

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
931-1

Première édition
First edition
1989-05

**Condensateurs shunt de puissance
non autorégénérateurs destinés à être utilisés
sur des réseaux à courant alternatif de tension
assignée inférieure ou égale à 660 V**

Première partie: Généralités

Caractéristiques fonctionnelles, essais
et valeurs assignées —

Règles de sécurité — Guide d'installation et
d'exploitation

**Shunt power capacitors of the
non-self-healing type for a.c. systems having
a rated voltage up to and including 660 V**

Part 1: General

Performance, testing and rating —

Safety requirements —

Guide for installation and operation



IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60937-1:1989

Withdrawn

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
931-1

Première édition
First edition
1989-05

**Condensateurs shunt de puissance
non autorégénérateurs destinés à être utilisés
sur des réseaux à courant alternatif de tension
assignée inférieure ou égale à 660 V**

Première partie: Généralités
Caractéristiques fonctionnelles, essais
et valeurs assignées —
Règles de sécurité — Guide d'installation et
d'exploitation

**Shunt power capacitors of the
non-self-healing type for a.c. systems having
a rated voltage up to and including 660 V**

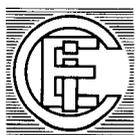
Part 1: General
Performance, testing and rating —
Safety requirements —
Guide for installation and operation

© CEI 1989 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Définitions	10
4. Conditions de service	14
SECTION DEUX – PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS	
5. Prescriptions relatives aux essais	16
6. Classification des essais	16
7. Mesure de la capacité et calcul de la puissance	18
8. Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur	20
9. Essai de tenue en tension entre bornes	20
10. Essais diélectriques entre bornes et cuve	22
11. Essai du dispositif interne de décharge	22
12. Essai d'étanchéité	22
13. Essai de stabilité thermique	24
14. Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur à température élevée	26
15. Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve	26
16. Essai de décharge	26
17. Essai de vieillissement	28
18. Essai d'autorégénération	28
19. Essai de destruction	28
SECTION TROIS – SURCHARGES	
20. Tension maximale admissible	28
21. Courant maximal admissible	30
SECTION QUATRE – RÈGLES DE SÉCURITÉ	
22. Dispositif de décharge	30
23. Connexions de masse	32
24. Protection de l'environnement	32
25. Autres règles de sécurité	32
SECTION CINQ – MARQUAGES	
26. Marquage du condensateur	32
27. Marquage des batteries	34
SECTION SIX – GUIDE D'INSTALLATION ET D'EXPLOITATION	
28. Généralités	36
29. Choix de la tension assignée	36
30. Température de service	38
31. Conditions spéciales de service	40
32. Surtensions	40
33. Courants de surcharge	42
34. Disjoncteurs et dispositifs de protection et connexions	44
35. Choix des lignes de fuite	44
36. Condensateurs raccordés à des réseaux équipés de télécommande à fréquences acoustiques	44
ANNEXE A – Formules pour l'installation des condensateurs	46
ANNEXE B – Définitions, prescriptions et essais complémentaires concernant les condensateurs de puissance utilisés pour le filtrage	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE – GENERAL	
Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
3. Definitions	11
4. Service conditions	15
SECTION TWO – QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS	
5. Test requirements	17
6. Classification of tests	17
7. Capacitance measurement and output calculation	19
8. Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor	21
9. Voltage test between terminals	21
10. Voltage tests between terminals and container	23
11. Test of internal discharge device	23
12. Sealing test	23
13. Thermal stability test	25
14. Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor at elevated temperature	27
15. Lightning impulse voltage test between terminals and container	27
16. Discharge test	27
17. Ageing test	29
18. Self-healing test	29
19. Destruction test	29
SECTION THREE – OVERLOADS	
20. Maximum permissible voltage	29
21. Maximum permissible current	31
SECTION FOUR – SAFETY REQUIREMENTS	
22. Discharge device	31
23. Container connections	33
24. Protection of the environment	33
25. Other safety requirements	33
SECTION FIVE – MARKINGS	
26. Marking of the unit	33
27. Marking of the bank	35
SECTION SIX – GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION	
28. General	37
29. Choice of the rated voltage	37
30. Operating temperature	39
31. Special service conditions	41
32. Overvoltages	41
33. Overload currents	43
34. Switching and protective devices and connections	45
35. Choice of creepage distance	45
36. Capacitors connected to systems with audiofrequency remote control	45
APPENDIX A – Formulae for capacitors and installations	47
APPENDIX B – Additional definitions, requirements and tests for power filter capacitors	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDENSATEURS SHUNT DE PUISSANCE NON AUTORÉGÉNÉRATEURS
DESTINÉS À ÊTRE UTILISÉS SUR DES RÉSEAUX À COURANT
ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE INFÉRIEURE OU ÉGALE À 660 V**

**Première partie: Généralités
Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées —
Règles de sécurité — Guide d'installation et d'exploitation**

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.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etude n° 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Elle remplace la Publication 70 de la CEI (1967) et son complément A (1968).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
33(BC)78	33(BC)86

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n^{os}
- 60: Techniques des essais à haute tension.
 - 110 (1973): Recommandation concernant les condensateurs pour les installations de génération de chaleur par induction soumis à des fréquences comprises entre 40 et 24 000 Hz.
 - 143 (1972): Condensateurs-série destinés à être installés sur des réseaux.
 - 252 (1975): Condensateurs des moteurs à courant alternatif.
 - 269-1 (1986): Fusibles basse tension, Première partie: Règles générales.
 - 358 (1971): Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs.
 - 566 (1982): Condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits de lampes tubulaires à fluorescence et autres lampes à décharge.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SHUNT POWER CAPACITORS OF THE NON-SELF-HEALING TYPE
FOR A.C. SYSTEMS HAVING A RATED VOLTAGE UP TO
AND INCLUDING 660 V**

**Part 1: General
Performance, testing and rating — Safety requirements —
Guide for installation and operation**

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.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 33: Power Capacitors.

It replaces IEC Publication 70 (1967) and its supplement A (1968).

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

Six Months' Rule	Report on Voting
33(CO)78	33(CO)86

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- | | |
|-------------------|---|
| Publications Nos. | 60: High-voltage test techniques. |
| | 110 (1973): Recommendation for capacitors for inductive heat generating plants operating at frequencies between 40 and 24 000 Hz. |
| | 143 (1972): Series capacitors for power systems. |
| | 252 (1975): A.C. motor capacitors. |
| | 269-1 (1986): Low-voltage fuses, Part 1: General requirements. |
| | 358 (1971): Coupling capacitors and capacitor dividers. |
| | 566 (1982): Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits. |

- 593 (1977): Coupe-circuit internes et déconnecteurs internes à surpression pour condensateurs shunt.
- 831-1 (1988): Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V, Première partie: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation.
- 831-2 (1988): Deuxième partie: Essais de vieillissement, d'autorégénération et de destruction.
- 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 assignés – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation.
- 871-2 (1987): Deuxième partie: Essais d'endurance.
- 931-2: Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V, Deuxième partie: Essais de vieillissement et de destruction. (A l'étude.)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60937-1:1989

Without2M

- 593 (1977): Internal fuses and internal overpressure disconnectors for shunt capacitors.
- 831-1 (1988): Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V, Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation.
- 831-2 (1988): Part 2: Ageing test, self-healing test and destruction test.
- 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.
- 871-2 (1987): Part 2: Endurance testing.
- 931-2: Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V, Part 2: Ageing test and destruction test. (Under consideration.)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60937-1:1989

Without watermark

CONDENSATEURS SHUNT DE PUISSANCE NON AUTORÉGÉNÉRATEURS DESTINÉS À ÊTRE UTILISÉS SUR DES RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE INFÉRIEURE OU ÉGALE À 660 V

Première partie: Généralités Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées — Règles de sécurité — Guide d'installation et d'exploitation

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux condensateurs unitaires et aux batteries de condensateurs non autorégénérateurs devant servir en particulier à la correction du facteur de puissance des réseaux à courant alternatif de tension assignée égale ou inférieure à 660 V et à fréquences comprises entre 15 Hz et 60 Hz.

