

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-5

Première édition
First edition
2004-04

Transformateurs de mesure –

**Partie 5:
Transformateurs condensateurs de tension**

Instrument transformers –

**Part 5:
Capacitor voltage transformers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60044-5:2004

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-5

Première édition
First edition
2004-04

Transformateurs de mesure –

Partie 5:

Transformateurs condensateurs de tension

Instrument transformers –

Part 5:

Capacitor voltage transformers

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XB

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	10
1 Domaine d'application	14
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	16
3.1 Définitions générales	16
3.2 Définitions concernant le diviseur de tension capacitif	26
3.3 Définitions concernant l'élément électromagnétique	32
3.4 Définitions des accessoires pour courant porteur	34
4 Exigences générales	34
5 Conditions de service	34
5.1 Conditions de service normales	34
5.2 Conditions de service spéciales	38
5.3 Installations de mise à la terre	40
6 Valeurs normales	40
6.1 Valeurs normales de fréquence assignée	40
6.2 Valeurs normales des tensions assignées	40
6.3 Valeurs normales de la puissance de précision	42
6.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné	42
6.5 Limites d'échauffement	44
7 Exigences relatives à la conception	46
7.1 Exigences relatives à l'isolement	46
7.2 Autres exigences pour l'isolement	50
7.3 Tenue au court-circuit	56
7.4 Ferro-résonance	56
7.5 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques	58
7.6 Exigences mécaniques	60
7.7 Étanchéité du diviseur de tension capacitif et de l'élément électromagnétique	62
8 Classification des essais	62
8.1 Essais de type	62
8.2 Essais individuels	68
8.3 Essais spéciaux	68
8.4 Séquence d'essais pour une ou deux unités	68
9 Essai de type	68
9.1 Essai d'échauffement	68
9.2 Mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle	72
9.3 Essai de tenue au court-circuit	74
9.4 Essais au choc	76
9.5 Essai sous pluie pour le transformateur condensateur de tension de type extérieur	78
9.6 Essais de ferro-résonance	80
9.7 Essai d'étanchéité d'un élément électromagnétique immergé	82
9.8 Essais de précision	82
9.9 Essai de réponse transitoire	86
9.10 Essai de tension de perturbation radioélectrique	90

CONTENTS

FOREWORD.....	11
1 Scope.....	15
2 Normative references.....	15
3 Terms and definitions	17
3.1 General definitions.....	17
3.2 Capacitor voltage divider definitions.....	27
3.3 Electromagnetic unit definitions	33
3.4 Carrier-frequency accessories definitions.....	35
4 General requirements	35
5 Service conditions.....	35
5.1 Normal service conditions	35
5.2 Special service conditions.....	39
5.3 System earthing.....	41
6 Ratings.....	41
6.1 Standard values of rated frequency.....	41
6.2 Standard values of rated voltages.....	41
6.3 Standard values of rated output	43
6.4 Standard values of rated voltage factor.....	43
6.5 Limits of temperature rise	45
7 Design requirements.....	47
7.1 Insulation requirements	47
7.2 Other insulation requirements.....	51
7.3 Short-circuit withstand capability.....	57
7.4 Ferro-resonance	57
7.5 Electromagnetic emission requirements	59
7.6 Mechanical requirements	61
7.7 Tightness of capacitor voltage divider and electromagnetic unit.....	63
8 Classification of tests.....	63
8.1 Type tests	63
8.2 Routine tests.....	69
8.3 Special tests.....	69
8.4 Test sequence for one or two units	69
9 Type test	69
9.1 Temperature-rise test	69
9.2 Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency.....	73
9.3 Short-circuit withstand capability test	75
9.4 Impulse tests.....	77
9.5 Wet test for outdoor capacitor voltage transformer	79
9.6 Ferro-resonance tests.....	81
9.7 Tightness test of a liquid-filled electromagnetic unit.....	83
9.8 Accuracy tests	83
9.9 Transient response test	87
9.10 Radio interference voltage test.....	91

10	Essais individuels	90
10.1	Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide	90
10.2	Essai de tenue à fréquence industrielle et mesures de la capacité, de $\tan\delta$ et des décharges partielles	90
10.3	Vérification du marquage des bornes	100
10.4	Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique	100
10.5	Contrôle de ferro-résonance	102
10.6	Contrôle de la précision	102
11	Essais spéciaux	106
11.1	Mesure du facteur de transmission des surtensions à haute fréquence	106
11.2	Essai de résistance mécanique	106
11.3	Détermination du coefficient de température (T_C)	108
11.4	Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateurs	108
12	Marquage des unités de condensateurs	108
12.1	Généralités	108
12.2	Marquage	108
13	Marquage des bornes	108
13.1	Généralités	108
13.2	Marquages	110
14	Exigences supplémentaires pour transformateur condensateur de tension pour mesure	110
14.1	Désignation de classe de précision	110
14.2	Domaine de référence normal de fréquences	110
14.3	Classes de précision normales	112
14.4	Limites de l'erreur de tension et de déphasage	112
14.5	Essais de précision	114
15	Exigences supplémentaires pour transformateurs condensateurs de tension pour protection	114
15.1	Désignation des classes de précision	114
15.2	Domaine normal de référence de fréquences	114
15.3	Classes de précision normales	114
15.4	Limites de l'erreur de tension et de déphasage	114
15.5	Réponse en régime transitoire	116
15.6	Exigences pour les enroulements secondaires destinés à produire une tension résiduelle	118
16	Plaque de signalétique	122
16.1	Marquage sur la plaque signalétique	122
16.2	Exemple type de plaque signalétique	128
17	Exigences pour accessoires pour courant porteur	130
17.1	Généralités	130
17.2	Bobine de drainage et dispositif de limitation de tension	130
17.3	Essais de type pour accessoires de fréquence porteuse	132
17.4	Essais individuels pour accessoires de fréquence porteuse	132
17.5	Marquage sur la plaque signalétique	134

10	Routine tests	91
10.1	Tightness of the liquid-filled capacitor voltage divider	91
10.2	Power-frequency withstand test and measurement of capacitance, $\tan\delta$ and partial discharge	91
10.3	Verification of terminal markings	101
10.4	Power-frequency withstand tests on the electromagnetic unit	101
10.5	Ferro-resonance check	103
10.6	Accuracy check	103
11	Special tests	107
11.1	Measurement of the transmission factor of high frequency overvoltages	107
11.2	Mechanical strength test	107
11.3	Determination of the temperature coefficient (T_C)	109
11.4	Tightness design test of capacitor units	109
12	Marking of the capacitor units	109
12.1	General	109
12.2	Marking	109
13	Terminal markings	109
13.1	General	109
13.2	Markings	111
14	Additional requirements for measuring capacitor voltage transformer	111
14.1	Accuracy class designation	111
14.2	Standard reference range of frequency	111
14.3	Standard accuracy classes	113
14.4	Limits of voltage error and phase displacement	113
14.5	Tests for accuracy	115
15	Additional requirements for protective capacitor voltage transformers	115
15.1	Accuracy class designation	115
15.2	Standard reference range of frequency	115
15.3	Standard accuracy classes	115
15.4	Limits of voltage error and phase displacement	115
15.5	Transient response	117
15.6	Requirements for secondary windings intended to produce a residual voltage	119
16	Rating plate	123
16.1	Markings of the rating plate	123
16.2	Example of a typical rating plate	129
17	Requirements for carrier – frequency accessories	131
17.1	General	131
17.2	Drain coil and voltage limitation device	131
17.3	Type tests for carrier frequency accessories	133
17.4	Routine tests for carrier frequency accessories	133
17.5	Marking of the rating plate	135

Annexe A (normative) Schéma type d'un transformateur condensateur de tension.....	136
Annexe B (informative) Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut.....	138
Annexe C (normative) Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension.....	140
Bibliographie.....	142
Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolement.....	38
Figure 2 – Facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température.....	44
Figure 3 – Organigrammes: Séquence d'essais à appliquer pour essais de type (Figure 3a) et individuels (Figure 3b)	66
Figure 4 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent.....	88
Figure 5 – Charge série	88
Figure 6 – Résistance pure	88
Figure 7 – Circuit d'essai	96
Figure 8 – Circuit alternatif	96
Figure 9 – Exemple de circuit d'essai en pont.....	98
Figure 10 – Exemple de circuit d'étalonnage.....	98
Figure 11 – Exemple de diagramme d'erreur de TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec circuit équivalent	104
Figure 12 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et un unique secondaire.....	110
Figure 13 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires.....	110
Figure 14 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires à prise.....	110
Figure 15 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre, un enroulement de tension résiduelle et un unique secondaire	110
Figure 16 – Diagramme d'erreur des transformateurs condensateurs de tension de classe 0,2, 0,5 et 1,0.....	112
Figure 17 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension.....	116
Figure A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension	136
Figure A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur.....	136
Tableau 1 – Catégories de températures assignées.....	36
Tableau 2 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et d'échauffement	42
Tableau 3 – Limites d'échauffement des enroulements	46
Tableau 4 – Niveaux standard d'isolement.....	48
Tableau 5 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles	52
Tableau 6 – Longueurs de la ligne de fuite.....	56

Annex A (normative) Typical diagram of a capacitor voltage transformer.....	137
Annex B (informative) Transient response of capacitor voltage transformer under fault conditions	139
Annex C (normative) High-frequency characteristics of capacitor voltage transformers	141
Bibliography	143
Figure 1 – Altitude correction factor for the insulation	39
Figure 2 – Altitude correction factor for the temperature rise	45
Figure 3 – Flow charts test sequence to be applied when performing the type test (Figure 3a) and routine test (Figure 3b)	67
Figure 4 – Diagram of a capacitor voltage transformer for the transient response test using equivalent circuit method	89
Figure 5 – Series burden	89
Figure 6 – Pure resistance	89
Figure 7 – Test circuit	97
Figure 8 – Alternative circuit.....	97
Figure 9 – Example of balanced test circuit	99
Figure 10 – Example of calibration circuit	99
Figure 11 – Example of an error diagram of class 1 CVT for accuracy check with the equivalent circuit.....	105
Figure 12 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and a single secondary	111
Figure 13 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and with two secondaries	111
Figure 14 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and with two tapped secondaries.....	111
Figure 15 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal, with one residual voltage winding and a single secondary	111
Figure 16 – Error diagram of a capacitor voltage transformer for accuracy classes 0,2, 0,5 and 1,0	113
Figure 17 – Transient response of a capacitor voltage transformer	117
Figure A.1 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer.....	137
Figure A.2 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer with carrier-frequency accessories.....	137
Table 1 – Rated ambient temperature categories.....	37
Table 2 – Standard values of rated voltage factors for accuracy and thermal requirements.....	43
Table 3 – Limits of temperature rise of windings	47
Table 4 – Standard insulation levels	49
Table 5 – Partial discharge test voltages and permissible levels	53
Table 6 – Creepage distance.....	57

Tableau 7a – Conditions de ferro-résonance – Système à neutre effectivement mis à la terre	58
Tableau 7b – Conditions de ferro-résonance – Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé	58
Tableau 8 – Limites des surtensions transmises	60
Tableau 9 – Charges d'essai de tenue statique	60
Tableau 10 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement	72
Tableau 11 – Gammes de charges d'essai	84
Tableau 12 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet	92
Tableau 13 – Contrôle de ferro-résonance	102
Tableau 14 – Points de contrôle de la précision (exemple)	104
Tableau 15 – Modalités d'application des charges d'essai aux bornes primaires de ligne	106
Tableau 16 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure	112
Tableau 17 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension de protection	116
Tableau 18 – Valeurs normales	118
Tableau 19 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension produisant une tension résiduelle	120
Tableau 20 – Marquage sur la plaque signalétique	122

Table 7a – Ferro-resonance requirements	59
Table 7b – Ferro-resonance requirements	59
Table 8 – Transmitted overvoltage requirements	61
Table 9 – Static withstand test loads	61
Table 10 – Test voltage & burden for temperature rise test	73
Table 11 – Burden ranges for accuracy tests	85
Table 12 – Test voltages for units, stacks and complete capacitor voltage divider	93
Table 13 – Ferro resonance check	103
Table 14 – Accuracy check points (example)	105
Table 15 – Modalities of application of the test loads to the line primary terminals	107
Table 16 – Limits of voltage error and phase displacement for measuring capacitor voltage transformers	113
Table 17 – Limits of voltage error and phase displacement for protective capacitor voltage transformers	117
Table 18 – Standard values	119
Table 19 – Rated secondary voltages for capacitor voltage transformers to produce a residual voltage	121
Table 20 – Marking of the rating plate	123

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 5: Transformateurs condensateurs de tension

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60044-5 a été établie par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

La présente norme remplace la CEI 60186 en ce qui concerne les transformateurs condensateurs de tension et la CEI-PAS 60044-5.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 5: Capacitor voltage transformers

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60044-5, has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

This standard replaces IEC 60186 regarding capacitor voltage transformers as well as IEC-PAS 60044-5.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/320/FDIS	38/324/RVD

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

Cette publication a été rédigée conformément aux directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente norme constitue la Partie 5 de la CEI 60044, publiée sous le titre général *Transformateurs de mesure*. Cette série contient les parties suivantes:

CEI 60044-1:2003,	Transformateurs de mesure – Partie 1: Transformateurs de courant
CEI 60044-2:2003,	Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension
CEI 60044-3:2002,	Transformateurs de mesure – Partie 3: Transformateurs combinés
CEI 60044-5:2004,	Transformateurs de mesure – Partie 5: Transformateurs condensateurs de tension
CEI 60044-6:1992,	Transformateurs de mesure – Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire
CEI 60044-7:1999,	Transformateurs de mesure – Partie 7: Transformateurs de tension électroniques
CEI 60044-8:2002,	Transformateurs de mesure – Partie 8: Transformateurs de courant électroniques

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

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

FDIS	Report on voting
38/320/FDIS	38/324/RVD

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

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

This standard is Part 5 of IEC 60044, published under the general title *Instrument transformers*. This series consists of the following parts:

- IEC 60044-1:2003, Instrument transformers – Part 1: Current transformers
- IEC 60044-2:2003, Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers
- IEC 60044-3:2002, Instrument transformers – Part 3: Combined transformers
- IEC 60044-5:2004 Instrument transformers – Part 5: Capacitor voltage transformers
- IEC 60044-6:1992, Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance
- IEC 60044-7:1999, Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transformers
- IEC 60044-8:2002, Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers

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

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

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 5: Transformateurs condensateurs de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60044 s'applique aux transformateurs condensateurs de tension monophasés neufs connectés entre la ligne et la terre pour des tensions de réseau $U_m \geq 72,5$ kV aux fréquences industrielles comprises entre 15 Hz et 100 Hz. Ils sont destinés à fournir une basse tension pour les fonctions mesure, commande et protection.

Le transformateur condensateur de tension peut être équipé avec ou sans accessoires de couplage pour courant porteur sur ligne (CPL) aux fréquences porteuses de 30 kHz à 500 kHz.

La présente norme remplace la CEI 60186 en ce qui concerne les transformateurs condensateurs de tension.

Trois normes servent de base à la présente norme CEI 60044-5:

- la CEI 60044-2, concernant les transformateurs inductifs de tension;
- la CEI 60358, concernant les condensateurs de couplage et les diviseurs capacitifs;
- la CEI 60481, concernant les groupes de couplage pour les systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL).

L'application «fonction mesure» inclut à la fois la mesure pour indication et la mesure pour comptage.

NOTE Des schémas du transformateur condensateur de tension auquel cette norme s'applique sont donnés aux Figures A.1 et A.2.

2 Références normatives

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

CEI 60028, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60044-2, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension*

CEI 60050-321:1986, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 321: Transformateurs de mesure*

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

CEI 60050-601:1985, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 5: Capacitor voltage transformers

1 Scope

This part of IEC 60044 applies to new single-phase capacitor voltage transformers connected between line and ground for system voltages $U_m \geq 72,5$ kV at power frequencies from 15 Hz to 100 Hz. They are intended to supply a low voltage for measurement, control and protective functions.

The capacitor voltage transformer can be equipped with or without carrier-frequency accessories for power line carrier-frequency (PLC) application at carrier frequencies from 30 kHz to 500 kHz.

This standard replaces IEC 60186 regarding capacitor voltage transformers.

Three standards formed the basis for this IEC 60044-5 standard:

- IEC 60044-2, concerning inductive voltage transformers;
- IEC 60358, concerning coupling capacitors and capacitor dividers;
- IEC 60481, concerning coupling devices for power line carrier (PLC) systems.

The measurement application includes both indication measuring and revenue measuring.

NOTE Diagrams of capacitor voltage transformer to which this standard applies are given in Figures A.1 and A.2.

2 Normative references

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

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60044-2, *Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers*

IEC 60050-321:1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 321: Instrument transformers*

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

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

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

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60085, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

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

CEI 60358:1990, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

CEI 60481, *Groupes de couplage pour systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie*

CEI 60815, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CISPR 18-2, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques. Deuxième partie: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

NOTE Certaines de ces définitions sont conformes ou identiques à celles de la CEI 60050-321, la CEI 60050-436, la CEI 60050-601 ou la CEI 60050-604. Elles sont indiquées par le numéro de référence approprié du VEI, placé entre parenthèses.

3.1 Définitions générales

3.1.1

transformateur condensateur de tension

TCT

transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif de tension et un élément électromagnétique conçus et connectés de telle manière que la tension secondaire de l'élément électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire, et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro pour un sens approprié des connexions

[VEI 321-03-14]

3.1.2

fréquence assignée d'un transformateur condensateur de tension

f_R

fréquence pour laquelle le transformateur condensateur de tension a été conçu

3.1.3

gamme de fréquences normale de référence

gamme de fréquences pour laquelle la précision assignée est applicable

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

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

IEC 60085, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

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

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60481, *Coupling devices for power line carrier systems*

IEC 60815, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

3 Terms and definitions

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

NOTE Some of these definitions are identical with or are similar to those of IEC 60050-321, IEC 60050-436, IEC 60050-601 and IEC 60050-604. These are indicated by the relevant IEC reference number in brackets.

3.1 General definitions

3.1.1

capacitor voltage transformer

CVT

a voltage transformer comprising a capacitor divider unit and an electromagnetic unit so designed and interconnected that the secondary voltage of the electromagnetic unit is substantially proportional to the primary voltage, and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections

[IEV 321-03-14]

3.1.2

rated frequency of a capacitor voltage transformer

f_R

the frequency for which the capacitor voltage transformer has been designed

3.1.3

standard reference range of frequency

the range of frequency for which the rated accuracy is applicable

3.1.4

tension primaire assignée

U_{PR}

valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation du transformateur condensateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[VEI 321-01-12]

3.1.5

tension secondaire assignée

U_{SR}

valeur de la tension secondaire qui figure dans la désignation du transformateur condensateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[VEI 321-01-16]

3.1.6

enroulement secondaire

enroulement qui alimente les circuits de tension des appareils de mesure, des compteurs, de dispositifs de protection ou de commande

[VEI 321-01-07]

3.1.7

circuit secondaire

circuit extérieur alimenté par l'enroulement secondaire d'un transformateur

3.1.8

rapport de transformation d'un transformateur de tension

rapport de la tension primaire réelle à la tension secondaire réelle d'un transformateur de tension

[VEI 321-01-18]

3.1.9

rapport de transformation assigné d'un transformateur de tension

K_R

rapport de la tension primaire assignée à la tension secondaire assignée d'un transformateur de tension

[VEI 321-01-20]

3.1.10

erreur de tension

ε_U

erreur que le transformateur de tension introduit dans la mesure d'une tension et qui provient de ce que le rapport de transformation réel n'est pas égal au rapport de transformation assigné

[VEI 321-01-22]

NOTE Cette définition en régime permanent ne concerne que des composants à la fréquence nominale des tensions primaire et secondaire et ne tient pas compte des composants à tension continue ni des tensions résiduelles.

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_U = \frac{K_R U_S - U_P}{U_P} 100 \text{ (\%)}$$

3.1.4**rated primary voltage** U_{PR}

the value of the primary voltage which appears in the designation of the capacitor voltage transformer and on which its performance is based

[IEV 321-01-12]

3.1.5**rated secondary voltage** U_{SR}

the value of the secondary voltage which appears in the designation of the capacitor voltage transformer and on which its performance is based

[IEV 321-01-16]

3.1.6**secondary winding**

the winding which supplies the voltage circuits of measuring instruments, meters, protective or control devices

[IEV 321-01-07]

3.1.7**secondary circuit**

the external circuit supplied by the secondary winding of a transformer

3.1.8**actual transformation ratio of a voltage transformer**

the ratio of the actual primary voltage to the actual secondary voltage of a voltage transformer

[IEV 321-01-18]

3.1.9**rated transformation ratio of a voltage transformer** K_R

the ratio of the rated primary voltage to the rated secondary voltage of a voltage transformer

[IEV 321-01-20]

3.1.10**voltage error (ratio error)** ε_U

the error which a voltage transformer introduces into the measurement of a voltage and which arises from the fact that the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio

[IEV 321-01-22]

NOTE This definition for steady state conditions is only related to components at rated frequency of both primary and secondary voltages, and does not take into account direct voltage components and residual voltages.

$$\text{voltage error } \varepsilon_U = \frac{K_R U_S - U_P}{U_P} 100 (\%)$$

où

K_R est le rapport de transformation assigné,

U_P est la tension primaire réelle, et

U_S est la tension secondaire réelle lorsque U_P est appliquée dans les conditions de mesure.

3.1.11

déphasage

φ_U

différence de phase entre les vecteurs des tensions primaire et secondaire:

$$\varphi_U = (\varphi_S - \varphi_P)$$

le sens des vecteurs étant choisi de telle manière que l'angle (φ_U) soit nul pour un transformateur parfait.

NOTE 1 Le déphasage est considéré comme positif quand le vecteur de la tension secondaire (φ_S) est en avance sur le vecteur de la tension primaire (φ_P). Il est habituellement exprimé en minutes ou centiradians.

[VEI 321-01-23, modifié]

NOTE 2 Cette définition n'est rigoureuse que pour des tensions sinusoïdales.

3.1.12

classe de précision

désignation appliquée à un transformateur condensateur de tension dont les erreurs restent dans des limites spécifiées pour des conditions d'emploi prescrites

3.1.13

charge

admittance du circuit secondaire, exprimée en siemens, avec indication du facteur de puissance (en retard ou en avance)

NOTE La charge est généralement exprimée par la puissance apparente en voltampères, absorbée à un facteur de puissance spécifié et sous la tension secondaire assignée.

3.1.14

charge de précision

valeur de la charge sur laquelle sont basées les conditions de précision de cette norme

3.1.15

puissance

a) puissance de précision

valeur de la puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié), que le transformateur condensateur de tension peut fournir au circuit secondaire à la tension secondaire assignée lorsqu'il est raccordé à sa charge de précision

[VEI 321-01-27, modifié]

b) puissance thermique limite

valeur de la puissance apparente en voltampères, référée à la tension assignée, que le transformateur peut fournir au circuit secondaire quand la tension assignée est appliquée au primaire, sans excéder les limites d'échauffement spécifiées en 6.5

NOTE 1 Dans cette condition, il est possible que les limites de l'erreur soient dépassées.

NOTE 2 Dans le cas de plusieurs enroulements secondaires, la valeur de la puissance thermique limite doit être spécifiée pour chaque enroulement.

NOTE 3 L'utilisation simultanée de plusieurs enroulements secondaires n'est pas admise sans un accord entre constructeur et acheteur.

where

K_R is the rated transformation ratio,

U_P is the actual primary voltage, and

U_S is the actual secondary voltage when U_P is applied under the conditions of measurement.

3.1.11

phase displacement

φ_U

the difference in phase between the primary and the secondary voltage phasors:

$$\varphi_U = (\varphi_S - \varphi_P)$$

the direction of the phasors being so chosen that the angle (φ_U) is zero for a perfect transformer.

NOTE 1 The phase displacement is said to be positive when the secondary voltage phasor (φ_S) leads the primary voltage phasor (φ_P). It is usually expressed in minutes or centiradians.

[IEV 321-01-23 modified]

NOTE 2 This definition is strictly correct for sinusoidal voltages only.

3.1.12

accuracy class

designation assigned to a capacitor voltage transformer, the errors of which remain within specified limits under prescribed conditions of use

3.1.13

burden

admittance of the secondary circuit expressed in siemens and with an indication of the power factor (lagging or leading)

NOTE The burden is usually expressed as the apparent power in volt-amperes, absorbed at a specified power factor and at the rated secondary voltage.

3.1.14

rated burden

value of the burden on which the accuracy requirements of this standard are based

3.1.15

output

a) rated output

the value of the apparent power (in volt-amperes at a specified power factor), which the capacitor voltage transformer is intended to supply to the secondary circuit at the rated secondary voltage and with rated burden connected to it

[IEV 321-01-27 modified]

b) thermal limiting output

the value of the apparent power in volt-amperes referred to rated voltage which can be taken from a secondary winding, at rated primary voltage applied, without exceeding the limits of temperature rise of 6.5

NOTE 1 In this condition the limits of error may be exceeded.

NOTE 2 In the case of more than one secondary winding, the thermal limiting output is to be given separately for each winding.

NOTE 3 The simultaneous use of more than one secondary winding is not permitted unless there is an agreement between the manufacturer and purchaser.

3.1.16

tension la plus élevée pour le matériel

U_m

valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle l'équipement est conçu et peut être employé avec son l'isolation

3.1.17

niveau d'isolement assigné

combinaison des valeurs de tension qui caractérise l'isolation d'un transformateur en ce qui concerne son aptitude à supporter des contraintes diélectriques

3.1.18

réseau à neutre isolé

réseau dont aucun point neutre n'a de connexion intentionnelle avec la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure

[VEI 601-02-24]

3.1.19

réseau à neutre directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre

[VEI 601-02-25]

3.1.20

réseau à neutre non directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'impédances destinées à limiter les courants de défaut à la terre

[VEI 601-02-26]

3.1.21

réseau compensé par bobine d'extinction

réseau dont un ou plusieurs points neutres sont reliés à la terre par des réactances compensant approximativement la composante capacitive du courant de défaut monophasé à la terre

[VEI 601-02-27]

NOTE Pour un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité à tel point qu'un arc de défaut dans l'air est généralement auto-extinguible.

