

**RAPPORT
TECHNIQUE**

**TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

871-2

Première édition
First edition
1987-12

**Condensateurs shunt destinés à être installés
sur des réseaux à courant alternatif de tension
assignée supérieure à 660 V**

**Deuxième partie:
Essais d'endurance**

**Shunt capacitors for a.c. power systems
having a rated voltage above 660 V**

**Part 2:
Endurance testing**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 871-2: 1987

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

871-2

Première édition
First edition
1987-12

**Condensateurs shunt destinés à être installés
sur des réseaux à courant alternatif de tension
assignée supérieure à 660 V**

**Deuxième partie:
Essais d'endurance**

**Shunt capacitors for a.c. power systems
having a rated voltage above 660 V**

**Part 2:
Endurance testing**

© IEC 1987 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
SECTION DEUX – PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS	
3. Classification des essais d'endurance	8
4. Essais d'endurance et prescriptions	8
ANNEXE A – Enveloppe de l'onde de surtension	14
ANNEXE B – Prescriptions sur la nature comparable des éléments et des unités d'essai	16
ANNEXE C – Définition des dimensions de l'élément et de la cuve du condensateur	20
ANNEXE D – Fondement des prescriptions relatives aux essais d'endurance	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	SECTION ONE – GENERAL
1. Scope	7
2. Definitions	7
SECTION TWO – QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS	
3. Classification of endurance tests	9
4. Endurance test and requirements	9
APPENDIX A – Waveform of overvoltage	15
APPENDIX B – Requirements regarding comparable element design and test unit design	17
APPENDIX C – Definition of element and capacitor container dimensions	21
APPENDIX D – Background to the requirements for endurance testing	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDENSATEURS SHUNT DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS
SUR DES RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION
ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 660 V**

Deuxième partie : Essais d'endurance

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 33 de la CEI : Condensateurs de puissance.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants :

Règle des Six Mois	Rapport de vote
33(BC)71	33(BC)80

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent rapport :

- Publications n°s
- 70 (1967) : Condensateurs de puissance.
 - 143 (1972) : Condensateurs-série destinés à être installés sur des réseaux.
 - 871-1 (1987) : Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 660 V, Première partie : Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SHUNT CAPACITORS FOR A.C. POWER SYSTEMS HAVING
A RATED VOLTAGE ABOVE 660 V****Part 2: Endurance testing**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 33: Power capacitors.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
33(CO)71	33(CO)80

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

The following IEC publications are quoted in this report:

- Publications Nos. 70 (1967): Power capacitors.
143 (1972): Series capacitors for power systems.
871-1 (1987): Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 660 V, Part 1:
General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation
and operation.

CONDENSATEURS SHUNT DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 660 V

Deuxième partie: Essais d'endurance

INTRODUCTION

Comme les prescriptions relatives aux essais d'endurance ne se fondent encore que sur une expérience internationale trop peu étendue, elles sont en conséquence publiées sous forme de rapport de la CEI.

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Le présent rapport s'applique aux condensateurs traités dans la Publication 871-1 de la CEI; il donne les prescriptions relatives aux essais d'endurance de ces condensateurs.

2. Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent au présent rapport en plus des définitions de la Publication 871-1 de la CEI:

2.1 (Condensateur) unité d'essai (pour essai d'endurance)

L'unité d'essai peut être l'une de celles qui sont fabriquées ou une unité spéciale qui équivaut aux unités fabriquées quant aux propriétés vérifiées par l'essai d'endurance.

Notes 1. – Le choix d'une unité spéciale d'essai est motivé par l'adaptation à l'installation d'essai électrique disponible.

2. – L'annexe B donne les limites des dimensions des unités d'essai et des détails sur leur fabrication.

3. – Si le modèle de condensateur à essayer comporte des résistances de décharge et/ou des coupe-circuit internes, des composants équivalents devront être prévus dans l'unité spéciale d'essai.

2.2 Modèle d'élément comparable

Modèle faisant partie d'une gamme d'éléments fabriqués pour être comparables en performances, quant aux essais d'endurance, avec les éléments de l'unité d'essai. (Voir annexe B pour le détail des limites d'exécution.)

2.3 Isolement entre éléments

Isolement entre deux éléments connectés en série à l'intérieur du condensateur unitaire.

L'isolement entre éléments se compose:

- des spires externes des couches isolantes situées autour des électrodes de l'élément;
- éventuellement d'une couche isolante distincte placée entre les deux éléments. Cette couche isolante spéciale peut dépasser les cotes de l'élément aplati en largeur et (ou) en longueur (voir annexe C).

SHUNT CAPACITORS FOR A.C. POWER SYSTEMS HAVING A RATED VOLTAGE ABOVE 660 V

Part 2: Endurance testing

INTRODUCTION

The endurance test requirement is at present based on too little international experience and is therefore issued as an IEC report.

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This report applies to capacitors according to IEC Publication 871-1 and gives the requirements for endurance testing of these capacitors.

2. Definitions

For the purpose of this report the following definitions apply, in addition to those given in IEC Publication 871-1:

2.1 Test (capacitor) unit (for endurance test)

The test unit may be one of the units to be manufactured or a special unit which, with respect to the properties to be checked by the endurance test, is equivalent to the units to be manufactured.

Notes 1. – The reason for using a special test unit is to match the unit with the available test power supply.

2. – For limits of test unit size and its manufacture, see Appendix B.

3. – Where the capacitor design to be tested includes discharge resistors and/or internal fuses, similar representative components should be included with the special unit.

2.2 Comparable element design

Comparable element design is a range of element constructions that will be comparable in performance, under the endurance test procedure, with the elements in the test unit. (See Appendix B for detailed design limits.)

