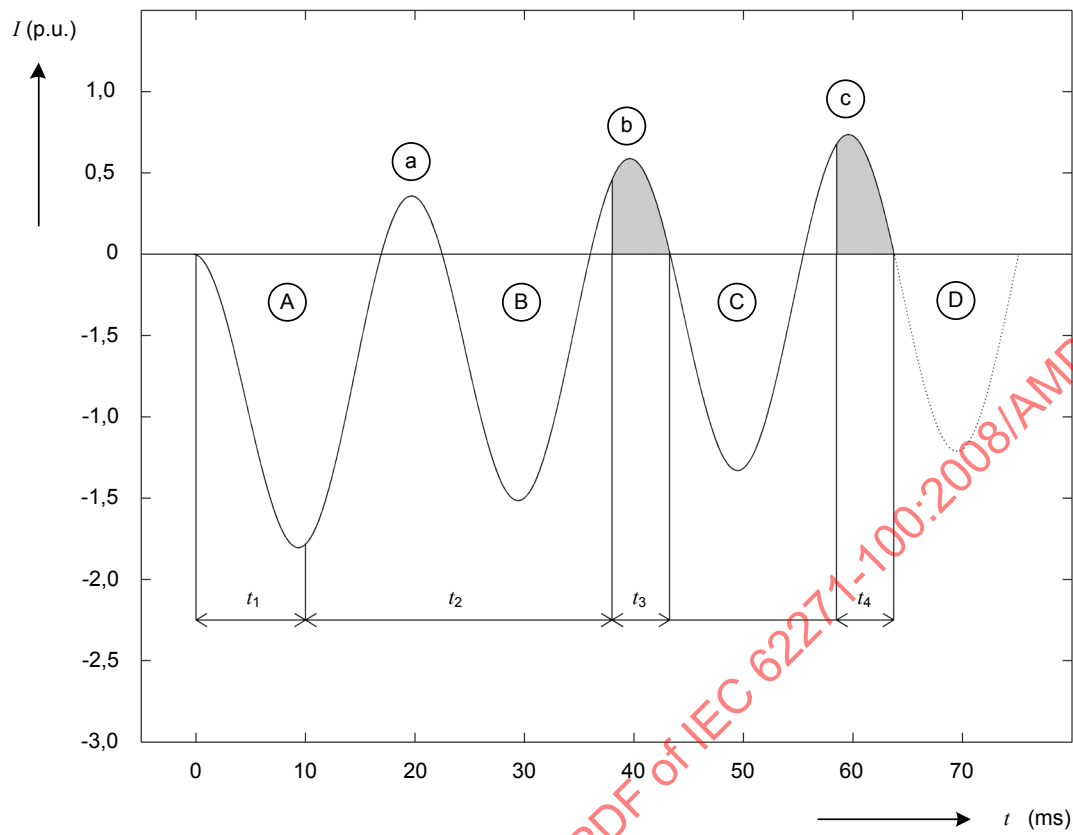
*Remplacer le deuxième alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:*

Des exemples de représentation graphique des trois manœuvres valables de coupure pour un facteur de premier pôle qui coupe égal à 1,5 sont données à la Figure 29 et pour un facteur de premier pôle qui coupe égal à 1,3 à la Figure 30.

#### **6.102.10.2.1.2 Séquence d'essais T100a**

*Ajouter, à la fin du texte existant de ce paragraphe, le nouvel alinéa suivant et la nouvelle Figure 57 suivante:*

Si au cours des essais, la durée d'arc minimale est telle que le disjoncteur ne peut pas couper à la petite alternance prévue (b sur la Figure 57) sans dépasser la fenêtre de durée minimale d'interruption, la procédure monophasée doit être répétée à la petite alternance suivante (c sur la Figure 57). Si au cours de ces essais, la durée d'arc minimale est telle que la durée minimale de coupure se trouve de nouveau dans la fenêtre de durée de coupure d'origine, la grande alternance située entre les deux petites alternances (C sur la Figure 57) doit être retenue pour l'essai. Les durées d'arc moyenne et maximale de la troisième grande alternance doivent être basées sur la durée d'arc minimale de la troisième petite alternance.



### Légende

|   |                             |       |                       |
|---|-----------------------------|-------|-----------------------|
| A | Première grande alternance  | $t_1$ | $t_{\text{relay}}$    |
| B | Deuxième grande alternance  | $t_2$ | $t_{\text{open min}}$ |
| C | Troisième grande alternance | $t_3$ | $t_{\text{arc 1}}$    |
| D | Quatrième grande alternance | $t_4$ | $t_{\text{arc 2}}$    |
| a | Première petite alternance  |       |                       |
| b | Deuxième petite alternance  |       |                       |
| c | Troisième petite alternance |       |                       |

$$t_{\text{arc 1}} = t_{\text{arc min minor loop b}} - 18^\circ$$

$$t_{\text{arc 2}} = t_{\text{arc min minor loop c}}$$

Si  $t_{\text{arc 2}} \leq t_{\text{arc 1}} \rightarrow$  essai de la grande alternance C

Si  $t_{\text{arc 2}} > t_{\text{arc 1}} \rightarrow$  essai de la grande alternance D

**Figure 57 – Détermination de la grande alternance à considérer en essai**

**Tableaux 15 à 22**

*Dans tous les Tableaux numérotés de 15 à 22, supprimer la Note 1 existante et renuméroter la "NOTE 2" en "NOTE".*

**6.102.10.2.3.1 Essais de coupure avec courant symétrique**

*Remplacer, dans le point b) existant de ce paragraphe, les mots "si  $k_{pp} = 1,3$ , ou 1,0" par "si  $k_{pp} = 1,3, 1,2$  ou 1,0".*

**6.102.10.2.5 Séparation des séquences d'essais en séries d'essai en tenant compte de la TTR exacte de chaque pôle qui s'ouvre**

*Remplacer la dernière phrase existante du dernier alinéa de ce paragraphe par la nouvelle phrase suivante:*

Une représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension  $k_p$ , qui détermine la TTR de chaque pôle, est donnée par la Figure 37 et la Figure 58 pour les systèmes avec facteur de premier pôle égal à 1,2 et 1,3, et par la Figure 38 pour les systèmes avec facteur de premier pôle égal à 1,5.

**Tableau 23 – Fenêtre de coupure pour les essais avec courant symétrique**

*Ajouter, à la fin du Tableau 23 existant, la nouvelle ligne suivante:*

|     |        |          |           |
|-----|--------|----------|-----------|
| 1,2 | 0 – 42 | 71 – 113 | 120 – 162 |
|-----|--------|----------|-----------|

**6.104.5.1 Généralités**

*Remplacer le texte existant de ce paragraphe par le nouveau texte suivant:*

La TTR présumée des circuits d'essai doit être déterminée par des méthodes telles que les appareils servant à générer et mesurer l'onde de la TTR soient sans influence pratique sur celle-ci. Elle doit être mesurée aux bornes auxquelles le disjoncteur sera relié avec tous les dispositifs de mesure nécessaires, tels que les diviseurs de tension, etc. Des méthodes appropriées sont décrites dans l'Annexe F (voir aussi 6.104.6). Dans les cas où la mesure n'est pas possible, par exemple dans certains circuits synthétiques, on admet un calcul de la TTR présumée. Des lignes directrices figurent à l'Annexe F.

Pour les circuits triphasés, la TTR présumée se réfère au pôle qui coupe le premier, c'est-à-dire à la tension aux bornes d'un pôle ouvert, les deux autres pôles étant fermés, suivant le circuit d'essai correspondant, comme spécifié en 6.103.3.

La courbe de la TTR présumée pour les essais est représentée par son enveloppe tracée comme l'indique l'Annexe E, et par sa partie initiale.

La TTR spécifiée pour les essais est représentée par un tracé de référence, un segment définissant le retard et une enveloppe de tension transitoire de rétablissement initial (TTRI) de la même façon que la TTR relative au courant de court-circuit assigné, conformément à 4.102.2 et aux Figures 10, 11 et 12.