3.1.22

facteur de défaut à la terre

en un emplacement donné d'un réseau triphasé, et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre d'une part la tension efficace la plus élevée, à la fréquence du réseau, entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre affectant une phase quelconque ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau, et d'autre part la valeur efficace de la tension entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut

[VEI 604-03-06]

3.1.23

réseau à neutre à la terre

réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer le courant suffisant pour la protection sélective contre les défauts à la terre

3.1.16**highest voltage for equipment** U_m

the highest r.m.s. value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed and may be used in respect of its insulation

3.1.17**rated insulation level**

the combination of voltage values which characterises the insulation of a transformer with regard to its capability to withstand dielectric stresses

3.1.18**isolated neutral system**

a system where the neutral point is not intentionally connected to earth except for high impedance connections for protection or measurement purposes

[IEV 601-02-24]

3.1.19**solidly earthed (neutral) system**

a system whose neutral point(s) is (are) earthed directly

[IEV 601-02-25]

3.1.20**impedance earthed (neutral) system**

a system whose neutral point(s) is (are) earthed through impedances to limit earth fault currents

[IEV 601-02-26]

3.1.21**resonant earthed (neutral) system**

a system in which one or more neutral points are connected to earth through reactances which approximately compensate the capacitive component of a single-phase-to-earth fault current

[IEV 601-02-27]

NOTE With resonant earthing of a system, the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is self-extinguishing.

3.1.22**earth fault factor**

at a given location of a three-phase system, and for a given system configuration, the ratio of the highest r.m.s. phase-to-earth power frequency voltage on a healthy phase during a fault to earth affecting one or more phases at any point on the system to the r.m.s. value of phase-to-earth power frequency voltage which would be obtained at the given location in the absence of any such fault

[IEV 604-03-06]

3.1.23**earthed neutral system**

system in which the neutral is connected to earth either solidly or through a resistance or reactance of sufficiently low value to reduce transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 1,4.

NOTE Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la résistance directe est inférieur à 1 pour toutes les configurations du réseau.

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 1,4.

3.1.24

installation en situation exposée

installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

NOTE Ces installations sont habituellement connectées à des lignes de transmission aériennes directement ou par l'intermédiaire de câbles de faible longueur.

3.1.25

installation en situation non exposée

installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

NOTE Ces installations sont habituellement connectées à des réseaux de câbles souterrains.

3.1.26

transformateur condensateur de tension pour mesure

transformateur condensateur de tension destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs d'énergie et autres appareils analogues

3.1.27

transformateur condensateur de tension de protection

transformateur condensateur de tension destiné à alimenter des relais électriques de protection

3.1.28

enroulement de tension résiduelle

enroulement d'un transformateur condensateur de tension monophasé destiné, pour un ensemble de trois transformateurs monophasés, à la constitution d'un triangle ouvert afin de fournir une tension résiduelle en cas de défaut à la terre

3.1.29

facteur de tension assignée

F_V

facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée U_{PR} pour déterminer la tension maximale pour laquelle il faut que le transformateur réponde aux exigences d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié, ainsi qu'aux exigences de précision correspondantes

3.1.30

catégorie de température assignée d'un transformateur condensateur de tension

plage de températures de l'air ambiant ou du milieu de refroidissement pour laquelle le transformateur condensateur de tension a été conçu

3.1.31

borne de ligne

borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau

- a) A three-phase system with effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by an earth fault factor at this point which does not exceed 1,4.

NOTE This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than 3 and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one.

- b) A three-phase system with non-effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by an earth fault factor at this point that may exceed 1,4.

3.1.24

exposed installation

an installation in which the apparatus is subject to overvoltages of atmospheric origin

NOTE Such installations are usually connected to overhead transmission lines either directly or through a short length of cable.

3.1.25

non-exposed installation

an installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin

NOTE Such installations are usually connected to underground cable networks.

3.1.26

measuring capacitor voltage transformer

a capacitor voltage transformer intended to supply indicating instruments, integrating meters and similar apparatus

3.1.27

protective capacitor voltage transformer

a capacitor voltage transformer intended to provide a supply to electrical protective relays

3.1.28

residual voltage winding

the winding of a single-phase capacitor voltage transformer intended, in a set of three single-phase transformers, for connection in broken delta for the purpose of producing a residual voltage under earth-fault conditions

3.1.29

rated voltage factor

F_V

the multiplying factor to be applied to the rated primary voltage U_{PR} to determine the maximum voltage at which a transformer must comply with relevant thermal requirements for a specified time and with the relevant accuracy requirements

3.1.30

rated temperature category of a capacitor voltage transformer

the range of temperature of the ambient air or of the cooling medium for which the capacitor voltage transformer has been designed

3.1.31

line terminal

terminal intended for connection to a line conductor of a network

[IEV 436-03-01]

3.1.32

ferro-résonance

résonance entretenue d'un circuit se composant d'une capacité avec une inductance magnétique saturable non linéaire

NOTE La ferro-résonance peut être déclenchée par des opérations de commutation sur le côté primaire ou le côté secondaire.

3.1.33

réponse transitoire

fidélité mesurée de la forme d'onde de la tension secondaire, comparée à la forme d'onde de la tension sur la borne à haute tension en régime transitoire

3.1.34

contraintes mécaniques

contraintes exercées sur différentes parties du transformateur condensateur de tension en fonction de quatre forces principales:

- forces exercées sur les bornes dues aux raccordements de ligne;
- forces dues au vent sur la section transversale du transformateur condensateur de tension avec et sans circuit-bouchon de ligne monté sur le dessus du condensateur de couplage;
- forces sismiques,
- forces électrodynamiques dues au courant de court-circuit

3.1.35

TCT connecté en tension

TCT qui a seulement une connexion à la ligne haute tension

NOTE Dans des conditions normales, le raccordement supérieur conduit uniquement le courant du transformateur condensateur de tension.

3.1.36

TCT connecté en courant

TCT qui a deux connexions à la ligne haute tension

NOTE Les bornes et le raccordement supérieur sont conçus pour transporter le courant de ligne dans des conditions normales.

3.1.37

TCT connecté à un circuit-bouchon

TCT qui supporte un circuit-bouchon sur sa partie supérieure

NOTE 1 Dans ce cas, les deux connexions au circuit-bouchon transportent le courant de la ligne HT et une connexion du circuit-bouchon au TCT transporte le courant du TCT.

NOTE 2 Les circuits-bouchons de ligne montés sur piédestal dans deux phases produisent des forces supplémentaires lors d'un court-circuit affectant plus d'une phase.

3.2 Définitions concernant le diviseur de tension capacitif

3.2.1

diviseur de tension capacitif

empilage de condensateurs formant un diviseur de tension à utiliser sous tension alternative

[VEI 436-02-10]

3.2.2

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

[VEI 436-01-03]

3.1.32**ferro-resonance**

sustained resonance of a circuit consisting of a capacitance with a non-linear saturable magnetic inductance

NOTE The ferro-resonance can be initiated by switching operations on the primary side or secondary side.

3.1.33**transient response**

the measured fidelity of the secondary-voltage waveform, compared with the voltage waveform at the high-voltage terminal under transient conditions

3.1.34**mechanical stress**

the stresses on different parts of the capacitor voltage transformer as a function of four main forces:

- forces on the terminals due to the line connections,
- forces due to the wind on the cross-section of the capacitor voltage transformer with and without line trap mounted on the top of the coupling capacitor,
- seismic forces and
- electrodynamic forces due to short circuit current

3.1.35**voltage-connected CVT**

CVT which has only one connection to the high voltage line

NOTE Under normal conditions the top connection carries only the current of the capacitor voltage transformer.

3.1.36**current-connected CVT**

CVT which has two connections to the high voltage line

NOTE The terminals and the top connection are designed to carry the line current under normal conditions.

3.1.37**line trap-connected CVT**

CVT which supports a line trap on its top

NOTE 1 In this case, the two connections to the line trap carry the HV line current and one connection from the line trap to the CVT carries the CVT current

NOTE 2 The pedestal-mounting line traps in two phases generate additional forces during a short circuit in more than one phase.

3.2 Capacitor voltage divider definitions**3.2.1****capacitor voltage divider**

a capacitor stack forming an alternating voltage divider

[IEV 436-02-10]

3.2.2**(capacitor) element**

a device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

[IEV 436-01-03]

3.2.3

unité (de condensateur) condensateur unitaire

ensemble d'un ou plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie

[VEI 436-01-04]

NOTE Un type usuel d'unité pour les condensateurs de couplage comporte une enveloppe cylindrique en matière isolante et des brides d'extrémité métalliques, utilisées comme bornes.

3.2.4

empilage (de condensateurs)

ensemble de condensateurs unitaires connectés en série

[VEI 436-01-05]

NOTE Les condensateurs unitaires sont généralement disposés verticalement

3.2.5

condensateur

terme général utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un condensateur unitaire ou d'un empilage de condensateurs

3.2.6

capacité assignée d'un condensateur

C_R

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

NOTE Cette définition s'applique:

- pour un condensateur unitaire, à la capacité entre les bornes de l'unité;
- pour un empilage de condensateurs, à la capacité entre les bornes de ligne et basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre de l'empilage;
- pour un diviseur capacitif, à la capacité résultante: $C_R = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$.

3.2.7

condensateur de couplage

condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance

[VEI 436-02-11]

3.2.8

condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)

C_1

condensateur connecté entre la borne de ligne et la borne à tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

[VEI 436-02-12, modifié]

3.2.9

condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)

C_2

condensateur connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne basse tension d'un diviseur capacitif

[VEI 436-02-13]

3.2.3**(capacitor) unit**

an assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out

[IEV 436-01-04]

NOTE A common type of unit for coupling capacitors has a cylindrical housing of insulating material and metallic flanges which serve as terminals.

3.2.4**(capacitor) stack**

an assembly of capacitor units connected in series

[IEV 436-01-05]

NOTE The capacitor units are usually mounted in a vertical array.

3.2.5**capacitor**

a general term used when it is not necessary to state whether reference is made to a capacitor unit or to a capacitor stack

3.2.6**rated capacitance of a capacitor** **C_R**

the capacitance value for which the capacitor has been designed

NOTE This definition applies:

- for a capacitor unit, to the capacitance between the terminals of the unit;
- for a capacitor stack, to the capacitance between line and low voltage terminals or between line and earth terminals of the stack;
- for a capacitor divider, to the resultant capacitance: $C_R = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$.

3.2.7**coupling capacitor**

a capacitor used for the transmission of signals in a power system

[IEV 436-02-11]

3.2.8**high voltage capacitor (of a capacitor divider)** **C_1**

the capacitor connected between the line terminal and the intermediate voltage terminal of a capacitor divider

[IEV 436-02-12 modified]

3.2.9**intermediate voltage capacitor (of a capacitor divider)** **C_2**

the capacitor connected between the intermediate voltage and the low voltage terminals of a capacitor divider

[IEV 436-02-13]

3.2.10

borne à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)

borne destinée à être connectée à un circuit intermédiaire tel que le dispositif électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension

[VEI 436-03-03]

3.2.11

borne à basse tension d'un diviseur capacitif

borne à relier à la terre, directement ou par l'intermédiaire d'une bobine de drainage ou par une impédance de valeur négligeable, à la fréquence assignée, pour application pour courant porteur sur ligne (CPL)

[VEI 436-03-04, modifié]

3.2.12

tolérance de capacité

différence admise entre la valeur réelle de la capacité et la valeur assignée dans des conditions spécifiées

[VEI 436-04-01]

3.2.13

résistance série équivalente d'un condensateur

résistance virtuelle qui, connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes égales à la puissance active absorbée par le condensateur dans les conditions de haute fréquence spécifiée

3.2.14

capacité à haute fréquence (d'un condensateur)

valeur effective de la capacité pour une fréquence donnée résultant de l'action combinée de la capacité intrinsèque et de l'inductance propre du condensateur

[VEI 436-04-03]

3.2.15

tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

U_c

tension entre la borne intermédiaire du diviseur capacitif et la borne à basse tension, lorsque la tension primaire est appliquée entre les bornes à haute et à basse tension ou entre la borne à haute tension et la borne de terre

3.2.16

rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

K_{CR}

rapport de la tension appliquée au diviseur capacitif à la tension intermédiaire à circuit ouvert

[VEI 436-04-05]

NOTE 1 Ce rapport correspond à la somme des capacités des condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire divisée par la capacité du condensateur à haute tension: $(C_1 + C_2)/C_1 = K_{CR}$.

NOTE 2 C_1 et C_2 incluent les capacités parasites, qui sont généralement négligeables.

3.2.17

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur

[VEI 436-04-10]

3.2.10**intermediate voltage terminal (of a capacitor divider)**

a terminal intended for connection to an intermediate circuit such as the electromagnetic unit of a capacitor voltage transformer

[IEV 436-03-03]

3.2.11**low voltage terminal of a capacitor divider**

a terminal (N) intended for connection to earth either directly or via a drain coil of negligible value of impedance, at rated frequency, for power line carrier (PLC) application

[IEV 436-03-04, modified]

3.2.12**capacitance tolerance**

the permissible difference between the actual capacitance and the rated capacitance under specified conditions

[IEV 436-04-01]

3.2.13**equivalent series resistance of a capacitor**

virtual resistance which, if connected in series with an ideal capacitor of capacitance value equal to that of the capacitor in question, would have a power loss equal to the active power dissipated in that capacitor under specified operating conditions at a given high frequency

3.2.14**high frequency capacitance (of a capacitor)**

the effective capacitance at a given frequency resulting from the joint effect of the intrinsic capacitance and the self-inductance of the capacitor

[IEV 436-04-03]

3.2.15**intermediate voltage of a capacitor divider**

U_C

the voltage between the intermediate voltage terminal of the capacitor divider and the low voltage terminal, when the primary voltage is applied between the high and low voltage terminals or high voltage terminal and earth terminal

3.2.16**voltage ratio (of a capacitor divider)**

K_{CR}

the ratio of the voltage applied to the capacitor divider to the open-circuit intermediate voltage

[IEV 436-04-05]

NOTE 1 This ratio corresponds to the sum of the capacitances of the high voltage and intermediate voltage capacitors divided by the capacitance of the high voltage capacitor: $(C_1 + C_2) / C_1 = K_{CR}$.

NOTE 2 C_1 and C_2 include the stray capacitances, which are generally negligible.

3.2.17**capacitor losses**

the active power dissipated in the capacitor

[IEV 436-04-10]

3.2.18

tangente de l'angle de perte (tanδ) d'un condensateur

rapport entre la puissance active P_a et la puissance réactive P_r : $\tan\delta = P_a/P_r$

3.2.19

coefficient de température de la capacité

T_c

le changement partiel de la capacité pour une variation donnée de la température:

$$T_c = \frac{\frac{\Delta C}{\Delta T}}{C_{20\text{ °C}}} \left[\frac{1}{\text{K}} \right]$$

où

ΔC représente le changement observé de la capacité sur l'intervalle de température ΔT ;

$C_{20\text{ °C}}$ représente la capacité mesurée à 20 °C.

NOTE Le terme $\Delta C/\Delta T$ selon cette définition est utilisable seulement si la capacité est une fonction linéaire approximative de la température dans la plage concernée. Sinon, il convient que l'influence de la température de la capacité soit indiquée par un graphique ou un tableau.

3.2.20

capacité parasite de la borne à basse tension

capacité parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.2.21

conductance parasite de la borne à basse tension

conductance parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.2.22

diélectrique d'un condensateur

le matériau isolant entre les électrodes

3.3 Définitions concernant l'élément électromagnétique

3.3.1

élément électromagnétique

élément d'un transformateur condensateur de tension, connecté entre la borne intermédiaire et la borne de terre du diviseur capacitif (ou éventuellement directement à la terre quand un dispositif de couplage pour courant porteur est utilisé) et qui fournit la tension secondaire

NOTE Un élément électromagnétique comprend essentiellement un transformateur destiné à réduire la tension intermédiaire à la valeur exigée de tension secondaire, et une inductance compensatrice approximativement égale, à la fréquence assignée, à la réactance capacitive des deux parties du diviseur connectées en parallèle ($C_1 + C_2$). L'inductance compensatrice peut être incorporée intégralement ou partiellement dans le transformateur.

3.3.2

transformateur intermédiaire

transformateur de tension dans lequel la tension secondaire, dans des conditions normales d'utilisation, est essentiellement proportionnelle à la tension primaire

3.3.3

inductance compensatrice

inductance qui est généralement connectée entre la borne intermédiaire et la borne côté haute tension de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou entre la borne de terre et la borne côté terre de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou intégrée dans les enroulements primaire et secondaire du transformateur intermédiaire

NOTE La valeur de l'inductance L est: $L = \frac{1}{(C_1 + C_2) \cdot (2\pi f_R)^2}$

3.2.18**tangent of the loss angle ($\tan\delta$) of a capacitor**

the ratio between the active power P_a and the reactive power P_r : $\tan\delta = P_a/P_r$

3.2.19**temperature coefficient of capacitance**

T_C

the fractional change of the capacitance for a given change in temperature:

$$T_C = \frac{\frac{\Delta C}{\Delta T}}{C_{20\text{ }^\circ\text{C}}} \left[\frac{1}{\text{K}} \right]$$

ΔC represents the observed change in capacitance over the temperature interval ΔT

$C_{20\text{ }^\circ\text{C}}$ represents the capacitance measured at 20 °C

NOTE The term $\Delta C/\Delta T$ according to this definition is usable only if the capacitance is an approximate linear function of the temperature in the range under consideration. If not, the temperature dependency of the capacitance should be shown in a graph or a table.

3.2.20**stray capacitance of the low voltage terminal**

the stray capacitance between the low voltage terminal and the earth terminal

3.2.21**stray conductance of the low voltage terminal**

the stray conductance between the low voltage terminal and the earth terminal

3.2.22**dielectric of a capacitor**

the insulating material between the electrodes

3.3 Electromagnetic unit definitions**3.3.1****electromagnetic unit**

the component of a capacitor voltage transformer, connected between the intermediate voltage terminal and the earth terminal of the capacitor divider (or possibly directly connected to earth when a carrier-frequency coupling device is used) which supplies the secondary voltage

NOTE An electromagnetic unit essentially comprises a transformer to reduce the intermediate voltage to the required value of secondary voltage, and a compensating inductance approximately equal, at rated frequency to the capacitive reactance of the two parts of the divider connected in parallel ($C_1 + C_2$). The compensating inductance may be incorporated wholly or partially in the transformer.

3.3.2**intermediate transformer**

a voltage transformer in which the secondary voltage, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary voltage

3.3.3**compensating inductance**

an inductance which is usually connected between the intermediate terminal and the high voltage terminal of the primary winding of the intermediate transformer or between earth terminal and the earth-side terminal of the primary winding of the intermediate transformer or incorporated in the primary and secondary windings of the intermediate transformer

NOTE The design value L of the inductance is: $L = \frac{1}{(C_1 + C_2) \cdot (2\pi f_R)^2}$

3.3.4

dispositif d'amortissement

dispositif intégré à l'élément électromagnétique pour

- a) limiter les surtensions qui peuvent apparaître aux bornes d'un ou plusieurs composants;
- b) et/ou empêcher la ferro-résonance entretenue;
- c) et/ou obtenir une meilleure performance de la réponse transitoire du transformateur condensateur de tension

3.4 Définitions des accessoires pour courant porteur

3.4.1

accessoire pour courant porteur

élément de circuit destiné à permettre l'injection du signal de fréquence porteuse et qui est connecté entre la borne à basse tension d'une unité de diviseur capacitif et la terre, ayant une impédance qui est insignifiante à la fréquence du secteur, mais notable à la fréquence porteuse (voir Figure A.2)

3.4.2

bobine de drainage

inductance qui est connectée entre la borne à basse tension d'un diviseur capacitif et la terre et dont l'impédance est négligeable à la fréquence du réseau, mais a une valeur élevée à la fréquence porteuse

3.4.3

élément de limitation de tension

élément à connecter aux bornes de la bobine de drainage ou entre la borne à basse tension du diviseur de tension capacitif et la terre afin de limiter les surtensions qui apparaissent aux bornes de la bobine de drainage:

- a) en cas de court-circuit entre la borne à haute tension et la terre;
- b) lorsqu'une tension de choc est appliquée entre la borne à haute tension et la terre

3.4.4

sectionneur pour la mise à la terre des courants porteurs

sectionneur pour la mise à la terre de la borne à basse tension, si nécessaire

4 Exigences générales

Tous les transformateurs condensateurs de tension doivent convenir pour une utilisation en mesure, mais certains, en plus, peuvent convenir pour une utilisation en protection. Les transformateurs condensateurs de tension utilisés à la fois pour la mesure et la protection doivent être conformes à tous les articles de la présente norme.

5 Conditions de service

Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données dans la série CEI 60721.

5.1 Conditions de service normales

5.1.1 Température de l'air ambiant

Les transformateurs condensateurs de tension sont classés en trois catégories, comme indiqué dans le Tableau 1.

3.3.4

damping device

devices incorporated in the electromagnetic unit for the purposes of:

- a) limiting overvoltages which may appear across one or more components;
- b) and/or to prevent sustained ferro-resonance;
- c) and/or to achieve a higher performance of the transient response of the capacitor voltage transformer

3.4 Carrier-frequency accessories definitions

3.4.1

carrier-frequency accessories

circuit element intended to permit the injection of carrier frequency signal and which is connected between the low voltage terminal of a capacitor divider unit and earth, having an impedance which is insignificant at power frequency, but appreciable at the carrier frequency. (see Figure A.2)

3.4.2

drain coil

an inductance which is connected between the low voltage terminal of a capacitor divider and earth, and whose impedance is insignificant at power frequency, but has a high value at the carrier frequency.

3.4.3

voltage limitation element

an element connected across the drain coil or between low voltage terminal of the capacitor voltage divider and earth to limit the overvoltages which appear across the drain coil:

- a) at a short circuit between the high-voltage terminal and earth;
- b) in the case where an impulse voltage is applied between the high voltage terminal and earth

3.4.4

carrier earthing switch

a switch for earthing, when necessary, of the low voltage terminal

4 General requirements

All capacitor voltage transformers shall be suitable for measuring purposes, but, in addition, certain types may be suitable for protection purposes. Capacitor voltage transformers for the dual purpose of measurement and protection shall comply with all clauses of this standard.

5 Service conditions

Detailed information concerning classification of environmental conditions is given in IEC 60721 series.

5.1 Normal service conditions

5.1.1 Ambient air temperature

The capacitor voltage transformers are classified in three categories as given in Table 1.

Tableau 1 – Catégories de températures assignées

Catégorie	Température minimale °C	Température maximale °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
NOTE Lors du choix de la catégorie de températures, il convient de tenir compte également des conditions de stockage et de transport.		

5.1.2 Altitude

L'altitude n'excède pas 1 000 m.

5.1.3 Vibrations ou tremblements de terre

Les vibrations dues à des causes externes au transformateur condensateur de tension ou aux tremblements de terre sont négligeables.

5.1.4 Autres conditions de service pour les transformateurs condensateurs de tension du type intérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- l'influence du rayonnement solaire peut être négligée;
- l'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel;
- les conditions d'humidité sont les suivantes.
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période de 24 h, n'excède pas 2,2 kPa;
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période d'un mois, n'excède pas 1,8 kPa.

Dans ces conditions, une condensation peut apparaître occasionnellement.

NOTE 1 On peut s'attendre à de la condensation en cas de changements brusques de la température lors de périodes de forte humidité.

NOTE 2 Pour supporter les effets d'une forte humidité et de la condensation, tels que la détérioration de l'isolement ou la corrosion des parties métalliques, il convient d'utiliser des transformateurs condensateurs de tension conçus pour de telles conditions.

NOTE 3 La condensation peut être évitée par une conception spéciale de l'habillage, une ventilation et un chauffage appropriés ou l'utilisation de déshumidificateurs.

5.1.5 Autres conditions de service pour les transformateurs condensateurs de tension du type extérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- la valeur moyenne de la température d'air ambiant, mesurée sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C;
- il convient que le rayonnement solaire jusqu'à un niveau de 1 000 W/m² (un temps clair à midi) soit pris en compte;

Table 1 – Rated ambient temperature categories

Category	Minimum temperature °C	Maximum temperature °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
NOTE In the choice of the temperature category, storage and transportation conditions should also be considered.		

5.1.2 Altitude

The altitude does not exceed 1 000 m.

5.1.3 Vibrations or earth tremors

Vibrations due to causes external to the capacitor voltage transformer or earth tremors are negligible.

5.1.4 Other service conditions for indoor capacitor voltage transformers

Other considered service conditions are the following:

- a) the influence of solar radiation may be neglected;
- b) the ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt;
- c) the conditions of humidity are as follows:
 - 1) the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h, does not exceed 95 %;
 - 2) the average value of the water vapour pressure for a period of 24 h, does not exceed 2,2 kPa;
 - 3) the average value of the relative humidity, for a period of one month, does not exceed 90 %;
 - 4) the average value of the water vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 1,8 kPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 1 Condensation be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 2 To withstand the effects of high humidity and condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, capacitor voltage transformers designed for such conditions should be used.

NOTE 3 Condensation may be prevented by special design of the housing, by suitable ventilation and heating or by the use of dehumidifying equipment.

5.1.5 Other service conditions for outdoor capacitor voltage transformers

Other considered service conditions are the following:

- a) average value of the ambient air temperature, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C;
- b) solar radiation up to a level of 1 000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered;

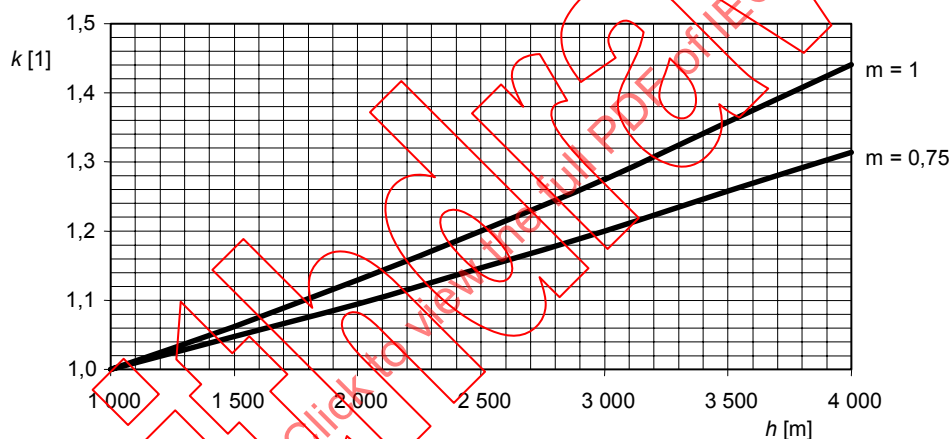
- c) l'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel. La pollution n'excède pas les niveaux de pollution donnés au Tableau 6;
- d) la pression due au vent ne dépasse pas 700 Pa (ce qui correspond à une vitesse de l'air de 34 m/s);
- e) il convient de tenir compte de la présence de condensation ou de précipitations.