2.3 Inter-element insulation

The insulation between two series-connected elements inside the capacitor unit.

The inter-element insulation consists of:

- the outer turns of the insulation layers around the electrodes in an element;
- the inter-element insulation may also include a separate insulation layer placed between the two elements. This separate insulation layer may protrude outside the width and (or) length dimension(s) of the flattened element (see Appendix C).

SECTION DEUX – PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS

3. Classification des essais d'endurance

L'essai d'endurance est un essai de type exécuté pour s'assurer que les contraintes dues à des surtensions répétées ne causeront pas de claquage du diélectrique.

L'essai d'endurance doit être exécuté par le constructeur. Un certificat donnant les résultats détaillés de l'essai doit être fourni à l'acheteur sur sa demande.

4. Essais d'endurance et prescriptions

Si ces essais d'endurance sont exécutés sur des condensateurs destinés à être utilisés à une fréquence inférieure à 50 Hz, les conditions d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Pour les condensateurs soumis à des surtensions, à des transitoires de valeur très élevée, etc. (voir, par exemple, Publication 871-1 de la CEI, paragraphe 9.1, note 5, et paragraphe 31.1), l'amplitude des tensions d'essai appliquées au cours des essais d'endurance (paragraphe 4.1, 4.2, 4.4, 4.5 et annexe A) doit être augmentée en proportion.

L'essai d'endurance doit être effectué sur l'unité d'essai dans l'ordre ci-après.

La valeur de la fréquence de la tension d'essai appliquée doit être de 50 Hz ou 60 Hz, sauf dans le cas de l'essai du paragraphe 4.1 où une tension continue peut être utilisée selon les dispositions du paragraphe 9.2 de la Publication 871-1 de la CEI.

4.1 Essai individuel

L'unité d'essai doit être soumise à la tension de l'essai individuel appliquée entre ses bornes (voir Publication 871-1 de la CEI, article 9) avec une amplitude telle que la tension d'essai voulue soit obtenue aux bornes de chaque élément.

4.2 Conditionnement des unités avant l'essai

L'unité d'essai doit être soumise à une tension égale ou supérieure à $1,1 U_N$ pendant 16 h à 24 h, la température ambiante n'étant pas inférieure à +10 °C.

Note. – Ce conditionnement sert à stabiliser les propriétés diélectriques de l'unité d'essai.

4.3 Mesure de la capacité et des pertes initiales

L'unité d'essai doit être placée pendant au moins 12 h hors tension dans une enceinte à ventilation forcée dont la température est choisie dans la plage de +60 °C à +75 °C avec une tolérance de ± 2 °C.

Toujours à la même température ambiante, on doit appliquer la tension U_N à l'unité essayée. La capacité et les pertes doivent être mesurées 4,5 min à 5,5 min après l'application de cette tension.

Notes 1. – Il convient que les mesures des pertes soient reproductibles au point de pouvoir détecter un écart de $5 \cdot 10^{-5}$ (0,05 W/kvar) en soumettant l'unité au même essai par la suite (paragraphe 4.6).

2. – Les méthodes de mesures des paragraphes 7.1 et 8.1 de la Publication 871-1 de la CEI seront respectées, à l'exception des prescriptions concernant la température et le temps précédant la mesure, qui seront conformes aux dispositions du présent paragraphe.

3. – Au lieu de maintenir la même température ambiante pendant l'essai, on peut munir l'unité essayée d'une isolation thermique pour éviter que sa température ne tombe avant la fin des mesures.

4.4 Essai de surtension

L'unité d'essai doit être placée pendant au moins 12 h hors tension dans une enceinte à ventilation forcée dont la température ne dépasse pas la limite inférieure de la catégorie de température (voir Publication 871-1 de la CEI, paragraphe 4.1).

SECTION TWO – QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

3. Classification of endurance tests

The endurance test is a type test carried out in order to ascertain that repeated overvoltage stresses do not cause a dielectric breakdown.

The endurance test shall be carried out by the manufacturer. The purchaser shall on request be supplied with a certificate detailing the results of such a test.

4. Endurance test and requirements

If the endurance test is to be performed on capacitors intended to be used at a frequency below 50 Hz, the test conditions shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

For capacitors which are exposed to higher overvoltages, transients, etc. (e.g. see IEC Publication 871-1, Sub-clause 9.1, Note 5, and Sub-clause 31.1), the amplitude of the applied test voltages in the endurance test (Sub-clauses 4.1, 4.2, 4.4, 4.5 and Appendix A) shall be increased in proportion.

The endurance testing of a test unit shall be carried out in the sequence given below.

The applied test voltage shall have a frequency of 50 Hz or 60 Hz except for the test according to Sub-clause 4.1 where a d.c. voltage can be used according to Sub-clause 9.2 of IEC Publication 871-1.

4.1 Routine test

The test unit shall be subjected to the routine voltage test between the terminals (see IEC Publication 871-1, Clause 9) with an amplitude such that the correct test voltage is obtained across each element.

4.2 Conditioning of the units before the test

The test unit shall be subjected to a voltage of not less than 1.1 times U_N at an ambient temperature of not less than +10 °C for 16 h to 24 h.

Note. – The conditioning is carried out to stabilize the dielectric properties of the test unit.

4.3 Initial capacitance and loss measurements

The test unit shall be placed for at least 12 h in the unenergized state in a chamber with forced air circulation having a temperature selected from the range +60 °C to +75 °C with a permitted variation of ± 2 °C.

The unit, at the same ambient temperature, shall then be subjected to U_N . The capacitance and the losses shall be measured within 4.5 min to 5.5 min after the voltage application.

Notes 1. – The repeatability of the loss measurement should be such that a deviation of $5 \cdot 10^{-5}$ (0.05 W/kvar) can be detected when the unit is subjected to the same test later (Sub-clause 4.6).