Notes 1. — Cette norme s'applique également aux condensateurs destinés à être utilisés pour le filtrage dans les circuits de puissance. Les définitions, les prescriptions et les essais complémentaires pour les condensateurs de filtrage sont indiqués dans l'annexe B.

2. — Les prescriptions complémentaires pour les condensateurs protégés par des coupe-circuit internes et déconnecteurs internes à surpression, ainsi que les prescriptions relatives à ces derniers sont données dans la Publication 593 de la CEI.
3. — Les condensateurs suivants sont exclus de cette norme:
 - Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 660 V (Publication 831 de la CEI).
 - Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 660 V (Publication 871 de la CEI).
 - Condensateurs destinés à des installations de production de chaleur par induction, soumis à des fréquences comprises entre 40 Hz et 24 000 Hz (Publication 110 de la CEI).
 - Condensateurs-série (Publication 143 de la CEI).
 - Condensateurs pour applications sur moteurs et condensateurs analogues (Publication 252 de la CEI).
 - Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (Publication 358 de la CEI).
 - Condensateurs utilisés dans les circuits électroniques de puissance (Publication XXX de la CEI (à l'étude)).
 - Petits condensateurs à courant alternatif utilisés pour les lampes fluorescentes et à décharge (Publication 566 de la CEI).
 - Condensateurs d'antiparasitage radioélectrique (Publication XXX de la CEI (à l'étude)).
 - Condensateurs prévus pour être utilisés sur divers types d'appareils électriques et considérés de ce fait comme éléments composants.
 - Condensateurs destinés à être utilisés sous tension continue superposée à la tension alternative.
4. — Les accessoires tels que les isolateurs, commutateurs, transformateurs de mesure, coupe-circuit, etc., doivent être conformes aux normes appropriées de la CEI.

2. Objet

La présente norme a pour objet:

- a) de formuler des règles uniformes pour les caractéristiques fonctionnelles, les essais et les valeurs assignées;
- b) de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- c) de fournir un guide d'installation et d'exploitation.

SHUNT POWER CAPACITORS OF THE NON-SELF-HEALING TYPE FOR A.C. SYSTEMS HAVING A RATED VOLTAGE UP TO AND INCLUDING 660 V

Part 1: General Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This standard is applicable both to capacitor units and capacitor banks intended to be used, particularly, for power-factor correction of a.c. power systems having a rated voltage up to and including 660 V and frequencies 15 Hz to 60 Hz.

Notes 1. – This standard also applies to capacitors intended for use in power filter circuits. Additional definitions, requirements and tests for filter capacitors are given in Appendix B.

2. – Additional requirements for capacitors protected by internal element fuses and internal overpressure disconnectors, as well as requirements for the same, are given in IEC Publication 593.
3. – The following capacitors are excluded from this standard:
 - Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660 V (IEC Publication 831).
 - Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 660 V (IEC Publication 871).
 - Capacitors for induction heat-generating plants, operating at frequencies between 40 Hz and 24 000 Hz (IEC Publication 110).
 - Series capacitors (IEC Publication 143).
 - Capacitors for motor applications and the like (IEC Publication 252).
 - Coupling capacitors and capacitor dividers (IEC Publication 358).
 - Capacitors to be used in power electronic circuits (IEC Publication XXX (under consideration)).
 - Small a.c. capacitors to be used for fluorescent and discharge lamps (IEC Publication 566).
 - Capacitors for suppression of radio interference (IEC Publication XXX (under consideration)).
 - Capacitors intended to be used in various types of electrical equipment and thus considered as components.
 - Capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on the a.c. voltage.
4. – Accessories such as insulators, switches, instrument transformers, fuses, etc., shall be in accordance with the relevant IEC standards.

2. Object

The object of this standard is:

- a) to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- b) to formulate specific safety rules;
- c) to provide a guide for installation and operation.

3. Définitions

3.1 *Élément de condensateur (ou élément)*

Dispositif constitué essentiellement de deux électrodes séparées par un diélectrique.

3.2 *Condensateur unitaire (ou unité)*

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

3.3 *Condensateur non autorégénérateur*

Condensateur dans lequel le diélectrique, après rupture locale, n'est pas restauré.

3.4 *Batterie de condensateurs (ou batterie)*

Ensemble de condensateurs unitaires raccordés de façon à agir conjointement.

3.5 *Condensateur*

Dans la présente norme, le terme «condensateur» est employé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un «condensateur unitaire» ou d'une «batterie de condensateurs».

3.6 *Installation de condensateurs*

Batterie de condensateurs et ses accessoires.

3.7 *Dispositif de décharge d'un condensateur*

Dispositif pouvant être incorporé dans le condensateur et capable de ramener pratiquement à zéro, dans un temps spécifié, la tension entre les bornes de celui-ci, lorsque le condensateur a été déconnecté du réseau.

3.8 *Coupe-circuit interne d'un condensateur*

Coupe-circuit monté à l'intérieur d'une unité et connecté en série avec un élément ou un groupe d'éléments.

3.9 *Déconnecteur à surpression pour condensateur*

Système de déconnexion prévu pour couper le courant en cas d'accroissement anormal de la pression interne du condensateur.

3.10 *Déconnecteur thermique pour condensateur*

Système de déconnexion prévu pour couper le courant en cas d'accroissement anormal de la température interne du condensateur.

3.11 *Bornes de ligne*

Bornes à connecter aux conducteurs d'une ligne.

Note. — Dans les condensateurs polyphasés, la borne à connecter au conducteur neutre n'est pas considérée comme une borne de ligne.

3.12 *Capacité assignée d'un condensateur (C_N)*

Valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu.

3.13 *Puissance assignée d'un condensateur (Q_N)*

Puissance réactive déduite des valeurs assignées de la capacité, de la fréquence et de la tension.

3. Definitions

3.1 Capacitor element (or element)

A device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric.

3.2 Capacitor unit (or unit)

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

3.3 Non-self-healing capacitor

A capacitor in which the dielectric, after local breakdown, is not restored.

3.4 Capacitor bank (or bank)

A number of capacitor units connected so as to act together.

3.5 Capacitor

In this standard, the word “capacitor” is used when it is not necessary to lay particular stress upon the different meanings of the words “capacitor unit” or “capacitor bank”.

3.6 Capacitor installation

A capacitor bank and its accessories.

3.7 Discharge device of a capacitor

A device which may be incorporated in a capacitor, capable of reducing the voltage between the terminals practically to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network.

3.8 Internal fuse of a capacitor

A fuse connected inside a capacitor unit, in series with an element or group of elements.

3.9 Overpressure disconnecter for a capacitor

A disconnecting device designed to interrupt the current path in the case of abnormal increase of the internal pressure.

3.10 Overtemperature disconnecter for a capacitor

A disconnecting device designated to interrupt the current path in the case of abnormal increase of the internal temperature.

3.11 Line terminals

Terminals to be connected to the lines.

Note. — In polyphase capacitors, a terminal intended to be connected to the neutral conductor is not considered to be a line terminal.

3.12 Rated capacitance of a capacitor (C_N)

The capacitance value for which the capacitor has been designed.

3.13 Rated output of a capacitor (Q_N)

The reactive power derived from the rated values of capacitance, frequency and voltage.

3.14 Tension assignée d'un condensateur (U_N)

Valeur efficace de la tension alternative pour laquelle le condensateur a été conçu.

Note. — Dans le cas de condensateurs comprenant un ou plusieurs circuits distincts (par exemple, unités monophasées destinées à être utilisées en montage polyphasé, ou unités polyphasées à circuits séparés), U_N se rapporte à la tension assignée de chaque circuit.

Dans le cas de condensateurs polyphasés avec connexions électriques internes entre phases et de batteries de condensateurs polyphasés, U_N se réfère à la tension entre phases.

3.15 Fréquence assignée d'un condensateur (f_N)

Fréquence pour laquelle le condensateur a été conçu.

3.16 Courant assigné d'un condensateur (I_N)

Valeur efficace du courant alternatif pour laquelle le condensateur a été conçu.

3.17 Pertes d'un condensateur

Puissance active dissipée par le condensateur.