5.2 Conditions de service spéciales

Lorsque des transformateurs condensateurs de tension peuvent être utilisés dans des conditions différentes des conditions normales de service indiquées en 5.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent à des seuils normalisés comme suit.

5.2.1 Altitude

Pour des installations à une altitude supérieure à 1 000 m, la distance de formation d'arcs dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée en multipliant les tensions de tenue requises en conditions de service par un facteur k selon la Figure 1.



IEC 305/04

Ces facteurs peuvent être calculés avec l'équation suivante:

$$k = e^{m(h - 1000)/8150}$$

où

h est l'altitude en mètres;

$m = 1$ pour la fréquence industrielle et la tension assignée au choc de foudre;

$m = 0,75$ pour les tensions assignées au choc de manœuvre.

NOTE Pour l'isolation interne, la rigidité diélectrique n'est pas affectée par l'altitude. Il est recommandé que la méthode de vérification de l'isolation externe fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolement

5.2.2 Température ambiante

Pour les installations situées là où la température ambiante peut s'écarter de manière significative de la gamme normale de conditions de service indiquée en 5.1.1, il convient que les gammes préférentielles de températures minimale et maximale à spécifier soient:

- a) $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour des climats très froids;
- b) $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour des climats très chauds.

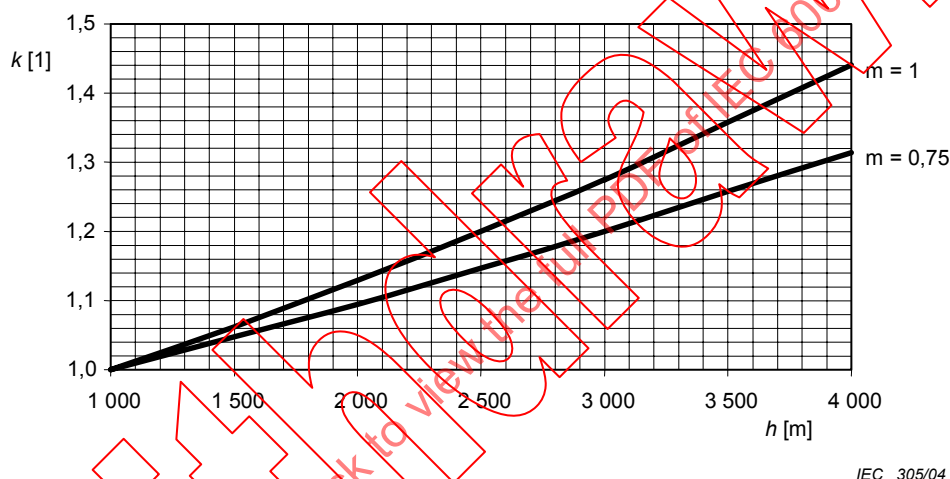
- c) the ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt. The pollution does not exceed the pollution levels given in Table 6;
- d) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed);
- e) account should be taken of the presence of condensation or precipitation.

5.2 Special service conditions

When capacitor voltage transformers may be used under conditions different from the normal service conditions given in 5.1, the user's requirements should refer to standardized steps as follows.

5.2.1 Altitude

For installation at an altitude higher than 1 000 m, the arcing distance under the standardized reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the withstand voltages required at the service location by factor k in accordance with Figure 1.



These factors can be calculated with the following equation:

$$k = e^{m(h - 1000)/8150}$$

where

h is the altitude in metres;

$m = 1$ for power-frequency and lightning impulse voltage;

$m = 0,75$ for switching impulse voltage.

NOTE As for the internal insulation, the dielectric strength is not affected by altitude. The method for checking the external insulation shall be agreed between manufacturer and purchaser.

Figure 1 – Altitude correction factor for insulation

5.2.2 Ambient temperature

For installation in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 5.1.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be:

- a) –50 °C and 40 °C for very cold climates;
- b) –5 °C and 50 °C for very hot climates.

Dans certaines régions où l'apparition de vents chauds et humides est fréquente, de brusques variations de température peuvent entraîner l'apparition de condensation même en intérieur.

NOTE Dans certaines conditions de rayonnement solaire, il peut être nécessaire de prendre des mesures appropriées, comme par exemple la couverture, la ventilation forcée, etc., afin de ne pas dépasser les échauffements spécifiés.

5.2.3 Tremblements de terre

Des exigences et des essais sont à l'étude.

5.3 Installations de mise à la terre

Les installations de mise à la terre considérées sont les suivantes:

- a) réseau à neutre isolé (voir 3.1.18);
- b) réseau compensé par bobine d'extinction (voir 3.1.21);
- c) réseau à neutre à la terre (voir 3.1.23):
 - 1) réseau à neutre directement à la terre (voir 3.1.19)
 - 2) réseau à neutre non directement à la terre (voir 3.1.20).

6 Valeurs normales

6.1 Valeurs normales de fréquence assignée

Les valeurs normales sont de 50 Hz et 60 Hz.

6.2 Valeurs normales des tensions assignées

6.2.1 Tensions primaires assignées U_{PR}

Les valeurs normales de la tension primaire assignée d'un transformateur condensateur de tension monophasé connecté entre une phase d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre du réseau et la terre doivent être $1/\sqrt{3}$ fois les valeurs des tensions assignées de réseau.

Les valeurs préférentielles sont données dans la CEI 60038.

NOTE Le fonctionnement d'un transformateur condensateur de tension utilisé comme transformateur de mesure ou transformateur de protection est basé sur la tension primaire assignée U_{PR} tandis que le niveau d'isolement assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevées pour le matériel U_m de la CEI 60071-1.

6.2.2 Tensions secondaires assignées

La tension secondaire assignée U_{SR} doit être choisie selon la pratique à l'endroit où le transformateur doit être utilisé. Les valeurs indiquées ci-dessous sont considérées comme des valeurs normales pour des transformateurs condensateurs de tension connectés entre une phase et la terre dans les réseaux triphasés.

- 1) $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V et $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V;
- 2) Basé sur la pratique courante dans certains pays,
 - a) $\frac{120}{\sqrt{3}}$ V pour les réseaux de distribution;

In certain regions with frequent occurrence of warm humid winds, sudden changes of temperature may occur resulting in condensation even indoors.

NOTE Under certain conditions of solar radiation, appropriate measures e.g. roofing, forced ventilation, etc. may be necessary, in order not to exceed the specified temperature rises.

5.2.3 Earthquakes

Requirements and testing are under consideration.

5.3 System earthing

The considered system earthings are:

- a) isolated neutral system (see 3.1.18);
- b) resonant earthed system (see 3.1.21);
- c) earthed neutral system (see 3.1.23):
 - 1) solidly earthed neutral system (see 3.1.19)
 - 2) impedance earthed (neutral) system (see 3.1.20).

6 Ratings

6.1 Standard values of rated frequency

Standard values are 50 Hz and 60 Hz.

6.2 Standard values of rated voltages

6.2.1 Rated primary voltages U_{PR}

The standard values of rated primary voltage of a capacitor voltage transformer connected between one line of a three-phase system and earth or between a system neutral point and earth shall be $1/\sqrt{3}$ times the values of rated system voltage.

Preferred values are given in IEC 60038.

NOTE The performance of a capacitor voltage transformer as a measuring or protection transformer is based on the rated primary voltage U_{PR} whereas the rated insulation level is based on one of the highest voltages for equipment U_m of IEC 60071-1.

6.2.2 Rated secondary voltages

The rated secondary voltage U_{SR} shall be chosen according to the practice at the location where the transformer is to be used. The values given below are considered standard values for capacitor voltage transformers connected between one phase and earth in three-phase systems.

- 1) $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V and $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V;
- 2) Based on the current practice in some countries:
 - a) $\frac{120}{\sqrt{3}}$ V for distribution systems;

- b) $\frac{115}{\sqrt{3}}$ V pour les réseaux de transmission.

NOTE 1 La tension secondaire assignée des enroulements destinés à produire une tension résiduelle est donnée en 15.6.1.

NOTE 2 Si possible, il est recommandé que le rapport de transformation assigné soit d'une valeur simple.

6.3 Valeurs normales de la puissance de précision

Les valeurs normales de la puissance de précision, exprimées en voltampères, pour un facteur de puissance de 1 sont: 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 5,0; 7,5 VA. (gamme de charge I, en 9.8).

Les valeurs normales de la puissance de précision, exprimées en voltampères, pour un facteur de puissance de 0,8 (circuit inductif) sont: 10; 15; 25; 30; 40; 50; 100 VA. (gamme de charge II, en 9.8).

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

NOTE Pour un transformateur donné, si l'une des valeurs de la puissance de précision normale correspond à une classe normale de précision, d'autres valeurs de puissance de précision, choisies éventuellement en dehors des valeurs normales, mais correspondant à des classes normales, peuvent également être indiquées.

6.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné

Le facteur de tension est déterminé par la tension maximale de service, laquelle dépend à son tour, des conditions de mise à la terre du réseau.

Les valeurs normales de facteur de tension assigné approprié aux différentes conditions de mise à la terre sont données dans le Tableau 2 ci-après, ainsi que la durée admissible de l'application de la tension maximale de service (c'est-à-dire durée assignée).

Tableau 2 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et d'échauffement

Facteur de tension assigné F_v	Durée assignée	Mode de connexion de la borne primaire et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre effectivement mis à la terre (3.1.23 a))
1,5	30 s	
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre non effectivement mis à la terre (3.1.23 b)) avec élimination automatique du défaut à la terre
1,9	30 s	
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre isolé (3.1.18) sans élimination automatique du défaut à la terre ou dans un réseau compensé par bobine d'extinction (3.1.21) sans élimination automatique du défaut à la terre
1,9	8 h	

NOTE 1 Des durées assignées réduites sont admissibles par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les exigences de précision et d'échauffement d'un transformateur condensateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée tandis que le niveau d'isolement assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

NOTE 3 Il faut que la tension maximale de service d'un transformateur condensateur de tension soit inférieure ou égale à la tension la plus élevée pour le matériel $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$, ou à la tension primaire assignée U_{PR} multipliée par le facteur de tension assigné 1,2 pour le service continu, selon celle qui est la plus basse.

- b) $\frac{115}{\sqrt{3}}$ V for transmission systems.

NOTE 1 The rated secondary voltage for windings intended to produce a residual voltage is given in 15.6.1.

NOTE 2 Whenever possible, the rated transformation ratio should be of a simple value.

6.3 Standard values of rated output

The standard values of rated output at a power factor of 1, expressed in volt-amperes, are: 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 5,0; 7,5 VA (burden range I, in 9.8).

The standard values of rated output at a power factor of 0.8 lagging, expressed in volt-amperes, are: 10; 15; 25; 30; 40; 50; 100 VA (burden range II, in 9.8).

The values underlined are preferred values.

NOTE For a given transformer, provided one of the values of rated output is standard and associated with a standard accuracy class, the declaration of other rated outputs, which may be non-standard values but associated with other standard classes, is not precluded.

6.4 Standard values of rated voltage factor

The voltage factor is determined by the maximum operating voltage which, in turn, is dependent on the system earthing conditions.

The standard voltage factors appropriate to the different earthing conditions are given in Table 2 below, together with the permissible duration of maximum operating voltage (i.e. rated time).

Table 2 – Standard values of rated voltage factors for accuracy and thermal requirements

Rated voltage factor F_V	Rated time	Method of connecting the primary terminal and system earthing conditions
1,2	Continuous	Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (3.1.23 a)
1,5	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (3.1.23 b)) with automatic earth-fault tripping.
1,9	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in an isolated neutral system (3.1.18) without automatic earth-fault tripping or in a resonant earthed system (3.1.21) without automatic earth-fault tripping.
1,9	8 h	

NOTE 1 Reduced rated times are permissible by agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 The thermal and accuracy requirements of a capacitor voltage transformer are based on the primary rated voltage whereas the rated insulation level is based on the highest voltage for equipment U_m (IEC 60071-1).

NOTE 3 The maximum operating voltage of a capacitor voltage transformer must be lower or equal to the highest voltage of equipment $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$ or the rated primary voltage U_{PR} multiplied with the rated voltage factor 1,2 for continuous service, whichever is the lowest.

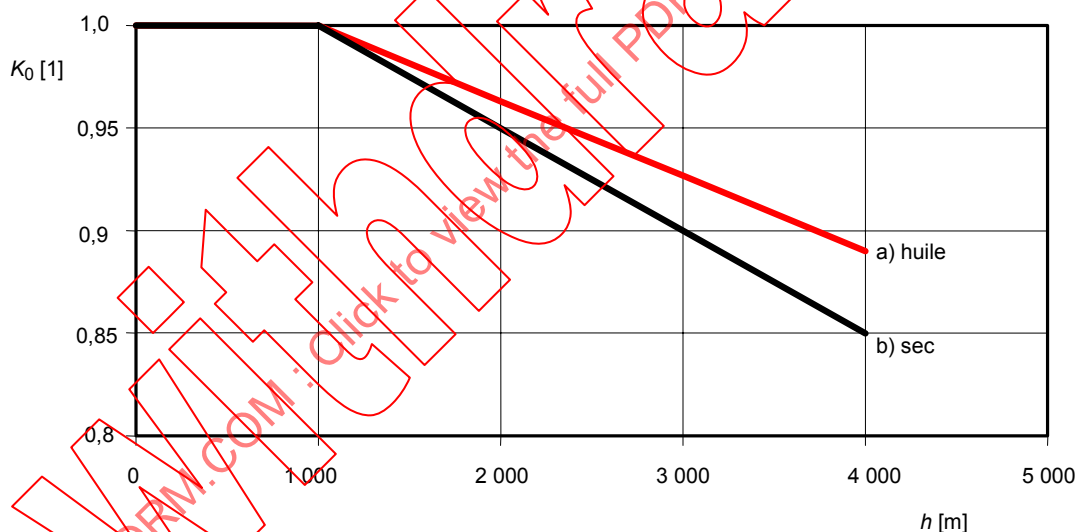
6.5 Limites d'échauffement

Sauf spécification contraire ci-après, l'échauffement ΔT d'un transformateur condensateur de tension à la tension spécifiée, à la fréquence assignée, pour la charge de précision, ou la plus grande des charges de précision lorsque le transformateur en comporte plusieurs, pour un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et 1, ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée au Tableau 3.

Si des températures de l'air ambiant, supérieures à celles indiquées en 5.1, ont été spécifiées, les limites d'échauffement ΔT indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites d'une quantité égale à l'excédent de la température ambiante.

Si un transformateur condensateur de tension est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m et est essayé à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement ΔT indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites des quantités suivantes par tranche de 100 m de différence entre l'altitude du lieu d'installation et 1 000 m:

- a) éléments magnétiques immergés dans l'huile : 0,4 % ;
- b) éléments magnétiques du type sec : 0,5 % (voir Figure 2).



IEC 306/04

Le facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température $K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}}$ avec

ΔT_h l'échauffement aux altitudes $h > 1\,000$ m et

ΔT_{ho} limites d'échauffement de température ΔT indiquées dans le Tableau 3, à des altitudes $h_o \leq 1\,000$ m.

Figure 2 – Facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température

L'échauffement ΔT des enroulements est déterminé par la classe d'isolation la plus basse de l'enroulement lui-même ou de la matière environnante dans lequel il est immergé. Les limites d'échauffement des différentes classes d'isolation sont indiquées dans le Tableau 3.

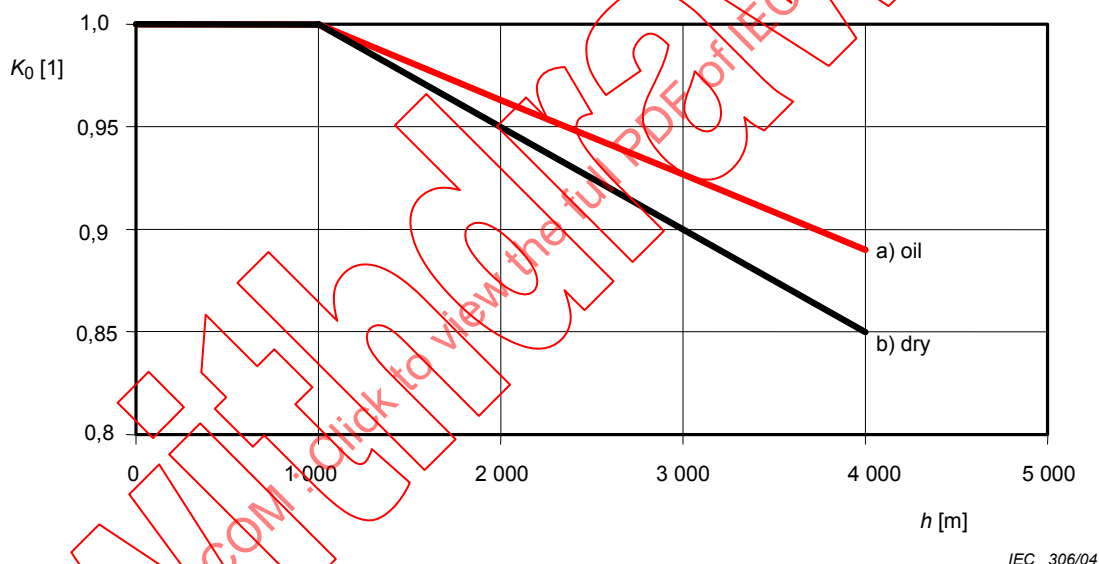
6.5 Limits of temperature rise

Unless otherwise specified, the temperature rise ΔT of a capacitor voltage transformer at the specified voltage, at rated frequency and at rated burden or at the highest rated burden if there are several rated burdens, at any power factor between 0,8 lagging and unity, shall not exceed the appropriate value given in Table 3.

If ambient temperatures in excess of the values given in 5.1 are specified, the permissible temperature rise ΔT in Table 3 shall be reduced by an amount equal to the excess ambient temperature.

If a capacitor voltage transformer is specified for service at an altitude in excess of 1 000 m and tested at an altitude below 1 000 m, the limits of temperature rise ΔT given in Table 3 shall be reduced by the following amounts for each 100 m that the altitude at the operating site exceeds 1 000 m:

- a) oil-immersed magnetic units: 0,4 %;
- b) dry-type magnetic units: 0,5 % (see Figure 2).



The altitude correction factor for the temperature rise $K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}}$ with

ΔT_h temperature rise at altitude $h > 1\,000$ m and

ΔT_{ho} limits of temperature rise ΔT specified in Table 3 at altitudes $h_o \leq 1\,000$ m.

Figure 2 – Altitude correction factor for the temperature rise

The temperature rise ΔT of the windings is referred to the lowest class of insulation either of the winding itself or of the surrounding medium in which it is embedded. The maximum temperature rises of the insulation classes are as given in Table 3.

Tableau 3 – Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la CEI 60085)	Limite d'échauffement maximale ΔT K
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile Si l'élément magnétique n'est pas muni d'un conservateur d'huile, l'échauffement ΔT de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 50 K.	60
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile et hermétiquement scellés Si, dans l'élément magnétique, l'huile est surmontée d'un gaz inerte, ou est hermétiquement scellée, l'échauffement ΔT de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 55 K.	65
Toutes les classes, enroulements noyés dans une masse isolante bitumeuse	50
Enroulements non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse isolante bitumeuse, des classes suivantes:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
L'échauffement ΔT , mesuré sur la surface externe du noyau et d'autres pièces métalliques en contact ou adjacentes à l'isolation, ne doit pas dépasser les valeurs appropriées.	
NOTE Pour certains matières (par exemple les résines), il convient que le constructeur spécifie la classe d'isolation à laquelle elles appartiennent.	

7 Exigences relatives à la conception

7.1 Exigences relatives à l'isolement

Le choix du niveau d'isolement pour le transformateur condensateur de tension doit être fonction des niveaux standard d'isolement indiqués au Tableau 4. Les niveaux d'isolement assignés doivent être basés sur sa tension la plus élevée pour le matériel U_m .

Règles générales appliquées:

- La tension de tenue assignée au choc de manœuvre de polarité positive sous pluie sert de base pour déterminer la distance d'arc minimale (isolation externe) du transformateur condensateur de tension.
- La résistance de l'isolation externe est habituellement essayée sous pluie avec la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (gamme de tensions I) ou avec la tension de tenue au choc de manœuvre sous pluie de polarité positive (gamme de tensions II) (voir 9.5).
- La valeur de la tension de tenue assignée au choc de foudre est un facteur qui permet de déterminer la résistance du diélectrique des condensateurs et la résistance de l'isolation de l'élément électromagnétique.
- Dans la CEI 60071-1, pour chaque U_m , seules deux tensions de tenue standard suffisent pour définir le niveau normal d'isolement pour le matériel:
 - gamme de tensions I: $72,5 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$: tension de tenue assignée au choc de foudre et tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle;
 - gamme de tensions II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 765 \text{ kV}$: tensions de tenue assignées au choc de manœuvre et au choc de foudre.

Table 3 – Limits of temperature rise of windings

Class of insulation (in accordance with IEC 60085)	Maximum temperature rise ΔT K
All classes, immersed in oil When the magnetic unit is not so fitted or arranged, the temperature rise ΔT of the oil at the top of the housing shall not exceed 50 K.	60
All classes, immersed in oil and hermetically sealed When the magnetic unit has an inert gas above the oil, or is hermetically sealed, the temperature rise ΔT of the oil at the top of the housing shall not exceed 55 K.	65
All classes, immersed in bituminous compound	50
Classes not immersed in oil or bituminous compound:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
The temperature rise ΔT measured on the external surface of the core and other metallic parts which are in contact with, or adjacent to, insulation shall not exceed the appropriate values.	
NOTE For some materials (e.g. resin) the manufacturer should specify the relevant insulation class.	

7 Design requirements

7.1 Insulation requirements

The choice of the insulation level for capacitor voltage transformer shall be made in accordance with the standard insulation levels in Table 4. The rated insulation levels shall be based on its highest voltage for equipment U_m .

Applied general rules:

- The rated positive wet switching impulse withstand voltage is the base for the determination of the minimum arcing distance (external insulation) of the capacitor voltage transformer.
- The strength of the external insulation is usually tested wet with the rated short duration power frequency withstand voltage (range I) or with the positive wet switching impulse withstand voltage (range II) (see 9.5).
- The value of the rated lightning impulse withstand voltage is one factor with which to determine the strength of the dielectric of the capacitors and the strength of the insulation of the electromagnetic unit.
- In IEC 60071-1, for each U_m only two standard withstand voltages are sufficient to define the standard insulation level for the equipment:
 - range I: $72,5 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$: rated lightning impulse withstand voltage and rated short-duration power-frequency withstand voltage;
 - range II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 765 \text{ kV}$: rated switching and rated lightning impulse withstand voltages.

- En raison de l'isolation interne non autorégénératrice des transformateurs condensateurs de tension, pour la gamme de tensions II, trois tensions standards de tenue sont indiquées dans le Tableau 4. Pour la gamme de tensions II, l'essai de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle a été spécifié comme essai individuel avec une mesure des décharges partielles. La contrainte avec une tension alternative détermine le comportement à long terme de l'isolation interne non autorégénératrice du transformateur condensateur de tension.
- L'essai de tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (Tableau 4, colonne 4), avec mesure des décharges partielles (DP) dans la gamme de tensions II, est une indication de la contrainte sur l'isolation du transformateur condensateur de tension.
- Le niveau d'isolement assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m , tandis que les exigences de précision et d'échauffement d'un transformateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée U_{PR} .
- Le choix du niveau d'isolement doit être fait selon 6.2.1 et selon la CEI 60071-1.

Tableau 4 – Niveaux standard d'isolement

Gamme de Tensions	1	2	3	4
	Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (essai individuel) (valeur efficace)
	kV	kV	kV	kV
I	72,5		325	140
	100		450	185
	123		450	185
			550	230
	145		550	230
			650	275
	170		650	275
			750	325
	245		950	395
			1 050	460
II	300	750	950	395
		850	1 050	460
	362	850	1 050	460
		950	1 175	510
	420	950	1 300	570
		1 050	1 425	630
	525	1 050	1 425	630
		1 175	1 550	680
	765	1 425	1 950	880
		1 550	2 100	975

NOTE 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir le niveau d'isolement le plus élevé.

NOTE 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'ont pas encore été décidés de manière définitive, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manœuvre et au choc de foudre peuvent s'avérer nécessaires.

- Due to the non-self-restoring internal insulation of capacitor voltage transformers, for range II three standard withstand voltages are specified in Table 4. The short duration power frequency withstand voltage test has been specified for range II as a routine test with partial discharge measurement. The stress with a.c. voltage determines the long term behaviour of the non-self-restoring internal insulation of the capacitor voltage transformer.
- The rated short-duration power frequency withstand voltage test (Table 4, column 4), with partial discharge (PD) measurement in range II is an indication for the stress on the insulation of the capacitor voltage transformer.
- The rated insulation level is based on the highest voltage for equipment U_m , whereas the thermal and accuracy requirements of a voltage transformer are based on the primary rated voltage U_{PR} .
- The choice of the insulation level shall be made in accordance with 6.2.1 and IEC 60071-1.

Table 4 – Standard insulation levels

Range	1	2	3	4
	Highest voltage for equipment U_m	Rated switching impulse withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage	Rated short-duration power-frequency withstand voltage (routine test)
	(r.m.s.) kV	(peak) kV	(peak) kV	(r.m.s.) kV
I	72,5		325	140
	100		450	185
	123		450	185
			550	230
			550	230
	145		650	275
	170		650	275
			750	325
	245		950	395
			1 050	460
II	300	750	950	395
		850	1 050	460
	362	850	1 050	460
		950	1 175	510
	420	950	1 300	570
		1 050	1 425	630
	525	1 050	1 425	630
		1 175	1 550	680
	765	1 425	1 950	880
		1 550	2 100	975

NOTE 1 For exposed installations it is recommended to choose the highest insulation level.

NOTE 2 As the test voltage levels for $U_m = 765$ kV have not as yet been finally settled, some interchange between switching and lightning impulse test levels may become necessary.

7.2 Autres exigences pour l'isolement

7.2.1 Borne à basse tension du diviseur de tension capacitif

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne à basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

7.2.2 Borne à basse tension exposée aux intempéries

Si la borne à basse tension est exposée aux intempéries, elle doit être soumise pendant 1 min à une tension alternative de 10 kV (valeur efficace) entre les bornes à basse tension et de terre.

- Pendant cet essai, l'élément magnétique n'est pas déconnecté.

NOTE Les tensions d'essai sont applicables aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur avec protection contre les surtensions.

- Si un éclateur de protection est incorporé entre la borne à basse tension et la terre, il convient de s'assurer qu'il ne peut fonctionner pendant les essais. Il convient que les accessoires pour courant porteur soient déconnectés pendant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolement des accessoires pour courant porteur avec la borne à basse tension, une valeur plus élevée peut être convenue à la demande de l'acheteur.