2. – The measuring procedures according to Sub-clauses 7.1 and 8.1 of IEC Publication 871-1 should be followed except for the temperature and measuring time requirements which are according to this sub-clause.

3. – Instead of performing the test at the same ambient temperature the test unit may be thermally insulated in order to avoid a temperature decrease in the test unit before the measurement has been completed.

4.4 Overvoltage test

The unit shall be placed for at least 12 h in the unenergized state in a chamber with forced air circulation having a temperature not exceeding the lower limit of the temperature category (see IEC Publication 871-1, Sub-clause 4.1).

L'unité d'essai doit ensuite être placée dans une atmosphère d'air calme dont la température est comprise entre +15 °C et +35 °C.

Dans les 5 min qui suivent le retrait de l'enceinte à ventilation forcée, on doit appliquer à l'unité d'essai une tension égale à $1,1 U_N$, puis, dans les 5 min qui suivent cette application, une surtension égale à $2,25 U_N$ sans interruption pendant 15 cycles, après quoi on revient à la valeur initiale de $1,1 U_N$ qui est maintenue sans interruption. Après un intervalle compris entre 1,5 min et 2 min à $1,1 U_N$, on applique une autre surtension de valeur et de durée égales et on répète la procédure.

L'unité doit être soumise journallement à un total de 130 à 170 périodes de surtension d'une durée unitaire de 15 cycles.

L'unité doit être alors immédiatement remise dans l'enceinte à ventilation forcée pendant au moins 12 h hors tension et l'essai doit être poursuivi chaque jour jusqu'à ce que l'unité ait été soumise à un total de 1700 périodes de surtension d'une durée unitaire de 15 cycles (25 500 cycles d'essai de surtension).

Notes 1. – L'annexe A donne les informations de détail sur l'enveloppe de l'onde de surtension ainsi que sur les tolérances.

2. – L'essai devra être réalisé au cours de journées consécutives. Des interruptions pouvant atteindre deux jours, les fins de semaine par exemple, sont autorisées, à condition que l'unité à l'essai demeure hors tension dans l'enceinte refroidie pendant toute la durée de l'interruption et que l'essai soit poursuivi le troisième jour.
3. – S'il n'est pas possible de respecter la limite de 5 min avant d'appliquer la tension, l'unité à l'essai doit être isolée thermiquement pour éviter les échauffements indésirables.

4.5 Période de surcharge

Dans l'heure qui suit la fin de l'essai de surtension exécuté selon les dispositions du paragraphe 4.4, l'unité à l'essai doit être soumise à une tension supérieure ou égale à $1,4 U_N$ pendant au moins 500 h. Elle doit ensuite être placée dans une atmosphère d'air calme dont la température est comprise entre +15 °C et +35 °C.

Pendant ces 500 h, un maximum de dix interruptions de l'application de la tension est toléré, aucune de ces interruptions ne devant dépasser 8 h.

- Notes 1. – Il convient de remarquer que la période de surcharge ne constitue pas un essai distinct, mais plutôt un moyen de vérifier que les dégradations qui peuvent s'être produites au cours de l'essai de surtension n'ont pas entraîné de défaut permanent ou destructif.
2. – Si la température de la cuve est supérieure à 45 °C, on peut utiliser un refroidissement à air forcé ou à bain liquide.
 3. – La température de la cuve est déterminée à partir de la moyenne de deux mesures effectuées sur les grands côtés de l'unité essayée. Les mesures sont prises en des points situés directement au centre de la partie des grands côtés qui recouvre les éléments utilisés pour les essais (voir annexe B, article B2).

4.6 Mesure de la capacité et des pertes finales

On doit répéter les mesures du paragraphe 4.3 aux mêmes température, tension et fréquence, dans les deux jours qui suivent la fin de la période de surcharge du paragraphe 4.5.

4.7 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont tels qu'aucun claquage ne se produit quand deux unités ont été essayées ou qu'un claquage est accepté quand trois unités ont été essayées.

Les mesures de capacité effectuées aux paragraphes 4.3 et 4.6 ne doivent pas différer de plus d'un claquage d'un élément ou du fonctionnement d'un coupe-circuit interne.

Note. – Il convient que les pertes mesurées au cours des essais indiqués aux paragraphes 4.3 et 4.6 soient consignées de manière à permettre le contrôle de l'homogénéité de la production de condensateurs sur de plus longues périodes.

The test unit shall then be placed in still air at an ambient temperature of +15 °C to +35 °C.

Within 5 min after being taken out of the ventilated chamber, the test unit shall be subjected to 1.1 U_N and within 5 min after the voltage application an overvoltage of 2.25 U_N shall be applied without any voltage interruption for a duration of 15 cycles after which the 1.1 times U_N voltage is maintained again without any voltage interruption. After an interval of 1.5 min to 2 min at 1.1 U_N , another equal overvoltage shall be applied and the procedure repeated.

The unit shall be subjected daily to a total of 130 to 170 overvoltage periods, each of 15 cycles duration.

The unit shall then immediately be placed in the ventilated cooled chamber again for at least 12 h in the unenergized state and the test shall continue each day until the unit has been subjected to a total of 1 700 overvoltage periods of 15 cycles' duration (25 500 overvoltage test cycles).

Notes 1. – Detailed requirements regarding the overvoltage shape and the tolerances are given in Appendix A.

2. – The test should be made on consecutive days. Interruptions of up to two days, for example during weekends, are permitted, provided that the test unit remains unenergized in the cooled chamber during the whole interruption period and that the test is continued on the third day.
3. – If the 5 min limit cannot be achieved before voltage application, the test unit shall be thermally insulated in order to avoid undue heating.