Note. — Il convient que toutes les pertes produites par les composants soient incluses, par exemple:

- pour une unité, pertes dues au diélectrique, aux coupe-circuit internes, résistances de décharge internes, connexions, etc.;
- pour une batterie, pertes dues aux condensateurs unitaires, coupe-circuit externes, barres omnibus, bobines de décharge et d'amortissement, etc.

3.18 Tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) d'un condensateur

Rapport entre la résistance-série équivalente et la réactance capacitive d'un condensateur dans des conditions spécifiées de fréquences et de tension alternative sinusoïdale.

3.19 Tension maximale admissible d'un condensateur

Valeur efficace maximale de la tension alternative que le condensateur peut supporter pendant un temps déterminé dans des conditions spécifiées.

3.20 Courant maximal admissible d'un condensateur

Valeur efficace maximale du courant alternatif que le condensateur peut supporter pendant un temps déterminé dans des conditions spécifiées.

3.21 Température de l'air ambiant

Température de l'air à l'emplacement prévu pour le condensateur.

3.22 Température de l'air de refroidissement

Température de l'air de refroidissement mesurée à l'état stable à l'endroit le plus chaud de la batterie, à mi-distance entre deux unités. S'il s'agit d'une seule unité, c'est la température mesurée à 0,1 m environ de la cuve du condensateur et aux deux tiers de sa hauteur mesurée en partant de sa base.

3.23 Etat stable

Equilibre thermique atteint par le condensateur dans des conditions constantes de puissance et de température de l'air de refroidissement.

3.24 Tension résiduelle

Tension qui reste aux bornes d'un condensateur pendant un certain temps après sa déconnexion.

3.14 Rated voltage of a capacitor (U_N)

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

Note. — In the case of capacitors consisting of one or more separate circuits (e.g. single-phase units intended for use in polyphase connection, or polyphase units with separate circuits), U_N refers to the rated voltage of each circuit.

For polyphase capacitors with internal electrical connections between the phases, and for polyphase capacitor banks, U_N refers to the phase-to-phase voltage.

3.15 Rated frequency of a capacitor (f_N)

The frequency for which the capacitor has been designed.

3.16 Rated current of a capacitor (I_N)

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

3.17 Capacitor losses

The active power dissipated by a capacitor.

Note. — All loss-producing components should be included, e.g.:

- for a unit, losses from dielectric, internal fuses, internal discharge resistor, connections, etc.;
- for a bank, losses from unit, external fuses, busbars, discharge and damping reactors, etc.

3.18 Tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor

The ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency.

3.19 Maximum permissible voltage of a capacitor

The maximum r.m.s. alternating voltage which a capacitor can withstand for a given time in specified conditions.

3.20 Maximum permissible current of a capacitor

The maximum r.m.s. alternating current which a capacitor can carry for a given time in specified conditions.

3.21 Ambient air temperature

The temperature of the air at the proposed location of the capacitor.

3.22 Cooling-air temperature

The temperature of the cooling air measured at the hottest position in the bank, under steady-state conditions, midway between two units. If only one unit is involved, it is the temperature measured at a point approximately 0.1 m away from the capacitor container and at two-thirds of the height from its base.

3.23 Steady-state condition

Thermal equilibrium attained by the capacitor at constant output and at constant cooling air temperature.

3.24 Residual voltage

The voltage remaining on the terminals of a capacitor at a certain time following disconnection.

4. Conditions de service

4.1 Conditions normalisées de service

La présente norme donne les prescriptions applicables aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

a) *Tension résiduelle lors de la mise en service*

Elle ne doit pas être supérieure à 10% de la tension assignée (articles 22, 32 et annexe A).

b) *Altitude*

Elle ne doit pas dépasser 2 000 m.

c) *Catégories de température de l'air ambiant*

Les condensateurs sont classés en catégories de température, chaque catégorie étant repérée par un nombre suivi d'une lettre. Le nombre représente la valeur la plus basse de la température de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut fonctionner.

Les lettres représentent les valeurs limites supérieures des plages de variation de la température, dont les valeurs maximales sont spécifiées dans le tableau I. Les catégories de température couvrent une plage totale qui s'étend de -50 °C à $+55\text{ °C}$.

Il convient de choisir la température minimale de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut être mis sous tension parmi les cinq valeurs préférentielles: $+5\text{ °C}$, -5 °C , -25 °C , -40 °C , -50 °C .

Pour l'utilisation à l'intérieur, la limite inférieure de -5 °C est normalement applicable.

Le tableau I est fondé sur des conditions de service dans lesquelles le condensateur n'influence pas la température de l'air ambiant (par exemple installations à l'extérieur).

TABLEAU I

Symbole	Température de l'air ambiant (°C)		
	Maximum	Moyenne la plus élevée sur toute période de	
		24 h.	1 an
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Notes 1. — Les valeurs de température du tableau I peuvent se trouver dans les tables météorologiques de température concernant le lieu d'installation.

2. — Des valeurs de température plus élevées que celles qui sont indiquées au tableau I peuvent être envisagées pour des applications spéciales, par accord mutuel entre constructeur et acheteur. Dans ce cas, les catégories de température sont indiquées en combinant les valeurs de température minimale et maximale, par exemple $-40/60$.

Si le condensateur exerce une influence sur la température de l'air environnant, l'effet de la ventilation et/ou le choix du condensateur doivent permettre de maintenir les valeurs limites du tableau I. Dans ce type d'installation, la température de l'air de refroidissement ne doit pas dépasser les limites indiquées dans le tableau I de plus de 5 °C .

Pour définir la catégorie normalisée de température d'un condensateur, il est possible de choisir n'importe quelle combinaison de valeurs minimale et maximale, par exemple $-40/A$ ou $-5/C$.

4. Service conditions

4.1 Normal service conditions

This standard gives requirements for capacitors intended for use in the following conditions:

a) *Residual voltage at energization*

Not to exceed 10% rated voltage (Clause 22, Clause 32 and Appendix A).

b) *Altitude*

Not exceeding 2 000 m.

c) *Ambient air temperature categories*

Capacitors are classified in temperature categories, each category being specified by a number followed by a letter. The number represents the lowest ambient air temperature at which the capacitor may operate.

The letters represent the upper limits of temperature variation ranges, having the maximum values specified in Table I. The temperature categories cover the temperature range of -50 °C to $+55\text{ °C}$.

The lowest ambient air temperature at which the capacitor may be operated should be chosen from the five preferred values: $+5\text{ °C}$, -5 °C , -25 °C , -40 °C , -50 °C .

For indoor use, a lower limit of -5 °C is normally applicable.

Table I is based on service conditions in which the capacitor does not influence the ambient air temperature (e.g. outdoor installations).

TABLE I

Symbol	Ambient air temperature (°C)		
	Maximum	Highest mean over any period of	
		24 h.	1 year
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Notes 1. — The temperature values according to Table I can be found in the meteorological temperature tables covering the installation site.

2. — Temperature values higher than those indicated in Table I can be considered in special applications by mutual agreement between manufacturer and purchaser. In this case, the temperature category shall be indicated by the combination of minimum and maximum temperature values, e.g. $-40/60$.

If the capacitor influences the air temperature, the ventilation and/or choice of capacitor shall be such that the Table I limits are maintained. The cooling-air temperature in such an installation shall not exceed the temperature limits of Table I by more than 5 °C .

Any combination of minimum and maximum values can be chosen for the standard temperature category of a capacitor, e.g. $-40/A$ or $-5/C$.

Les catégories normalisées préférentielles sont les suivantes:

–40/A, –25/A, –5/A et –5/C.

4.2 Conditions de service inhabituelles

Sauf accord contraire passé entre constructeur et acheteur, la présente norme ne s'applique pas aux condensateurs dont les conditions de service, prises en général, ne sont pas compatibles avec les prescriptions de cette norme.

SECTION DEUX – PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS

5. Prescriptions relatives aux essais

5.1 Généralités

La présente section indique les prescriptions relatives aux essais des condensateurs unitaires et, lorsque cela est précisé, des éléments des condensateurs.

Les supports isolants, les commutateurs, les transformateurs de mesure, les coupe-circuit à fusibles externes, etc., doivent suivre les dispositions des normes correspondantes de la CEI.