Les paramètres de la TTR sont définis ci-dessous en fonction de la tension assignée ( $U_r$ ), du facteur de premier pôle ( $k_{pp}$ ) et du facteur d'amplitude ( $k_{af}$ ). Les valeurs réelles de  $k_{pp}$  et de  $k_{af}$  sont indiquées dans les Tableaux 1, 2, 3, 4, 5, 24, 25, 26 et 27. Pour les disjoncteurs de tension assignée comprise entre 100 kV et 800 kV, correspondant à des réseaux dont le neutre est habituellement relié effectivement à la terre, le facteur de premier pôle  $k_{pp}$  est égal

à 1,3, comme indiqué dans le Tableau 26. Pour les disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV, le facteur de premier pôle  $k_{pp}$  est égal à 1,2, comme indiqué dans le Tableau 26. Pour les disjoncteurs dans des réseaux de 100 kV à 170 kV, dont le neutre est relié non effectivement à la terre,  $k_{pp}$  est égal à 1,5, comme indiqué dans le Tableau 27.

a) *Pour les tensions assignées inférieures à 100 kV*

On utilise un tracé de référence de la TTR présumée à deux paramètres pour toutes les séquences d'essais.

- Dans le Tableau 24, pour les disjoncteurs de réseaux par câbles.

La valeur de crête de la TTR est  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_r$  où  $k_{af}$  est égal à 1,4 pour la séquence d'essais T100, 1,5 pour la séquence T60, 1,6 pour la séquence T30, 1,7 pour la séquence T10 et 1,25 pour la coupure en discordance de phase.

Le temps  $t_3$  pour la séquence T100 est déduit du Tableau 24. Le temps  $t_3$  pour les séquences T60, T30 et T10 est obtenu en multipliant le temps  $t_3$  pour la séquence T100 par 0,44 (pour T60), 0,22 (pour T30) et 0,22 (pour T10).

- Dans le Tableau 25, pour les disjoncteurs de réseaux aériens.

La valeur de crête de la TTR est  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_r$  où  $k_{af}$  est égal à 1,54 pour la séquence d'essais T100 et pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne, 1,65 pour la séquence T60, 1,74 pour la séquence T30, 1,8 pour la séquence T10 et 1,25 pour la coupure en discordance de phase.

Le temps  $t_3$  pour la séquence T100 est déduit du Tableau 25. Le temps  $t_3$  pour les séquences T60, T30 et T10 est obtenu en multipliant le temps  $t_3$  pour la séquence T100 par 0,67 (pour T60), 0,40 (pour T30) et 0,40 (pour T10).

- Le temps de retard  $t_d$  pour la séquence T100 est  $0,15 \times t_3$  pour les réseaux par câbles,  $0,05 \times t_3$  pour les réseaux aériens,  $0,05 \times t_3$  pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne. Pour les réseaux aériens, le temps de retard  $t_d$  pour la séquence d'essais T100 peut être prolongé jusqu'à  $0,15 \times t_3$  si des essais de défaut proche en ligne sont effectués.
- Le temps de retard  $t_d$  est  $0,15 \times t_3$  pour les séquences T60, T30 et T10 et pour la coupure en discordance de phases.
- Tension  $u' = u_c/3$ .
- Le temps  $t'$  est déterminé à partir de  $u'$ ,  $t_3$  et  $t_d$  selon la Figure 11,  $t' = t_d + t_3/3$ .

b) *Pour les tensions assignées de 100 kV à 800 kV*

On utilise un tracé de référence de la TTR présumée à quatre paramètres pour les séquences T100 et T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne  $L_{90}$  et  $L_{75}$  et pour les séquences d'essais en discordance de phases OP1 et OP2, et à deux paramètres pour les séquences d'essais T30 et T10.

- Première tension de référence  $u_1 = 0,75 \times k_{pp} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$
- Pour les séquences d'essais de défaut aux bornes, le temps  $t_1$  est déduit de  $u_1$  et de la valeur spécifiée de la vitesse d'accroissement  $u_1/t_1$ . Pour les séquences d'essais OP1 et OP2,  $t_1$  est égal à deux fois  $t_1$  pour la séquence d'essais T100 et la vitesse d'accroissement est déduite de  $u_1$  et  $t_1$ .
- Valeur de crête de TTR  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$

où  $k_{af}$  est égal à 1,4 pour la séquence T100 et pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne, 1,5 pour la séquence T60, 1,54 pour la séquence T30,  $0,9 \times 1,7$  pour la séquence T10 et 1,25 pour la coupure en discordance de phases.

- Le temps  $t_2$  est égal à  $4t_1$  pour la séquence T100 et pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne et entre  $t_2$  (pour T100) et  $2t_2$  (pour T100) pour la coupure en discordance de phases. Le temps  $t_2$  est égal à  $6t_1$  pour la séquence T60.
- Pour les séquences T30 et T10, le temps  $t_3$  est déduit de  $u_c$  et de la valeur spécifiée de la vitesse d'accroissement  $u_c/t_3$ .
- Le retard  $t_d$  est de  $2 \mu s$  pour la séquence T100, entre  $2 \mu s$  et  $0,3 t_1$  pour la séquence T60, entre  $2 \mu s$  et  $0,1 t_1$  pour les séquences OP1 et OP2. Le retard est  $0,15 t_3$  pour les séquences T30 et T10. Pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne, le retard est de  $2 \mu s$ . Lorsque des essais de défaut proche en ligne sont effectués, le retard  $t_d$  pour la séquence d'essais T100 peut être prolongé jusqu'à  $0,28 t_1$ . Les valeurs de  $t_d$  à utiliser pour les essais sont données de 6.104.5.2 à 6.104.5.5.
- La tension  $u' = u_1/2$  pour les séquences T100 et T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne et pour la coupure en discordance de phases, et  $u_c/3$  pour les séquences T30 et T10.
- Le temps  $t'$  est déduit de  $u'$ ,  $u_1/t_1$  et  $t_d$  pour les séquences T100, T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne et pour la coupure en discordance de phases, selon la Figure 10; et de  $u'$ ,  $u_c/t_3$  et  $t_d$  pour les séquences T30 et T10 selon la Figure 11.

c) *Pour les tensions assignées supérieures à 800 kV*

On utilise un tracé de référence de la TTR présumée à quatre paramètres pour les séquences T100 et T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne  $L_{90}$  et  $L_{75}$  et à deux paramètres pour les séquences T30 et T10 et pour les séquences d'essais en discordance de phases OP1 et OP2.

- Première tension de référence  $u_1 = 0,75 \times k_{pp} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$
- Pour les séquences d'essais de défaut aux bornes, le temps  $t_1$  est déduit de  $u_1$  et de la valeur spécifiée de la vitesse d'accroissement  $u_1/t_1$ .
- Pour les séquences d'essais en discordance de phases OP1 et OP2, le temps  $t_3$  est déduit de  $u_c$  et de la valeur spécifiée de la vitesse d'accroissement.
- Valeur de crête de TTR  $u_c = k_{pp} \times k_{af} \times U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$

où  $k_{af}$  est égal à 1,5 pour la séquence T100 et pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne, 1,5 pour la séquence T60, 1,54 pour la séquence T30, 1,76 pour la séquence T10 et 1,25 pour la coupure en discordance de phases.

- Le temps  $t_2$  est égal à  $3 t_1$  pour la séquence d'essais T100 et pour le circuit côté alimentation pour le défaut proche en ligne. Le temps  $t_2$  est égal à  $4,5 t_1$  pour la séquence T60.
- Pour les séquences T30 et T10, le temps  $t_3$  est déduit de  $u_c$  et de la valeur spécifiée de la vitesse d'accroissement  $u_c/t_3$ .
- Le temps de retard  $t_d$  est  $2 \mu s$  pour la séquence T100, entre  $2 \mu s$  et  $0,3 t_1$  pour la séquence T60. Le retard est de  $0,15 t_3$  pour les séquences d'essais T30 et T10,  $0,05 t_3$  pour les séquences d'essais OP1 et OP2. Pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne, le temps de retard est de  $2 \mu s$ . Lorsque des essais de défaut proche en ligne sont effectués, le temps de retard  $t_d$  pour la séquence d'essais T100

peut être prolongé jusqu'à  $0,28 t_1$ . Les valeurs de  $t_d$  à utiliser pour les essais sont données de 6.104.5.2 à 6.104.5.5.

- La tension  $u' = u_1/2$  pour les séquences T100 et T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne et pour la coupure en discordance de phases, et  $u_c/3$  pour les séquences T30, T10 et pour les séquences d'essais en discordance de phases.
- Le temps  $t'$  est déduit de  $u'$ ,  $u_1/t_1$  et  $t_d$  pour les séquences T100, T60, pour le circuit d'alimentation du défaut proche en ligne selon la Figure 10; et de  $u'$ ,  $u_c/t_3$  et  $t_d$  pour les séquences T30, T10 et pour les séquences d'essais en discordance de phases selon la Figure 11.