4.5 Overload run

Within 1 h after the end of the overvoltage test according to Sub-clause 4.4, the test unit shall be subjected to not less than 1.4 U_N for at least 500 h. The test unit shall then be placed in still air at an ambient temperature of +15 °C to +35 °C.

During the 500 h period not more than ten voltage interruptions are allowed. None of these interruptions shall exceed 8 h.

- Notes 1.* – It should be observed that the overload run is not in itself considered as a separate test, but instead as a means to check that the deterioration that might have developed during the overvoltage test has not caused permanent and potentially destructive damage.
2. – Forced air or liquid-bath cooling may be used if the temperature of the container exceeds 45 °C.
 3. – The container temperature is determined as the average value of two measurements made on the larger sides of the unit. The measuring points are placed in the centre of the areas of these larger sides covering the elements used in the test. (See Appendix B, Clause B2.)

4.6 Final capacitance and loss measurements

The measurements according to Sub-clause 4.3 shall be repeated within two days of completing the overload run in Sub-clause 4.5 at the same temperature, voltage and frequency.

4.7 Acceptance criteria

The acceptance criteria are that no breakdown shall occur when two units have been tested or alternatively one breakdown is accepted when three units have been tested.

The capacitance measurements performed in Sub-clauses 4.3 and 4.6 shall differ less than an amount corresponding to either breakdown of an element or operation of an internal fuse.

Note. – The losses measured in the test according to Sub-clauses 4.3 and 4.6 should be reported in order to be able to check the consistency of capacitor production over longer periods.

4.8 Validité de l'essai

L'essai d'endurance porte sur les éléments (conception et composition du diélectrique) ainsi que sur le procédé de fabrication de ces éléments, une fois que ces derniers sont assemblés pour former un condensateur unitaire.

4.8.1 Variation des modèles

Chaque essai d'endurance peut également s'appliquer à d'autres modèles de condensateurs qui peuvent s'écarter du modèle essayé dans les limites suivantes :

- Exécution des éléments selon l'annexe B.
- Toute combinaison d'éléments connectés en série/parallèle possédant un diélectrique plus mince, mais par ailleurs comparable (voir annexe B, article B1), à utiliser sous tension assignée plus faible, à condition que les contraintes électriques assignées ne soient pas supérieures à celles qui sont obtenues pour U_N lors de l'essai. En cas d'emploi d'un diélectrique mixte, la valeur des contraintes à retenir pour effectuer la comparaison est celle de chaque matériau pris à l'état solide, calculée uniquement en fonction de l'épaisseur assignée de ces matériaux solides.
- Toute combinaison d'éléments comparables connectés en série/parallèle qui demeurent dans les limites indiquées à l'annexe B.
- Mode identique d'assemblage des éléments.
- Isolement entre éléments identiques ou plus épais (voir paragraphe 2.3).
- Procédé de fabrication identique aux tolérances près.
- Unités dont l'isolement par rapport à la cuve est plus mince, mais par ailleurs conçu de la même manière, et qui sont destinées à une classe d'isolation inférieure.
- Autre cuve normalisée du constructeur dont les dimensions peuvent se comparer à celles de l'unité essayée dans les limites suivantes :
 - profondeur de la cuve : 50 % à 120 %;
 - hauteur de la cuve : 25 % à 105 %;
 - largeur de la cuve : 50 % à 200 %.

L'espace entre la cuve et l'enveloppe isolée de l'élément ne doit pas être augmenté, pas plus que l'isolement par rapport à la cuve.

Note. – L'annexe C donne des précisions sur les dimensions des cuves.

4.8.2 Variation des conditions de service

Chaque essai d'endurance pourra s'appliquer également à des conditions de service différentes suivant les points donnés ci-après, à condition que les dispositions du paragraphe 4.8.1 demeurent satisfaites :

- Unités dont la température minimale de catégorie est supérieure à celle de l'unité essayée.
- Unités possédant des éléments identiques et utilisées à une tension assignée inférieure.
- Un essai d'endurance exécuté à 50 Hz reste valable pour 60 Hz et réciproquement. Noter, cependant, que certaines limitations peuvent s'appliquer si l'on utilise la tension alternative d'essai la plus faible des deux tensions prévues (paragraphe 4.1).

4.8 *Validity of test*

The endurance test is a test on the elements (their dielectric design and composition), and on the manufacturing process of these elements when assembled into a capacitor unit.

4.8.1 *Unit design variations*

Each endurance test will also cover other capacitor designs, which are allowed to differ from the tested design within the following limits:

- Element design according to Appendix B.
- Any combination of series/parallel connection of elements with a proportionally thinner, but otherwise comparable dielectric (see Appendix B, Clause B1) to be used at a lower rated voltage, provided that the rated electric stress is not higher than the stress corresponding to U_N for the test. When a mixed dielectric is used, the stress value to be used in this comparison is the one across each of the solid materials and calculated for the rated thicknesses of the solid materials only.
- Any combination of series/parallel connections of comparable elements, which are within the limits of Appendix B.
- Identical system of assembling the elements.
- Identical or thicker inter-element insulation (see Sub-clause 2.3).
- Identical manufacturing process within tolerances.
- Units having a thinner, but otherwise similarly designed, insulation to container, for use in a unit having a lower insulation class.
- Another of the manufacturer's standard container sizes within the following dimensional limits compared with the unit under test:
 - depth of container: 50 % to 120 %;
 - height of container: 25 % to 105 %;
 - width of container: 50 % to 200 %.

Neither the space between container and the insulated element package nor the insulation to container shall be increased.

Note. – Details of container dimensions are given in Appendix C.