5.2 Conditions d'essais

Sauf spécification contraire pour une mesure ou un essai particuliers, la température du diélectrique du condensateur, au début de l'essai, doit être comprise entre +5 °C et +35 °C.

On peut admettre que la température du diélectrique est celle de l'air ambiant, pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à température ambiante constante pendant une durée suffisante. Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une correction, la température de référence doit être de +20 °C, sauf accord contraire entre constructeur et acheteur.

Les essais et les mesures en courant alternatif doivent être effectués à la fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, sans tenir compte de la fréquence assignée du condensateur, sauf spécification contraire.

Les condensateurs ayant une fréquence assignée inférieure à 50 Hz doivent être essayés et mesurés à 50 Hz ou 60 Hz, sauf spécification contraire.

6. Classification des essais

Les essais sont classés comme suit:

6.1 Essais individuels

- a) Mesure de la capacité et calcul de la puissance (article 7).
- b) Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur (article 8).
- c) Essai de tenue en tension entre bornes (paragraphe 9.1).
- d) Essai diélectrique entre bornes et cuve (paragraphe 10.1).
- e) Essai du dispositif interne de décharge (article 11).
- f) Essai d'étanchéité (article 12).

Les essais individuels sont exécutés par le constructeur sur chaque condensateur avant livraison. Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essais doit lui être remis.

L'ordre dans lequel les essais sont effectués n'est pas obligatoirement celui qui est indiqué ci-dessus.

Preferred standard temperature categories are:

–40/A, –25/A, –5/A and –5/C.

4.2 *Unusual service conditions*

Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, this standard does not apply to capacitors, the service conditions of which, in general, are incompatible with the requirements of the present standard.

SECTION TWO — QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

5. Test requirements

5.1 *General*

This section gives the test requirements for capacitor units and, when specified, for capacitor elements.

Supporting insulators, switches, instrument transformers, external fuses, etc., shall be in accordance with relevant IEC standards.

5.2 *Test conditions*

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric at the start of the test shall be in the range +5 °C to +35 °C.

It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state at constant ambient temperature for an adequate period. When a correction has to be applied, the reference temperature to be used is +20 °C, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

The a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency of 50 Hz or 60 Hz, independent of the rated frequency of the capacitor, unless otherwise specified.

Capacitors having a rated frequency below 50 Hz shall be tested and measured at 50 Hz or 60 Hz, unless otherwise specified.

6. Classification of tests

The tests are classified as:

6.1 *Routine tests*

- a) Capacitance measurement and output calculation (Clause 7).
- b) Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor (Clause 8).
- c) Voltage test between terminals (Sub-clause 9.1).
- d) Voltage test between terminals and container (Sub-clause 10.1).
- e) Test of the internal discharge device (Clause 11).
- f) Sealing test (Clause 12).

Routine tests shall have been carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. If the purchaser so requests, he shall be supplied with a certificate detailing the results of such tests.

In general, the indicated sequence of the tests is not mandatory.

6.2 Essais de type

- a) Essai de stabilité thermique (article 13).
- b) Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur à température élevée (article 14).
- c) Essai de tenue en tension entre bornes (paragraphe 9.2).
- d) Essai diélectrique entre bornes et cuve (paragraphe 10.2).
- e) Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve (article 15).
- f) Essai de décharge (article 16).
- g) Essai de vieillissement (article 17).
- h) Essai d'autorégénération (article 18). Pas applicable.
- i) Essai de destruction (article 19).

Les essais de type sont effectués afin de prouver que la conception, les dimensions, les matériaux et la construction sont tels que le condensateur satisfait aux caractéristiques spécifiées et aux conditions de fonctionnement précisées par la présente norme.

Sauf spécification contraire, chaque condensateur sur lequel sont effectués les essais de type doit d'abord avoir supporté de façon satisfaisante tous les essais individuels.

Les essais de type doivent être exécutés par le constructeur et un certificat donnant le détail des résultats des essais doit être remis à l'acheteur sur sa demande.

Un résultat satisfaisant pour chaque essai de type qualifie les unités ayant la même tension assignée et de puissance assignée inférieure, à condition que ces unités ne présentent aucune différence susceptible d'affecter les propriétés contrôlées par ces essais. Il n'est pas indispensable que tous les essais de type soient effectués sur le même condensateur.

6.3 Essais d'acceptation

Les essais individuels et/ou de type, ou certains d'entre eux, peuvent être renouvelés par le constructeur selon les dispositions éventuelles du contrat et par accord avec l'acheteur.

Les essais, le nombre de condensateurs prélevés et les critères d'acceptation doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur, et mention doit en être faite dans le contrat.

7. Mesure de la capacité et calcul de la puissance

7.1 Modalités de mesure

La capacité doit être mesurée à la tension et à la fréquence choisies par le constructeur. La méthode utilisée doit permettre d'éviter les erreurs dues à des harmoniques et aux accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que les bobines d'inductance et circuits de blocage dans le circuit de mesure. La précision de la méthode utilisée ainsi que la corrélation avec les valeurs mesurées à la tension et à la fréquence assignées doivent être indiquées.

La mesure de la capacité doit être effectuée après l'essai de tenue en tension entre bornes (paragraphe 9.1).

Une mesure à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée et à une fréquence comprise entre 0,8 et 1,2 fois la fréquence assignée doit être effectuée sur le condensateur avant l'essai de stabilité thermique (article 13) et l'essai de vieillissement (article 17), et peut être effectuée sur d'autres condensateurs sur demande expresse de l'acheteur, en accord avec le constructeur.

7.2 Tolérances sur la capacité

La capacité ne doit pas s'écarter de la capacité assignée de plus de:

- 5% à +15% pour les condensateurs unitaires et les batteries jusqu'à 100 kvar;
- 0 à +10% pour les condensateurs unitaires et les batteries au-dessus de 100 kvar.

6.2 Type tests

- a) Thermal stability test (Clause 13).
- b) Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor at elevated temperature (Clause 14).
- c) Voltage test between terminals (Sub-clause 9.2).
- d) Voltage test between terminals and container (Clause 10.2).
- e) Lightning impulse voltage test between terminals and container (Clause 15).
- f) Discharge test (Clause 16).
- g) Ageing test (Clause 17).
- h) Self-healing test (Clause 18) (not applicable).
- i) Destruction test (Clause 19).

Type tests are carried out in order to ascertain that, as regards design, size, materials and construction, the capacitor complies with the specified characteristics and operation requirements detailed in this standard.

Unless otherwise specified, every capacitor sample to which it is intended to apply the type tests shall first have withstood satisfactorily the application of all the routine tests.

The type tests shall have been carried out by the manufacturer, and the purchaser shall, on request, be supplied with a certificate detailing the results of such tests.

The successful completion of each type test is also valid for units having the same rated voltage and lower output, provided that they do not differ in any way that may influence the properties to be checked by the test. It is not essential that all type tests be carried out on the same capacitor sample.

6.3 Acceptance tests

The routine and/or type tests, or some of them, may be repeated by the manufacturer in connection with any contract by agreement with the purchaser.

The kind of tests, the number of samples that may be subjected to such repeated tests and the acceptance criteria shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser, and shall be stated in the contract.

7. Capacitance measurement and output calculation

7.1 Measuring procedure

The capacitance shall be measured at the voltage and frequency chosen by the manufacturer. The method used shall not include errors due to harmonics or to accessories external to the capacitor to be measured, such as reactors and blocking circuits in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method and the correlation with the values measured at rated voltage and frequency shall be given.

The capacitance measurement shall be carried out after the voltage test between terminals (Clause 9.1).

Measurement at a voltage between 0.9 and 1.1 times the rated voltage and at a frequency between 0.8 and 1.2 times the rated frequency shall be performed on the capacitor used for the thermal stability test (Clause 13) and the ageing test (Clause 17) before these tests, and may be performed on other capacitors at the request of the purchaser, in agreement with the manufacturer.

7.2 Capacitance tolerances

The capacitance shall not differ from the rated capacitance by more than:

- 5% to +15% for units and banks up to 100 kvar;
- 0 to +10% for units and banks above 100 kvar.

La valeur de la capacité est mesurée dans les conditions spécifiées au paragraphe 7.1.