L'onde de la TTR présumée du circuit d'essai doit être conforme aux deux exigences suivantes:

- Exigence a)

Son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié.

NOTE 1 Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié (voir 6.104); ce point est particulièrement important lorsqu'on utilise des enveloppes à deux paramètres alors que des tracés de référence à quatre paramètres ont été spécifiés, et lorsqu'on utilise des enveloppes à quatre paramètres alors que des tracés de référence à deux paramètres ont été spécifiés.

NOTE 2 Pour la commodité des essais, il est permis de réaliser avec une TTR à deux paramètres les séquences d'essais pour lesquelles une TTR à quatre paramètres est spécifiée, sous réserve que la vitesse d'accroissement de la tension de rétablissement corresponde à la valeur normale  $u_1/t_1$  et la valeur de crête de tension à la valeur normale  $u_c$ . Cette procédure requiert le consentement du constructeur.

- Exigence b)

Sa partie initiale doit satisfaire aux exigences de la TTRI spécifiée. La TTRI doit être considérée comme un défaut proche en ligne. Par conséquent, il est nécessaire de mesurer le circuit de TTRI indépendamment du circuit d'alimentation, d'une manière inhérente. La TTRI est définie par la valeur de crête  $u_i$  et par le temps correspondant  $t_i$  (Figure 12b). La forme d'onde présumée doit suivre un segment de ligne droite de référence du point de démarrage de la TTRI au point défini par  $u_i$  et  $t_i$ . La forme d'onde de TTRI inhérente doit suivre le tracé de référence de 20 % à 80 % de la valeur crête de TTRI. Des écarts par rapport au tracé de référence sont permis lorsque l'amplitude de la TTRI est inférieure à 20 % et supérieure à 80 % de la valeur de crête de la TTRI spécifiée. Elle ne doit pas être significativement plus grande que le tracé de référence mentionné ci-dessus. Si 80 % de la valeur ne peut être atteinte sans augmenter de manière significative la vitesse d'accroissement de la TTRI, il est préférable d'accroître la valeur de crête  $u_i$  au-dessus de la valeur spécifiée pour atteindre le point 80 %. La vitesse d'accroissement de la TTRI ne doit pas augmenter car cela correspondrait à un changement d'impédance et donc à un changement important de la sévérité de l'essai.

Il est nécessaire de réaliser les essais pour les séquences T100a, T100s et L<sub>90</sub> avec les conditions de tension transitoire de rétablissement initiale (TTRI). Si toutefois un disjoncteur de tension assignée inférieure ou égale à 800 kV a une caractéristique assignée de défaut proche en ligne, les exigences de TTRI sont considérées comme étant satisfaites si les essais de défaut proche en ligne sont réalisés avec une ligne introduisant un retard inférieur à 100 ns (voir aussi 6.104.5.2).

Si un disjoncteur de tension assignée supérieure à 800 kV a une caractéristique assignée de défaut proche en ligne, les exigences de TTRI sont considérées comme étant satisfaites si les essais de défaut proche en ligne sont réalisés avec une ligne introduisant un retard inférieur à 100 ns et une impédance d'onde de 450  $\Omega$  (voir aussi 6.104.5.2 et 6.109.3).

Puisque la TTRI est proportionnelle à l'impédance d'onde du jeu de barres et au courant, les exigences de TTRI peuvent être négligées dans le cas des disjoncteurs installés dans des appareillages sous enveloppe métallique isolés au gaz parce que l'impédance d'onde est faible et pour tous les disjoncteurs de pouvoir de coupure assigné en court-circuit inférieur à 25 kA. Il en est de même, pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure à 100 kV à cause des faibles dimensions des jeux de barres.

#### 6.104.5.2 Séquences d'essais T100s et T100a

*Remplacer le dernier alinéa existant de ce paragraphe par les deux nouveaux alinéas suivants:*

Lorsque des essais de défaut proche en ligne doivent également être effectués, il peut être commode de combiner les exigences de TTRI et les exigences du défaut proche en ligne, du côté ligne. Si la TTRI est combinée avec la tension transitoire d'une ligne courte introduisant le retard  $t_{dL}$  spécifié dans le Tableau 8, la contrainte totale est pratiquement égale à la contrainte due à une ligne courte introduisant un retard inférieur à 100 ns et une impédance d'onde de 450  $\Omega$ . Par conséquent, les exigences de la TTRI des séquences d'essais T100s et T100a sont considérées comme satisfaites si les séquences d'essais de défaut proche en ligne sont effectuées avec une ligne courte introduisant un retard inférieur à 100 ns et une impédance d'onde de 450  $\Omega$  (voir 6.109.3) à moins que les deux bornes ne soient pas identiques du point de vue électrique (comme c'est le cas par exemple, quand une capacité additionnelle est utilisée comme il est indiqué dans la Note 4 du 6.109.3).

Lorsque des séquences d'essai de défaut proche en ligne avec un retard inférieur à 100 ns sont utilisées pour satisfaire aux exigences de TTRI, la partie initiale de la tension transitoire côté ligne allant jusqu'à  $0,2 u_L$  ne doit pas être inférieure au tracé de référence de défaut proche en ligne (SLF) de 20 % à 80 % sauf si le temps de retard défini sur la Figure 16b est inférieur à 100 ns.

#### 6.104.5.4 Séquence d'essais T30

*Remplacer le point a) existant de ce paragraphe par le nouveau point a) suivant:*

- a) Pour les tensions assignées inférieures à 100 kV, les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans
- le Tableau 24, pour les disjoncteurs de réseaux par câbles,
  - le Tableau 25, pour les disjoncteurs de réseaux aériens.

Si de petites valeurs du temps  $t_3$  ne peuvent pas être satisfaites, la durée la plus courte pouvant être satisfaite doit être utilisée. Les valeurs utilisées doivent être consignées dans le rapport d'essai.

*Remplacer la note existante de ce paragraphe par la nouvelle note suivante:*

NOTE L'apport des transformateurs au courant de court-circuit est relativement plus important pour les faibles valeurs de courant de court-circuit comme dans T30 et T10. Cependant, la plupart des réseaux ont un neutre effectivement à la terre pour les tensions assignées de 100 kV jusqu'à 800 kV. Pour des réseaux et transformateurs à neutre effectivement à la terre, le facteur de premier pôle qui coupe de 1,3 est applicable pour toutes les séquences d'essais sauf pour T10 pour laquelle un facteur de premier pôle qui coupe de 1,5 est utilisé afin de prendre aussi en compte les défauts alimentés par un transformateur. Pour des tensions assignées supérieures à 800 kV, le facteur de premier pôle qui coupe de 1,2 est applicable à toutes les séquences d'essais.

Dans des réseaux de tension assignée de 100 kV à 170 kV inclus, des transformateurs à neutre non effectivement à la terre sont en service, même si le reste du réseau peut avoir un neutre effectivement à la terre. Ces réseaux sont considérés comme étant des cas particuliers et sont couverts dans les Tableaux 4 et 27 où les TTR spécifiées pour toutes les séquences d'essais sont basées sur un facteur de premier pôle égal à 1,5. Pour les tensions assignées supérieures à 170 kV, tous les réseaux et leurs transformateurs sont considérés comme ayant des neutres effectivement à la terre.

#### 6.104.5.5 Séquence d'essais T10

*Remplacer les tirets existants du point a) de ce paragraphe par les nouveaux tirets suivants:*

- le Tableau 24, pour les disjoncteurs de réseaux par câbles,
- le Tableau 25, pour les disjoncteurs de réseaux aériens.

*Remplacer le dernier alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:*

Si de petites valeurs du temps  $t_3$  ne peuvent pas être satisfaites, la durée la plus courte pouvant être satisfaite doit être utilisée. Les valeurs utilisées doivent être consignées dans le rapport d'essai.

#### 6.104.5.6 Séquences d'essais OP1 et OP2

Remplacer le dernier alinéa existant de ce paragraphe existant par le nouvel alinéa suivant:

Pour les tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV, les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans les Tableaux 3, 4 et 5. Deux valeurs des temps  $t_d$  et  $t'$  sont données. Elles indiquent les limites inférieures et supérieures des valeurs qu'il convient d'utiliser pour les essais.