4.8.2 *Service condition variations*

Each endurance test will also cover other service conditions according to the following items provided that the requirements of Sub-clause 4.8.1 are also satisfied:

- Units having a lowest category temperature higher than that of the test sample.
 - Units having identical elements to be used at a lower rated voltage.
 - An endurance test performed at 50 Hz is also available for 60 Hz units and vice versa. Note, however, that if using the lower of the two allowed a.c. test voltages (Sub-clause 4.1) some restrictions may apply.
-

ANNEXE A

ENVELOPPE DE L'ONDE DE SURTENSION

La fréquence de la tension d'essai doit être de 50 Hz ou 60 Hz.

La surtension doit être appliquée sans interrompre la tension permanente comprise entre $1,05 U_N$ et $1,15 U_N$.

Les limites d'amplitude de la tension permanente et de la surtension sont indiquées à la figure 1.

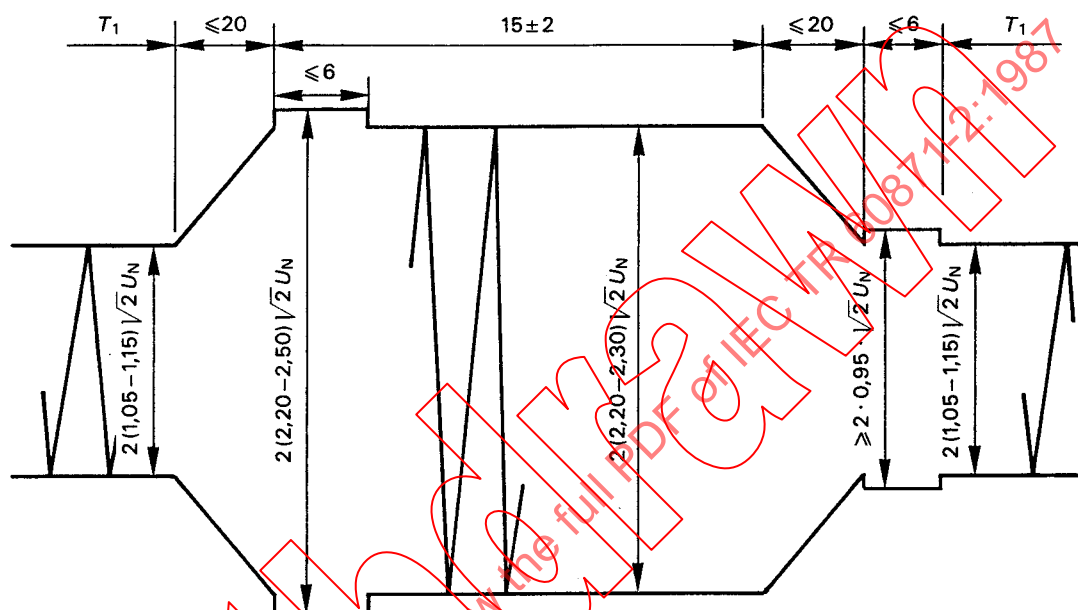


FIG. 1. - Limites d'amplitude et de durée d'une période de surtension.

A l'exception de T_1 , les durées sont indiquées en nombre de cycles de la fréquence d'essai.

T_1 est l'intervalle compris entre 1,5 min et 2 min qui sépare deux périodes de surtension consécutives.

APPENDIX A

WAVEFORM OF OVERVOLTAGE

The test voltage shall have a frequency of 50 Hz or 60 Hz.

The overvoltage shall be applied without any interruption of the steady voltage of $1.05 U_N$ to $1.15 U_N$.

The amplitude limits for the constant voltage and overvoltage are given in Figure 1.

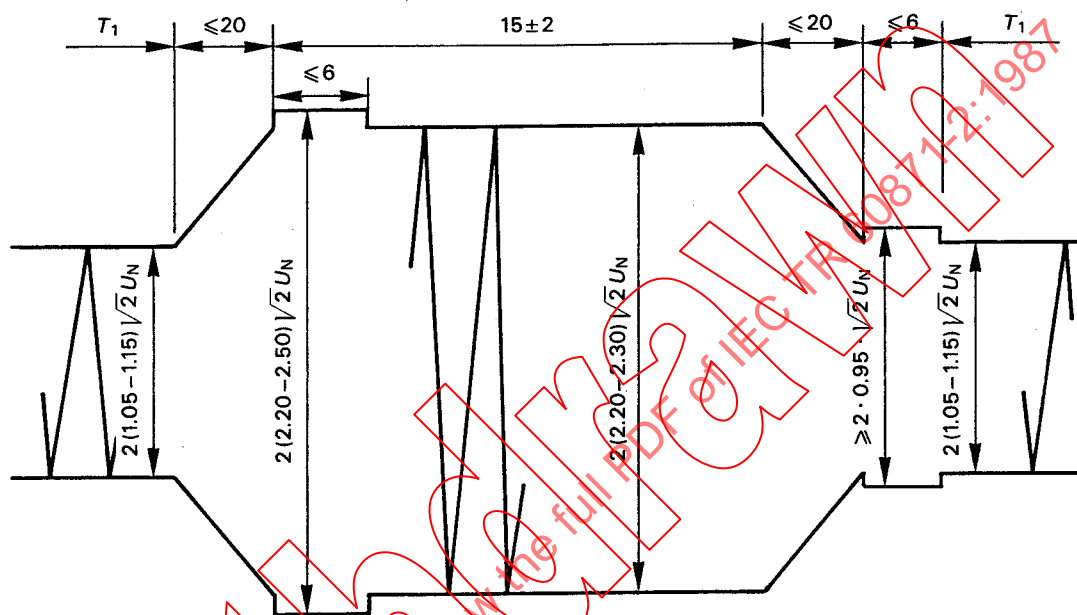


FIG. 1. - Time and amplitude limits for an overvoltage period.