7.2.3 Décharges partielles

Le niveau de décharges partielles ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 5 pour la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures de 10.2.3.2.

Les exigences relatives aux décharges partielles sont applicables au diviseur de tension capacitif dans son ensemble, ou à un condensateur unitaire qui fait partie d'un empilage, ou encore à un empilage de condensateurs qui fait partie du diviseur de tension capacitif.

La mesure de décharges partielles est effectuée lorsque l'élément électromagnétique est déconnecté. La faible contrainte électrique dans l'isolation de l'élément électromagnétique n'exige pas une mesure de décharges partielles.

7.2 Other insulation requirements

7.2.1 Low voltage terminal of the capacitor voltage divider

Capacitor voltage dividers with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

7.2.2 Low voltage terminal exposed to weather

If the low voltage terminal is exposed to the weather, it shall be subjected for 1 min to an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value) between the low-voltage and earth terminals.

- During this test the magnetic unit is not disconnected.

NOTE The test voltages are applicable to capacitor voltage transformers with and without carrier-frequency accessories with overvoltage protection.

- If a protection gap between the low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.
- If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

7.2.3 Partial discharges

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in Table 5 at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a pre-stressing performed according to the procedures of 10.2.3.2.

Partial discharge requirements are applicable to the complete capacitor voltage divider, or to a capacitor unit which is a part of a stack or to a capacitor stack which is a part of the capacitor voltage divider.

The partial discharge measurement is performed with the electromagnetic unit disconnected. The low electrical stress of the insulation in the electromagnetic unit doesn't require a partial discharge measurement.

Tableau 5 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles

Type de mise à la terre du réseau	Tension d'essai de DP (valeur efficace)	Niveau admissible de DP (pC) Isolation immergée dans un liquide
Réseau à neutre mis à la terre	U_m	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de défaut à la terre > 1,4)	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
NOTE 1 Si le système de neutre n'est pas défini, les valeurs indiquées pour les réseaux à neutre isolés ou non effectivement mis à la terre sont valables. NOTE 2 Le niveau admissible de DP est également valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée. NOTE 3 Si seules des parties du diviseur de tension capacitif sont essayées, la valeur de la tension d'essai sera égale à: $1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du TCT}}$ ou $1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT}}$		

7.2.4 Essai de choc de foudre coupé

L'essai est destiné à vérifier les connexions internes du condensateur.

Si cela est spécifié en complément, le transformateur condensateur de tension complet doit aussi être capable de supporter une tension de choc de foudre coupée ayant une valeur crête de 115 % de la tension de choc de foudre assignée.

7.2.5 Capacité à la fréquence industrielle

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de –5 % à +10 %. Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas différer de plus de 5 % de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

NOTE 1 $C = \frac{C_0}{n}$

où

n est le nombre d'éléments en série;

C_0 est la capacité d'un élément.

NOTE 2 Il convient que la capacité réelle soit mesurée, ou rapportée, à la température à laquelle la capacité assignée est définie.

7.2.6 Pertes du condensateur à la fréquence industrielle

Les exigences relatives aux pertes du condensateur, exprimées par $\tan\delta$, mesurées à 10 kV et 0,9 fois à 1,1 fois U_{PR} , peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 1 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Table 5 – Partial discharge test voltages and permissible levels

Type of earthing of the system	PD test voltage (r.m.s.)	Permissible PD level (pC) Insulation immersed in liquid
Earthed neutral system	U_m	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Insulated or non-effectively earthed neutral system	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5

NOTE 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non-effectively earthed systems are valid.

NOTE 2 The permissible PD level is also valid for frequencies different from the system frequency.

NOTE 3 If only parts of the capacitor voltage divider are tested, the value of the test voltage will be equal to :

$1,05 \times \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the CVT}}$

or

$1,05 \times \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the CVT}}$

7.2.4 Chopped lightning impulse test

The test is intended to check the internal connections of the capacitor.

If additionally specified, the complete capacitor voltage transformer shall also be capable of withstanding a chopped lightning impulse voltage having a peak value of 115 % of the rated lightning impulse voltage.

7.2.5 Capacitance at power frequency

The capacitance C of a unit, a stack and a capacitor voltage divider shall not differ from the rated capacitance by more than –5 % to +10 %. The ratio of the capacitances of any two units forming part of a capacitor stack shall not differ by more than 5 % from the reciprocal ratio of the rated voltages of the units.

NOTE 1 $C = \frac{C_0}{n}$

where

n is the number of elements in series;

C_0 is the capacitance of one element.

NOTE 2 The actual capacitance should be measured, or referred to, at the temperature at which the rated capacitance is defined.

7.2.6 Losses of the capacitor at power frequency

The requirements relating to capacitor losses, expressed as $\tan\delta$ measured at 10 kV and 0,9 to 1,1 times the U_{PR} may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

NOTE 1 The purpose is to check the uniformity of the production. Limits for the permissible variations may be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 La valeur de $\tan\delta$ dépend de la conception de l'isolation et de la tension, de la température et de la fréquence de mesure.

NOTE 3 La valeur de $\tan\delta$ de certains types de diélectriques est une fonction du temps d'excitation avant la mesure.

NOTE 4 Les pertes du condensateur sont une indication de la régularité du processus de séchage et d'imprégnation.

NOTE 5 Les valeurs typiques de $\tan\delta$ se rapportant aux diélectriques imprégnés d'huile minérale ou synthétique, sont à 20 °C (293 K):

- | | |
|--|-------------------------|
| a) Papier: | $\leq 5 \times 10^{-3}$ |
| b) Mixte: film-papier-film et papier-film-papier | $\leq 2 \times 10^{-3}$ |
| c) Film: | $\leq 1 \times 10^{-3}$ |

7.2.7 Élément électromagnétique

7.2.7.1 Niveaux d'isolement

- a) La tension de tenue assignée au choc de foudre de l'élément électromagnétique doit être égale à

$$\text{tension au choc du TCT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (\text{valeur de crête})$$

- b) La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de l'élément électromagnétique doit être égale à

$$U_{PR} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (\text{valeur efficace})$$

NOTE 1 Les essais a) peuvent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet.

NOTE 2 Pour l'essai b) l'élément électromagnétique peut être déconnecté du diviseur capacitif.

NOTE 3 Le facteur 3,3 est fixe pour toutes les valeurs de U_m et couvre le plus mauvais cas. (Le facteur $3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} = \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}}$ est le facteur de corrélation entre la tension d'essai alternative et U_m .)

7.2.7.2 Exigences d'isolement entre sections

Dans le cas d'enroulements divisés en deux sections ou plus, l'isolement entre sections doit pouvoir supporter une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

7.2.7.3 Exigences d'isolement pour les enroulements secondaires

L'isolement des enroulements doit pouvoir supporter une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

7.2.8 Exigences pour l'isolement externe

Pour un isolement de type extérieur susceptible d'être pollué, la valeur assignée minimale de la ligne de fuite spécifique mesurée sur la surface d'isolation est indiquée en millimètres dans le Tableau 6.

NOTE 2 The $\tan\delta$ value is dependent on the insulation design and the voltage, the temperature and the measuring frequency.

NOTE 3 The $\tan\delta$ value of certain types of dielectrics is a function of the energization time before the measurement.

NOTE 4 The losses of the capacitor are an indication of the drying and impregnation process.

NOTE 5 For information, typical $\tan\delta$ values for dielectrics which are impregnated with mineral oil or synthetic oil are at 20 °C (293 K):

- | | |
|--|-------------------------|
| a) Paper: | $\leq 5 \times 10^{-3}$ |
| b) Mixed: film-paper-film and paper-film-paper | $\leq 2 \times 10^{-3}$ |
| c) Film: | $\leq 1 \times 10^{-3}$ |

7.2.7 Electromagnetic unit

7.2.7.1 Insulation level

- a) The rated lightning impulse withstand voltage of the electromagnetic unit shall be equal to the:

$$\text{test impulse voltage of the CVT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (peak)}$$

- b) The rated short-duration power-frequency withstand voltage of the electromagnetic unit shall be equal to:

$$U_{PR} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}$$

NOTE 1 The tests a) can be performed on a complete capacitor voltage transformer.

NOTE 2 For the test b) the electromagnetic unit may be disconnected from the capacitor divider.

NOTE 3 The factor 3,3 is fixed for all U_m values and covers the worst case. (The factor

$3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} = \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}}$ is the correlation factor between a.c. test voltage and U_m .)

7.2.7.2 Between-section insulation requirements

For windings divided into two or more sections, the between-section insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV r.m.s. for 1 min.

7.2.7.3 Secondary windings insulation requirements

The winding insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV r.m.s. for 1 min.

7.2.8 External insulation requirements

For outdoor insulation susceptible to contamination, the minimum rated specific creepage distance measured on the insulation surface in millimetres is given in Table 6.

Tableau 6 – Longueurs de la ligne de fuite

Niveau de pollution	Valeur nominale minimale de la ligne de fuite spécifique ^a mm/kV ^b	Ligne de fuite Distance d'arc
I Léger	16	≤ 3,5
II Moyen	20	≤ 3,5
III Fort	25	≤ 4,0
IV Très fort	31	≤ 4,0
a Pour la ligne de fuite réelle, les tolérances de fabrication indiquées sont applicables (voir CEI 62155). b Rapport de la ligne de fuite, mesurée en millimètres, entre phase et terre à la valeur efficace entre phases de la tension la plus élevée pour le matériel U_m en kV (voir CEI 60071-1). Pour d'autres informations et pour les tolérances de fabrication sur la ligne de fuite, voir CEI 60815.		
NOTE 1 Il est reconnu que les performances de l'isolation de surface sont fortement affectées par la forme de l'isolateur. NOTE 2 Dans les régions très légèrement polluées, des lignes de fuite spécifiques nominales inférieures à 16 mm/kV peuvent être utilisées en fonction de l'expérience acquise en service. La valeur de 12 mm/kV semble être une limite inférieure. NOTE 3 Dans le cas de sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite spécifique nominale de 31 mm/kV peut s'avérer insuffisante. En fonction de l'expérience acquise en service et/ou sur des résultats d'essai en laboratoire, une valeur plus élevée de la ligne de fuite spécifique peut être utilisée, mais, dans certains cas, l'utilisation du lavage peut être envisagée. NOTE 4 Les valeurs sont pour les isolateurs en porcelaine. Les isolateurs composites existent et ont de meilleures performances contre la pollution, conformément à la CEI 61462.		

7.3 Tenue au court-circuit

Le transformateur condensateur de tension doit être conçu et réalisé pour supporter sans dommages, lorsqu'il est alimenté sous sa tension assignée, les effets mécaniques, électriques et thermiques d'un court-circuit externe du ou des enroulements secondaires pendant 1 s.

7.4 Ferro-résonance

7.4.1 Généralités

Pour toute tension primaire inférieure à $F_V \times U_{PR}$ et pour toute charge comprise entre 0 et la charge assignée, la ferro-résonance du transformateur condensateur de tension due à des opérations de manœuvre ou à des transitoires sur les bornes primaires ou secondaires ne doit pas se maintenir.

7.4.2 Transitoires des oscillations de ferro-résonance

$\hat{\varepsilon}_F$	:	Erreur instantanée maximale
$\hat{U}_S$	:	Tension secondaire (crête)
U_P	:	Tension primaire (valeur efficace)
U_{PR}	:	Tension primaire assignée (valeur efficace)
K_R	:	Rapport de transformation
T_F	:	Durée de la ferro-résonance

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_S(T_F) - \frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}}{\frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}} = \frac{K_R \cdot \hat{U}_S(T_F) - \sqrt{2} \cdot U_P}{\sqrt{2} \cdot U_P}$$

Table 6 – Creepage distance

Pollution level	Minimum rated specific creepage distance ^a mm/kV ^b	Creepage distance Arcing distance
I Light	16	≤ 3,5
II Medium	20	≤ 3,5
III Heavy	25	≤ 4,0
IV Very heavy	31	≤ 4,0
^a For the actual creepage distance, the specified manufacturing tolerances are applicable (see IEC 62155). ^b Ratio of the creepage distance measured in millimetres between phase and earth over the r.m.s. phase to phase value of the highest voltage in kV for the equipment U_m (see IEC 60071-1). For other information and manufacturing tolerances on the creepage distance see IEC 60815.		
NOTE 1 It is recognized that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape. NOTE 2 In very lightly polluted areas, specific rated creepage distances lower than 16 mm/kV can be used depending on service experience. 12 mm/kV seems to be a lower limit. NOTE 3 In the case of exceptional pollution severity, a specific rated creepage distance of 31 mm/kV may not be adequate. Depending on service experience and/or on laboratory test results, a higher value of specific creepage distance can be used, but in some instances the practicability of washing may have to be considered. NOTE 4 The values are for porcelain insulators. Composite insulators exist which have better performance against pollution, according to IEC 61462.		

7.3 Short-circuit withstand capability

The capacitor voltage transformer shall be designed and constructed to withstand without damage, when energized at rated voltage, the mechanical, electrical and thermal effects of an external short-circuit at the secondary winding(s) for the duration of 1 s.

7.4 Ferro-resonance

7.4.1 General

At any voltage below $F_V \times U_{PR}$ and at any burden between 0 and rated burden, the ferro-resonance of the CVT inception by switching operations or transients on the primary or secondary terminals shall not be sustained.

7.4.2 Transients of ferro-resonance oscillations

$\hat{\varepsilon}_F$	:	Maximum instantaneous error
$\hat{U}_S$	:	Secondary voltage (peak)
U_P	:	Primary voltage (r.m.s.)
U_{PR}	:	Rated primary voltage (r.m.s.)
K_R	:	Transformation ratio
T_F	:	Duration of ferro-resonance

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_S(T_F) - \frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}}{\frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}} = \frac{K_R \cdot \hat{U}_S(T_F) - \sqrt{2} \cdot U_P}{\sqrt{2} \cdot U_P}$$

Erreur instantanée maximale ε_F après la durée T_F :

a) Système à neutre effectivement mis à la terre (voir Tableau 7a)

**Tableau 7a – Conditions de ferro-résonance –
Système à neutre effectivement mis à la terre**

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée des oscillations de ferro-résonance T_F s	Erreur ε_F après une durée T_F %
$0,8 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{PR}$	≤ 2	≤ 10

b) Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (voir Tableau 7b)

**Tableau 7b – Conditions de ferro-résonance –
Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé**

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée des oscillations de ferro-résonance T_F s	Erreur ε_F après une durée T_F %
$0,8 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{PR}$	≤ 2	≤ 10

7.5 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques

7.5.1 Tension de perturbation radioélectrique (RIV)

Cette exigence s'applique aux transformateurs condensateurs de tension avec $U_m \geq 123$ kV à installer en sous-station isolée dans l'air. La tension de perturbation radioélectrique ne doit pas dépasser $2\,500 \mu\text{V}$ à $1,1 U_m / \sqrt{3}$.

NOTE Cette exigence est introduite afin de répondre à certains règlements de compatibilité électromagnétique.

7.5.2 Surtension transmise (TO)

Les surtensions transmises des bornes primaires aux bornes secondaires ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 8, dans les conditions d'essai et de mesure décrites dans la CEI 60044-2.

L'impulsion de type A s'applique aux transformateurs condensateurs de tension pour une sous-station isolée dans l'air, alors que l'impulsion de type B s'applique au transformateur condensateur de tension installé dans un poste sous enveloppe métallique isolée par gaz (PSEM).

NOTE 1 Cette exigence est incluse afin de répondre à certains règlements de compatibilité électromagnétique.

NOTE 2 L'impulsion de type A est représentative des oscillations de tension dues au contournement de l'éclateur et au fonctionnement de l'appareillage de commutation. Le type B est représentatif des impulsions à front raide produites pendant le fonctionnement de l'appareillage de commutation.

Maximum instantaneous error ε_F after duration T_F :

a) Effectively earthed neutral system (see Table 7a)

Table 7a – Ferro-resonance requirements

Primary voltage U_p (r.m.s.)	Ferro-resonance oscillation duration T_F s	Error $\hat{\varepsilon}_F$ after duration T_F %
$0,8 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{PR}$	≤ 2	≤ 10

b) Non-effectively earthed neutral system or isolated neutral system (see Table 7b)

Table 7b – Ferro-resonance requirements

Primary voltage U_p (r.m.s.)	Ferro-resonance oscillation duration T_F s	Error ε_F after duration T_F %
$0,8 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{PR}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,9 \cdot U_{PR}$	≤ 2	≤ 10

7.5 Electromagnetic emission requirements

7.5.1 Radio interference voltage (RIV)

This requirement applies to capacitor voltage transformers having $U_m \geq 123$ kV to be installed in air-insulated substation. The radio interference voltage shall not exceed 2 500 μ V at $1,1 U_m/\sqrt{3}$.

NOTE This requirement is included to meet some electromagnetic compatibility regulations.

7.5.2 Transmitted overvoltage (TO)

The overvoltages transmitted from the primary to the secondary terminals shall not exceed the values given in Table 8 under test and measuring conditions described in IEC 60044-2.

Type A impulse requirement applies to capacitor voltage transformers for air-insulated substations, while impulse B requirement applies to capacitor voltage transformers installed in gas insulated metal-enclosed substations (GIS).

NOTE 1 This requirement is included to meet some electromagnetic compatibility regulations.

NOTE 2 Type A impulse is representative of voltage oscillations due to spark-gap flashover and switchgear operation. Type B is representative of the steep front impulses produced during switchgear operations.

Tableau 8 – Limites des surtensions transmises

Type d'impulsion	A	B
Valeur crête de la tension appliquée (U_p)	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$
Caractéristiques de la forme d'onde:		
- durée de front conventionnelle (T_1)	$0,5 \mu s \pm 20 \%$	-
- durée jusqu'à la demi-valeur (T_2)	$\geq 50 \mu s$	-
- durée du front (T_1)	-	$10 ns \pm 20 \%$
- durée de la queue (T_2)	-	$> 100 ns$
Valeurs crêtes limites de la surtension transmise (U_s)	1,6 kV	1,6 kV

7.6 Exigences mécaniques

Les transformateurs condensateurs de tension pour une sous-station isolée dans l'air doivent pouvoir supporter les charges statiques d'essai données au Tableau 9.

Les charges d'essai spécifiées sont destinées à être appliquées sur les bornes primaires, dans toutes les directions.

Tableau 9 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel U_m KV	Charge d'essai de tenue statique F_R N		
	Transformateurs condensateurs de tension avec :		
	Bornes de tension	Bornes de type courant traversant	
		Classe de charge I	Classe de charge II
72,5 à 100	500	1 250	2 500
123 à 170	1 000	2 000	3 000
245 à 362	1 250	2 500	4 000
≥ 420	1 500	4 000	5 000

NOTE 1 Cette exigence ne s'applique pas aux transformateurs condensateurs de tension suspendus.

NOTE 2 Il convient que la somme des charges effectives dans des conditions de fonctionnement normales ne dépasse pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée.

NOTE 3 Dans certaines applications, il convient que les transformateurs condensateurs de tension avec bornes de type courant traversant supportent des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple lors de courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge d'essai de tenue statique.

NOTE 4 Il convient que le système de suspension d'un transformateur condensateur de tension ou d'un diviseur capacitif soit conçu pour supporter une contrainte de traction égale au moins à la masse en kilogrammes du transformateur condensateur de tension ou du diviseur capacitif, avec un facteur de sûreté de 2,5, multiplié par 9,81 pour obtenir la force correspondante en newtons.

NOTE 5 Si le transformateur condensateur de tension est utilisé pour supporter un circuit-bouchon de ligne, il convient que d'autres charges d'essai fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 6 Pour certaines applications, il peut être nécessaire d'établir la résistance des bornes primaires à la torsion. Il faut que le moment à appliquer pendant l'essai fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Table 8 – Transmitted overvoltage limits

Type of impulse	A	B
Peak value of the applied voltage (U_p)	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$
Wave shape characteristics :		
- conventional front time (T_1)	$0,50 \mu s \pm 20 \%$	-
- time to half-value (T_2)	$\geq 50 \mu s$	-
- front time (T_1)	-	$10 ns \pm 20 \%$
- tail length (T_2)	-	$> 100 ns$
Transmitted overvoltage peak value limits (U_s)	1,6 kV	1,6 kV

7.6 Mechanical requirements

Free standing capacitor voltage transformers shall be capable of withstanding the static test loads given in Table 9.

The specified test loads are intended to be applied in any direction to the primary terminals.

Table 9 – Static withstand test loads

Highest voltage for equipment U_m kV	Static withstand test load F_R		
	N		
	Capacitor voltage transformers with:		
	Voltage terminals	Through current terminals	
		Load class I	Load class II
72,5 to 100	500	1 250	2 500
123 to 170	1 000	2 000	3 000
245 to 362	1 250	2 500	4 000
≥ 420	1 500	4 000	5 000

NOTE 1 This requirements do not apply to suspended capacitor voltage transformers.

NOTE 2 The sum of the loads acting in normal operating conditions should not exceed 50 % of the specified withstand test load.

NOTE 3 In some applications capacitor voltage transformers with through current terminals should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short circuits) not exceeding 1,4 times the static test load.

NOTE 4 The suspension system of a capacitor voltage transformer or of a capacitor divider should be so designed to withstand a tensile stress of at least the mass in kilograms of a capacitor voltage transformer or of a capacitor divider, with a safety factor of 2,5, multiplied by 9,81 to get the corresponding force in newtons.

NOTE 5 If the capacitor voltage transformer is used to support a line trap, other test loads should be agreed between manufacturer and purchaser.

NOTE 6 For some applications it may be necessary to establish the resistance to rotation of the primary terminals. The moment to be applied during the test shall be agreed between manufacturer and purchaser.

7.7 Etanchéité du diviseur de tension capacitif et de l'élément électromagnétique

7.7.1 Diviseur de tension capacitif

L'unité de condensateur ou le diviseur de tension capacitif assemblé complet doit être étanche dans toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

7.7.2 Élément électromagnétique

L'élément électromagnétique doit être étanche sur toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

8 Classification des essais

Les essais spécifiés dans la présente norme sont classés en essais de type, essais individuels et essais spéciaux. Les essais de type et individuels doivent être exécutés dans la même séquence conformément à l'organigramme de la Figure 3. Au début et à la fin de la séquence, la capacité C , $\tan\delta$ et la précision doivent être mesurées.

La classification est la suivante :

a) Essai de type

Essai effectué sur un transformateur ou deux transformateurs de chaque type pour apporter la preuve que tous les transformateurs construits suivant la même spécification répondent aux exigences non couvertes par les essais individuels.

NOTE 1 Un essai de type peut également être considéré valable s'il est exécuté sur un transformateur qui présente des différences mineures. Il convient que ces différences fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 2 Il faut que l'essai de type suive la séquence indiquée par l'organigramme de la Figure 3.

b) Essai individuel

Essai auquel chaque transformateur est soumis individuellement.

c) Essai spécial

Essai autre qu'un essai de type ou un essai individuel effectué après accord entre le constructeur et l'acheteur.

8.1 Essais de type

Les essais suivants sont des essais de type. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) contrôle de précision (10.6);
- b) essai d'échauffement (9.1);
- c) mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle (9.2);
- d) essai au choc de foudre coupé (9.4.3);
- e) essais de tension de perturbation radioélectrique, si nécessaire (9.10);
- f) essai de tenue au court-circuit (9.3);
- g) essai au choc de foudre (9.4.2);
- h) essai au choc de manœuvre sous pluie pour la gamme de tensions ≥ 300 kV (9.5.2);
- i) essai sous pluie à fréquence industrielle pour transformateurs de type extérieur avec tension alternative de la gamme de tensions $U_m < 300$ kV (9.5.1);
- j) essai de réponse transitoire (9.9) (valable uniquement pour des transformateurs condensateurs de tension de protection);

7.7 Tightness of capacitor voltage divider and electromagnetic unit

7.7.1 Capacitor voltage divider

A capacitor unit or the complete assembled capacitor voltage divider shall be tight in the full temperature range specified for the applicable temperature category.

7.7.2 Electromagnetic unit

The electromagnetic unit shall be tight in the full temperature range specified for the applicable temperature category.

8 Classification of tests

The tests specified in this standard are classified as type tests, routine tests and special tests. The type and routine tests shall be carried out in the same sequence as outlined in the flow chart (see Figure 3). At the beginning and at the end of the test sequence, capacitance C , $\tan\delta$ and accuracy shall be measured.

The classification is as follows:

- Type test

A test made on one transformer or two transformers of each type to demonstrate that all transformers made according to the same specification comply with the requirements not covered by routine tests.

NOTE 1 A type test may also be considered valid if it is made on a transformer which has minor deviations. Such deviations should be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 The type test must follow the procedure as specified in the flow chart of Figure 3.

- Routine test

A test to which each individual transformer is subjected.

- Special test

A test other than a type test or a routine test, that shall be performed upon agreement between manufacturer and purchaser.

8.1 Type tests

The following tests are type tests. For details, reference should be made to the relevant subclauses:

- a) accuracy check (10.6);
- b) temperature rise test (9.1);
- c) capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency (9.2);
- d) chopped impulse test (9.4.3);
- e) EMC radio interference voltage (RIV) tests, if applicable (9.10);
- f) short circuit withstand capability test (9.3);
- g) lightning impulse test (9.4.2);
- h) switching impulse test under wet conditions for the voltage range ≥ 300 kV (9.5.2);
- i) wet test for outdoor type transformers with AC voltage for the voltage range $U_m < 300$ kV (9.5.1);
- j) transient response test (9.9) (valid only for protection capacitor voltage transformers);

- k) essai de ferro-résonance (9.6);
- l) étanchéité de l'élément électromagnétique (9.7);
- m) essais de précision (9.8).

Après que les transformateurs condensateurs de tension ont été soumis aux essais diélectriques de type indiqués en 8.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels de 8.2.

Les essais répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 80 % de la tension d'essai spécifiée. Les essais de type peuvent être effectués sur un ou deux transformateurs condensateurs de tension en conformité avec la séquence d'essai indiquée dans l'organigramme de la Figure 3.

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas changer de plus de $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ durant toutes les procédures d'essai (voir 7.2.5).

Le choix d'un ou de deux transformateurs est laissé au constructeur.

Le rapport de l'essai de type doit inclure les résultats des essais individuels.

NOTE 1 ΔC est le changement mesuré de la capacité C .

NOTE 2 Après accord entre constructeur et acheteur, l'ordre de la séquence d'essai (Figure 3) peut être modifié.

- k) ferro-resonance test (9.6);
- l) tightness of electromagnetic unit (9.7);
- m) accuracy tests (9.8).