Dans les unités triphasées, le rapport entre les valeurs maximale et minimale des capacités, mesurées entre deux bornes de ligne quelconques, ne doit pas dépasser 1,08.

Note. — Une formule pour le calcul de la puissance d'un condensateur triphasé à partir des mesures des capacités monophasées est donnée dans l'annexe A.

8. Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur

8.1 Modalités de mesure

Les pertes du condensateur (ou $\tan \delta$) doivent être mesurées à la tension et à la fréquence choisies par le constructeur. La méthode utilisée doit permettre d'éviter les erreurs dues à des harmoniques et à des accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que les bobines d'inductance et circuits de blocage dans le circuit de mesure. La précision de la méthode utilisée ainsi que la corrélation avec les valeurs mesurées à la tension et à la fréquence assignées doivent être indiquées.

La mesure des pertes du condensateur doit être effectuée après l'essai de tenue en tension entre bornes (paragraphe 9.1).

Une mesure à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée et à une fréquence comprise entre 0,8 et 1,2 fois la fréquence assignée doit être effectuée sur le condensateur avant l'essai de stabilité thermique (article 13) et peut être effectuée sur d'autres condensateurs sur demande expresse de l'acheteur, en accord avec le constructeur.

Notes 1. — Lorsque l'on essaie un grand nombre de condensateurs, une mesure de $\tan \delta$ sur un prélèvement est acceptable. Il convient que la quantité prélevée fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

2. — La valeur de $\tan \delta$ pour certains types de diélectriques est fonction de la durée de la mise sous tension avant la mesure. Dans ce cas, la tension d'essai et la durée de la mise sous tension préalable feront l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

8.2 Prescriptions concernant les pertes

La valeur de $\tan \delta$, mesurée conformément au paragraphe 8.1, ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par le constructeur, ou la valeur fixée par accord entre constructeur et acheteur, pour la température et la tension de l'essai.

9. Essai de tenue en tension entre bornes

9.1 Essai individuel

Chaque condensateur doit être soumis à l'essai des points *a)* ou *b)* pendant 10 s. S'il n'y a pas eu d'accord préalable, le choix est laissé au constructeur. Pendant l'essai, aucune perforation ni aucun contournement ne doivent avoir lieu.

a) Un essai à courant alternatif, la tension étant:

$$U_t = 2,15 U_N$$

L'essai à courant alternatif doit être exécuté avec une tension pratiquement sinusoïdale.

b) Un essai à courant continu, la tension étant:

$$U_t = 4,3 U_N$$

Notes 1. — Pour les condensateurs polyphasés, il y a lieu d'adapter convenablement les tensions d'essai.

2. — Le fonctionnement de coupe-circuit internes est autorisé, à condition que les tolérances sur la capacité soient encore respectées et que deux coupe-circuit au maximum aient fonctionné par unité.

9.2 Essai de type

Déjà exécuté lors de l'essai individuel conformément au paragraphe 9.1. Se référer également au troisième alinéa du paragraphe 6.2.

The capacitance value is that measured under the conditions of Sub-clause 7.1.

In three-phase units, the ratio of maximum to minimum value of the capacitance measured between any two line terminals shall not exceed 1.08.

Note. — A formula for calculation of the output of a three-phase capacitor from single-phase capacitance measurement is given in Appendix A.

8. Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor

8.1 Measuring procedure

The capacitor losses (or $\tan \delta$) shall be measured at the voltage and at the frequency chosen by the manufacturer. The method used shall not include errors due to harmonics or to accessories external to the capacitor to be measured, such as reactors and blocking circuits in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method and the correlation with the values measured at rated voltage and frequency shall be given.

The measurement of the capacitor losses shall be carried out after the voltage test between terminals (Clause 9.1).

Measurement at a voltage between 0.9 and 1.1 times rated voltage and at a frequency between 0.8 and 1.2 times the rated frequency shall be performed on the capacitor used for the thermal stability test (Clause 13) before this test, and may be performed on other capacitors at the request of the purchaser, in agreement with the manufacturer.

Notes 1. — When testing a large number of capacitors, statistical sampling may be used for measuring $\tan \delta$. The statistical sampling plan should be by agreement between manufacturer and purchaser.

2. — The $\tan \delta$ value of certain types of dielectric is a function of the energization time before the measurement. Test voltage and energization time should be by agreement between manufacturer and purchaser.

8.2 Loss requirements

The value of $\tan \delta$ measured in accordance with Sub-clause 8.1 shall not exceed the value declared by the manufacturer for the temperature and voltage of the test, or the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

9. Voltage test between terminals

9.1 Routine test

Every capacitor shall be subjected for 10 s to either the test in Item *a*) or the test in Item *b*). If no prior agreement is reached, the choice is left to the manufacturer. During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

a) An a.c. test, the test voltage being:

$$U_t = 2.15 U_N$$

The a.c. test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage.

b) A d.c. test, the test voltage being:

$$U_t = 4.3 U_N$$

Notes 1. — For polyphase capacitors, the test voltages should be adjusted as appropriate.

2. — Operation of internal element fuse(s) is permitted, provided the capacitance tolerances are still met and that not more than two fuses have operated per unit.

9.2 Type test

Already performed during the routine test according to Sub-clause 9.1. Refer also to the third paragraph of Sub-clause 6.2.

10. Essais diélectriques entre bornes et cuve

10.1 Essai individuel

Les condensateurs unitaires dont toutes les bornes sont isolées de la cuve doivent être soumis à une tension à fréquence industrielle appliquée entre les bornes (raccordées entre elles) et la cuve, de 3 kV pendant 10 s ou de 3,6 kV pendant un temps minimal de 2 s.

Au cours de l'essai, aucune perforation ni aucun contournement ne doivent avoir lieu.

Cet essai doit être effectué même si, en service, l'une des bornes est destinée à être raccordée à la cuve.

Les unités triphasées dont les capacités de phase sont indépendantes peuvent être essayées par rapport à la cuve en raccordant toutes les bornes entre elles. Les unités ayant une borne raccordée en permanence à la cuve ne sont pas soumises à cet essai.

Lorsque la cuve du condensateur est constituée d'un matériau isolant, cet essai est supprimé.

Si un condensateur a des phases ou sections indépendantes, il convient d'effectuer un essai d'isolement entre ces phases ou sections à la même tension que celle prévue pour l'essai entre bornes et cuve.

10.2 Essai de type

Les unités dont toutes les bornes sont isolées de la cuve doivent être soumises à l'essai du paragraphe 10.1 avec une tension de 3 kV pendant 1 min.

Pour l'essai des unités dont l'une des bornes est raccordée en permanence à la cuve, l'essai doit être limité à la traversée ou aux traversées et à la cuve (sans éléments).

Si la cuve du condensateur est constituée d'un matériau isolant, la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et une feuille métallique entourant étroitement la surface de la cuve.

L'essai doit être effectué à sec pour les unités destinées à être utilisées à l'intérieur, et sous pluie artificielle (voir Publication 60 de la CEI) pour les unités destinées à être utilisées à l'extérieur.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni perforation ni contournement.

Note. — Les unités pour installations à l'extérieur peuvent être soumises à un essai à sec seulement. Dans ce cas, il convient que le constructeur fournisse un rapport séparé d'essai de type montrant que les traversées satisfont à l'essai sous pluie.

11. Essai du dispositif interne de décharge

La résistance du dispositif interne de décharge, si elle existe, doit être vérifiée soit par une mesure de résistance, soit par une mesure du temps de décharge (article 22). Le choix de la méthode est laissé au constructeur. L'essai doit être effectué après les essais de tension décrits au paragraphe 9.1.

12. Essai d'étanchéité

Le condensateur unitaire hors tension doit être chauffé entièrement afin que toutes ses parties atteignent une température uniforme, supérieure d'au moins 20 °C à la valeur maximale de la catégorie de température du condensateur (tableau I), température qui doit être maintenue au moins pendant 2 h.

Aucune fuite ne doit apparaître.

Il est recommandé d'utiliser un indicateur approprié.

Note. — Si le condensateur ne contient pas de matériaux liquides à la température d'essai, cet essai peut être omis en tant qu'essai individuel.