Times, other than T_1 , are expressed in numbers of cycles of the test frequency.

T_1 is the interval of 1.5 min to 2 min between two consecutive overvoltage periods.

ANNEXE B

PRESCRIPTIONS SUR LA NATURE COMPARABLE DES ÉLÉMENTS ET DES UNITÉS D'ESSAI

B1. Critères pour la comparaison d'éléments de réalisations différentes

Eu égard aux critères et aux conditions d'essai d'endurance, on peut estimer comparables des éléments de réalisations différentes si les prescriptions ci-après sont respectées :

B1.1 Un même nombre de couches de matériau diélectrique solide imprégné avec le même liquide.

B1.2 Une même composition des matériaux diélectriques solides, par exemple, tout en film, tout en papier ou encore film-papier-film, etc.

B1.3 Les matériaux diélectriques solides aussi bien que liquides doivent satisfaire aux mêmes spécifications du constructeur.

B1.4 La partie en feuille d'aluminium doit être identique, à savoir :

- même spécification du constructeur ;
- même épaisseur à $\pm 20\%$ près ;
- armature débordante ou non ;
- si le pliage de la feuille aux bords et/ou aux coupes est une caractéristique de la réalisation, celle-ci sera la même pour les éléments essayés ;
- marge libre de 100 % à 150 % par rapport aux éléments essayés.

B1.5 Même mode de connexion des éléments, par exemple languettes, soudage, etc.

B1.6 Par rapport aux éléments essayés, la largeur de l'élément (largeur active de l'armature) peut être inférieure ou égale à 100 %, la longueur de l'élément (longueur active de l'armature) pouvant varier de 50 % à 300 %. (Voir les précisions de l'annexe C.)

B2. Mode de réalisation de l'unité d'essai

Pour effectuer des essais d'endurance, on peut considérer qu'une unité d'essai est comparable à des unités de fabrication si les prescriptions ci-après sont respectées :

B2.1 Les éléments sont dans les limites indiquées à l'article B1.

B2.2 Par rapport aux unités de production, les éléments sont assemblés de la même manière avec un isolement entre éléments d'épaisseur égale ou plus faible ; ils sont comprimés de façon égale dans les limites de tolérance du constructeur, etc.

Les éléments doivent être assemblés selon la méthode normale du constructeur. Se reporter au paragraphe 4.8.1 pour les écarts sur les dimensions des unités.

B2.3 Au moins quatre de ces éléments doivent être raccordés de manière à obtenir une puissance minimale de 30 kvar sous tension assignée. Tous les éléments ainsi raccordés doivent être placés les uns à côté des autres.

APPENDIX B

REQUIREMENTS REGARDING COMPARABLE ELEMENT DESIGN AND TEST UNIT DESIGN

B1. Comparable element design criteria

Element designs are considered to be comparable with respect to the endurance test conditions and criteria if the following requirements are fulfilled:

- B1.1 They have the same number of layers of solid materials in the dielectric impregnated with the same liquid.
- B1.2 The dielectric composition of the solid materials shall be the same, for example all-film or all-paper or film-paper-film, etc.
- B1.3 Solid and liquid dielectric materials shall satisfy the same manufacturer's specifications.
- B1.4 The aluminum-foil design shall be the same:
 - same manufacturer's specification;
 - thickness within $\pm 20\%$;
 - exposed or non-exposed foil edges;
 - if folding of the foil at the edges and (or) cut ends is a feature of the design, this shall be the same as for the tested elements;
 - 100% to 150% free margin compared with the tested elements.
- B1.5 Element connections shall be of the same type, for example tabs, soldering, etc.
- B1.6 The element width (active foil width) is allowed to be smaller or equal to 100% and the element length (active foil length) is allowed to vary within 50% to 300% compared with the elements under test. (See Appendix C for clarification.)

B2. Test unit design

When performing the endurance test, a test unit is considered to be comparable to the units to be manufactured if the following requirements are satisfied for the test unit:

- B2.1 The elements are within the limits given in Clause B1.
- B2.2 Elements shall be similarly assembled, have equal or thinner inter-element insulation, be equally pressed within the manufacturing tolerance, etc., compared with the production unit.

The elements shall be assembled according to the manufacturer's standard procedure. For dimensional limits of units, see Sub-clause 4.8.1.

- B2.3 At least four of these elements shall be connected to give not less than 30 kvar output at rated voltage. All connected elements shall be placed adjacent to each other.

Les éléments raccordés peuvent être connectés en série et en parallèle pour s'adapter à l'équipement d'essai.

Au moins trois isollements entre éléments doivent être prévus de manière à pouvoir, au cours de l'essai, les soumettre à la différence de tension présente entre deux éléments montés en série.

B2.4 Les connexions extérieures aux éléments peuvent être renforcées de manière à pouvoir débiter les courants accrus qui peuvent être dus, par exemple, au raccordement en parallèle d'un certain nombre d'éléments.

B2.5 L'isollement par rapport à la cuve doit être identique ou plus épais que celui des unités à fabriquer.

Note. – Cette règle a pour but d'assurer que les conditions de séchage et d'imprégnation sont égales à celles des unités à fabriquer. Les prescriptions de tenue électrique de l'isollement par rapport à la cuve sont prises en compte par les essais effectués selon les dispositions des articles 10, 15 et 16 de la Publication 871-1 de la CEI.

B2.6 On doit utiliser une cuve réalisée par le constructeur. Se reporter au paragraphe 4.8.1 pour les tolérances d'exécution.

La matière de la cuve doit être identique à celle de la cuve des unités, mais la peinture peut être différente.