After the capacitor voltage transformers have been subjected to the dielectric type tests of 8.1, they shall be subjected to all routine tests of 8.2.

Repeated power frequency tests shall be performed at 80 % of the specified test voltage. The type tests can be carried out on one or two capacitor voltage transformers according to the sequence of the flow chart given in Figure 3.

The capacitance C of a unit or a stack or a capacitor voltage divider shall not change by more than $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ during any test procedures (7.2.5).

The choice of one or two transformers is left to the manufacturer.

The type test report shall include the results of the routine tests.

NOTE 1 ΔC is the measured change of the capacitance C .

NOTE 2 By an agreement between the manufacturer and the purchaser the order of the test sequence (Figure 3) can be modified.

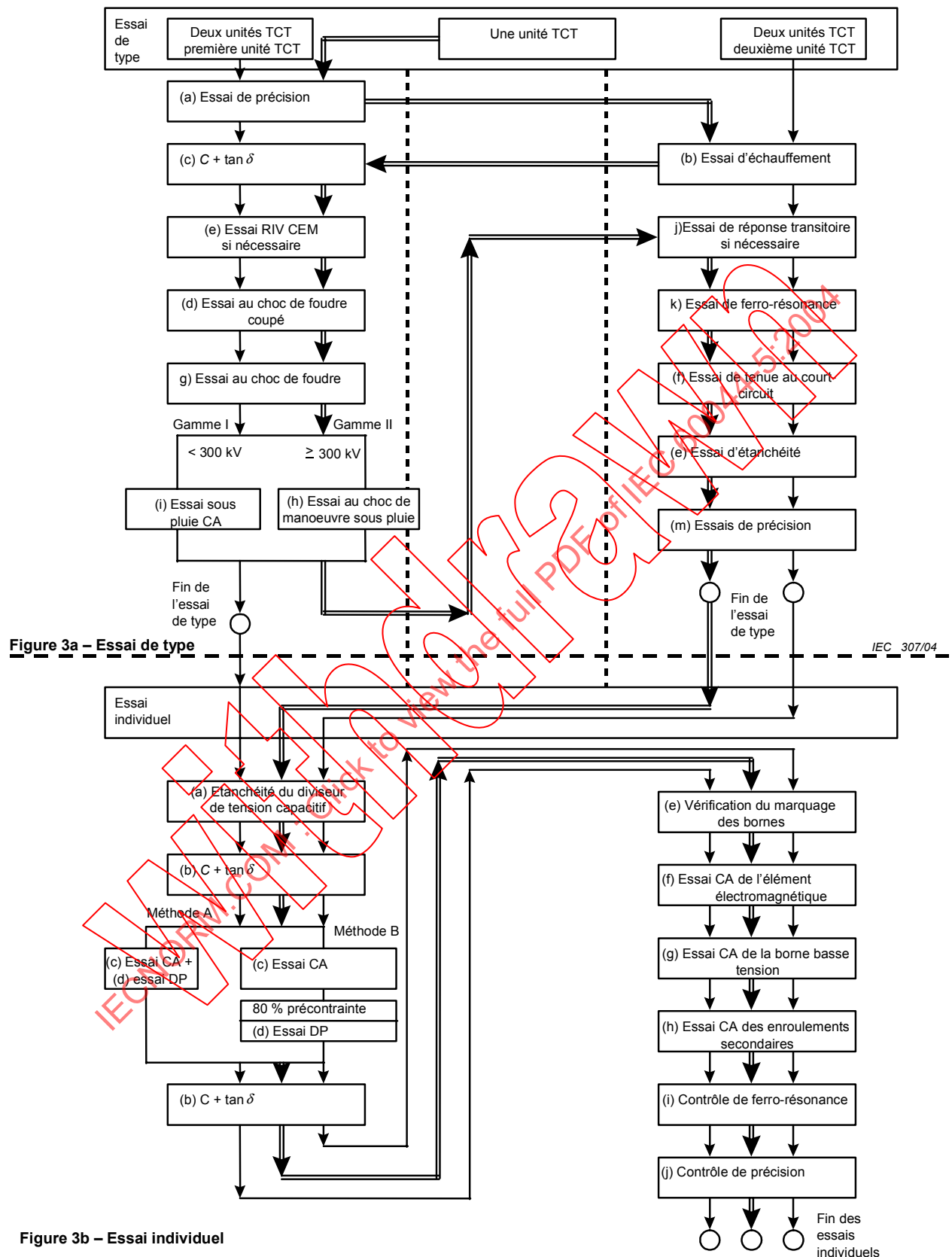


Figure 3 – Organigrammes: Séquence d'essais à appliquer pour essais de type (Figure 3a) et individuels (Figure 3b)

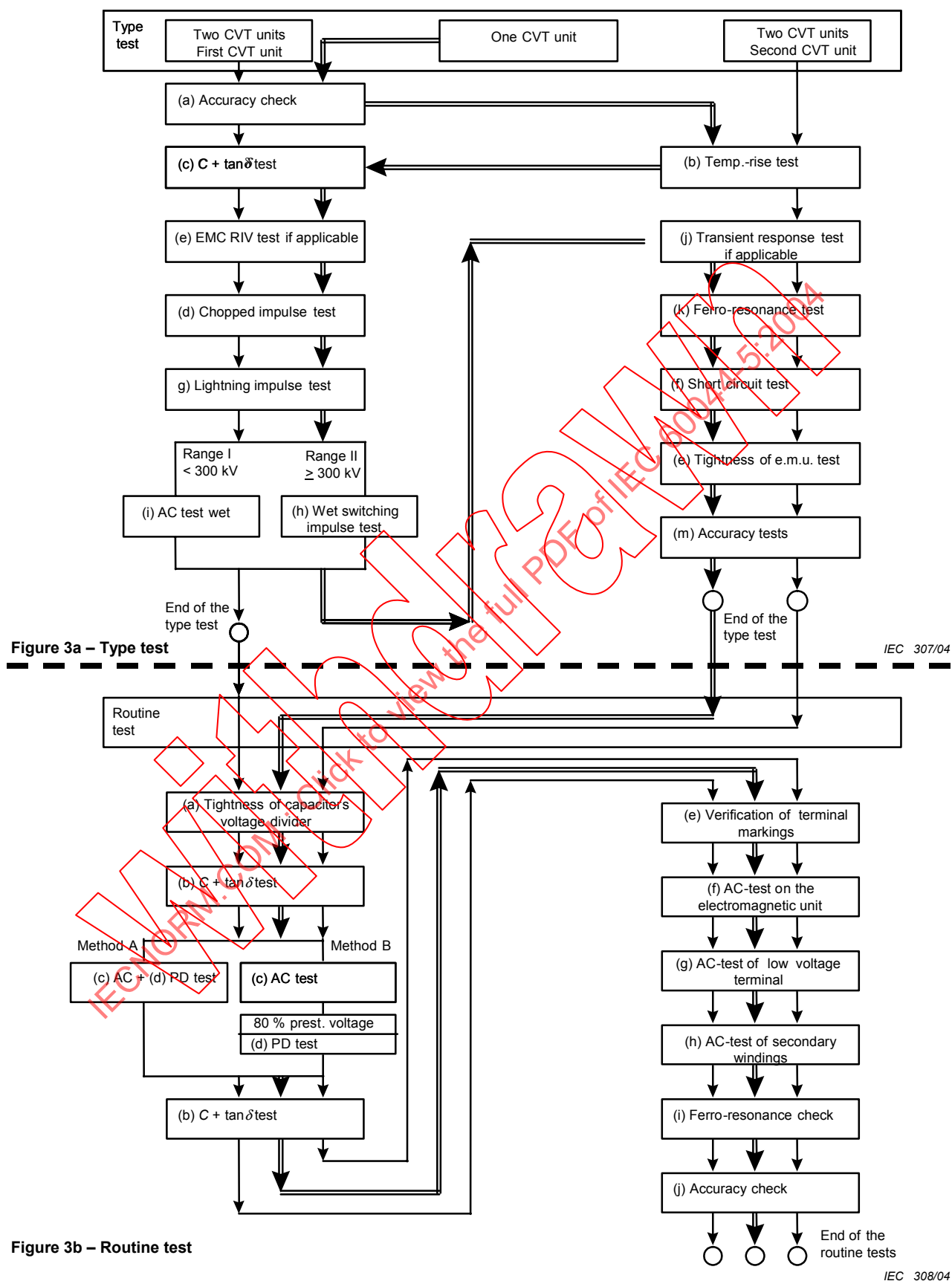


Figure 3 – Flow charts test sequence to be applied when performing the type test (Figure 3a) and routine test (Figure 3b)

8.2 Essais individuels

Les essais suivants sont les essais individuels. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) étanchéité du diviseur de tension capacitif (10.1);
- b) mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle (9.2);
- c) essai de tenue à fréquence industrielle (10.2);
- d) mesure des décharges partielles (10.2.3);
- e) vérification des marquages des bornes (10.3);
- f) essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique (10.4);
- g) essai de tenue à fréquence industrielle sur la borne à basse tension (10.2.4);
- h) essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (10.4.2);
- i) contrôle de ferro-résonance (10.5);
- j) contrôle de précision (détermination des erreurs) (10.6).

Hormis la détermination des erreurs j), qui doit être exécutée après les essais des points b), c), d), e), f), g) et h), l'ordre ou la combinaison possible des autres essais ne sont pas normalisés.

Des essais répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 80 % de la tension d'essai spécifiée.

Des essais non répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 100 % de la tension d'essai.

8.3 Essais spéciaux

Les essais suivants sont des essais spéciaux. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) mesure du facteur de transmission des surtensions transitoires à haute fréquence (11.1);
- b) essai de résistance mécanique (11.2);
- c) détermination du coefficient de température (11.3);
- d) essai de conception d'étanchéité des condensateurs unitaires (11.4).

8.4 Séquence d'essais pour une ou deux unités

La séquence d'essais indiquée dans l'organigramme doit être considérée comme obligatoire (voir Figure 3).

NOTE De légères modifications de la séquence d'essais peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

9 Essai de type

9.1 Essai d'échauffement

L'essai doit être fait pour vérifier la conformité aux exigences de 6.5.

L'essai peut être réalisé sur le transformateur condensateur complet ou sur l'élément électromagnétique seul. Lorsque l'essai est réalisé sur le transformateur condensateur complet, la tension primaire U_p doit être ajustée conformément au Tableau 10.

8.2 Routine tests

The following tests are routine tests. For details, reference should be made to the relevant sub-clauses:

- a) tightness of capacitor voltage divider (10.1);
- b) capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency (9.2);
- c) power-frequency withstand test (10.2);
- d) measurement of partial discharges (10.2.3);
- e) verification of terminal markings (10.3);
- f) power-frequency withstand tests on the electromagnetic unit (10.4);
- g) power-frequency withstand test on low voltage terminal (10.2.4);
- h) power-frequency withstand tests on secondary windings (10.4.2);
- i) ferro-resonance check (10.5);
- j) accuracy check (determination of errors) (10.6).

Apart from the fact that determination of errors j) shall be performed after the tests of items b), c), d), e), f), g) and h), the order or possible combination of the other tests is not standardized.

Repeated power-frequency tests shall be performed at 80 % of the specified test voltage.

Non repeated power-frequency tests shall be performed at 100 % of the specified test voltage.

8.3 Special tests

The following tests are special tests. For details, reference should be made to the relevant sub-clause:

- a) measurement of the transmission factor of high frequency overvoltages (11.1);
- b) mechanical strength test (11.2);
- c) determination of the temperature coefficient (11.3);
- d) tightness design test of capacitor units (11.4).

8.4 Test sequence for one or two units

Flow chart test sequence shall be considered mandatory (see Figure 3).

NOTE Small modification of the test sequence may be agreed between manufacturer and purchaser.

9 Type test

9.1 Temperature-rise test

The test shall be made to prove compliance with 6.5.

The test can be performed on the complete capacitor voltage transformer or on the electromagnetic unit alone. When performed on the complete capacitor voltage transformer, the primary voltage U_P shall be adjusted in accordance with Table 10.

Lorsque l'essai est réalisé sur l'élément électromagnétique seul, le transformateur intermédiaire doit être ajusté de telle manière à avoir une tension secondaire U_s en conformité avec le Tableau 10.

L'essai d'échauffement doit être réalisé avec la charge assignée ou avec la charge assignée la plus élevée, s'il y a plusieurs charges assignées (voir 6.5). La température doit être enregistrée.

Lorsqu'il y a plus d'un enroulement secondaire, l'essai doit être fait avec la charge assignée appropriée connectée à chaque enroulement secondaire simultanément, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

L'enroulement de tension résiduelle doit être chargé conformément à 15.6.5.1.

La température de l'air ambiant du site de l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Les transformateurs condensateurs de tension ou l'élément électromagnétique seul, indépendamment du facteur de tension et de la durée assignée, doivent être testés à 1,2 fois la tension primaire assignée. La tension secondaire doit être à la valeur correspondante. L'essai doit continuer jusqu'à ce que la température (de l'élément électromagnétique) ait atteint un état stable.

L'élément électromagnétique a atteint sa température de régime lorsque l'échauffement mesuré n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K par heure. L'échauffement des enroulements doit être déterminé par la méthode de variation de résistance.

L'échauffement des parties autres que les enroulements peut être mesuré au moyen de thermomètres ou de couples thermoélectriques.

La température ambiante peut être mesurée au moyen de thermomètres ou de couples thermoélectriques immergés dans un matériau isolé thermiquement, de sorte que le système ait une constante de temps thermique du même ordre que l'élément électromagnétique seul.

When performed on the electromagnetic unit the intermediate transformer shall be adjusted in such a way to have a secondary voltage U_S in accordance with Table 10.

The temperature-rise test shall be performed with the rated burden or with the highest rated burden, if there are several rated burdens (6.5). The temperature shall be recorded.

When there is more than one secondary winding, the test shall be made with the appropriate rated burden connected to each secondary winding simultaneously, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

The residual voltage winding shall be loaded in accordance with 15.6.5.1.

The test site ambient temperature shall be between 10 °C and 30 °C.

The capacitor voltage transformers or the electromagnetic unit alone, irrespective of voltage factor and time rating, shall be tested at 1,2 times the rated primary voltage. The secondary side shall be at the corresponding value. The test shall be continued until the temperature (of the electromagnetic unit) has reached a steady state.

The electromagnetic unit can be considered to be in steady state conditions when the rate of temperature rise does not exceed 1 K per hour. The temperature rise of the windings shall be determined by the resistance variation method.

The temperature rise of parts other than windings may be measured by thermometers or thermocouples.

The ambient temperature can be measured by thermometers or thermocouples immersed in temperature insulation material, so that the system has a thermal time constant of the same order of the electromagnetic unit alone.

Tableau 10 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement

Charge	Charge de précision						Puissance thermique limite ^a	
Facteur de tension et Durée de défaut assignée	$F_V = 1,2$ continu		$F_V = 1,5$ or $1,9$ 30 s		$F_V = 1,9$ 8 h		-	-
Configuration d'essai	Elément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Elément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Elément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Elément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet
Tension d'essai jusqu'à ce que l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K/h.	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{U_{PR}}{K_{CR}}$	$U_P = U_{PR}$
Tension d'essai pour durée assignée de défaut	---	---	$U_S = \frac{F_V \times U_{PR}}{K_R}$	$U_P = F_V \times U_{PR}$	$U_S = \frac{1,9 \times U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,9 U_{PR}$	-	-

^a Essai supplémentaire si une puissance thermique limite est spécifiée

9.2 Mesure de la capacité et de tan δ à fréquence industrielle

9.2.1 Mesure de la capacité

L'essai peut être effectué sur un diviseur de tension capacitif, sur un empilage de condensateurs ou sur des unités séparées. Pendant cet essai, l'élément électromagnétique doit être déconnecté du diviseur capacitif.

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. L'incertitude de la méthode de mesure doit être indiquée dans le rapport d'essai.

La mesure finale de la capacité doit être effectuée à $U_{PR} \pm 10\%$ après les essais diélectriques de type et/ou individuels. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

Afin de révéler tout changement de la capacité dû au claquage d'un ou plusieurs éléments, une mesure préliminaire de la capacité doit être effectuée avant les essais diélectriques de type et/ou individuels, à une tension suffisamment faible (moins de 15 % de la tension assignée) pour qu'il ne se produise pas de claquage d'élément.

NOTE 1 Lorsqu'une borne de tension intermédiaire est encore accessible lorsque le transformateur condensateur de tension est complètement assemblé, il convient de mesurer les capacités suivantes:

- capacité entre les bornes de ligne et à basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre,
- capacité entre les bornes intermédiaire et à basse tension ou entre les bornes intermédiaires et de terre.

NOTE 2 Si le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie en fonction de la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de la capacité après l'essai diélectrique à une tension égale à celle précédemment utilisée, puis à la tension de mesure, qui ne sera pas inférieure à la tension assignée.

Table 10 – Test voltage for temperature rise test

Burden	Rated burden						Thermal limiting output ^a	
Voltage factor & fault duration time	$F_V = 1.2$ continuous		$F_V = 1.5$ or 1.9 30 s		$F_V = 1.9$ 8 h		-	-
Configuration of test	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer
Test voltage till temperature rise is below 1 K/h.	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_C = \frac{U_{PR}}{K_{CR}}$	$U_P = U_{PR}$
Test voltage for fault duration time	–	–	$U_S = \frac{F_V \cdot U_{PR}}{K_R}$	$U_P = F_V \cdot U_{PR}$	$U_S = \frac{1,9 \cdot U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,9 U_{PR}$	–	–

^a Additional test if a thermal limiting output is specified

9.2 Capacitance and tanδ measurement at power-frequency

9.2.1 Capacitance measurement

The test may be carried out on the capacitor voltage divider, or on a capacitor stack or on separate units. During this test the electromagnetic unit shall be disconnected.

The capacitance shall be measured using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The uncertainty of the measuring method shall be indicated in the test report.

The final capacitance measurement shall be carried out at $U_{PR} \pm 10\%$ after the dielectric type and/or routine tests. The measurement shall be carried out at rated frequency or by agreement between 0,8 and 1,2 times of rated frequency.

In order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements, a preliminary capacitance measurement shall be made before the dielectric type and/or routine tests, at a sufficiently low voltage (less than 15 % of rated voltage) to ensure that no puncture of an element will occur.

NOTE 1 When there is an intermediate voltage terminal which is still accessible when the capacitor voltage transformer is completely assembled the following should be measured:

- the capacitance between line and low voltage terminal or line and earth terminal,
- the capacitance between the intermediate and low voltage terminals or intermediate and earth terminal.

NOTE 2 If the dielectric system of the capacitor is such that the measured capacitance varies with the voltage, it is more meaningful to repeat the capacitance measurement after the voltage test at the same voltage as that previously used and then at the measuring voltage which shall be not less than the rated voltage.

NOTE 3 Si l'unité essayée contient un grand nombre d'éléments en série, il peut être difficile de s'assurer qu'aucun claquage ne s'est produit en raison des incertitudes suivantes:

- reproductibilité de la mesure;
- variation de la capacité due aux forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;
- variation de la capacité due à la différence de la température du condensateur avant et après les essais.

Dans ce cas, il convient que le fabricant prouve, par exemple en comparant les variations de la capacité de condensateurs de même type et/ou en calculant la variation de la capacité due à l'augmentation de la température pendant l'essai, qu'aucun claquage ne s'est produit. Du fait de l'incertitude dans le cas où les mesures sont effectuées sur un empilage, il peut être préférable d'effectuer ces mesures sur chaque unité séparément.

9.2.2 Mesure de $\tan \delta$

Les pertes de condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à $U_{PR} \pm 10\%$ lors des mesures de la capacité, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues à l'harmonique et aux accessoires du circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure doit être indiquée. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord, entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

9.3 Essai de tenue au court-circuit

Cet essai doit être effectué pour apporter la preuve de la conformité à 7.3. Pour cet essai, la température initiale du transformateur doit être comprise entre 10°C et 30°C . Le transformateur condensateur de tension doit être alimenté entre la borne à haute tension et la terre et le court-circuit provoqué entre les bornes secondaires. Le court-circuit doit être effectué une fois pendant une durée de 1 s. Le courant doit être mesuré et enregistré.

NOTE Cette exigence s'applique également lorsque des fusibles font partie intégrante du transformateur.

Pendant le court-circuit, la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes du transformateur ne doit pas être inférieure à la tension primaire assignée U_{PR} entre phase et terre.

Si les transformateurs comportent plusieurs enroulements secondaires, plusieurs sections d'enroulements secondaires, ou un enroulement secondaire à prises, les connexions pour l'essai doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Le transformateur condensateur de tension doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si, après refroidissement à la température ambiante, il répond aux exigences suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de façon visible;
- b) ses erreurs ne diffèrent pas des valeurs consignées avant les essais de plus de la moitié des valeurs limites d'erreur correspondant à sa classe de précision et la valeur de la capacité ne varie pas de manière significative;
- c) il supporte l'essai diélectrique spécifié à l'Article 10;
- d) à l'examen, l'isolation à proximité de la surface des enroulements primaire et secondaire de l'élément électromagnétique ne présente pas de détérioration significative (par exemple carbonisation).

L'examen indiqué en d) n'est pas exigé si la densité de courant de l'enroulement n'excède pas 160 A/mm^2 pour un enroulement réalisé en cuivre de conductivité supérieure ou égale à 97 % de la valeur donnée dans la CEI 60028. La densité de courant se calcule sur la base de la valeur efficace mesurée du courant de court-circuit symétrique de l'enroulement secondaire.

NOTE Pour l'examen de la variation de la capacité, voir les notes 1, 2 et 3 de 9.2.1.

NOTE 3 If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain whether no puncture has occurred because of the following uncertainties:

- reproducibility of the measurement;
- capacitance change caused by the mechanical forces on the elements during the dielectric tests;
- capacitance change caused by temperature difference of the capacitor before and after the tests.

In this case, it should be proved by the manufacturer, for example by comparing the capacitance variations of capacitors of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test, that no puncture had occurred. To reduce the measurement uncertainty it may be convenient to carry out these measurements on each unit.

9.2.2 Tan δ measurement

The capacitor losses ($\tan \delta$) shall be measured at $U_{PR} \pm 10\%$ together with the capacitance measurements, using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method shall be given. The measurement shall be carried out at the rated frequency or by agreement at between 0,8 and 1,2 times rated frequency.

9.3 Short-circuit withstand capability test

This test shall be made to prove compliance with 7.3. For this test, the transformer shall be initially at a temperature between 10 °C and 30 °C. The capacitor voltage transformer shall be energized between high voltage terminal and earth and the short-circuit applied between the secondary terminals. One short-circuit shall be applied for the duration of 1 s. The current shall be measured and recorded.

NOTE This requirement applies also to the cases in which fuses are an integral part of the transformer.

During the short-circuit, the r.m.s. value of the applied voltage at the transformer terminals shall be not less than the rated primary voltage U_{PR} between phase and earth.

In the case of transformers provided with more than one secondary winding, or section, or with tapings, the test connection shall be agreed between manufacturer and purchaser.

The capacitor voltage transformer shall be deemed to have passed this test if, after cooling to ambient temperature, it satisfies the following requirements:

- a) it is not visibly damaged;
- b) its errors do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error in its accuracy class and there is no significant change in the value of the capacitance;
- c) it withstands the dielectric test specified in Clause 10;
- d) on examination, the insulation next to the surface of both primary and secondary windings of the electromagnetic unit does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination indicated in d) is not required if the current density in the winding does not exceed 160 A/mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97 % of the value given in IEC 60028. The current density is to be based on the measured symmetrical r.m.s. short-circuit current in the secondary winding.

NOTE For the examination of the variation of the capacitance, see Notes 1, 2 and 3 of 9.2.1.

9.4 Essais au choc

9.4.1 Généralités

Des essais au choc doivent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet conformément à la CEI 60060-1.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes à haute tension et de terre. La borne de terre de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire, la borne à basse tension du diviseur de tension capacitif, l'une des bornes de chaque enroulement secondaire et le châssis doivent être reliés à la terre pendant l'essai.

L'essai au choc consiste généralement à appliquer la tension successivement au niveau de tension de référence et au niveau assigné. La tension de choc de référence doit être comprise entre 50 % et 75 % de la tension de tenue assignée au choc.

La valeur de crête et la forme d'onde du choc doivent être enregistrées.

Une défaillance de l'isolation par suite de l'essai peut être mise en évidence par la variation de la forme d'onde entre la tension de référence et la tension de tenue assignée. Pour la détection des défaillances, l'enregistrement du ou des courants de terre ou des tensions apparaissant dans le ou les enroulements secondaires doit être effectué en complément de l'enregistrement de la tension.

NOTE 1 Une défaillance du transformateur condensateur de tension sera détectée pendant l'essai individuel final.

NOTE 2 Les connexions à la terre peuvent être faites par l'intermédiaire de dispositifs d'enregistrement adaptés.

NOTE 3 Pour cet essai, il faut que les éléments de limitation de surtension soient déconnectés.

9.4.2 Essai au choc de foudre

La forme d'onde du choc appliqué doit être conforme à la CEI 60060-1, mais le temps de front peut être augmenté jusqu'à 8 μ s, en raison des limitations de l'équipement d'essai.

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

Les essais doivent être effectués de la façon suivante :

a) Gamme de tensions I: $U_m < 300$ kV

L'essai doit être exécuté à la fois en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si pour chaque polarité:

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple, variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées pour un même niveau de tension. Les éléments de limitation de surtension peuvent avoir une influence différente sur la forme d'onde à différents niveaux de tension).

NOTE L'application de 15 chocs positifs et 15 chocs négatifs est spécifiée pour essayer l'isolation interne et l'isolation externe. Si d'autres essais font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur pour contrôler l'isolation externe (voir 9.5.1), le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois de chaque polarité, sans correction pour conditions atmosphériques.

9.4 Impulse tests

9.4.1 General

Impulse tests shall be performed on a complete capacitor voltage transformer in accordance with IEC 60060-1.

The test voltage shall be applied between high voltage terminal and earth. The earth terminal of the primary winding of the intermediate transformer, the low voltage terminal of the capacitor voltage divider, one of the terminals of each secondary winding and the frame shall be earthed during the test.

The impulse test generally consists of voltage application at reference and rated voltage levels. The reference impulse voltage shall be between 50 % and 75 % of the rated impulse withstand voltage.

The peak value and the wave-shape of the impulse voltage shall be recorded.

Evidence of insulation failure due to the test may be given by variation in the wave-shape at both reference and rated withstand voltage. For the failure detection the record of earth current (s) or of voltages appearing across the secondary winding (s), shall be taken in addition to the voltage record.