10. Voltage tests between terminals and container

10.1 Routine test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected to an a.c. voltage applied between the terminals (joined together) and the container of 3 kV for 10 s or 3.6 kV for a minimum of 2 s.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

The test shall be performed, even if, in service, one of the terminals is intended to be connected to the container.

Three-phase units having separate phase capacitances can be tested with respect to the container with all the terminals joined together. Units having one terminal permanently connected to the container shall not be subjected to this test.

When the unit container consists of insulating material, this test shall be omitted.

If a capacitor has separate phases or sections, a test of the insulation between phases or sections should be made at the same voltage value as for the terminals to container test.

10.2 Type test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected to a test according to Sub-clause 10.1 with a voltage of 3 kV for a duration of 1 min.

The test on units having one terminal permanently connected to the container shall be limited to the bushing(s) and container (without elements).

If the capacitor container is of insulating material, the test voltage shall be applied between the terminals and a metal foil wrapped closely round the surface of the container.

The test shall be carried out under dry conditions for indoor units and with artificial rain (see IEC Publication 60) for units to be used outdoors.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

Note. — Units intended for outdoor installation may be subjected to a dry test only. The manufacturer shall, in such a case, supply a separate type test report showing that the bushing will withstand the wet test voltage.

11. Test of internal discharge device

The resistance of the internal discharge device, if any, shall be checked either by a resistance measurement or by measuring the discharging rate (Clause 22). The choice of method is left to the manufacturer. The test shall be made after the voltage test of Sub-clause 9.1.

12. Sealing test

Unenergized capacitor units shall be heated throughout so that all parts reach a temperature not lower than 20 °C above the maximum value in Table I corresponding to the capacitor symbol and shall be maintained at this temperature for 2 h.

No leakage shall occur.

It is recommended that a suitable indicator be used.

Note. — If the capacitor contains no liquid materials at the test temperature, the test may be omitted as a routine test.

13. **Essai de stabilité thermique**

Le condensateur unitaire soumis à l'essai doit être placé entre deux autres unités ayant les mêmes valeurs assignées et soumises à la même tension que le condensateur à essayer. En variante, deux condensateurs fictifs contenant chacun des résistances peuvent être utilisés. La dissipation des résistances doit être déterminée de manière telle que les températures des boîtiers des condensateurs fictifs, près des faces supérieures opposées, soient égales ou supérieures à celles du condensateur soumis à l'essai. La séparation entre les unités est égale ou inférieure à l'écartement normal.

L'ensemble doit être placé en air calme et dans une enceinte chauffée, dans la position la plus défavorable au point de vue thermique d'après les instructions du constructeur pour le montage sur le site. La température de l'air ambiant doit être maintenue à la température appropriée indiquée au tableau II. Cette température est contrôlée au moyen d'un thermomètre dont la constante thermique de temps est voisine de 1 h.

Il convient que le thermomètre de contrôle de l'air ambiant soit protégé de façon à ne recevoir que le minimum possible de radiations thermiques des trois échantillons chargés.

TABLEAU II

Symbole	Température de l'air ambiant (°C)
A	40
B	45
C	50
D	55
Tolérance sur la température: ± 2 °C	

Dès que toutes les parties du condensateur ont atteint la température de l'air ambiant, le condensateur doit être soumis, pendant une durée d'au moins 48 h, à une tension alternative de forme pratiquement sinusoïdale qui doit demeurer constante pendant toute la durée de l'essai. Sa valeur est calculée en partant de la capacité mesurée (paragraphe 7.1) pour donner une puissance calculée du condensateur égale à 1,44 fois sa puissance assignée.

Pendant les six dernières heures de l'essai, on doit mesurer au moins quatre fois la température de la partie supérieure de la cuve. Pendant cette période de 6 h, l'échauffement ne doit pas dépasser 1 °C. Si une variation plus grande est observée, l'essai peut être poursuivi jusqu'à ce que les prescriptions ci-dessus soient respectées pendant quatre mesures successives sur une période de 6 h.

A la fin de l'essai de stabilité thermique, on relève la différence entre la température mesurée du boîtier et la température de l'air de refroidissement.

Avant et après l'exécution de l'essai, la capacité doit être mesurée (paragraphe 7.1) dans la gamme des températures d'essai normalisées (paragraphe 5.2) et les résultats de ces deux mesures doivent être corrigés afin d'être ramenés à une même température du diélectrique. Ces mesures ne doivent faire apparaître aucune variation de capacité supérieure à 2%.

Une mesure de la tangente de l'angle de pertes doit être effectuée avant et après l'essai de stabilité thermique à une température de 20 °C environ.

La valeur obtenue à la deuxième mesure de la tangente de l'angle de pertes ne doit pas être supérieure à celle de la première mesure de plus de 2×10^{-4} .

Dans l'interprétation des résultats de mesure, on doit tenir compte de deux facteurs:

- la reproductibilité de la mesure;

13. Thermal stability test

The capacitor unit subjected to the test shall be placed between two other units of the same rating which shall be energized at the same voltage as the test capacitor. Alternatively, two dummy capacitors each containing resistors may be used. The dissipation in the resistors shall be adjusted to a value such that the case temperature of the dummy capacitors near the top opposing faces are equal to or greater than those of the test capacitor. The separation between the units shall be equal to, or less than, the normal spacing.

The assembly shall be placed in still air in a heated enclosure in the most unfavourable thermal position according to the manufacturer's instructions for mounting on site. The ambient air temperature shall be maintained at the appropriate temperature shown in Table II. It shall be checked by means of a thermometer having a thermal time constant of approximately 1 h.

The ambient air thermometer should be shielded so that it is subjected to the minimum possible thermal radiation from the three energized samples.

TABLE II

Symbol	Ambient air temperature (°C)
A	40
B	45
C	50
D	55
Temperature tolerance: ± 2 °C	

As soon as all parts of the capacitor have attained the temperature of the ambient air, the capacitor shall be subjected for a period of at least 48 h to an a.c. voltage of substantially sinusoidal form. The magnitude of the voltage shall be kept constant throughout the test. Its value is computed from the measured capacitance (Sub-clause 7.1) to give a calculated output of the capacitor equal to 1.44 times its rated output.

During the last 6 h of the test, the temperature of the container near the top shall be measured at least four times. Throughout this period of 6 h, the temperature rise shall not increase by more than 1 °C. Should a greater change be observed, the test may be continued until the above requirement is satisfied for four consecutive measurements during a 6 h period.

At the end of the thermal stability test, the difference between the measured temperature of the case and the cooling air temperature shall be recorded.

Before and after the test the capacitance shall be measured (Sub-clause 7.1) within the standard temperature range for testing (Sub-clause 5.2) and the two measurements shall be corrected to the same dielectric temperature. No change of capacitance greater than 2% shall be apparent from these measurements.

A measurement of the tangent of the loss angle shall be made before and after the thermal stability test, at a temperature of approximately 20 °C.

The value of the second measurement of the tangent of the loss angle shall be not greater than that of the first by more than 2×10^{-4} .

When interpreting the results of the measurements, two factors shall be taken into account:

- the reproducibility of the measurements;

- le fait qu'un changement interne du diélectrique peut causer une faible variation de la capacité sans qu'un élément du condensateur ait été perforé ou qu'un court-circuit interne ait fonctionné.

Notes 1. — Lorsqu'on s'assure que les conditions de température ou de pertes du condensateur sont remplies, il convient de tenir compte des fluctuations de la tension, de la fréquence et de la température de l'air de refroidissement au cours de l'essai. A ces fins, il est conseillé de tracer la courbe de variation en fonction du temps de ces paramètres ainsi que de la tangente de l'angle de pertes à l'échauffement.

2. — Les condensateurs unitaires destinés aux installations à 60 Hz peuvent être essayés à 50 Hz et ceux qui sont destinés aux installations à 50 Hz peuvent être essayés à 60 Hz, pourvu que la puissance spécifiée soit appliquée. Pour les unités à utiliser au-dessous de 50 Hz, il est recommandé que les conditions d'essai fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.
3. — Pour les unités polyphasées, deux possibilités sont admises :
 - l'emploi d'une source triphasée,
 - une modification des connexions internes de façon à obtenir une seule phase donnant la même puissance de sortie.

14. Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur à température élevée

14.1 Modalités de mesure

Les pertes ($\tan \delta$) du condensateur doivent être mesurées à la fin de l'essai de stabilité thermique (article 13). La tension de mesure doit être celle de l'essai de stabilité thermique.

14.2 Prescriptions

La valeur de $\tan \delta$ mesurée conformément au paragraphe 14.1 ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par le constructeur ou la valeur fixée par accord entre constructeur et acheteur pour la température et la tension de l'essai.

15. Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve

Seules les unités dont toutes les bornes sont isolées de la cuve et dont l'installation est prévue à l'extérieur doivent être soumises à cet essai.

Sauf accord contraire entre constructeur et acheteur, cet essai doit être effectué pour une onde de tension de (1,2 à 5)/50 μ s dont la valeur de crête est égale à 15 kV. Trois chocs de polarité positive suivis de trois chocs de polarité négative doivent être appliqués entre bornes reliées entre elles et la cuve.

Après le changement de polarité, il est admis d'appliquer quelques chocs de valeur de crête réduite avant l'application de la tension d'essai au choc de foudre.

L'absence de défaut pendant l'essai doit être vérifiée à l'aide de l'oscilloscope cathodique qui est utilisé pour enregistrer la tension et pour vérifier la forme d'onde.

Si la cuve du condensateur est constituée d'un matériau isolant, la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et une feuille métallique entourant étroitement la surface de la cuve.

Note. — La modification des formes d'onde entre différents chocs peut indiquer la présence de décharges partielles dans l'isolement par rapport à la cuve.

16. Essai de décharge

L'unité doit être chargée en courant continu, puis déchargée à travers un éclateur situé aussi près que possible du condensateur. Elle doit être soumise à cinq décharges de ce type en 10 min.

La tension d'essai doit être de $2 U_N$.

Dans les 5 min qui suivent cet essai, l'unité doit être soumise à un essai de tenue en tension entre bornes (paragraphe 9.1).

- the fact that internal change in the dielectric may cause a small change in capacitance, without puncture of any element of the capacitor or blowing of an internal fuse having occurred.

Notes 1. — When checking whether the capacitor losses or temperature conditions are satisfied, fluctuations of voltage, frequency and cooling-air temperature during the test should be taken into account. For this reason, it is advisable to plot these parameters and the tangent of the loss angle at the temperature rise as a function of time.

2. — Units intended for 60 Hz installation may be tested at 50 Hz and units intended for 50 Hz may be tested at 60 Hz provided that the specified output is applied. For units rated below 50 Hz, the test conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser.
3. — For polyphase units, two possibilities are allowed:
 - use of a three-phase source;
 - modification of the internal connections in order to have only one phase with the same output.

14. Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor at elevated temperature

14.1 Measuring procedure

The capacitor losses ($\tan \delta$) shall be measured at the end of the thermal stability test (Clause 13). The measuring voltage shall be that of the thermal stability test.

14.2 Requirements

The value of $\tan \delta$ measured in accordance with Sub-clause 14.1 shall not exceed the value declared by the manufacturer for the temperature and voltage of the test, or the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

15. Lightning impulse voltage test between terminals and container

Only units having all terminals insulated from the container and intended for exposed installations shall be subjected to this test.

Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, the impulse test shall be performed with a wave of (1.2 to 5)/50 μs having a crest value of 15 kV; three impulses of positive polarity, followed by three impulses of negative polarity, shall be applied between terminals joined together and the container.

After the change of polarity, it is permissible to apply some impulses of lower amplitude before the application of the test impulses.

The absence of failure during the test shall be verified by a cathode ray oscillograph, which is used to record the voltage and to check the waveform.

If the capacitor container is of insulating material, the test voltage shall be applied between the terminals and a metal foil wrapped closely round the surface of the container.

Note. — Partial discharge in the insulation to the container may be indicated by the modification of the waveforms between the different impulses.

16. Discharge test

The units shall be charged by means of d.c. and then discharged through a gap situated as close as possible to the capacitor. They shall be subjected to five such discharges within 10 min.

The test voltage shall be equal to $2 U_N$.

Within 5 min after this test, the unit shall be subjected to a voltage test between terminals (Sub-clause 9.1).

La capacité doit être mesurée avant l'essai de décharge et après l'essai de tension. Les résultats de ces mesures ne doivent pas faire apparaître une variation pouvant indiquer qu'un élément a été perforé ou déconnecté par un coupe-circuit à fusibles interne ou une variation supérieure à 2%.

Pour les condensateurs polyphasés, l'essai doit être effectué de la façon suivante:

- Dans le cas d'un montage triphasé triangle, deux bornes sont mises en court-circuit. L'essai est réalisé entre ces dernières et la troisième borne, la tension d'essai étant de $2 U_N$.
- Dans le cas d'un montage triphasé étoile, l'essai est réalisé entre deux bornes quelconques, la troisième n'étant pas raccordée. La tension d'essai doit être de $\frac{4 U_N}{3}$ (pour obtenir les mêmes tensions aux bornes des éléments).

Si le premier courant de pointe excède la valeur efficace de $200 I_N$, il peut être ramené à cette valeur à l'aide d'une inductance externe.

17. Essai de vieillissement

Les conditions requises pour cet essai sont indiquées dans la Publication 931-2 de la CEI.

18. Essai d'autorégénération

Pas applicable.

19. Essai de destruction

Les conditions requises pour cet essai sont indiquées dans la future Publication 931-2 de la CEI (à l'étude).

SECTION TROIS. — SURCHARGES

20. Tension maximale admissible

20.1 Tensions de longue durée

Les condensateurs unitaires doivent être aptes, en service, à supporter des niveaux de tension conformes au tableau III (voir articles 29 et 32).

TABEAU III

Type	Facteur de tension $\times U_N$ (eff.)	Durée maximale	Remarques
Fréquence industrielle	1,00	Continue	Valeur moyenne la plus élevée pendant n'importe quelle période de mise sous tension du condensateur. Pour les périodes de mise sous tension inférieures à 24 h, des exceptions sont applicables selon les valeurs données ci-dessous (article 29)
Fréquence industrielle	1,10	8 h par 24 h	Régulation et fluctuation de la tension du réseau
Fréquence industrielle	1,15	30 min par 24 h	Régulation et fluctuation de la tension du réseau
Fréquence industrielle	1,20	5 min	Augmentation de la tension en période de faible charge (article 29)
Fréquence industrielle	1,30	1 min	
Fréquence industrielle plus harmoniques	Valeur telle que le courant ne dépasse pas la valeur donnée dans l'article 21 (voir articles 33 et 34)		

The capacitance shall be measured before the discharge test and after the voltage test. The measurements shall not differ by an amount corresponding either to breakdown of an element or to blowing of an internal fuse or by more than 2%.

For polyphase units, the test shall be carried out in the following manner:

- In the case of units with three-phase delta connection, two terminals shall be short-circuited and the test carried out between the third terminal and the short-circuited terminals at $2 U_N$.
- In the case of units with three-phase star connection, the test shall be carried out between two terminals with the third terminal left unconnected. The test voltage shall be $\frac{4 U_N}{3}$ to achieve the same test voltage across the elements.

If the first peak of the test current exceeds the value of $200 I_N$ (r.m.s.), it may be kept at this limit by means of an external coil.

17. Ageing test

The requirements for this test are given in IEC Publication 931-2.

18. Self-healing test

Not applicable.

19. Destruction test

The requirements for this test are given in the future IEC Publication 931-2 (under consideration).

SECTION THREE – OVERLOADS

20. Maximum permissible voltage

20.1 Long-duration voltages

Capacitor units shall be suitable for operation at voltage levels according to Table III (see Clauses 29 and 32).