Le type et le nombre des traversées peuvent être modifiés pour l'adaptation à la tension et aux courants d'essai.

B2.7 Le procédé d'imprégnation et de séchage doit être identique à celui qui est utilisé en fabrication normale. L'emplacement et la position de l'unité d'essai doivent être identiques à ceux des unités à fabriquer (par exemple éléments horizontaux ou verticaux).

B2.8 A tous autres égards, les unités d'essai doivent suivre le même procédé de fabrication que les unités à fabriquer.

The connected elements may be series and parallel-connected in any way to match the test equipment.

At least three inter-element insulations shall be assembled, in such a way that in the test they are exposed to the voltage difference occurring between two series-connected elements.

B2.4 The connections outside the elements may be enlarged in order to handle the increased currents due, for example, to a number of elements in parallel.

B2.5 The insulation to the container shall be identical with or thicker than that of the units to be produced.

Note. – This requirement is intended to ensure that the drying and impregnation conditions are equal to those of the units to be produced. The electrical withstand requirements of the insulation to container are taken care of by the tests according to Clauses 10, 15 and 16 of IEC Publication 871-1.

B2.6 A container to the manufacturer's design shall be used. See also Sub-clause 4.8.1 for dimensional allowances.

The container material shall be identical with that of the units but painting may be different.

Bushing design and number of bushings may be adjusted in order to match the test voltage and/or test currents.

B2.7 The drying and impregnation process shall be identical with the normal production process. The position and attitude of the test unit shall be the same as for the units to be produced (e.g. horizontal or vertical elements).

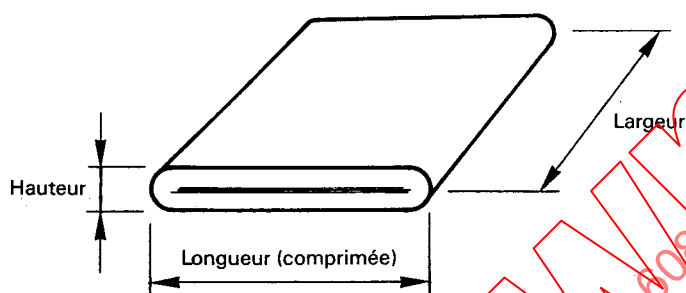
B2.8 The test unit shall in all other respects follow the same manufacturing procedure as the units to be produced.

ANNEXE C

DÉFINITION DES DIMENSIONS DE L'ÉLÉMENT ET DE LA CUVE DU CONDENSATEUR

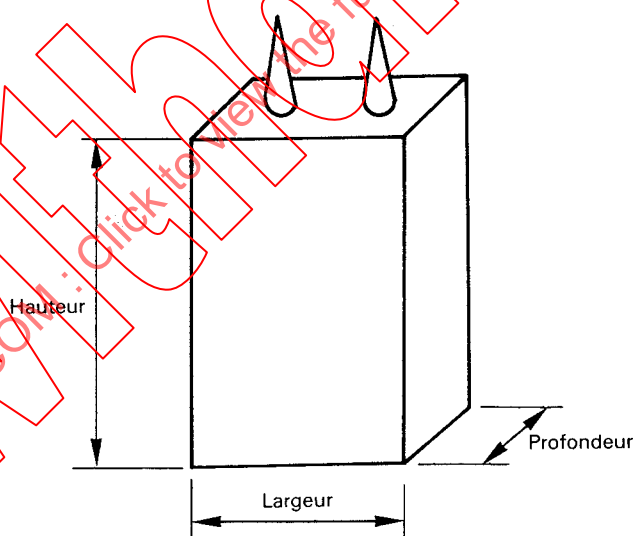
C1. Élément aplati par compression

Élément aplati par compression suivant la hauteur.



On obtient la longueur de l'armature (active) ou de l'élément en déroulant ce dernier dans le sens de la longueur.

C2. Cuve du condensateur



La hauteur est toujours déterminée à partir de la face qui porte les traversées et jusqu'au côté opposé.

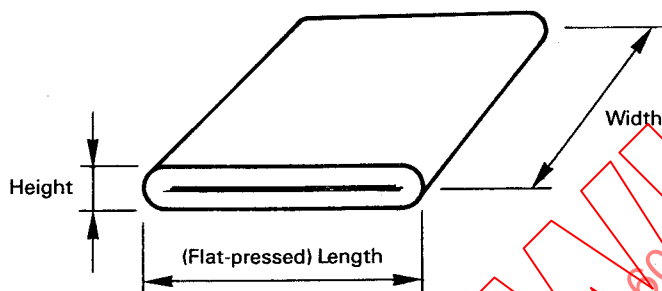
Normalement, la longueur de l'élément aplati par compression correspond au sens de la profondeur de la cuve. Suivant l'exécution, la largeur de l'élément peut correspondre soit au sens hauteur de la cuve, soit au sens largeur.

APPENDIX C

DEFINITION OF ELEMENT AND CAPACITOR CONTAINER DIMENSIONS

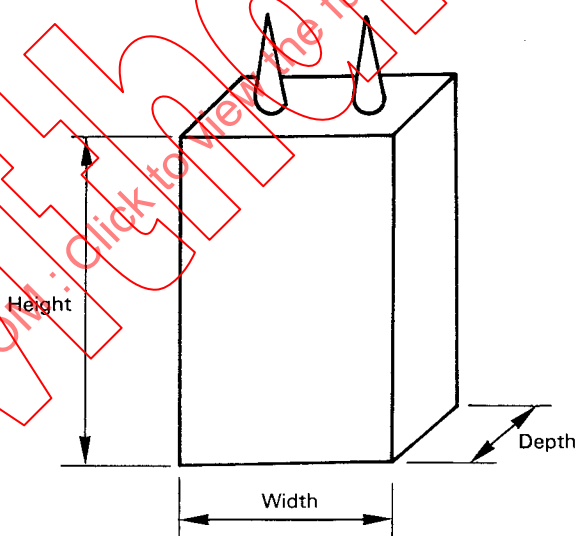
C1. Flattened pressed element

The element has been pressed flat in the height direction.