NOTE 1 A failure of the capacitor voltage transformer will be detected during the final routine test.

NOTE 2 The earth connections may be made through suitable current recording devices.

NOTE 3 For this test, overvoltage limitation elements shall be disconnected.

9.4.2 Lightning-impulse test

The waveform of the applied impulses shall be in accordance with IEC 60060-1, but the front time may be increased to a maximum of 8 μ s, owing to the limitations of the testing equipment.

The test voltage shall have the appropriate value given in Table 4 depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

a) Range I: $U_m < 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The capacitor voltage transformer passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-self-restoring external surface insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g., variations in the waveshape of the recorded quantities for the same voltage level. Overvoltage limitation elements may have different influence on the waveshape at different voltage levels).

NOTE The application of 15 positive and 15 negative impulses is specified for testing the internal and external insulation. If other tests are agreed between manufacturer and purchaser to check the external insulation (see 9.5.1), the number of lightning impulses may be reduced to three of each polarity, not corrected for atmospheric conditions.

b) Gamme de tensions II: $U_m \geq 300$ kV

L'essai doit être effectué à la fois en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si

- aucune décharge disruptive ni aucun contournement externe ne se produit,
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple, variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées, en tenant compte des notes pour la gamme I).

9.4.3 Essai au choc de foudre coupé

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet en polarité négative uniquement et en combinaison avec l'essai au choc de foudre de polarité négative de la manière décrite ci-dessous.

La tension doit être un choc de foudre normalisé comme défini dans la CEI 60060-1, coupé après avoir atteint la valeur de crête qui est comprise entre 2 μ s et 8 μ s. Le circuit de coupure doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc enregistré soit limitée à 30 % de la valeur de crête. Le choc de foudre doit être coupé avec un éclateur approprié.

La tension d'essai des chocs pleins doit avoir la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai au choc coupé doit correspondre à cette valeur multipliée par 1,15.

La séquence d'application des chocs doit être la suivante:

a) pour les transformateurs condensateurs de tension assignés pour $U_m < 300$ kV

- un choc plein;
- deux chocs coupés;
- quatorze chocs pleins;

b) pour les transformateurs condensateurs de tension assignés pour $U_m \geq 300$ kV

- un choc plein;
- deux chocs coupés;
- deux chocs pleins.

Les différences dans la forme d'onde des applications d'onde complète avant et après les chocs coupés indiquent un défaut interne. Des contournements pendant des chocs coupés à travers l'isolation externe auto-régénératrice ne doivent pas être considérés lors de l'évaluation du comportement de l'isolation.

NOTE L'essai au choc coupé remplace l'essai de décharge de la CEI 60358.

9.5 Essai sous pluie pour le transformateur condensateur de tension de type extérieur

Les modalités de l'essai sous pluie doivent être conformes à la CEI 60060-1.

9.5.1 Transformateur condensateur de tension avec $U_m < 300$ kV (gamme I)

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet avec une tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle de la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, en appliquant des corrections pour conditions atmosphériques.

b) Range II: $U_m \geq 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Three consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The capacitor voltage transformer passes the test if:

- no disruptive discharge and no external breakdown occurs,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g., variations in the waveshape of the recorded quantities, taking into account the remarks for range I),

9.4.3 Chopped impulse test

The test shall be carried out on a complete capacitor voltage transformer with negative polarity only and combined with the negative polarity lightning impulse test in the manner described below.

The voltage shall be a standard lightning impulse as defined in IEC 60060-1, chopped after the crest value has been reached between 2 μ s and 8 μ s. The chopping circuit shall be so arranged that the amount of overswing of opposite polarity of the recorded impulse shall be limited to 30 % of the peak value. The lightning impulse shall be chopped with a suitable gap.

The test voltage of the full impulses shall have the appropriate value, given in Table 4 depending on the highest voltage for the equipment and the specified insulation level. The chopped impulse test voltage shall have this value multiplied by 1,15.

The sequence of impulse applications shall be as follows:

a) for capacitor voltage transformers rated for $U_m < 300$ kV

- one full impulse;
- two chopped impulses;
- fourteen full impulses;

b) for capacitor voltage transformers rated for $U_m \geq 300$ kV

- one full impulse;
- two chopped impulses;
- two full impulses.

Differences in waveshape of full wave applications before and after the chopped impulses are an indication of an internal fault. Flashovers during chopped impulses across self-restoring external insulation shall be disregarded in the evaluation of the behaviour of the insulation.

NOTE The chopped impulse test replaces the discharge test in IEC 60358.

9.5 Wet test for outdoor capacitor voltage transformer

The wetting procedure shall be in accordance with IEC 60060-1.

9.5.1 Capacitor voltage transformer having $U_m < 300$ kV (range I)

The test shall be performed on a complete capacitor voltage transformer with rated short duration power frequency withstand voltage of the appropriate value given in Table 4 depending on the highest voltage for equipment applying corrections for atmospheric conditions.

Pendant l'essai à fréquence industrielle sous pluie, les dispositifs d'atténuation et de protection doivent être déconnectés. Si la connexion intermédiaire entre l'élément électromagnétique et le diviseur capacitif est de type intérieur, l'élément électromagnétique peut être déconnecté. Si la connexion intermédiaire entre l'élément électromagnétique et le diviseur capacitif est de type extérieur, l'élément électromagnétique peut être déconnecté mais il doit alors être essayé sous pluie séparément avec la tension alternative et la durée spécifiées en 10.4.1.

9.5.2 Transformateur condensateur de tension avec $U_m \geq 300$ kV (gamme II)

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet conformément à 9.4.1 uniquement avec la tension au choc de manœuvre positive de la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement assigné.

Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués, avec corrections pour conditions atmosphériques. Les transformateurs de type extérieur doivent être soumis à l'essai sous pluie. L'essai à sec n'est pas exigé.

Le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si:

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple, variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées pour un même niveau de tension).

NOTE Il faut que le montage d'essai et les connexions d'essai soient conformes à 9.4.1.

9.6 Essais de ferro-résonance

Les essais suivants doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent pour prouver la conformité aux exigences de 7.4.2.

Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur ou les condensateurs réels doivent être utilisés. Les essais doivent être effectués en court-circuitant les bornes secondaires. Le court-circuit sera ouvert par un dispositif de protection (par exemple un fusible, un disjoncteur etc.) choisi à cette fin par accord entre l'utilisateur et le constructeur. En l'absence d'accord, le choix est laissé au constructeur.

Si un fusible est utilisé comme dispositif de protection, la durée du court-circuit peut être plus courte que 0,1 s.

La charge imposée au transformateur condensateur de tension après disparition du court-circuit doit uniquement être celle de l'appareillage d'enregistrement et ne doit pas dépasser 1 VA. Au cours de l'essai, la tension d'alimentation sur la borne à haute tension, la tension secondaire et le courant de court-circuit doivent être enregistrés. Les enregistrements doivent être incorporés au rapport d'essai.

Pendant l'essai, la tension de la source ne doit pas différer de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit et doit rester sensiblement sinusoïdale. La chute de tension dans la boucle de court-circuit (résistance du contact fermé incluse), mesurée directement sur les bornes secondaires du transformateur condensateur de tension, doit être inférieure à 10 % de la tension qui existait entre ces bornes avant le court-circuit.

During the wet a.c. test the damping and protective devices shall be disconnected. If the intermediate connection between the electromagnetic unit and the capacitor divider is an inside type, the electromagnetic unit can be disconnected. If the intermediate connection between the electromagnetic unit and the capacitor divider is an outside type, the electromagnetic unit can be disconnected but then it shall be wet tested separately with the a.c. voltage and duration as specified in 10.4.1.

9.5.2 Capacitor voltage transformer having $U_m \geq 300$ kV (range II)

The test shall be performed on a complete capacitor voltage transformer in accordance with 9.4.1 only with positive switching impulse voltage of the appropriate value given in Table 4, depending on the highest voltage for the equipment and the rated insulation level.

Fifteen consecutive impulses, corrected for atmospheric conditions, shall be applied. Outdoor type transformers shall be subjected to the wet test. Dry test is not required.

The capacitor voltage transformer passes the test if:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-self-restoring external surface insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities for the same voltage level).

NOTE Test arrangement and test connections in accordance with 9.4.1.

9.6 Ferro-resonance tests

The following tests shall be made on a complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit to prove compliance with 7.4.2.

To realise the equivalent circuit, the actual capacitor or capacitors shall be used. The tests shall be made by short-circuiting the secondary terminals. The short circuit will be opened by a protective device (for example a fuse, circuit-breaker, etc.) chosen for this purpose by agreement between manufacturer and user. If no agreement has been made, the choice is left to the manufacturer.

If a fuse is used as a protection device, the time duration of the short circuit may be shorter than 0,1 s.

The burden of the capacitor voltage transformer after the short circuit shall be only that imposed by the recording equipment and shall not exceed 1 VA. The voltage of the power source at the high-voltage terminal, the secondary voltage and the short-circuit current during the test shall be recorded. Records shall be part of the test report.

During the test, the voltage of the power source shall not differ by more than 10 % from the voltage before short circuit and it shall remain substantially sinusoidal. The voltage drop over the short-circuit loop (contact resistance of the closed contactor included), measured directly at the secondary terminals of the capacitor voltage transformer, shall be less than 10 % of the voltage at the same terminals before the short circuit.

- a) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre effectivement mis à la terre (7.4.2; Tableau 7a): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 7 a).
- b) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (7.4.2; Tableau 7b): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 7b).

NOTE 1 S'il est prévu d'utiliser en service une charge saturable, il convient qu'un accord soit établi entre l'utilisateur et le constructeur pour les essais devant être effectués à une charge égale à celle-ci ou voisine de celle-ci.

NOTE 2 Afin de s'assurer que, pendant l'essai, la tension de la source ne diffère pas de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit, il convient que l'impédance de court-circuit du circuit d'alimentation soit basse.

9.7 Essai d'étanchéité d'un élément électromagnétique immergé

L'essai d'étanchéité doit être un essai de type exécuté sur l'élément électromagnétique assemblé pour une utilisation normale, rempli du liquide spécifié. Une pression minimale de $(0,5 \pm 0,1) \times 10^5$ Pa au-dessus de la pression de service maximale doit être maintenue pendant 8 h à l'intérieur de l'élément électromagnétique. On admet que l'élément électromagnétique a satisfait à l'essai s'il n'y a aucun signe de fuite.

9.8 Essais de précision

9.8.1 Généralités

Les essais doivent être effectués à la fréquence assignée, à la température ambiante et aux deux températures extrêmes sur un transformateur condensateur de tension complet.

Le circuit équivalent peut être utilisé pour les matériels de classe ≥ 1 .

Pour les classes 0,5 et 0,2, l'utilisation du circuit équivalent, ou un calcul de l'influence de la température, doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE Les essais effectués aux températures extrêmes sur transformateur condensateur de tension complet sont plus sévères que les essais sur circuit équivalent ou qu'un calcul de l'influence de la température, mais ils sont difficiles à exécuter et coûteux. Les essais effectués sur un transformateur condensateur de tension complet donnent également les meilleures informations qu'il est possible d'obtenir sur les erreurs de mesure qui peuvent apparaître en service par suite des variations de la température ambiante.

Si le circuit équivalent est utilisé, on doit effectuer deux mesures dans des conditions identiques de tension, de charge, de fréquence et de température – aux valeurs normales spécifiées –: une mesure sur l'appareil complet et une mesure sur le circuit équivalent.

La différence entre les résultats de ces deux mesures ne doit pas dépasser 20 % de la classe de précision (par exemple 0,1 % et 4 min pour la classe de précision 0,5). Cette différence doit être prise en compte par l'ajout d'une marge de 20 % lors de la détermination des erreurs du transformateur condensateur de tension complet aux limites de température et de fréquence.

Si l'on connaît les caractéristiques de température du diviseur capacitif dans les conditions de service normal, les erreurs aux températures extrêmes peuvent être déterminées par des calculs basés sur les résultats des mesures à une température donnée et sur le coefficient de température du diviseur capacitif. En variante, une mesure à la température ambiante sur le circuit équivalent peut être effectuée seulement si la capacité équivalente – par exemple, un condensateur fait spécialement pour cet usage – est adaptée aux valeurs de capacité qui correspondent aux valeurs de températures extrêmes, en tenant compte du coefficient de température du diviseur capacitif réel.

Pour une valeur constante de la température, les essais doivent être effectués aux fréquences extrêmes.

- a) Ferro-resonance test for effectively earthed neutral system (7.4.2; Table 7a): the test shall be made a minimum of 10 times at each primary voltage specified in Table 7a).
- b) Ferro-resonance test for non-effectively earthed neutral system or isolated neutral system (7.4.2; Table 7b): the test shall be made a minimum of 10 times at each primary voltage specified in Table 7b).

NOTE 1 If it is known that a saturable burden will be used in service, agreement should be made between user and manufacturer regarding the tests to be made at or near that burden.

NOTE 2 In order to ensure that the voltage of the power source does not differ during the test by more than 10 % from the voltage before short circuit, the short-circuit impedance of the supply circuit should be low.

9.7 Tightness test of a liquid-filled electromagnetic unit

The tightness test shall be a type test on the electromagnetic unit assembled as for normal service, filled with the liquid specified. A minimum pressure of $(0,5 \pm 0,1) \times 10^5$ Pa above the maximum operating pressure shall be maintained during 8 h inside the e.m.u. The e.m.u. shall be considered to have successfully passed the test if there is no evidence of leakage.

9.8 Accuracy tests

9.8.1 General

The tests shall be made at rated frequency, at room temperature and at both extreme temperatures on a complete capacitor voltage transformer.

The equivalent circuit can be used for class ≥ 1 .

For classes 0,5 and 0,2, the use of the equivalent circuit, or a calculation of the influence of temperature shall be agreed upon between user and manufacturer.

NOTE Tests at extreme temperatures on a complete capacitor voltage transformer are more severe than tests on the equivalent circuit or than a calculation of the temperature influence, but are very difficult to perform and are expensive. Tests on a complete capacitor voltage transformer also give the best possible indication concerning the measuring errors which may appear in service because of the changes in ambient temperature.

If the equivalent circuit is used, two measurements under identical conditions of voltage, burden, frequency and temperature – within the standard reference range – have to be carried out: once on the complete apparatus and once with the equivalent circuit.

The difference between the results of these two measurements shall not exceed 20 % of the accuracy class (for instance 0,1 % and 4 min for accuracy class 0,5). It shall be taken into account by adding a margin of 20 %, when determining the errors of the complete capacitor voltage transformer at the limits of temperature and frequency.

Provided the temperature characteristics of the capacitor divider are known over the reference range of temperature, the errors at extreme values of temperature may be determined by calculations based on the measured results at one temperature and the temperature coefficient of the capacitor divider. Alternatively, a measurement at room temperature only may be performed on the equivalent circuit if the equivalent capacitance – e.g. a capacitor made especially for this purpose – is adapted to the capacitance values corresponding to the temperature extreme values, taking into account the temperature coefficient of the actual capacitor divider.

Tests at a constant value of temperature shall be made at the extreme values of frequency.

Les valeurs réelles de la fréquence et de la température pendant l'essai doivent figurer dans le rapport d'essai.

NOTE 1 Les essais mettent en évidence l'effet de la charge, de la tension et de la fréquence mais aussi la température sur la capacité équivalente $C_1 + C_2$, donc sur la valeur de l'erreur. Il convient de veiller au fait qu'on ne peut déterminer l'effet de la température sur le bobinage inductif et sur les résistances de l'enroulement de l'élément électromagnétique qu'à condition de soumettre ce dernier aux températures extrêmes. Pour obtenir une indication supplémentaire sur les variations du rapport du diviseur capacitif provoquées par la température, il est recommandé de mesurer les erreurs de tension et les déphasages avant et immédiatement après – ou pendant – l'essai d'échauffement de 9.1 effectué directement sur le transformateur condensateur de tension. Dans ce cas, la mesure, comme l'essai d'échauffement, ne peut pas être effectuée sur le circuit équivalent ou sur l'élément électromagnétique seul.

NOTE 2 L'expérience acquise actuellement en service a montré que l'on pouvait utiliser de manière satisfaisante des transformateurs condensateurs de tension de la classe de précision 0,5. Les variations soudaines de température, les conditions atmosphériques et de pollution particulières, les capacités parasites et courants de fuite peuvent influencer les erreurs de tension et les déphasages. On ne peut évaluer ces influences qu'à partir de considérations théoriques. Elles sont principalement importantes pour les transformateurs condensateur de tension d'une plus haute classe de précision.

9.8.2 Transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Afin de prouver la conformité avec 14.4, des essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, dans la gamme des valeurs normales de fréquence assignées, et avec des valeurs de puissance de précision conformes au Tableau 11 sous un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

Tableau 11 – Gammes de charges d'essai

Gamme de charges	Valeurs préférentielles de la puissance de précision VA	Valeurs d'essai de la puissance de précision %
I	1,0 2,5 5	0 et 100
II	10 25 50 100	25 et 100

9.8.3 Transformateurs condensateurs de tension pour protection

Afin de prouver la conformité avec 15.4, des essais de type doivent être effectués à 2 %, 5 % et 100 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9) aux deux valeurs extrêmes de la gamme des fréquences assignées et avec des valeurs de puissance de précision conformes au Tableau 11, sous un facteur de puissance de 1 (gamme de charge I) ou de 0,8 inductif (gamme de charge II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

9.8.4 Transformateurs condensateur de tension pour mesure et protection

Afin de prouver la conformité aux 14.5 et 15.4, des essais de type doivent être effectués simultanément sur tous les enroulements de mesure et de protection comme indiqué en 9.8.2 et 9.8.3.

Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires séparés et en raison de leur interdépendance, il convient que l'utilisateur spécifie deux gammes de puissance, une pour chaque enroulement, la limite supérieure de chacune de ces gammes de puissance correspondant à une valeur normale de la puissance de précision. Il convient que chaque enroulement satisfasse à ses propres exigences de précision dans toute sa gamme de puissance alors que, simultanément, l'autre enroulement a une puissance d'une valeur quelconque comprise entre 0 % et 100 % de la gamme de puissance spécifiée. Pour vérifier la conformité à cette exigence, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes uniquement. Si aucune spécification des gammes de puissance n'est fournie, ces gammes sont considérées comme conformes au Tableau 11.

The actual values of test frequency and test temperature shall be part of the test report.

NOTE 1 The tests show the influence of burden, voltage and frequency as well as of temperature on the equivalent capacitance $C_1 + C_2$ on the value of error. Attention should be paid to the fact that the temperature effect on the inductive reactance and on the winding resistances of the electromagnetic unit can be determined only if the actual electromagnetic unit is subjected to the extreme temperatures. As a supplementary indication concerning changes in the capacitor divider ratio caused by temperature, it is recommended to measure the voltage errors and phase displacements before and immediately after – or during – the temperature-rise test of 9.1 performed as a direct test on the capacitor voltage transformer. In this case, the measurement as well as the temperature-rise test cannot be performed on the equivalent circuit or on the electromagnetic unit alone.

NOTE 2 Present day service experience has shown that capacitor voltage transformers may be used satisfactorily in the accuracy class 0,5. Sudden changes in temperature, particular weather and pollution conditions, stray capacitance and leakage currents may affect voltage errors and phase displacements. These influences, that can be evaluated only by theoretical considerations, are mostly important for capacitor voltage transformers of higher accuracy classes.

9.8.2 Measuring CVT

To prove compliance with 14.4, type tests shall be made at 80 %, 100 % and 120 % of rated voltage, at standard reference range of frequency values for measuring and with values in accordance with Table 11 at a power factor of 1 (range I) or at a power factor of 0,8 lagging (range II) on a complete capacitor voltage transformer.

Table 11 – Burden ranges for accuracy tests

Burden range	Preferred values of rated output VA				Test values of rated output %
I	1,0	2,5	5		0 and 100
II	10	25	50	100	25 and 100

9.8.3 Protective CVT

To prove compliance with 15.4, type tests shall be made at 2 %, 5 % and 100 % of rated voltage and at rated voltage multiplied by the rated voltage factor (1,2, 1,5 or 1,9) at the two extreme values of the standard reference range of frequency for protection and with values of rated output in accordance with Table 11 at a power factor of 1 (range I) or at a power factor of 0,8 (range II) lagging on a complete capacitor voltage transformer.

9.8.4 Measuring and protection

To prove compliance with 14.5 and 15.4, type tests shall be made simultaneously on all metering and protection windings as specified in 9.8.2 and 9.8.3.

Ordering transformers having two or more secondary windings, because of their interdependence, the user should specify output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the other winding(s) have an output of any value of its output range between 0 % and 100 %. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be in accordance with Table 11.

9.9 Essai de réponse transitoire

9.9.1 Généralités

L'essai ne concerne que les transformateurs condensateurs de tension pour protection. L'essai peut être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent composé de condensateurs réels.

L'essai doit être réalisé en court-circuitant la source à haute tension, à la tension primaire réelle U_P ou à $U_P \cdot \frac{C_1}{C_1+C_2}$ dans le cas d'un circuit équivalent, à une charge égale à 100 % et 25 % ou 0 % de la charge assignée.

La charge doit être l'une des suivantes:

- a) une charge série composée d'une résistance pure (gamme I) et d'une inductance connectées en série avec un facteur de puissance de 0,8 (gamme II);
- b) une charge de résistance pure.

La nature de la charge du transformateur condensateur de tension affecte les résultats d'essai de réponse transitoire.

Il convient que les enroulements de mesure ou autres soient chargés comme lors du fonctionnement, mais pas à plus de 100 % de la charge spécifiée.

L'essai doit être effectué deux fois à la valeur de crête de la tension primaire et deux fois au passage par zéro de celle-ci. Le déphasage de la tension primaire ne doit pas différer de plus de $\pm 20^\circ$ entre crête et passage par zéro.

NOTE 1 Les systèmes de protection modernes à microprocesseur ont un facteur de puissance de 1.

NOTE 2 Après accord entre le constructeur et l'acheteur, l'essai peut être réalisé avec une charge connectée comme dans la pratique.

9.9.2 Valeurs d'essai de la tension primaire réelle (U_P)

U_P dépend du facteur de tension F_v spécifié, comme suit.

- a) Service continu: 1,0 et 1,2 U_{PR}
- b) Surtensions de courte durée: 1,5 ou 1,9 U_{PR}

Pour a) et b), voir Tableau 2.

Le circuit d'essai est illustré à la Figure 4.

Les formes d'onde des tensions primaire et secondaire doivent être enregistrées avec un oscilloscope. Les enregistrements doivent être incorporés au rapport d'essai.

NOTE 1 Les exigences concernant la réponse transitoire sont données en 15.5.3.

NOTE 2 Pour la mesure de la tension d'entrée U , un diviseur RC peut aussi être utilisé.

9.9 Transient response test

9.9.1 General

The test shall be carried out only on the capacitor voltage transformer for protection purposes. The test can be made on the complete capacitor voltage transformer or in the equivalent circuit made up with the actual capacitors.

The test shall be performed by short-circuiting the high voltage source at the actual primary voltage U_P or in the equivalent circuit at $U_P \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ at 100 % and 25 % or 0 % of rated burden.

The burden shall be one of the following possibilities:

- a) series burden composed of a pure resistance (range I) and an inductive reactance connected in series with a power factor of 0,8 (range II);
- b) pure resistance burden.

The nature of the burden of the capacitor voltage transformer affects the transient response test results.

The measuring or other windings should be loaded as in practice but not higher than 100 % of the specified burden.

The test shall be made twice at the peak of the primary voltage and twice at the zero passage of primary voltage. The phase angle of the primary voltage shall not differ by more than $\pm 20^\circ$ of the peak and zero crossing.

NOTE 1 Modern microprocessor-based protection systems have a power factor of unity.

NOTE 2 By agreement between manufacturer and purchaser the test can be performed with burden as connected in practice.

9.9.2 Test values of the actual primary voltage (U_P)

U_P depends on the specified voltage factor F_V .

- a) Continuous operation : 1,0 and 1,2 U_{PR}
- b) Short duration overvoltages : 1,5 or 1,9 U_{PR}

For a) and b) see Table 2.

The test circuit is shown in Figure 4.

The primary and secondary voltages shall be recorded on an oscilloscope. The records shall be part of the test report.

NOTE 1 Requirements for transient response are given in 15.5.3.

NOTE 2 For measuring the input voltage U also a RC-divider can be used.

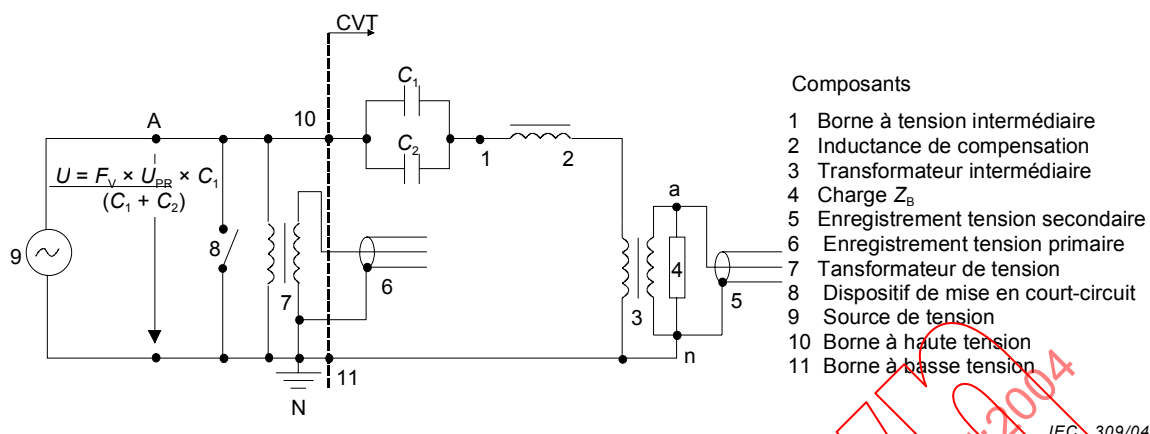


Figure 4 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent

Les charges pour l'essai de réponse transitoire sont données aux figures 5 et 6.

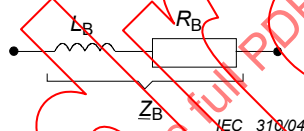


Figure 5 – Charge série

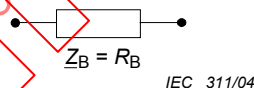


Figure 6 – Résistance pure

Les valeurs d'impédance pour la charge série pour l'essai de réponse transitoire sont les suivantes :

$$|Z_B| = \frac{U_{SR}^2}{S_R}$$

R_B	$\omega \times L_B$
$0,8 Z_B $	$0,6 Z_B $

où

S_R est la charge assignée, en voltampères ;

U_{SR} est la tension secondaire assignée, en volts ;

$|Z_B|$ est l'impédance, en ohms.