#### Tableau 25 – Valeurs normales de la TTR<sup>c</sup> présumée pour les disjoncteurs de classe S2 – Tensions assignées égales ou supérieures à 15 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres

Remplacer la note de bas de tableau <sup>c</sup> existante de ce tableau par la nouvelle note de bas de tableau <sup>c</sup> suivante:

<sup>c</sup> Lorsque deux valeurs de temps  $t_d$  and  $t'$  sont données pour la séquence d'essais T100, séparées par des parenthèses,  $t_d$  entre parenthèses est la limite supérieure du retard  $t_d$  pouvant être utilisée pour la séquence d'essais T100 si des essais de défaut proche en ligne sont aussi effectués. Dans ce cas, le segment définissant le retard se termine à  $t'$  indiqué entre parenthèses. Si cela n'est pas le cas, les valeurs les plus faibles de  $t_d$  et  $t'$  sont applicables.

#### Tableau 26 – Valeurs normales de la TTR présumée – Tensions assignées de 100 kV à 800 kV, cas des réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres (T100, T60, OP1 et OP2) ou deux paramètres (T30, T10)

Remplacer le titre existant de ce tableau par le nouveau titre suivant:

#### Tableau 26 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

Ajouter, après la ligne existante commençant par "800", les nouvelles lignes suivantes:

|       |         |     |      |     |     |      |      |         |     |           |      |
|-------|---------|-----|------|-----|-----|------|------|---------|-----|-----------|------|
| 1 100 | T100    | 1,2 | 1,50 | 808 | 404 | 1617 | 1212 | 2 (113) | 404 | 204 (315) | 2    |
|       | T60     | 1,2 | 1,50 | 808 | 269 | 1617 | 1212 | 2-81    | 404 | 137-216   | 3    |
|       | T30     | 1,2 | 1,54 | -   | -   | 1660 | 332  | 50      | 553 | 161       | 5    |
|       | T10     | 1,2 | 1,76 | -   | -   | 1897 | 271  | 41      | 632 | 131       | 7    |
|       | OP1-OP2 | 2   | 1,25 | -   | -   | 2245 | 1458 | 2-73    | 748 | 488-559   | 1,54 |
| 1 200 | T100    | 1,2 | 1,50 | 882 | 441 | 1764 | 1323 | 2 (123) | 441 | 222 (343) | 2    |
|       | T60     | 1,2 | 1,50 | 882 | 294 | 1764 | 1323 | 2-88    | 441 | 149-235   | 3    |
|       | T30     | 1,2 | 1,54 | -   | -   | 1811 | 362  | 54      | 604 | 175       | 5    |
|       | T10     | 1,2 | 1,76 | -   | -   | 2069 | 296  | 44      | 690 | 143       | 7    |
|       | OP1-OP2 | 2   | 1,25 | -   | -   | 2449 | 1590 | 2-80    | 816 | 532-610   | 1,54 |

Remplacer la Note 1 existante de ce tableau par la nouvelle Note 1 suivante:

NOTE 1 Lorsque deux valeurs de temps  $t_d$  et  $t'$  sont données pour la séquence d'essais T100, séparées par des parenthèses,  $t_d$  entre parenthèses est la limite supérieure du retard  $t_d$  pouvant être utilisée pour la séquence d'essais T100 si des essais de défaut proche en ligne sont aussi effectués. Dans ce cas, le segment de retard se

termine à  $t'$  indiqué entre parenthèses. Si cela n'est pas le cas, les valeurs les plus faibles de  $t_d$  et  $t'$  sont applicables.

Lorsque deux valeurs de temps  $t_d$  et  $t'$  sont données pour les séquences d'essais de défaut aux bornes T60 et les séquences d'essais en discordance de phases OP1 et OP2, elles indiquent les limites inférieures et supérieures qu'il convient d'utiliser pour l'essai. Il convient que les valeurs de retard  $t_d$  et de temps  $t'$  lors de l'essai ne soient ni plus faibles que les limites inférieures respectives, ni plus élevées que les limites supérieures respectives.

**Tableau 27 – Valeurs normales de la TTR présumée – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas des réseaux à neutre non effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres (T100, T60, OP1 et OP2) ou deux paramètres (T30 et T10)**

*Remplacer la Note 1 existante de ce tableau par la nouvelle Note 1 suivante:*

NOTE 1 Lorsque deux valeurs de temps  $t_d$  et  $t'$  sont données pour la séquence d'essais T100, séparées par des parenthèses,  $t_d$  entre parenthèses est la limite supérieure du retard  $t_d$  pouvant être utilisée pour la séquence d'essais T100 si des essais de défaut proche en ligne sont aussi effectués. Dans ce cas, le segment de retard se termine à  $t'$  indiqué entre parenthèses. Si cela n'est pas le cas, les valeurs les plus faibles de  $t_d$  et  $t'$  sont applicables.

Lorsque deux valeurs de temps  $t_d$  et  $t'$  sont données pour les séquences d'essais de défaut aux bornes T60 et les séquences d'essais en discordance de phases OP1 et OP2, elles indiquent les limites inférieures et supérieures qu'il convient d'utiliser pour l'essai. Il convient que les valeurs de retard  $t_d$  et de temps  $t'$  lors de l'essai ne soient ni plus faibles que les limites inférieures respectives, ni plus élevées que les limites supérieures respectives.

**6.104.7 Tension de rétablissement à fréquence industrielle**

*Remplacer le point b) existant par le nouveau point b) suivant:*

- b) Pour les essais en monophasé d'un disjoncteur tripolaire, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale au produit de la valeur phase-terre  $U_r/\sqrt{3}$  par le facteur de premier pôle qui coupe (1,2, 1,3 ou 1,5); la tension de rétablissement à fréquence industrielle peut être ramenée à  $U_r/\sqrt{3}$  après une durée égale à une période de la fréquence assignée.

**6.105.1 Intervalle de temps entre les essais**

*Ajouter, dans le deuxième alinéa existant, les mots "mais tenant compte du 6.105.3," entre "indiqués en 4.104," et "sous réserve de la disposition suivante".*

**6.105.3 Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais d'établissement-coupe**

*Remplacer le texte existant de ce paragraphe par le nouveau texte suivant:*

Au cours des essais d'établissement-coupe, la source d'énergie auxiliaire ne doit pas être appliquée aux déclencheurs d'ouverture avant que le disjoncteur n'ait atteint sa position de fermeture. Au cours de manœuvres de fermeture-ouverture de la séquence d'essais en court-circuit, la source d'énergie ne doit pas être appliquée avant qu'au moins une demi-période ne se soit écoulée depuis l'instant où les contacts se touchent. La durée de fermeture-ouverture doit rester aussi proche que possible de la durée de fermeture-ouverture minimale (voir note de 3.7.143) mais il est permis de retarder l'ouverture du disjoncteur de telle façon que la composante aperiodique à la séparation des contacts soit dans les limites autorisées.

**Tableau 28 – Paramètres de TTR pour les essais de défaut monophasé et de double défaut à la terre**

*Remplacer l'équation existante de ce tableau " $4 \times t_{1,sp}$ " par la note de bas de tableau "a".*

*Ajouter, à la fin du tableau existant, la nouvelle note de bas de tableau suivante:*

- <sup>a</sup>  $4 \times t_{1, sp}$  pour les tensions assignées comprises entre 100 kV et 800 kV inclus,  $3 \times t_{1, sp}$  pour les tensions assignées supérieures à 800 kV.

### 6.109.1 Cas d'application

*Remplacer le deuxième alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:*

Les essais de défaut proche en ligne sont requis pour les disjoncteurs de classe S2 prévus pour être directement raccordés à des lignes aériennes, quel que soit le type de réseau du côté alimentation, et ayant une tension assignée supérieure ou égale à 15 kV et inférieure à 100 kV et un pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA. Des essais de défauts proches en ligne sont également exigés pour tous les disjoncteurs prévus pour être directement raccordés à des lignes aériennes et dont la tension assignée est égale ou supérieure à 100 kV et le pouvoir de coupure assigné en court-circuit supérieur à 12,5 kA.

### 6.109.3 Circuit d'essai

*Remplacer, dans le texte existant de ce paragraphe, « retard négligeable » par « retard inférieur à 100 ns » (4 occurrences).*

*Remplacer le troisième alinéa commençant par "La représentation de la TTRI..." existant par les deux nouveaux alinéas suivants:*

La représentation de la TTRI du côté alimentation peut être négligée si on utilise une oscillation de tension côté ligne avec un temps de retard inférieur à 100 ns.

La Figure 16b montre la détermination du retard côté ligne dans le cas d'une vitesse d'accroissement non linéaire. La tangente à la TTR côté ligne tracée en parallèle à la ligne passant par  $0,2 \times u_L$  et  $0,8 \times u_L$  coupe la ligne de zéro au temps  $t_{dL}$ .