Element or (active) foil length is obtained on unwinding the element in the length direction.

C2. Capacitor container



Height is always determined from the side on which the bushings are fitted, to the opposite side.

Normally the length direction of the flattened element corresponds to the container depth direction. Depending on the design, the element width direction may correspond either to container height direction or to container width direction.

ANNEXE D

FONDEMENT DES PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ESSAIS D'ENDURANCE

D1. Introduction

Les essais d'endurance des condensateurs connaissent un intérêt accru depuis le milieu des années 70.

Leur intention est de créer le moyen d'essayer des modèles spécifiques de condensateurs ainsi que leur mode de fabrication de manière à pouvoir être sûr qu'ils supporteront les conditions de service avec une fiabilité élevée.

Il est évident que, pour obtenir des résultats de cette sorte d'essais dans une durée raisonnable, il faut soumettre les condensateurs à des contraintes très élevées. Il est donc très important que les contraintes appliquées au cours de l'essai (tension, température, etc.) n'entraînent pas l'apparition dans les condensateurs de phénomènes sans rapport avec la réalité, comme la dégradation thermique du diélectrique due à des températures ponctuelles bien plus élevées par rapport aux cas les plus défavorables qui se rencontrent en service.

La tâche la plus difficile dans la mise au point d'un essai d'endurance est la corrélation des résultats d'essai avec l'expérience acquise en service, ce qui requiert de nombreuses années. Au cours des dix dernières années l'industrie a connu (et connaît encore) une période de rapide évolution caractérisée par la modification des matériaux diélectriques solides et des agents d'imprégnation. C'est pourquoi il n'est pas possible de faire appel à la méthode qui semblait s'imposer et qui consistait à effectuer divers essais d'endurance sur des condensateurs de fabrication antérieure sur lesquels on dispose d'états de service bien connus.

Certaines organisations ont effectué ces dernières années des travaux expérimentaux sur les essais d'endurance; ces travaux ont été publiés, faisant apparaître des descriptions d'essai qui diffèrent considérablement les unes des autres. Même si la plupart de ces publications prétendent que les modèles qui ont satisfait à l'essai proposé auront un meilleur état de service, ces estimations portent sur des données de durées de service assez courtes et il n'existe jusqu'à maintenant aucun texte publié qui fasse état de l'expérience en service de modèles d'unités qui se sont approchés de très près des conditions de satisfaction de l'essai d'endurance proposé.

D2. Choix des paramètres d'essai

Il convient que la base du choix à effectuer soit constituée par les surcontraintes (tension, température) auxquelles les condensateurs sont soumis en service. Parmi ces surcontraintes, celles qui sont estimées avoir le maximum d'influence sur le diélectrique des condensateurs sont les surtensions de manœuvre (Publication 871-1 de la CEI, paragraphe 19.2) combinées aux très basses températures du diélectrique.

D2.1 Niveau de surtension: $2,25 U_N$

Fixer une marge supérieure à la valeur indiquée à l'article 19 de la Publication 871-1 de la CEI.

D2.2 Niveau de la tension constante: $1,1 U_N$

Faire entrer les 12 h de surtension selon les dispositions du paragraphe 19.1 de la Publication 871-1 de la CEI mais sans engendrer une élévation trop rapide de la température de l'unité d'essai pendant chaque journée d'essai.

APPENDIX D

BACKGROUND TO THE REQUIREMENTS FOR ENDURANCE TESTING

D1. Introduction

Since the mid 1970s there has been increasing interest in endurance testing of capacitors.

The goal for such an endurance test has been the creation of a tool for the testing of specific capacitor designs and the manufacturing process of such capacitors in order to be able to establish that the capacitor will withstand the service conditions with a high reliability.

It is clear that in order to obtain results from such a test within a reasonable time, the capacitor has to be highly stressed. It is then very important that the applied test stresses (voltage, temperature, etc.) are not allowed to cause any unrealistic phenomena in the capacitor, for example, thermal deterioration of the dielectric due to a hot-spot temperature which is far higher than the worst one ever to appear in service.

The most difficult task when devising an endurance test is to correlate the outcome of the test with service experience, which requires many years. During the last ten years the capacitor industry has been (and still is) in a period of rapid development during which there have been changes in both solid materials and impregnants. The otherwise obvious method of performing different endurance tests on old capacitor designs with well-known service records has therefore not been possible.

Experimental work with endurance testing has been carried out by some organizations during recent years and this work has been published. This has resulted in descriptions of tests which differ considerably from each other. Even if most of the published papers claim that designs having passed the proposed test will have better service records, this judgement is based on a rather short service time experience and in no paper so far have there been any reports regarding the service experience of unit designs which came very close to passing the proposed endurance test.

D2. Choice of test parameters

The basis for such a choice should be the overstresses (voltage, temperature) which the capacitor will be exposed to in service. The overstresses which have been considered to have the highest influence on the capacitor dielectric are the switching overvoltages (IEC Publication 871-1, Sub-clause 19.2) in combination with a very low dielectric temperature.

D2.1 Overvoltage level: $2.25 U_N$

To give a margin above the value according to Clause 19 of IEC Publication 871-1.

D2.2 Constant voltage level: $1.1 U_N$

To include the required 12 h overvoltage according to Sub-clause 19.1 of IEC Publication 871-1 but without causing too high a temperature increase in the test unit during each testing day.