NOTE 1 L'impédance totale donnée par ces valeurs de R_B et de $\omega \cdot L_B$ a un facteur de puissance de 0,8.

NOTE 2 Il convient que l'inductance soit de type linéaire, par exemple une réactance à air. La résistance série se compose de la résistance équivalente en série de l'inductance (résistance de l'enroulement) et d'une résistance séparée.

NOTE 3 Il convient que la tolérance de la charge soit inférieure à $\pm 5 \%$ pour $|Z_B|$ et inférieure à $\pm 0,03$ pour le facteur de puissance.

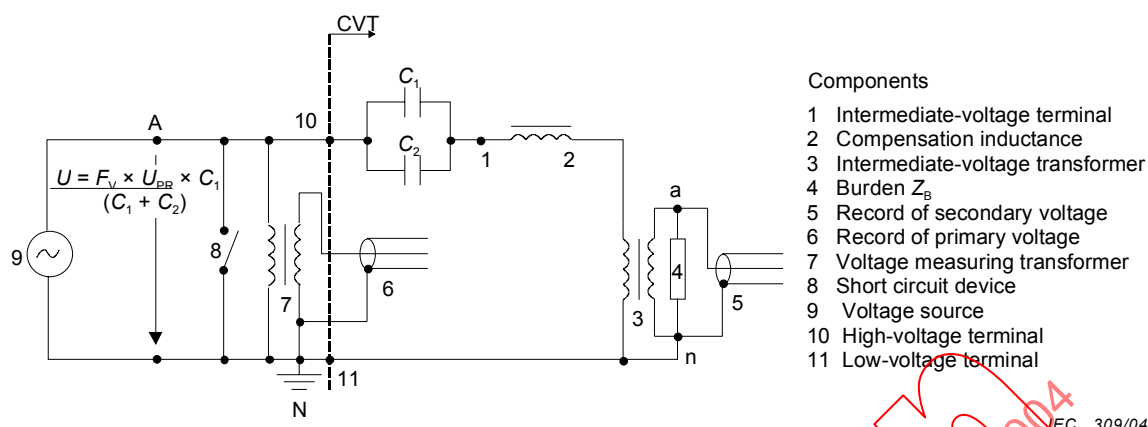


Figure 4 – Diagram of a capacitor voltage transformer for the transient response test using equivalent circuit method

Burdens for the transient response test are given in Figures 5 and 6.

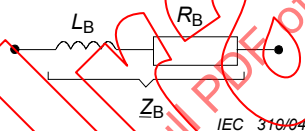


Figure 5 – Series burden

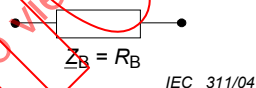


Figure 6 – Pure resistance

Impedance values for the series burden for the transient response test are as follows:

$$|Z_B| = \frac{U_{SR}^2}{S_R}$$

R_B	$\omega \cdot L_B$
$0,8 Z_B $	$0,6 Z_B $

where

S_R is the rated burden in volt-amperes;

U_{SR} is the rated secondary voltage in volts;

$|Z_B|$ is the impedance in ohms.

NOTE 1 The total impedance given by these values of R_B and $\omega \cdot L_B$ has a power factor of 0,8 lagging.

NOTE 2 The inductive reactance should be of a linear type, e.g. air-core reactance. The series resistance is composed of the equivalent series resistance of the inductive reactance (resistance of the winding) and of a separate resistance.

NOTE 3 The tolerance of the burden should be less than $\pm 5 \%$ for $|Z_B|$ and smaller than $\pm 0,03$ for the power factor.

9.10 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le transformateur condensateur de tension, équipé de ses accessoires, doit être sec et propre et approximativement à la même température que celle de la salle du laboratoire dans laquelle l'essai est effectué.

L'essai doit être réalisé en accord avec la CEI 60044-2.

Conformément à cette norme, il convient que l'essai soit réalisé dans les conditions atmosphériques suivantes (voir CISPR 18-2):

- température entre 10 °C et 30 °C;
- pression entre $0,870 \times 10^5$ Pa et $1,070 \times 10^5$ Pa;
- humidité relative entre 45 % et 75 %.

NOTE 1 Par accord entre l'utilisateur et le constructeur, les essais peuvent être effectués dans d'autres conditions atmosphériques.

NOTE 2 Aucun facteur de correction pour conditions atmosphériques selon la CEI 60060-1 n'est applicable à l'essai de perturbation radioélectrique.

Une tension de précontrainte de $1,5 U_m/\sqrt{3}$ doit être appliquée et maintenue pendant 30 s.

Après cela, la tension doit être réduite à $1,1 U_m/\sqrt{3}$ en environ 10 s et maintenue à cette valeur pendant 30 s avant de mesurer le niveau des perturbations radioélectriques.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si le niveau des perturbations radioélectriques à $1,1 U_m/\sqrt{3}$ ne dépasse pas la limite prescrite en 7.5.1.

NOTE 3 Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, l'essai de tension de perturbations radioélectriques décrit ci-dessus peut être remplacé par une mesure de décharges partielles en appliquant les tensions de précontrainte et d'essai spécifiées ci-dessus. Toute précaution prise pendant la mesure de décharges partielles effectuée conformément à 10.2.3 pour éviter des décharges externes (c'est-à-dire l'écrantage) doit être supprimée. Dans ce cas, le circuit d'essai équilibré ne convient pas. Bien qu'il n'y ait aucune conversion directe entre les microvolts de perturbations radioélectriques et les picocoulombs de décharges partielles, on estime que les transformateurs condensateurs de tension ont satisfait à l'essai si à $1,1 U_m/\sqrt{3}$, le niveau de décharges partielles n'excède pas 300 pC.

10 Essais individuels

10.1 Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai individuel effectué sur le diviseur de tension capacitif ou sur des unités séparées. L'essai d'étanchéité doit être effectué pendant 8 h avec une pression du liquide supérieure à la pression de service, selon le type de dispositif d'expansion des unités de condensateurs.

NOTE Après accord entre constructeur et acheteur, un essai spécial peut être spécifié pour tester la conception d'étanchéité des unités de condensateurs (voir 11.4).

10.2 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesures de la capacité, de $\tan\delta$ et des décharges partielles

10.2.1 Généralités

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué conformément à CEI 60060-1.

L'essai doit être effectué à des tensions ayant une forme d'onde pratiquement sinusoïdale. La tension doit être augmentée rapidement d'une valeur relativement basse à la valeur de tension d'essai, maintenue pendant 1 min, sauf accord contraire, puis réduite rapidement à une valeur relativement basse avant la mise hors circuit. Pour cet essai, l'élément électromagnétique peut être déconnecté du diviseur de tension capacitif.

9.10 Radio interference voltage test

The capacitor voltage transformer, complete with accessories, shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the laboratory room in which the test is made.

The test shall be performed in accordance with IEC 60044-2.

In accordance with this standard, the test should be performed under the following atmospheric conditions (see CISPR 18-2):

- temperature between 10 °C and 30 °C;
- pressure between $0,870 \times 10^5$ Pa and $1,070 \times 10^5$ Pa;
- relative humidity between 45 % and 75 %.

NOTE 1 By agreement between user and manufacturer, tests may be carried out under other atmospheric conditions.

NOTE 2 No correction factors for atmospheric conditions in accordance with IEC 60060-1 are applicable to radio interference tests.

A pre-stress voltage of $1,5 U_m / \sqrt{3}$ shall be applied and maintained for 30 s.

Then the voltage shall be decreased to $1,1 U_m / \sqrt{3}$ in about 10 s and maintained at this value for 30 s before measuring the radio interference voltage.

The capacitor voltage transformer shall be considered to have passed the test if the radio interference level at $1,1 U_m / \sqrt{3}$ does not exceed the limit prescribed in 7.5.1.

NOTE 3 By agreement between manufacturer and user, the RIV test as described above may be replaced by a partial discharge measurement applying the pre-stress and test voltages specified above. Any precaution taken during PD measurement performed in accordance with 10.2.3 for avoiding external discharges (i.e. shielding) shall be removed. In this case the balanced test circuit is not appropriate. Although there is no direct conversion between RIV microvolts and PD picocoulombs, the capacitor voltage transformer is considered to have passed the test if at $1,1 U_m / \sqrt{3}$ the partial discharge level does not exceed 300 pC.

10 Routine tests

10.1 Tightness of the liquid-filled capacitor voltage divider

The tightness test shall be a routine test on the capacitor voltage divider or on separate units. The tightness test shall be done with a pressure of the liquid above the operating pressure, depending on the type of the expansion device for the capacitor units for 8 h.

NOTE On agreement between manufacturer and purchaser a special test can be specified to prove the tightness design of capacitor units (11.4).

10.2 Power-frequency withstand test and measurement of capacitance, $\tan\delta$ and partial discharge

10.2.1 General

The power-frequency withstand test shall be performed in accordance with IEC 60060-1.

The test shall be carried out with voltages of substantially sinusoidal waveshape. The voltage shall be rapidly increased from a relatively low value to the test voltage value, maintained for 1 min, unless otherwise agreed, and then rapidly reduced to a relatively low value before being switched off. For this test the electromagnetic unit may be disconnected from the capacitor voltage divider.

Les mesures de la capacité C , de $\tan\delta$ (voir 9.2) et des décharges partielles (voir 10.2.3) peuvent être effectuées pendant l'essai à fréquence industrielle du diviseur capacitif ou sur les sous-systèmes.

10.2.2 Essai à fréquence industrielle et mesure de C et de $\tan\delta$ sur un diviseur de tension capacitif ou sur des sous-systèmes

Chaque diviseur de tension capacitif, ou empilage de condensateurs ou unité doit être soumis à un essai à fréquence industrielle et à des mesures de C et de $\tan\delta$. La tension d'essai est appliquée entre la borne à haute tension et la borne de terre lors d'un essai sur un empilage de condensateurs, et entre les bornes lors d'un essai sur une unité. Lorsqu'une borne à basse tension est présente, pendant cet essai, elle doit être connectée directement ou par l'intermédiaire d'une basse impédance, à la terre. Pendant l'essai, il ne doit se produire ni claquage (voir 9.2.1) ni contournement.

La capacité C doit être mesurée à une tension inférieure à 15 % de la tension primaire assignée U_{PR} et sert de référence avant et après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai de l'empilage} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

pour l'essai d'une unité simple faisant partie d'un empilage

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai du TCT complet} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du transformateur condensateur de tension complet}}$$

pour l'essai d'un seul empilage faisant partie d'un transformateur condensateur de tension complet.

Les tensions d'essai pour les TCT avec $U_m < 300$ kV (gamme de tensions I) ou $U_m \geq 300$ kV (gamme de tensions II) doivent avoir les valeurs appropriées indiquées dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

NOTE Un exemple de valeurs d'essai pour unité et empilages pour un diviseur de tension capacitif pour 525 kV est donné dans le Tableau 12:

- tension la plus élevée pour le matériel: $U_m = 525$ kV.
- tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle: 680 kV.

Tableau 12 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet

Nombre		Tension d'essai (valeur efficace) kV		
Unités	Empilages	Unité	Empilage	Transformateur condensateur de tension complet
		$340 \times 1,05$	-	680
4	2	$170 \times 1,05$	$340 \times 1,05$	680
6	3	$113 \times 1,05$	$227 \times 1,05$	680

Capacitance C , $\tan\delta$ (9.2) and partial discharge measurements (10.2.3) can be made during the a.c. test of the capacitor divider or on the sub-systems.

10.2.2 AC-withstand test and measurement of C and $\tan\delta$ on a capacitor voltage divider or on subsystems

Every capacitor voltage divider or capacitor stack or unit shall be subjected to an a.c. test and C and $\tan\delta$ measurements. The test voltage being applied between the high voltage and the earth terminals when testing a capacitor stack, and between the terminals when testing a unit. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or by a low impedance, to earth during this test. During the test, neither puncture (see 9.2.1) nor flashover shall occur.

The capacitance C shall be measured at a voltage less than 15 % of the rated primary voltage U_{PR} for reference before and after the power-frequency withstand test.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$1,05 \times \text{test voltage of the stack} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

when testing a single unit forming part of a stack.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$1,05 \times \text{test voltage of the complete CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete CVT}}$$

when testing a single stack forming part of a complete capacitor voltage transformer.

The test voltages for CVT's with $U_m < 300$ kV (range I) or $U_m \geq 300$ kV (range II) shall have appropriate values given in Table 4 depending on the highest voltage for equipment.

NOTE An example of test values of units and stacks for a 525 kV capacitor voltage transformer is given in Table 12.

- highest voltage for equipment: $U_m = 525$ kV;
- rated short-duration power-frequency withstand voltage: 680 kV.

Table 12 – Test voltages for units, stacks and complete capacitor voltage divider

Number		Test voltage (r.m.s.) kV		
Units	Stacks	Unit	Stack	Complete capacitor voltage transformer
2	-	$340 \times 1,05$	-	680
4	2	$170 \times 1,05$	$340 \times 1,05$	680
6	3	$113 \times 1,05$	$227 \times 1,05$	680

La capacité C et la $\tan\delta$ doivent être mesurées à :

$$U_{\text{essai}} = U_{\text{PR}} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

ou

$$U_{\text{essai}} = U_{\text{PR}} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du transformateur condensateur de tension complet}}$$

10.2.3 Mesure de décharges partielles

10.2.3.1 Circuit d'essai et appareils de mesure

Le circuit d'essai et les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la CEI 60270. Des exemples de circuits d'essai sont indiqués aux Figures 7 à 10.

L'appareil de mesure utilisé doit mesurer la charge apparente q exprimée en pico-coulombs (pC). Son étalonnage doit être effectué dans le circuit d'essai (voir exemple Figure 10).

Un appareil de mesure à bande large doit avoir une bande passante d'au moins 100 kHz avec une fréquence de coupure supérieure ne dépassant pas 1,2 MHz. Des appareils de mesure à bande étroite doivent avoir leur fréquence de résonance dans la gamme de 0,15 MHz à 2 MHz. Il convient que les valeurs préférentielles soient dans la gamme de 0,5 et 2 MHz, mais, si cela est réalisable, il est recommandé que la mesure soit effectuée à la fréquence qui donne la sensibilité maximale.

La sensibilité et le niveau de bruit doivent permettre de détecter un niveau de décharges partielles de 5 pC afin de prouver la conformité au Tableau 5.

NOTE 1 Les impulsions connues pour être causées par des perturbations extérieures peuvent être négligées.

NOTE 2 Pour la suppression du bruit extérieur, le circuit d'essai en pont est approprié (Figure 9).

NOTE 3 Lorsqu'un traitement et une extraction électroniques de signal sont utilisés pour réduire le bruit de fond, cela doit être démontré en faisant varier ses paramètres de telle sorte qu'il permette la détection d'impulsions se produisant de façon répétée.

Capacitance C and $\tan\delta$ shall be measured at:

$$U_{\text{test}} = U_{\text{PR}} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

or

$$U_{\text{test}} = U_{\text{PR}} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete capacitor voltage transformer}}$$

10.2.3 Partial discharge measurement

10.2.3.1 Test circuit and instrumentation

The test circuit and the instrumentation used shall be in accordance with IEC 60270. Some examples of test circuits are shown in Figures 7 to 10.

The instrument used shall measure the apparent charge q expressed in pico-coulomb (pC). Its calibration shall be performed in the test circuit (see example in Figure 10).

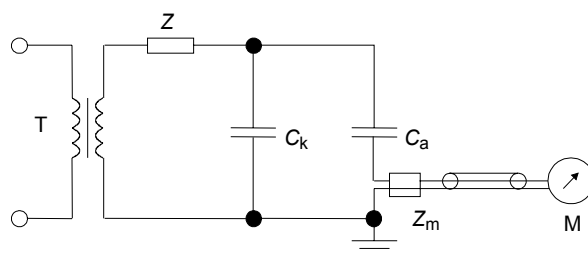
A wide-band instrument shall have a band width of at least 100 kHz, with an upper cut-off frequency not exceeding 1,2 MHz. Narrow-band instruments shall have their resonance frequency in the range 0,15 MHz to 2 MHz. Preferred values should be in the range from 0,5 MHz to 2 MHz but, if feasible, the measurement should be performed at the frequency which gives the highest sensitivity.

The sensitivity and noise level shall allow to detect a partial discharge level of 5 pC to prove compliance with Table 5.

NOTE 1 Pulses that are known to be caused by external disturbances can be disregarded.

NOTE 2 For the suppression of external noise, the balanced test circuit is appropriate (Figure 9)

NOTE 3 When electronic signal processing and recovery are used to reduce the background noise, this shall be demonstrated by varying its parameters such that it allows the detection of repetitive pulses.



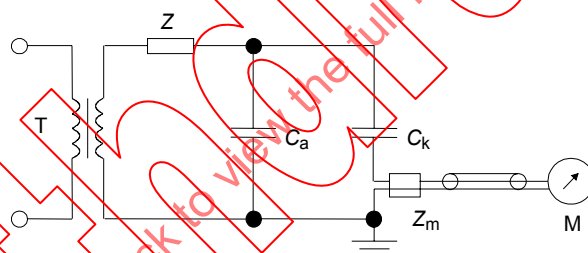
IEC 312/04

Composants

T	Transformateur d'essai
C_a	Diviseur de tension capacitif à essayer
C_k	Condensateur de couplage ≈ 1 nF
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre

NOTE Le filtre n'est pas présent si C_k est la capacité du transformateur d'essai.

Figure 7 – Circuit d'essai

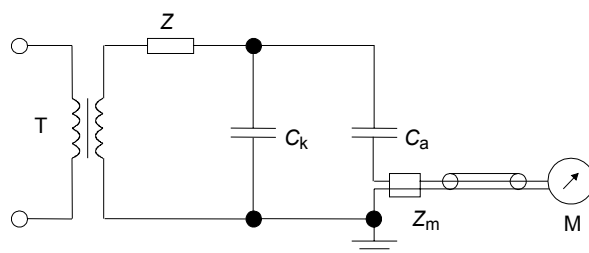


IEC 313/04

Composants

T	Transformateur d'essai
C_a	Diviseur de tension capacitif à essayer
C_k	Condensateur de couplage ≈ 1 nF
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre

Figure 8 – Circuit alternatif

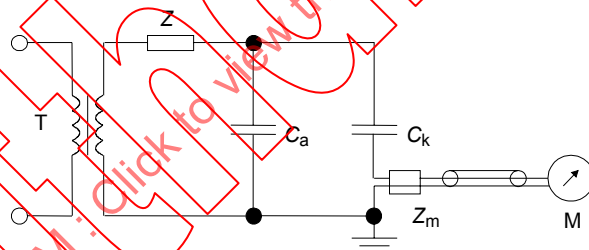


IEC 312/04

Components

- T Test transformer
 C_a Capacitor voltage divider to be tested
 C_k Coupling capacitor ≈ 1 nF
M PD measuring instrument
 Z_m Measuring impedance
Z Filter

NOTE The filter is not present if C_k is the capacitance of the test transformer.

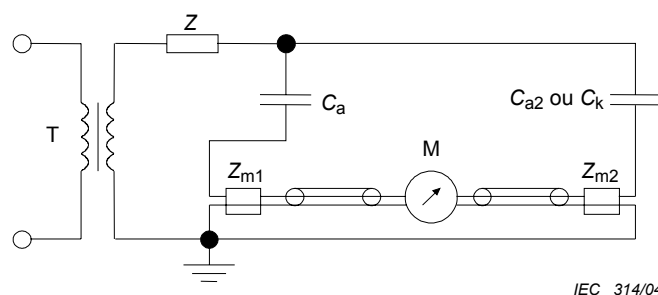
Figure 7 – Test circuit

IEC 313/04

Components

- T Test transformer
 C_a Capacitor voltage divider to be tested
 C_k Coupling capacitor ≈ 1 nF
M PD measuring instrument
 Z_m Measuring impedance
Z Filter

Figure 8 – Alternative circuit

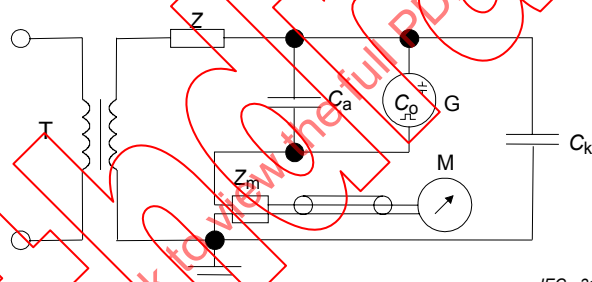


IEC 314/04

- T Transformateur d'essai
 C_{a1} Diviseur capacitif essayé
 C_{a2} Objet auxiliaire ou C_k (condensateur de couplage)
M Instrument de mesure de décharges partielles
 Z_m Impédance de mesure
Z Filtre

NOTE Les objets C_{a2} ou C_k dans la deuxième branche de pont ont une impédance semblable à celle du diviseur de tension capacitif C_{a1} . C_{a2} peut être un autre diviseur de tension capacitif de même capacité.

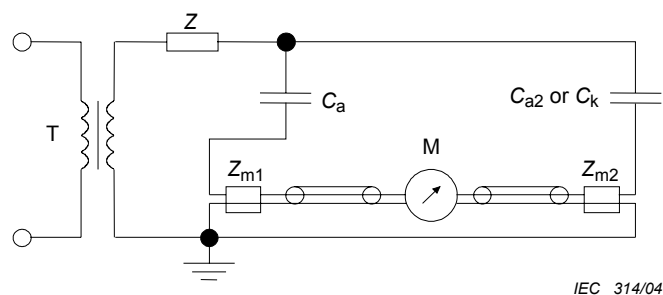
Figure 9 – Exemple de circuit d'essai en pont



IEC 315/04

- T Transformateur d'essai
 C_{a1} Diviseur capacitif essayé
 C_{a2} Objet auxiliaire ou C_k (condensateur de couplage)
M Instrument de mesure de décharges partielles
 Z_m Impédance de mesure
Z Filtre
G Générateur d'impulsion avec capacité C_o

Figure 10 – Exemple de circuit d'étalonnage

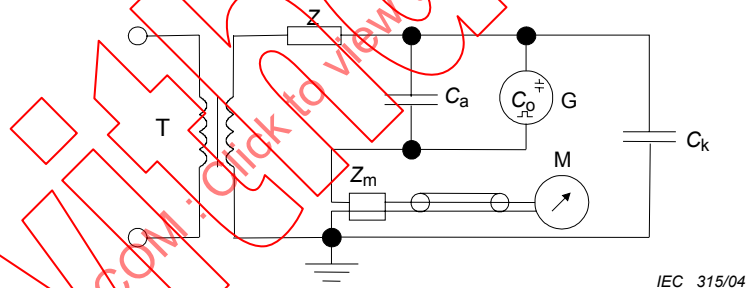


Components

- T Test transformer
 C_{a1} Capacitor divider under test
 C_{a2} Auxiliary object or C_k (Coupling capacitor)
M PD measuring instrument
 Z_m Measuring impedance
Z Filter

NOTE The objects C_{a2} or C_k in the second bridge branch shall have a similar impedance as the capacitor voltage divider C_{a1} . C_{a2} can be another capacitor voltage divider of similar capacitance.

Figure 9 – Example of balanced test circuit



Components

- T Test transformer
 C_{a1} Capacitor divider under test
 C_{a2} Auxiliary object or C_k (Coupling capacitor)
M PD measuring instrument
 Z_m Measuring impedance
Z Filter
G Pulse generator with capacitance C_0

Figure 10 – Example of calibration circuit

10.2.3.2 Méthode d'essai pour diviseur de tension capacitif ou sur des sous-systèmes (voir 10.2.2)

Après une précontrainte appliquée selon la procédure A ou B, la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans le Tableau 5 est appliquée et le niveau de décharges partielles correspondant est mesuré pendant une durée de 30 s.

Le niveau de décharges partielles mesuré ne doit pas dépasser les limites indiquées dans le Tableau 5.

Procédure A: Les tensions d'essai de décharges partielles sont atteintes pendant la décroissance de la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

Procédure B: L'essai de décharges partielles est effectué après l'essai de tenue de tension à fréquence industrielle. La tension appliquée est augmentée jusqu'à 80 % de la tension de tenue, maintenue pendant au moins 60 s, puis réduite sans interruption jusqu'à la tension spécifiée d'essai de décharges partielles.

Sauf spécification contraire, le choix de la procédure est laissé au constructeur. La méthode d'essai utilisée doit être indiquée dans le rapport d'essai.

10.2.4 Essai de tenue de tension à fréquence industrielle sur borne à basse tension du diviseur de tension capacitif (7.2.1 et 7.2.2)

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne à basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai appliquée entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension à fréquence industrielle de 10 kV (valeur efficace). Si la borne à basse tension n'est pas exposée aux intempéries ou si un dispositif de couplage pour courant porteur avec protection contre les surtensions fait partie du transformateur condensateur de tension, la tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

- Durant cet essai, l'élément magnétique n'est pas déconnecté.

NOTE La tension d'essai est applicable aux transformateurs condensateurs de tension avec ou sans accessoires pour courant porteur équipés de systèmes de protection contre les surtensions.

- Si un système de protection par éclateur est incorporé entre la borne basse tension et la terre, il convient de le neutraliser durant l'essai. Il convient aussi de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination d'isolement des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une plus haute valeur peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

10.3 Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct (voir 13.1 et 13.2).

10.4 Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique

10.4.1 Essai de l'isolation de l'élément électromagnétique

La tension d'essai doit être appliquée entre la borne intermédiaire et la terre. Il doit avoir une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de

$$U_{PR} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur efficace)}$$

10.2.3.2 Test procedure for capacitor voltage divider or on sub-systems (see 10.2.2)

After a pre-stressing performed according to procedure A or B, the partial discharge test voltage specified in Table 5 is applied and the corresponding partial discharge level shall be measured within 30 s.

The measured partial discharge level shall not exceed the limits specified in Table 5.

Procedure A: The partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power frequency withstand test.

Procedure B: The partial discharge test is performed after the a.c. voltage withstand test. The applied voltage is raised to 80 % of the withstand voltage, maintained for not less than 60 s, then reduced without interruption to the specified partial discharge test voltage.

If not otherwise specified, the choice of procedure is left to the manufacturer. The test method used shall be indicated in the test report.

10.2.4 AC-withstand test on low-voltage terminal of the capacitor voltage divider (7.2.1 and 7.2.2)

Capacitor voltage dividers with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value). If the low-voltage terminal is not exposed to the weather or if a carrier-frequency coupling device with overvoltage protection is part of the capacitor voltage transformer, the test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

- During this test the magnetic unit is not disconnected.