*Remplacer la Note 1 existante par la nouvelle Note 1 suivante:*

NOTE 1 (Vide)

*Ajouter le nouveau texte suivant après le septième alinéa commençant par « Les autres caractéristiques des circuits d'alimentation ... »:*

Le cas échéant, un disjoncteur de tension assignée supérieure à 800 kV peut faire l'objet d'un essai avec une ligne ayant un retard inférieur à 100 ns et une impédance d'onde de 450  $\Omega$  (voir 6.104.5.1). Si le disjoncteur échoue pendant cette procédure d'essai au bout d'un temps correspondant à la première crête de TTRI, l'essai peut être répété, le circuit d'essai requis ayant la TTRI spécifiée et une ligne ayant une impédance d'onde de 330  $\Omega$  et le retard spécifié ( $t_{dL}$ ). Dans les deux cas, il n'est pas requis d'effectuer T100s et T100a avec des circuits reproduisant la TTRI assignée.

### 6.110.3 Séquences d'essais

*Remplacer la Note 2 existante par la nouvelle note suivante:*

NOTE 2 Des tensions de rétablissement à fréquence industrielle correspondant à des facteurs de discordance de phases de 2,0 p.u. et 2,5 p.u. sont spécifiées pour la coupure, respectivement, dans les réseaux à neutre relié effectivement à la terre et dans les réseaux à neutre relié non effectivement à la terre, étant donné qu'elles couvrent la grande majorité des applications des disjoncteurs destinés à effectuer des manœuvres lors de discordances de phases (voir 8.103.3). L'angle de discordance de phases correspondant à 2,0 p.u. dans les réseaux à neutre relié effectivement à la terre est d'environ 105° pour des tensions assignées allant jusqu'à 800 kV et d'environ 115° pour des tensions assignées supérieures à 800 kV. L'angle de discordance de phases correspondant à 2,5 p.u. dans les réseaux à neutre relié non effectivement à la terre est d'environ 115°. Toutefois, des valeurs d'angle supérieures sont satisfaites lorsque l'on considère d'autres facteurs tels que la non simultanéité des crêtes de tension, un  $k_{pp}$  inférieur (voir la CEI 62271-306 [4]).

#### 6.111.9.1.1 Séquences d'essais pour la classe C2

Remplacer, dans le dixième alinéa, les deuxième et troisième tirets par les nouveaux tirets suivants:

- la tension d'essai doit être la tension phase-terre;
- l'établissement doit survenir dans les limites de  $\pm 25^\circ$  de la crête (sur une même phase pour les essais en triphasé) et doit être distribué de manière régulière dans les deux polarités.

Remplacer l'alinéa commençant par « L'ordre recommandé pour les séquences d'essais d'établissement et de coupure de lignes ... » par le nouvel alinéa suivant:

Aucun ordre préférentiel n'est spécifié pour les séquences d'essais d'établissement et de coupure de lignes à vide et de câbles à vide à l'exception du fait que l'essai de préconditionnement requis au niveau T60 doit être effectué au début de l'essai.

#### 6.111.9.1.2 Essais triphasés d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide et de câbles à vide

Remplacer la phrase existante avant la Note par la nouvelle phrase suivante:

À l'exception des essais complémentaires, toutes les durées d'arc distribuées et minimales doivent être obtenues sur la même phase.

#### 6.111.9.2.1 Séquences d'essais pour la classe C1

Remplacer, dans le quatrième alinéa existant de ce paragraphe, le chiffre " $\pm 15^\circ$ " par " $\pm 25^\circ$ ".

Ajouter, dans la dernière phrase du quatrième alinéa existant, le mot "inhérent" entre "le pouvoir de fermeture" et "doit être au moins égal...".

Remplacer les deuxième et troisième tirets de la première liste par les nouveaux tirets suivants:

- la tension d'essai doit être la tension phase-terre;
- l'établissement doit survenir dans les limites de  $\pm 25^\circ$  de la crête (sur une même phase pour les essais en triphasé) et doit être distribué de manière régulière dans les deux polarités.

Ajouter le nouvel alinéa suivant à la fin du texte existant de ce paragraphe:

Aucun ordre préférentiel n'est spécifié pour les essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs.

#### Tableau 32 – Valeurs spécifiées de $u_1$ , $t_1$ , $u_c$ et $t_2$

Remplacer les deux dernières lignes existantes de ce tableau par les trois nouvelles lignes suivantes:

- \*  $k_{af} = 1,4$  (voir Tableaux 1, 3 et 5) pour les disjoncteurs de classe S1 et pour les disjoncteurs de tension assignée de 100 kV jusqu'à 800 kV;
- $k_{af} = 1,5$  (voir Tableau 5) pour les disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV;
- $k_{af} = 1,54$  (voir Tableau 2) pour les disjoncteurs de classe S2.

### 8.103.1 Choix du pouvoir de coupure assigné en court-circuit

*Remplacer le troisième alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:*

Les courbes de la Figure 9 correspondent à une composante périodique constante et à un facteur de puissance en court-circuit donnés dans le Tableau 35, correspondant à une constante de temps apériodique  $\tau = 45$  ms (c'est-à-dire, la constante de temps apériodique pour des tensions assignées allant jusqu'à 800 kV, cette valeur comprise), 60 ms, 75 ms et 120 ms (c'est-à-dire, la constante de temps apériodique normale pour des tensions assignées supérieures à 800 kV).

*Remplacer le cinquième alinéa existant de ce paragraphe par le nouvel alinéa suivant:*

Lorsque le point d'utilisation est électriquement suffisamment éloigné des machines tournantes, la diminution de la composante périodique au moment du défaut est négligeable et il est seulement nécessaire de vérifier que, dans le cas de 50 Hz, le facteur de puissance en court-circuit n'est pas inférieur à 0,071 pour la constante de temps apériodique normalisée de  $\tau = 45$  ms, ou 0,026 dans le cas d'une constante de temps apériodique normalisée  $\tau = 120$  ms, et que la durée minimale de la protection par relais de l'équipement de protection n'est pas inférieure à une demi-période de la fréquence assignée. Dans ces conditions, il suffit que le pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur choisi ne soit pas inférieur à la valeur efficace du courant de court-circuit à l'endroit où le disjoncteur doit être installé.

### 8.103.2 Choix de la tension transitoire de rétablissement (TTR) dans le cas de défaut aux bornes, du facteur de premier pôle et des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne

*Remplacer les quatrième et cinquième alinéas de ce paragraphe par les nouveaux alinéas suivants:*

Les valeurs normalisées indiquées pour les tensions assignées inférieures à 100 kV sont applicables à un facteur de premier pôle  $k_{pp}$  de 1,5. Pour les tensions assignées de 100 kV à 800 kV,  $k_{pp}$  est de 1,3 car la plupart des réseaux de tension supérieure ou égale à 100 kV ont un neutre relié effectivement à la terre. Pour les tensions assignées de 100 kV à 170 kV, le choix d'un  $k_{pp}$  compris entre 1,3 et 1,5 est pour les cas spéciaux d'application dans des réseaux avec un neutre relié non effectivement à la terre (voir aussi la note du 6.104.5.4). Pour les tensions assignées supérieures à 800 kV,  $k_{pp}$  est égal à 1,2.

Les valeurs de  $k_{pp}$  de 1,3 et 1,2 correspondent à un réseau à neutre effectivement à la terre où des défauts triphasés isolés de la terre sont considérés comme fortement improbables. Il convient d'utiliser  $k_{pp} = 1,5$  pour les applications à des réseaux à neutre non effectivement à la terre. Un  $k_{pp} = 1,5$  peut être nécessaire pour les applications à des réseaux à neutre effectivement à la terre lorsqu'on ne peut pas négliger la probabilité de défauts triphasés isolés de la terre et pour les applications à des réseaux autres qu'à neutre effectivement à la terre.

*Remplacer la phrase existante entre la Note 3 et la Note 4 par la nouvelle phrase suivante:*

Ces cas sont traités à l'Annexe M.

*Supprimer la Note 4 existante de ce paragraphe.*

### 8.103.3 Choix des caractéristiques en cas de discordance de phases

*Ajouter, après le texte existant de ce paragraphe, le nouvel alinéa suivant:*

Dans le cas d'applications de disjoncteurs de tensions assignées supérieures à 800 kV, un angle de discordance de phases d'environ 115° est couvert; toutefois, des valeurs d'angle

supérieures sont couvertes lorsqu'on tient compte d'autres facteurs tels que la non simultanéité des crêtes de tension, un  $k_{pp}$  inférieur (voir la CEI 62271-306 [4]).

#### 8.103.4 Choix du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

*Remplacer les deux premiers alinéas existants de ce paragraphe par les nouveaux alinéas suivants:*

Comme indiqué en 4.103, le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit d'un disjoncteur est déduit de la tension assignée et dépend de la fréquence assignée et de la constante de temps de la composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. Pour une fréquence assignée de 50 Hz et pour la constante de temps  $\tau = 45$  ms, il est égal à 2,5 fois (c'est-à-dire approximativement à  $1,8\sqrt{2}$  fois) la composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur. Pour une fréquence assignée de 60 Hz et pour la constante de temps  $\tau = 45$  ms, il est égal à 2,6 fois la composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit du disjoncteur.

Dans les cas des autres constantes de temps apériodiques, telles que définies en 4.101.2 (60 ms, 75 ms ou 120 ms), prenant en compte les explications de I.2, le pouvoir de fermeture assigné est de 2,7 fois la composante périodique du pouvoir de coupure assigné du disjoncteur, pour des fréquences assignées à la fois de 50 Hz et 60 Hz.

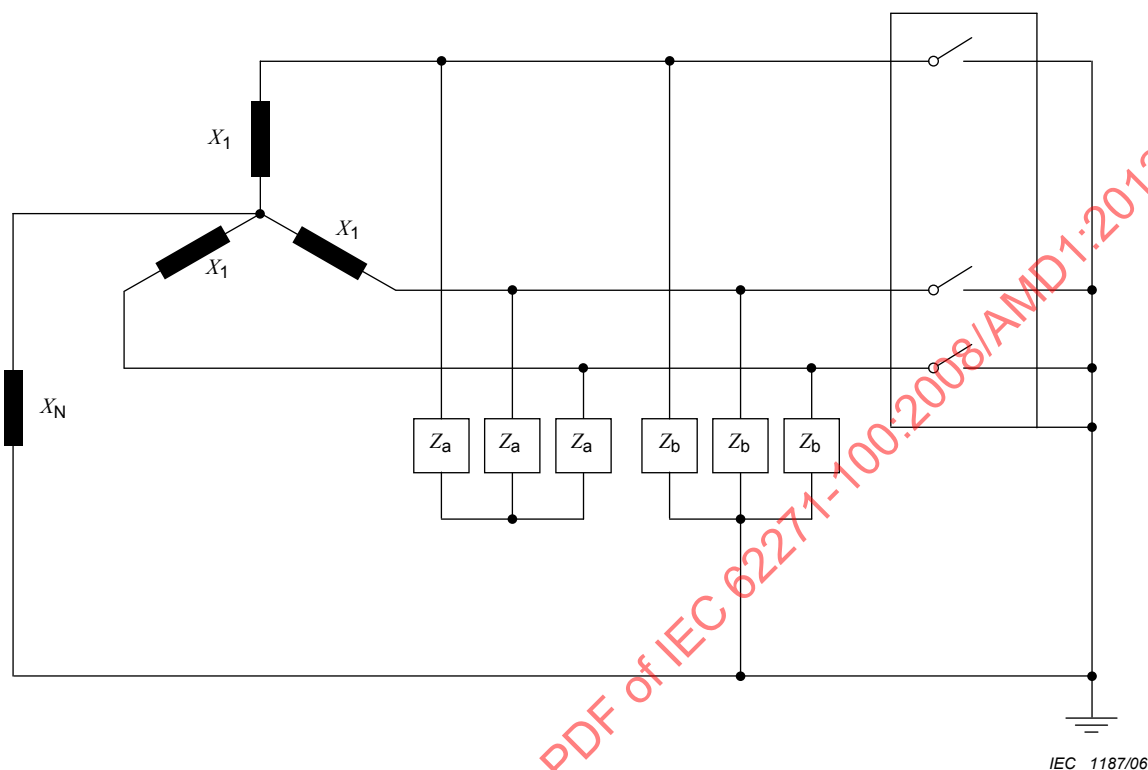
**Figure 9 – Pourcentage de la composante apériodique en fonction de l'intervalle de temps à partir du début du courant de court-circuit pour la constante de temps normale  $\tau_1$  et pour les constantes de temps  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  et  $\tau_4$  des applications particulières**

*Remplacer le titre existant de cette figure par le nouveau titre suivant:*

**Figure 9 – Pourcentage de la composante apériodique en fonction de l'intervalle de temps à partir du début du courant de court-circuit pour les différentes constantes de temps**

**Figure 13 – Représentation d'un court-circuit triphasé**

Remplacer la figure existante par la nouvelle figure suivante:



**Légende**

- $X_N$  impédance de neutre de la source
- $X_1$  composante directe de la réactance de court-circuit
- $Z_a$  impédance entre phases du circuit de TTR
- $Z_b$  impédance phase-terre du circuit de TTR

$X_N$  très supérieure à  $X_1$  pour un facteur de 1<sup>er</sup> pôle égal à 1,5

$X_N$  0,75  $X_1$  pour un facteur de 1<sup>er</sup> pôle égal à 1,3

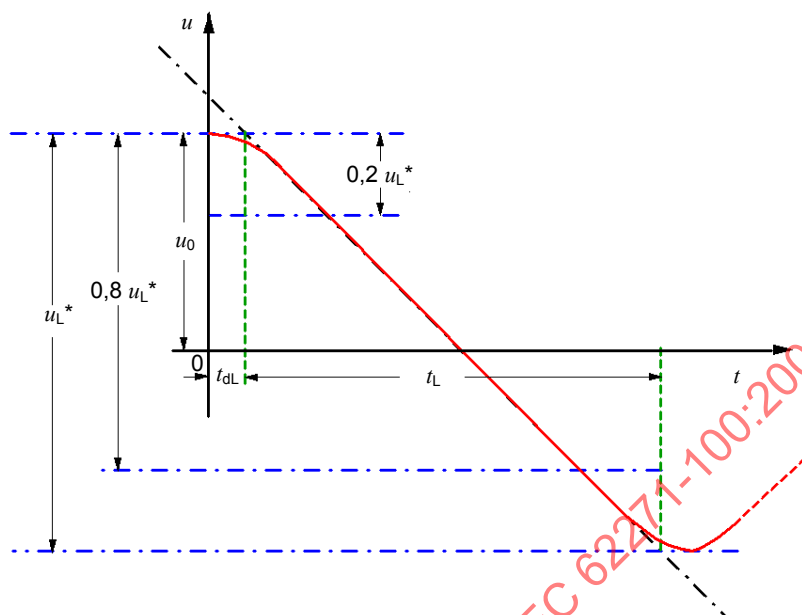
$X_N$  0,33  $X_1$  pour un facteur de 1<sup>er</sup> pôle égal à 1,2

Pour  $Z_0/Z_1 \approx 2$  (pour les valeurs exactes, voir la CEI 62271-306 [4]):  $Z_a = Z_b = 2Z_1$   
avec  $Z_0$  composante homopolaire de l'impédance de court-circuit côté alimentation

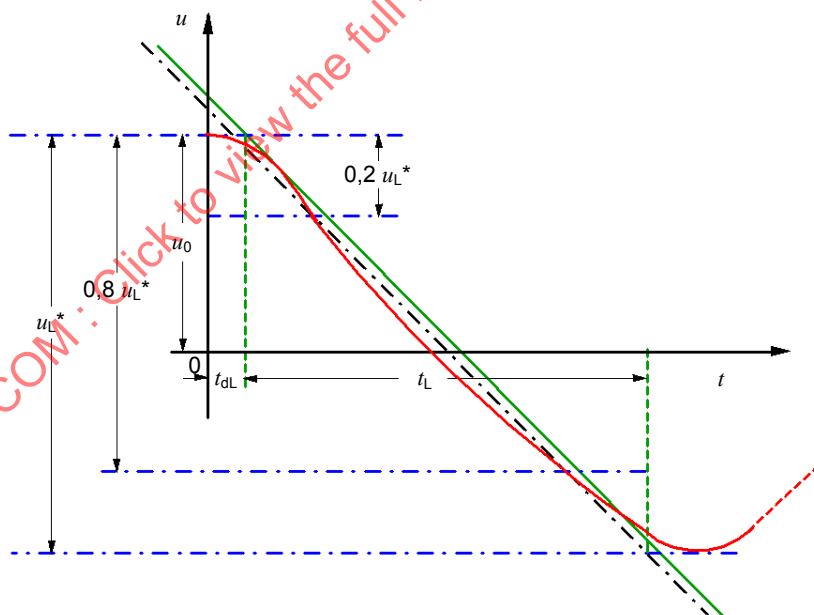
**Figure 13 – Représentation d'un court-circuit triphasé**