NOTE The test voltage is applicable to capacitor voltage transformers with and without carrier-frequency accessories with overvoltage protection.

- If a protection gap between low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the test. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.
- If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

10.3 Verification of terminal markings

It shall be verified that the terminal markings are correct (13.1 and 13.2).

10.4 Power-frequency withstand tests on the electromagnetic unit

10.4.1 Insulation test of the electromagnetic unit

The test voltage shall be applied between the intermediate voltage terminal and earth. It shall have a rated short-duration power-frequency withstand voltage of

$$U_{PR} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}.$$

La fréquence de la tension d'essai peut être augmentée au-dessus de la valeur assignée afin d'éviter une saturation du noyau. La durée de l'essai doit être de 1 min. Toutefois, si la fréquence d'essai dépasse de deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être réduite comme suit:

$$\text{durée de l'essai} = \frac{(\text{deux fois la fréquence assignée})}{\text{fréquence d'essai}} \times 60 \text{ s}$$

avec un minimum de 15 s.

NOTE Si un dispositif de protection est inséré aux bornes de l'élément électromagnétique, il convient que son fonctionnement soit empêché pendant les essais. Il est recommandé que tout éclateur de protection placé aux bornes des accessoires pour courant porteur soit court-circuité pendant les essais.

10.4.2 Essais entre sections et sur les enroulements secondaires

La tension d'essai doit avoir les valeurs appropriées indiquées respectivement en 7.2.7.2 et 7.2.7.3. Elle doit être appliquée pendant 1 min successivement entre les bornes de chaque section d'enroulement ou de chaque enroulement secondaire et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il est destiné à être mis à la terre) et les bornes de tous les autres enroulements ou sections doivent être reliés ensemble et à la terre.

10.5 Contrôle de ferro-résonance

Ces essais doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent.

La tension d'essai primaire U_P , le nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires et les limites des transitoires d'oscillations de ferro-résonance sont spécifiés dans le Tableau 13.

Tableau 13 – Contrôle de ferro-résonance

Tension primaire U_P (valeur efficace)	Nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires	Oscillation de ferro- résonance Durée T_F s	Erreur $\hat{\epsilon}_F$ % après durée T_F
$0,8 U_{PR}$	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V \times U_{PR}$	3	≤ 2	≤ 10

La procédure d'essai doit être conforme à 9.6 excepté en ce qui concerne la tension primaire et le nombre de courts-circuits. On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait au contrôle de ferro-résonance si la durée et les valeurs de crête ne dépassent pas les limites spécifiées dans le Tableau 13.

10.6 Contrôle de la précision

Le contrôle de la précision doit être effectué à la fréquence industrielle assignée, à la température ambiante et sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent pour les classes de précision ≥ 1 selon le Tableau 14.

NOTE 1 Remarques pour le circuit équivalent:

- Le circuit équivalent peut être utilisé si, lors des essais de type, on a montré que la différence entre les résultats de l'essai de précision effectué sur un transformateur complet et l'essai de précision effectué sur le circuit équivalent est inférieure à 20 % des limites de classe de précision.
- Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur réel ou différents condensateurs peuvent être utilisés. Lorsque différents condensateurs sont utilisés, ils peuvent être ajustés sur les valeurs mesurées réelles.

The frequency of the test voltage may be increased above the rated value to prevent saturation of the core. The duration of the test shall be 1 min. If, however, the test frequency exceeds twice the rated frequency, the duration of the test may be reduced from 1 min as follows:

$$\text{duration of test} = \frac{(\text{twice the rated frequency})}{\text{test frequency}} \times 60 \text{ s}$$

with a minimum of 15 s.

NOTE If a protective device across the electromagnetic unit is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. Any protective gap across the carrier-frequency accessories should be short-circuited during the tests.

10.4.2 Tests between sections and on secondary windings

The test voltage shall have the appropriate values given in 7.2.7.2 and 7.2.7.3 respectively. The test voltage shall be applied for 1 min in turn between the terminals of each secondary winding or section and earth. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed) and the terminals of all other windings or sections shall be connected together and to earth.

10.5 Ferro-resonance check

These tests shall be made on a complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit.

The primary test voltage U_P , numbers of short-circuiting on the secondary terminals and the limits of the transients of the ferro-resonance oscillations are specified in Table 13.

Table 13 – Ferro resonance check

Primary voltage U_P (r.m.s.)	Number of short-circuiting at the secondary terminals	Ferro-resonance oscillation Duration T_F s	Error $\hat{\varepsilon}_F$ [%] after duration T_F
$0,8 U_{PR}$	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V \times U_{PR}$	3	≤ 2	≤ 10

The test procedure shall be in accordance with 9.6 with the exception of the number of voltages and short-circuits. The capacitor voltage transformer has passed the ferro-resonance check if the duration and the error do not exceed the limits specified in Table 13.

10.6 Accuracy check

The accuracy check shall be done with rated power-frequency, at ambient temperature and on the complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit for the accuracy classes ≥ 1 in accordance with Table 14.

NOTE 1 Notes for the equivalent circuit:

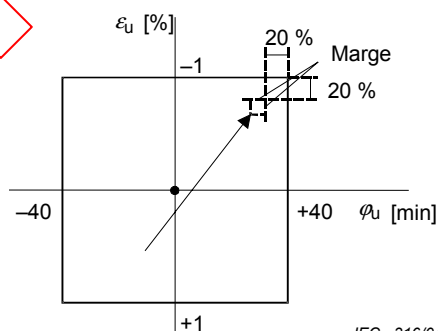
- The equivalent circuit can be used, if a comparison between the accuracy test on a complete transformer during type test and accuracy test in the equivalent circuit has shown that the difference between measured values is less than 20 % of the accuracy class limits.
- To realize the equivalent circuit the actual capacitor or different capacitors can be used. If different capacitors are used they can be adjusted to the actual measured values.

NOTE 2 TCT complet et circuit équivalent:

- a) La marge permet de prendre en compte les variations d'erreur résultant de la température et de la fréquence lorsque le transformateur est utilisé dans ses domaines de référence de températures et de fréquences. La tolérance est déterminée en considérant le cas le plus défavorable de l'influence simultanée de la température et de la fréquence. Cette marge dépend du type de diélectrique et de la conception. Dans le diagramme d'erreur de la Figure 11, la marge + 20 % est indiquée. La marge sera définie par le constructeur.
- b) Si le contrôle de précision est effectué sur un transformateur condensateur de tension complet, une certaine marge sera ajoutée pour l'effet combiné de la fréquence et de la température.

Tableau 14 – Points de contrôle de la précision (exemple)

Enroulement(s) secondaire(s)	Vérification de la tension	Gammes d'essai de puissance de précision %			
		Gamme I Facteur de puissance 1 Valeurs normales de puissance de précision		Gamme II Facteur de puissance 0,8 (circuit inductif) Valeurs normales de puissance de précision	
		1,0 ... ≤ 7,5 VA		≥ 10 ... 100 VA	
		Mesure	Protection	Mesure	Protection
Un enroulement mesure	$1 \times U_{PR}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
Un enroulement protection	$0,05 \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
Un enroulement mesure et un enroulement protection	Mesure	0	0	25	0
	$1 \times U_{PR}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$0,05 \times U_{PR}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$F_V \times U_{PR}$	100	100	100	100



IEC 316/04

Figure 11 – Exemple de diagramme d'erreur de TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec circuit équivalent

NOTE 2 Complete CVT and equivalent circuit:

- a) The margin is to account for variations in error resulting from temperature and frequency when the transformer is used within its reference ranges of temperature and frequency. The allowance is determined by considering the worst case influence of temperature and frequency occurring simultaneously. This margin depends on the type of capacitor dielectric and on the design. In the error diagram of Figure 11, 20 % + margin is indicated. The margin will be defined by the manufacturer.
- b) If the accuracy check is done on a complete capacitor voltage transformer some margin will be added for the combined effect of frequency and temperature.

Table 14 – Accuracy check points (example)

Secondary winding (s)	Checking voltage	Test ranges of rated output			
		%			
		Range I Power factor 1 Standard values of rated output		Range II Power factor 0,8 (lagging) Standard values of rated output	
		1,0 ... ≤ 7,5 VA		≥ 10 ... 100 VA	
		Measuring	Protection	Measuring	Protection
One measuring winding	$1 \times U_{PR}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
One protection winding	$0,05 \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
One measuring and one protection winding	Measuring	0	0	25	0
	$1 \times U_{PR}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$0,05 \times U_{PR}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$F_V \times U_{PR}$	100	100	100	100

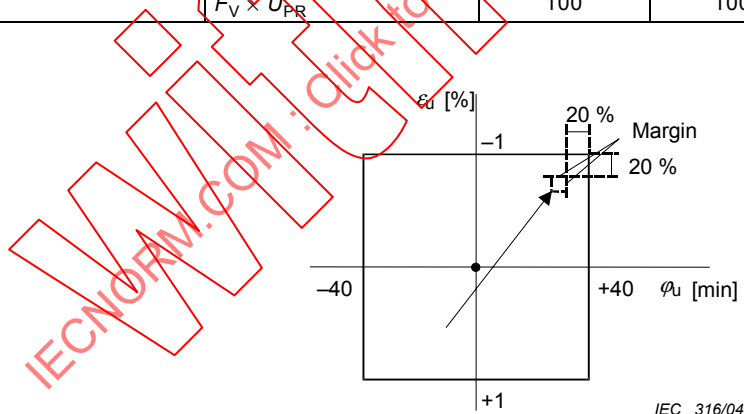


Figure 11 – Example of an error diagram of class 1 CVT for accuracy check with the equivalent circuit

11 Essais spéciaux

11.1 Mesure du facteur de transmission des surtensions à haute fréquence

Les conditions d'essai et de mesure sont décrites dans la CEI 60044-2.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si la valeur de la surtension transmise ne dépasse pas les limites indiquées dans le Tableau 8.

11.2 Essai de résistance mécanique

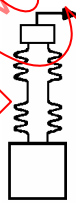
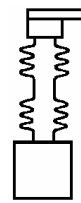
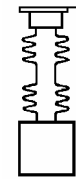
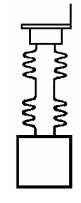
Les essais sont effectués pour démontrer qu'un transformateur condensateur de tension est conforme aux exigences spécifiées en 7.6.

Le transformateur condensateur de tension doit être complètement monté, installé en position verticale avec le châssis fixé de façon rigide.

Les charges d'essai doivent être appliquées pendant 1 min pour chacune des conditions indiquées au Tableau 15.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si aucun dommage n'est apparent (déformation, rupture ou fuite).

Tableau 15 – Modalités d'application des charges d'essai aux bornes primaires de ligne

Type de transformateur condensateur de tension	Modalité d'application	
Avec borne «tension»	Horizontale	
	Verticale	
Avec des bornes «courant»	Horizontale à chaque borne	
	Verticale à chaque borne	

NOTE La charge d'essai est appliquée au centre de la borne.

11 Special tests

11.1 Measurement of the transmission factor of high frequency overvoltages

The test and measuring conditions are described in IEC 60044-2.

The capacitor voltage transformer is considered to have passed the test if the value of the transmitted overvoltage does not exceed the limits given in Table 8.

11.2 Mechanical strength test

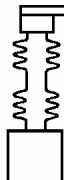
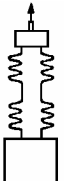
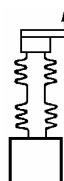
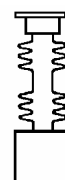
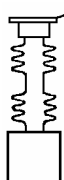
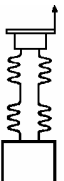
The tests are carried out to demonstrate if a capacitor voltage transformer is in compliance with the requirements specified in 7.6.

The capacitor voltage transformer shall be completely assembled and installed in vertical position with the frame rigidly fixed.

The test loads shall be applied for 1 min for each of the conditions indicated in Table 15.

The capacitor voltage transformer shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage).

Table 15 – Modalities of application of the test loads to the line primary terminals

Type of capacitor voltage transformer	Modality of application		
With voltage terminal	Horizontal		
	Vertical		
With through current terminals	Horizontal to each terminal		
	Vertical to each terminal		

NOTE The test load is applied to the centre of the terminal.

11.3 Détermination du coefficient de température (T_C)

La CEI 60358 doit être appliquée pour déterminer le coefficient de température des capacités C_1 et C_2 et leurs $\tan\delta$.

11.4 Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateurs

Cet essai est effectué pour prouver la qualité de la conception concernant l'étanchéité des unités de condensateur et la conformité avec les exigences données en 7.7 et 10.1.

NOTE Cet essai n'est pas un essai de vieillissement. Il n'est pas destiné à résoudre les problèmes d'étanchéité dus au vieillissement qui ont été observés avec des conceptions particulières des pièces de diviseurs de tension capacitifs.

L'essai doit être effectué à une pression du liquide supérieure d'au moins 10^5 Pa à la pression de service maximale qui pourrait être atteinte dans des conditions normales de service et à une température de 80 °C pendant 8 h.

Le diviseur de tension capacitif doit être monté comme pour le service normal. Le dispositif d'expansion de l'unité de condensateur peut être spécialement étalonné pour l'essai à une température de 80 °C. Un arrangement approprié peut être réalisé pour supporter les déformations mécaniques dues à la surpression de 10^5 Pa.

On estime que le diviseur de tension capacitif rempli de liquide a satisfait à l'essai s'il n'y a aucune fuite apparente pendant et après l'essai.

12 Marquage des unités de condensateurs

12.1 Généralités

Si l'unité de condensateur contient une matière (par exemple huile minérale ou synthétique) susceptible de polluer l'environnement ou dangereuse d'une manière quelconque, l'unité doit être équipée d'une étiquette, conformément aux lois appropriées du pays de l'utilisateur, qui doit informer le constructeur de l'existence de telles lois.

12.2 Marquage

Les informations suivantes doivent apparaître sur la plaque signalétique de chaque unité de condensateurs:

- 1) constructeur;
- 2) numéro de série et année de fabrication;
- 3) capacité assignée C_R en picofarads.

13 Marquage des bornes

13.1 Généralités

Ces marquages s'appliquent à un transformateur condensateur de tension monophasé.

11.3 Determination of the temperature coefficient (T_C)

The determination of the temperature coefficients for the capacitance values of C_1 and C_2 and their $\tan\delta$ values shall be performed according to IEC 60358.

11.4 Tightness design test of capacitor units

This test is performed to prove the quality of design of the capacitor unit tightness and the compliance with the requirement given in 7.7 and 10.1.

NOTE This test is not an ageing test. It is not intended to solve tightness problems due to ageing that have been observed with particular designs of capacitor voltage divider parts.

The test shall be done with a pressure of the liquid at least 10^5 Pa higher than the maximum operating pressure that could be reached under normal service conditions and at a temperature of 80 °C for 8 h.

The capacitor voltage divider shall be assembled as for normal service. The expansion device of the capacitor unit may be specially calibrated for the temperature test of 80 °C. Appropriate arrangement can be done to contain mechanical deformations due to the 10^5 Pa over-pressure.

The liquid filled capacitor voltage divider shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage during and after the test.

12 Marking of the capacitor units

12.1 General

If the capacitor unit contains material (e.g. mineral or synthetic oil,) that might pollute the environment or may be hazardous in any other way, the unit shall be equipped with a label according to the relevant laws of the country of the user, who is responsible for informing the manufacturer about such laws.

12.2 Marking

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor unit:

- 1) manufacturer;
- 2) serial number and year of manufacture;
- 3) rated capacitance C_R in picofarads.

13 Terminal markings

13.1 General

These markings apply to a single-phase capacitor voltage transformer.

13.2 Marquages

Les marquages des bornes doivent être conformes aux indications des Figures 12, 13, 14 et 15.

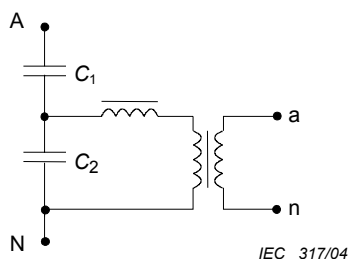


Figure 12 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et un unique secondaire

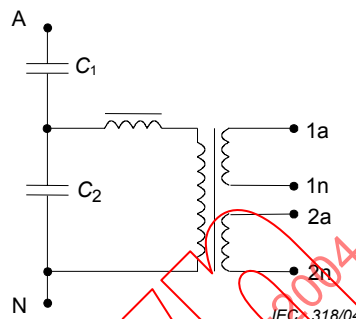


Figure 13 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires

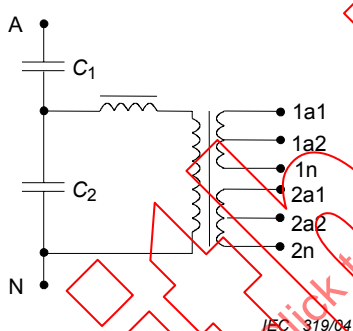


Figure 14 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires à prise

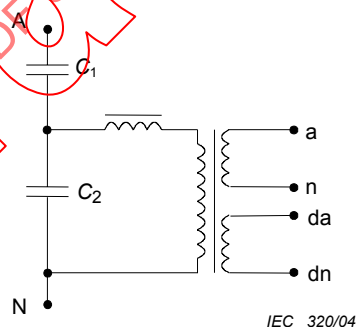


Figure 15 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre, un enroulement de tension résiduelle et un unique secondaire

14 Exigences supplémentaires pour transformateur condensateur de tension pour mesure

14.1 Désignation de classe de précision

Pour les transformateurs condensateurs de tension pour mesure, la classe de précision est caractérisée par la limite admissible de l'erreur de tension, exprimée en pourcentage, à la tension assignée et la charge de précision, prescrite par la classe de précision concernée.

14.2 Domaine de référence normal de fréquences

Le domaine de référence normal de fréquences doit être compris entre 99 % et 101 % de la fréquence assignée pour les classes de précision pour la mesure.

13.2 Markings

Terminal markings shall be in accordance with Figures 12, 13, 14 and 15.

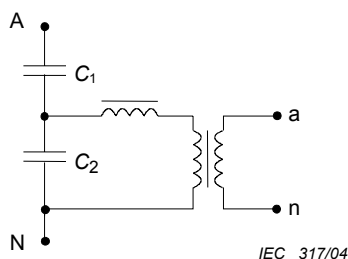


Figure 12 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and a single secondary

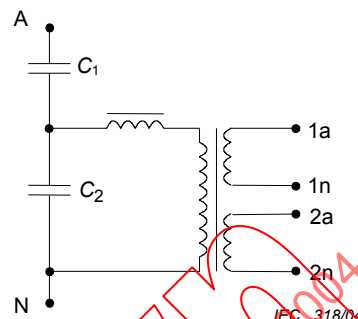


Figure 13 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and with two secondaries

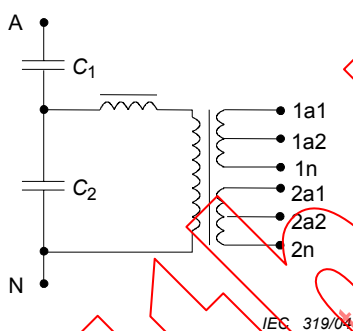


Figure 14 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal and with two tapped secondaries

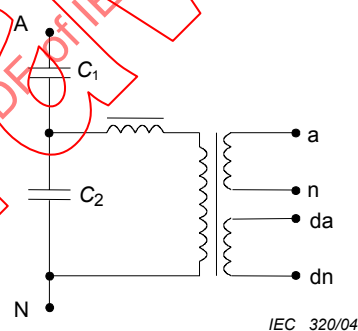


Figure 15 – Single-phase transformer with a neutral primary terminal, with one residual voltage winding and a single secondary

14 Additional requirements for measuring capacitor voltage transformer

14.1 Accuracy class designation

For measuring capacitor voltage transformers, the accuracy class is designated by the highest permissible percentage voltage error at rated voltage and with rated burden, prescribed for the accuracy class concerned.

14.2 Standard reference range of frequency

The standard reference range of frequency shall be from 99 % to 101 % of the rated frequency for accuracy classes for measurement.

14.3 Classes de précision normales

Les classes de précision normales pour les transformateurs condensateurs de tension monophasés pour mesure sont:

0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0

14.4 Limites de l'erreur de tension et de déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 16 (voir aussi Figure 16) pour la classe de précision appropriée à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et pour toute charge comprise entre 0 % et 100 % de la charge de précision de la gamme I ou pour toute charge comprise entre 25 % à 100 % de la charge de précision de la gamme II.

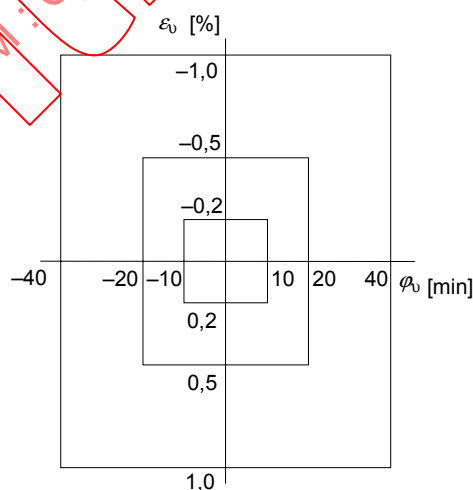
Tableau 16 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Classe de précision	Erreur de tension (rapport en pourcentage ε_v) $\pm$	Déphasage φ_v	
		Minutes	Centiradians
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Non spécifié	Non spécifié

NOTE 1 La charge d'entrée (impédance d'entrée) d'une branche compensée est très basse (≈ 0) (très haute).

NOTE 2 Il faut que le facteur de puissance de la charge moyenne soit en accord avec 9.8.2.

NOTE 3 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements secondaires ou plus (voir 9.8) : Si l'un des enroulements n'est chargé qu'occasionnellement, pendant de courtes durées, ou s'il est seulement utilisé comme enroulement de tension résiduelle, son effet sur les autres enroulements peut être négligé.



IEC 321/04

Figure 16 – Diagramme d'erreur des transformateurs condensateurs de tension de classe 0,2, 0,5 et 1,0

14.3 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for single-phase metering capacitor voltage transformers are:

$$0,2 - 0,5 - 1,0 - 3,0$$

14.4 Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in Table 16 (see also Figure 16) for the appropriate accuracy class at any value of temperature and frequency within the reference ranges and with burdens from 0 % to 100 % of rated value for rated burden range I or with burdens from 25 % to 100 % of rated value for rated burden range II.

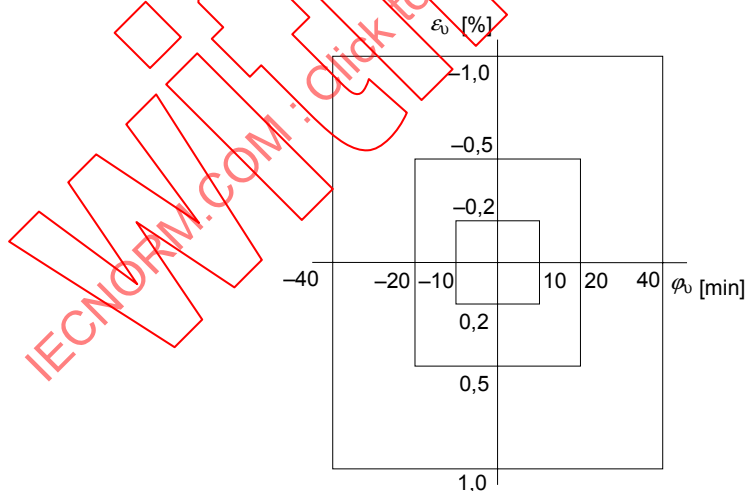
Table 16 – Limits of voltage error and phase displacement for measuring capacitor voltage transformers

Accuracy class	Percentage voltage (ratio) error ε_u	Phase displacement ϕ_u	
		$\pm$	
	$\pm$	Minutes	Centiradians
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Not specified	Not specified

NOTE 1 The input burden (input impedance) of a compensated bridge is very low (≈ 0) (very high).

NOTE 2 The power factor of the rated burden must be in accordance with 9.8.2.

NOTE 3 For CVT's having two or more secondary windings (see 9.8): if one of the windings is loaded only occasionally for short periods or only used as a residual voltage winding, its effect upon other windings may be neglected.



IEC 321/04

Figure 16 – Error diagram of a capacitor voltage transformer for accuracy classes 0,2, 0,5 and 1,0

14.5 Essais de précision

14.5.1 Essais de type

Pour vérifier la conformité aux exigences de 14.4, des essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, aux valeurs extrêmes du domaine normal de référence de fréquences (14.2) et aux limites supérieure et inférieure des puissances de précision (voir 9.8.1 et 9.8.2).

14.5.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir Tableau 14) à condition qu'il ait été prouvé par des essais de type, effectués sur un transformateur condensateur de tension similaire, que ce nombre réduit d'essais suffit pour prouver la conformité aux exigences de 14.4.

15 Exigences supplémentaires pour transformateurs condensateurs de tension pour protection

15.1 Désignation des classes de précision

La classe de précision pour un transformateur condensateur de tension de protection est caractérisée par la limite supérieure admissible de l'erreur de tension, exprimée en pourcentage, prescrite par la classe de précision concernée, allant de 5 % de la tension assignée à une tension correspondant au facteur de tension assigné (voir 6.4).

Cette dénomination est suivie de la lettre «P». En 15.5, trois classes supplémentaires sont introduites pour les performances en régime transitoires: T1, T2 et T3. La classe 3PT1, par exemple, comprend les performances de la classe 3P et de la classe T1 pour les performances en régime transitoire.

15.2 Domaine normal de référence de fréquences

Le domaine normal de référence de fréquences doit être compris entre 96 % et 102 % pour les classes de précision pour la protection.

15.3 Classes de précision normales

Les classes de précision normales pour des transformateurs condensateurs de tension de protection sont «3P» et «6P».

15.4 Limites de l'erreur de tension et de déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 17 pour la classe de précision appropriée à 2 % et 5 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9) et à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et pour toute charge comprise entre 0 % et 100 % de la charge de précision de la gamme I ou pour toute charge comprise entre 25 % à 100 % de la charge de précision de la gamme II.

NOTE 1 Le facteur de puissance de la charge de précision est conforme à 9.8.2.

NOTE 2 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements ou plus (voir 9.8.4). Si l'un des enroulements n'est chargé qu'occasionnellement, pendant de courtes durées, ou s'il est seulement utilisé comme enroulement de tension résiduelle, son effet sur les autres enroulements peut être négligé.

NOTE 3 Lorsque des transformateurs ont des limites d'erreur différentes à 5 % de la tension assignée et à la limite supérieure de tension (c'est-à-dire à la tension correspondant à un facteur de tension assigné de 1,2, 1,5 ou 1,9), il convient que cela fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.