**Figure 16 – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard et une crête arrondie la montrant construction à effectuer pour obtenir les valeurs  $u_L^*$ ,  $t_L$  et  $t_{dL}$**

Remplacer la figure existante par les nouvelles Figures 16a et 16b et le nouveau titre suivants:



**Figure 16a – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard**



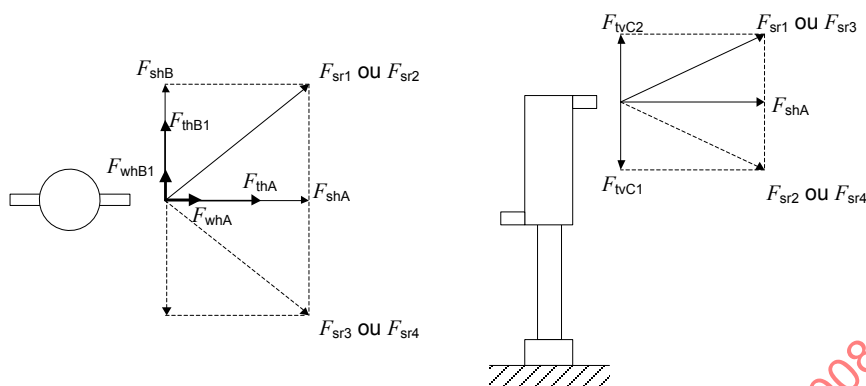
**Figure 16b – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard avec une vitesse d'accroissement non linéaire**

**Figure 16 – Exemples de tensions transitoires côté ligne**

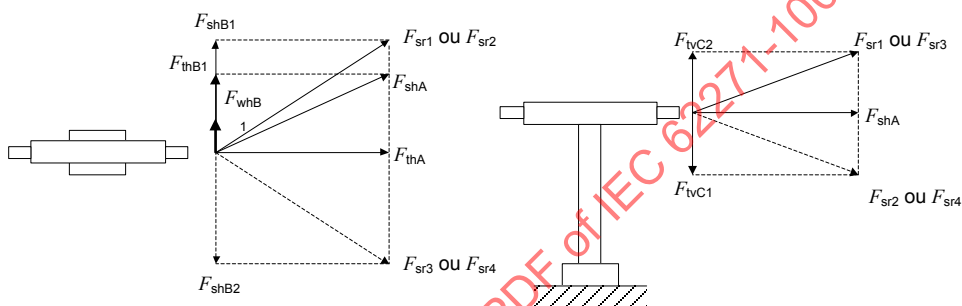
**Figure 19 – Efforts statiques sur les bornes**

Remplacer la figure existante par la nouvelle figure suivante:

**Disjoncteur avec un élément de coupure**



**Disjoncteur avec plus d'un élément de coupure**



$$F_{shB1} = F_{thB1} + F_{whB1} \text{ et } F_{shB2} = F_{thB2} + F_{whB2}$$

$$F_{tv} = F_{sv} \text{ (voir 6.101.6.2)}$$

- Essai selon le point a) de 6.101.6.2:
- Pour un disjoncteur avec un élément de coupure,  $F_{wh}$  agit dans la direction de la résultante de  $F_{thB}$  et  $F_{thA}$
  - Pour un disjoncteur avec plus d'un élément de coupure,  $F_{wh}$  agit dans la direction de la résultante de  $F_{thB}$  pour obtenir la condition la plus rigoureuse de charge

Essai selon le point b) de 6.101.6.2:  $F_{wh}$  agit dans la direction de  $F_{thB}$  ou  $F_{thA}$

$F_{thA}$  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 le disjoncteur, dû à la pression du vent sur ce disjoncteur revêtu de glace

$F_{shA}$ ,  $F_{shB}$  efforts horizontaux résultant de  $F_{thA}$ ,  $F_{thB}$  et  $F_{wh}$

$F_{sr1}$ ,  $F_{sr2}$ ,  $F_{sr3}$ ,  $F_{sr4}$  efforts statiques assignés sur borne (efforts résultants)

NOTE 1 Voir la Figure 20 pour les directions A, B et C.

NOTE 2 La lettre index « s » caractérise les valeurs d'essais.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Horizontal            | Vertical | Remarque                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|
| Efforts dus au poids mort, au vent et à la glace sur le conducteur raccordé                                                                                                                                                                                                                        | $F_{thA}$ , $F_{thB}$ | $F_{tv}$ | Conformément au Tableau 14   |
| Efforts dus au vent et à la glace sur le disjoncteur*                                                                                                                                                                                                                                              | $F_{wh}$              | O        | Calculés par le constructeur |
| * L'effort horizontal sur le disjoncteur, 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. (Il convient que le moment de flexion sur la partie la plus basse du disjoncteur soit le même.) |                       |          |                              |

**Figure 19 – Efforts statiques sur les bornes**

**Figure 29 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)**

*Remplacer le titre existant de la Figure 29 par le nouveau titre suivant:*

**Figure 29 – Exemple de représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)**

**Figure 30 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)**

*Remplacer le titre existant de la Figure 30 par le nouveau titre suivant:*

**Figure 30 – Exemple de représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)**

**Figure 35 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)**

*Remplacer le titre existant de la Figure 35 par le nouveau titre suivant:*

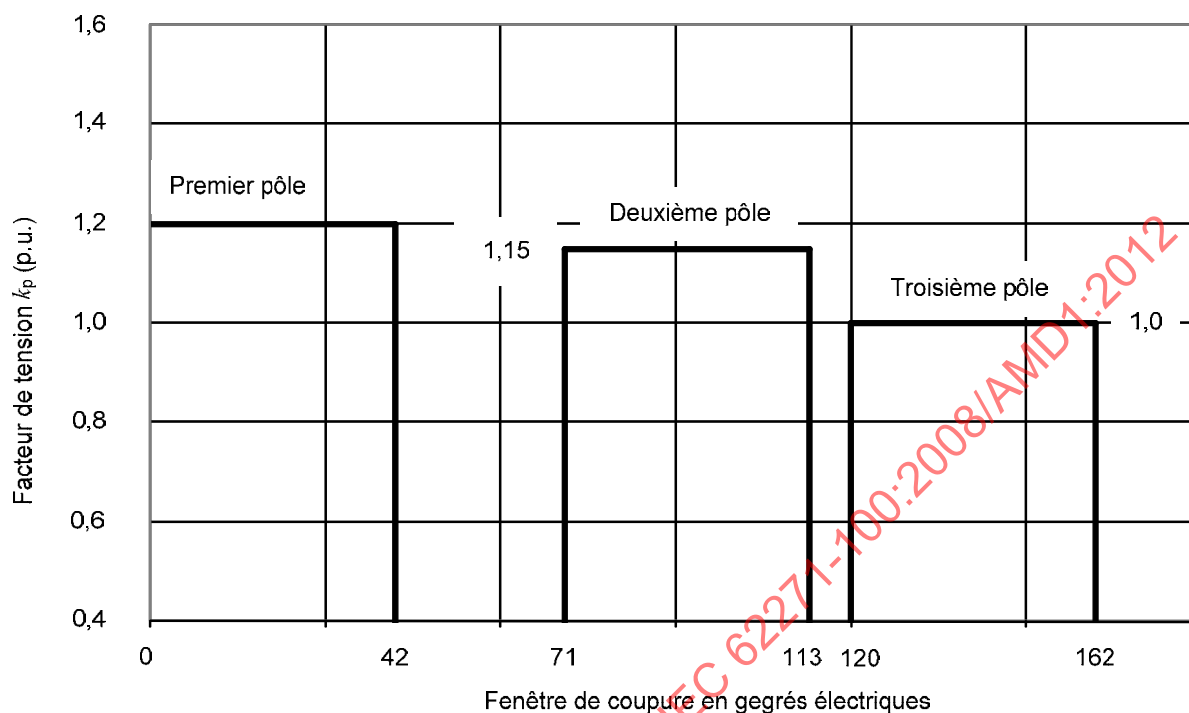
**Figure 35 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,2 ou 1,3)**

**Figure 36 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)**

*Remplacer le titre existant de la Figure 36 par le nouveau titre suivant:*

**Figure 36 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,2 ou 1,3)**

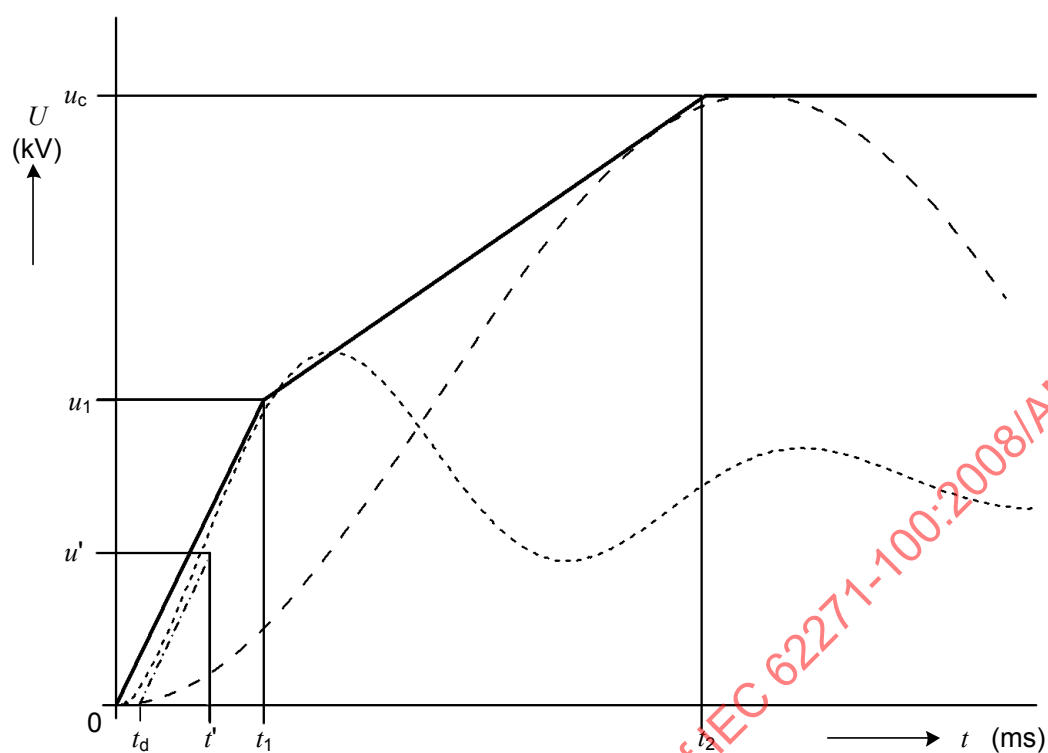
Ajouter, après la Figure 36 existante, la nouvelle Figure 58 suivante:



**Figure 58 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension  $k_p$  qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur premier pôle égal à 1,2**

**Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties**

Remplacer la Figure 43 existante par la nouvelle figure suivante:



#### Légende

- Enveloppe à 4 paramètres requise
- - - TTR d'essai partie 1
- . - TTR d'essai partie 2
- . . . Segment définissant le retard

**Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties**

### A.3.1 Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV

Remplacer, dans la ligne de l'équation (A.17b), « sans temps de retard significatif » par « avec retard inférieur à 100 ns ».

### A.4.3 Côté alimentation avec retard et côté ligne sans retard ( $L_{90}$ pour 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Calculs effectués en utilisant une méthode simplifiée

Remplacer le tableau existant par le nouveau tableau suivant:

| Paramètres                                                                            | Équation                                                   | Paramètres d'essai |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
|                                                                                       |                                                            | Unité              | $L_{90}$ |
| Côté alimentation; fréquence industrielle (l'inductance du jeu de barre est négligée) | Même que dans A.4.1                                        |                    |          |
| Côté ligne; fréquence industrielle                                                    | Même que dans A.4.1                                        |                    |          |
| Paramètres de la TTR du côté ligne                                                    | Même que dans A.4.1<br>sauf pour la valeur donnée $t_{dL}$ |                    |          |
| Retard $t_{dL}$                                                                       | ---                                                        | $\mu s$            | < 0,1    |
| Paramètres de la TTR du côté alimentation                                             | Même que dans A.4.1                                        |                    |          |
| Première crête totale aux bornes du disjoncteur                                       |                                                            |                    |          |
| Coordonnée de temps de la première crête $t_T$                                        | A.17b                                                      | $\mu s$            | 3,66     |
| Contribution du côté alimentation $u_s^*$ à la TTR au temps $t_T$                     | A.18                                                       | kV                 | 3,0      |
| Tension de la première crête $u_T$                                                    | A.19                                                       | kV                 | 35,0     |

### Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type

Remplacer les lignes existantes 6.108 à 6.111 par les nouvelles lignes suivantes:

|       |                                                  |                                                                                                        |                                           |            |  |
|-------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|--|
| 6.108 | Essais de défaut monophasé ou biphasé à la terre | Courant coupé                                                                                          | Voir Figure 45                            | +5 %<br>0  |  |
|       |                                                  | Composante c.c. du courant coupé                                                                       | $\leq 20 \%$                              |            |  |
|       |                                                  | Valeur crête de la TTR:<br>– pour disjoncteurs $\leq 52$ kV<br>– pour disjoncteurs $> 52$ kV           | Voir 6.108.2 et Tableaux 24, 25, 26 et 27 | +10 %<br>0 |  |
|       |                                                  | Vitesse d'accroissement de la TTR<br>– pour disjoncteurs $\leq 52$ kV<br>– pour disjoncteurs $> 52$ kV | Voir 6.108.2 et Tableaux 24, 25, 26 et 27 | +5 %<br>0  |  |
|       |                                                  |                                                                                                        |                                           | +15 %<br>0 |  |
|       |                                                  |                                                                                                        |                                           | +8 %<br>0  |  |

|       |                                  |                                                  |                                          |             |           |
|-------|----------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|-----------|
| 6.109 | Essais de défaut proche en ligne | Composante c.c. du courant coupé                 | $\leq 20 \%$                             |             |           |
|       |                                  | Courant coupé pour $L_{90}$                      | 90 % du courant de court-circuit assigné | 90 % à 92 % |           |
|       |                                  | Courant coupé pour $L_{75}$                      | 75 % du courant de court-circuit assigné | 71 % à 79 % |           |
|       |                                  | Courant coupé pour $L_{60}$                      | 60 % du courant de court-circuit assigné | 55 % à 65 % |           |
|       |                                  | Impédance d'onde $Z$                             |                                          | $\pm 3 \%$  | Voir NOTE |
|       |                                  | Valeur crête de la tension côté ligne            |                                          | +20 %<br>0  |           |
|       |                                  | Vitesse d'accroissement de la tension côté ligne | Voir Tableau 8 et Annexe A               | +5 %<br>0   |           |
|       |                                  | Retard $t_{dl}$                                  |                                          | 0<br>-10 %  |           |

|       |                                                               |                                                                         |                                                              |                               |  |
|-------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|--|
| 6.110 | Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases | Facteur de puissance                                                    | --                                                           | ≤ 0,15                        |  |
|       |                                                               | Composante c.c. du courant coupé                                        | ≤ 20 %                                                       |                               |  |
|       |                                                               | Tension appliquée et tension de rétablissement à fréquence industrielle | Telle que spécifiée en 6.110.2                               | ± 5 %                         |  |
|       |                                                               | Valeur crête de la TTR:                                                 |                                                              |                               |  |
|       |                                                               | – pour disjoncteurs ≤ 52 kV                                             | Voir Tableaux 1 et 2                                         | +10 %<br>0                    |  |
|       |                                                               | – pour disjoncteurs > 52 kV                                             | Voir Tableaux 1, 2, 3, 4 et 26                               | +5 %<br>0                     |  |
|       |                                                               | Vitesse d'accroissement de la TTR:                                      |                                                              |                               |  |
|       |                                                               | – pour disjoncteurs ≤ 52 kV                                             | Voir Tableaux 1 et 2                                         | +15 %<br>0                    |  |
|       |                                                               | – pour disjoncteurs > 52 kV                                             | Voir Tableaux 1, 2, 3, 4 et 26                               | +8 %<br>0                     |  |
|       |                                                               | Moment de la fermeture pour OP2                                         | À la crête de la tension appliquée dans un pôle              | ± 15°                         |  |
|       |                                                               | Courant coupé pour OP1                                                  | 30 % du pouvoir de coupure assigné en discordance de phases  | ± 20 % de la valeur spécifiée |  |
|       |                                                               | Courant coupé pour OP2                                                  | 100 % du pouvoir de coupure assigné en discordance de phases | +10 %<br>0                    |  |