TABLE III

Type	Voltage factor $\times U_N$ (r.m.s.)	Maximum duration	Observation
Power frequency	1.00	Continuous	Highest average value during any period of capacitor energization. For energization periods less than 24 h, exceptions apply as indicated below (Clause 29)
Power frequency	1.10	8 h in every 24 h	System voltage regulation and fluctuations
Power frequency	1.15	30 min in every 24 h	System voltage regulation and fluctuations
Power frequency	1.20	5 min	Voltage rise at light load (Clause 29)
Power frequency	1.30	1 min	
Power frequency plus harmonics	Such that the current does not exceed the value given in Clause 21 (see Clauses 33 and 34)		

L'amplitude des surtensions qui peuvent être admises sans entraîner de détérioration significative du condensateur dépend de la durée de ces surtensions, du nombre d'applications et de la température du condensateur (article 29). On estime que les surtensions indiquées au tableau III et ayant une valeur supérieure à $1,15 U_N$ peuvent se produire environ 200 fois dans la vie du condensateur.

20.2 Tensions de manœuvre

La commutation d'une batterie de condensateurs par un disjoncteur sans réamorçages provoque normalement une surtension transitoire dont la première crête ne dépasse pas $2\sqrt{2}$ fois la tension appliquée (en valeur efficace) pendant une durée maximale d'un demi-cycle.

Sans réduction de la durée de vie des condensateurs, on peut admettre environ 5 000 manœuvres par an dans ces conditions, compte tenu qu'un certain nombre d'entre elles peuvent se produire quand la température interne des condensateurs est inférieure à 0°C , mais à l'intérieur de la catégorie de températures (la surintensité transitoire du courant correspondant peut atteindre en crête 100 fois la valeur de I_N (article 33)).

Dans le cas de condensateurs manœuvrés plus fréquemment, l'amplitude de la surtension, sa durée et l'amplitude du courant transitoire doivent être d'un niveau plus faible (article 34).

Ces limitations et/ou ces réductions doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

21. Courant maximal admissible

Les condensateurs unitaires doivent être aptes à un service permanent avec un courant de ligne de valeur efficace égale à 1,30 fois le courant à la tension sinusoïdale assignée et à la fréquence assignée, exception faite des régimes transitoires. Compte tenu de la tolérance de $1,15 C_N$ sur la capacité, le courant maximal peut atteindre au plus $1,5 I_N$.

Ces coefficients de surintensité ont été choisis pour tenir compte des effets combinés de la présence d'harmoniques, de surtensions et de tolérance sur la capacité, conformément au paragraphe 20.1.

SECTION QUATRE — RÈGLES DE SÉCURITÉ

22. Dispositif de décharge

Chaque condensateur unitaire ou chaque batterie doit avoir un dispositif permettant la décharge de chaque unité au plus égale à 75 V en 3 min à partir d'une tension de crête initiale égale à $\sqrt{2}$ fois sa tension assignée U_N .

Il ne doit y avoir aucun interrupteur, coupe-circuit à fusibles ou autre dispositif de sectionnement entre le condensateur unitaire et le dispositif de décharge.

L'utilisation d'un dispositif de décharge ne dispense pas de mettre les bornes en court-circuit et à la terre avant toute manipulation.

Notes 1. — Un condensateur directement relié à un autre appareil électrique qui assure sa décharge est considéré comme convenablement déchargé si les caractéristiques du circuit permettent d'assurer la décharge du condensateur dans le temps spécifié ci-dessus.

2. — Il y a lieu de souligner tout particulièrement que des temps de décharge et des tensions de valeur plus réduite sont requis dans certains pays. Dans ce cas, l'acheteur devra en informer le constructeur.
3. — Les circuits de décharge devront avoir la capacité de débit suffisante pour décharger le condensateur à partir de la surtension de crête de $1,3 U_N$ prévue à l'article 20.
4. — Pour calculer la résistance de décharge, une formule est donnée dans l'annexe A.

The amplitude of the overvoltages that may be tolerated without significant deterioration of the capacitor depends on their duration, the number of applications, and the capacitor temperature (Clause 29). It is assumed that the overvoltages given in Table III and having a value higher than $1.15 U_N$ occur about 200 times in the life of the capacitor.

20.2 Switching voltages

The switching of a capacitor bank by a restrike-free circuit-breaker usually causes a transient overvoltage, the first peak of which does not exceed $2\sqrt{2}$ times the applied voltage (r.m.s. value) for a maximum duration of 1/2 cycle.

About 5 000 switching operations per year are acceptable under these conditions, taking into account the fact that some of them may take place when the internal temperature of the capacitors is less than 0 °C but within the temperature category (the corresponding transient overcurrent may at a peak reach 100 times the value I_N (Clause 33)).

In the case of capacitors that are switched more frequently, the values of the overvoltage amplitude and duration and the transient overcurrent shall be limited to lower levels (see also Clause 34).

These limitations and/or reductions shall be agreed between manufacturer and purchaser.

21. Maximum permissible current

Capacitor units shall be suitable for continuous operation at an r.m.s. line current of 1.30 times the current that occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency, excluding transients. Taking into account the capacitance tolerances of $1.15 C_N$, the maximum current can reach $1.5 I_N$.

These overcurrent factors are intended to take care of the combined effects of harmonics, overvoltages and capacitance tolerance according to Sub-clause 20.1.

SECTION FOUR – SAFETY REQUIREMENTS

22. Discharge device

Each capacitor unit or bank shall be provided with means for discharging each unit in 3 min to 75 V or less, from an initial peak voltage of $\sqrt{2}$ times rated voltage U_N .

There shall be no switch, fuse cut-out, or any other isolating device between the capacitor unit and this discharge device.

A discharge device is not a substitute for short-circuiting the capacitor terminals together and to earth before handling.

Notes 1. – A capacitor connected directly to other electrical equipment providing a discharge path shall be considered properly discharged, provided that the circuit characteristics are such as to ensure the discharge of the capacitor within the time specified above.

2. – Attention is drawn to the fact that, in some countries, smaller discharge time and voltages are required. In this event, the purchaser shall inform the manufacturer.
3. – Discharge circuits should have adequate current-carrying capacity to discharge the capacitor from the peak of the $1.3 U_N$ overvoltage according to Clause 20.
4. – A formula for the calculation of the discharge resistance is given in Appendix A.

5. — En tenant compte du fait que les tensions résiduelles à la mise sous tension ne devront pas dépasser 10% de la tension assignée (paragraphe 4.1), des résistances de décharge avec une valeur de résistance plus faible ou un dispositif complémentaire de décharge à introduire dans le circuit peuvent être nécessaires dans le cas de condensateurs contrôlés automatiquement.

23. Connexions de masse

Pour pouvoir fixer le potentiel de l'enveloppe métallique du condensateur et pour évacuer le courant de défaut en cas de claquage du condensateur à la cuve, celle-ci doit comporter un moyen de connexion capable d'évacuer le courant de défaut.

24. Protection de l'environnement

Lorsque les condensateurs sont imprégnés de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement, les précautions nécessaires doivent être prises à cet effet. Certains pays ont une législation à ce sujet (paragraphe 26.3).

25. Autres règles de sécurité

L'acheteur doit spécifier dès l'appel d'offres toute prescription spéciale résultant des règles de sécurité en vigueur dans le pays où le condensateur doit être installé.

SECTION CINQ — MARQUAGES

26. Marquage du condensateur

26.1 Plaque signalétique

Les indications suivantes doivent être marquées de façon indélébile sur chaque condensateur unitaire, soit directement, soit sur une plaque:

1. Constructeur.
2. Numéro d'identification et année de fabrication. (L'année de fabrication peut faire partie du numéro d'identification ou être indiquée sous forme de code.)
3. Puissance assignée Q_N en kilovars (kvar). Pour les unités triphasées, il faut indiquer la puissance totale (voir annexe A).
4. Tension assignée U_N en volts (V).
5. Fréquence assignée f_N en hertz (Hz).
6. Catégorie de température.
7. Dispositif de décharge, s'il est interne, indiqué en toutes lettres ou par le symbole  ou par la résistance assignée en kilohms ($k\Omega$) ou en mégohms ($M\Omega$).
8. Symbole de connexion. (Pour tous les condensateurs, à l'exception des unités monophasées qui n'ont qu'une seule capacité, le mode de connexion doit être indiqué. Pour les symboles de connexion normalisés, voir paragraphe 26.2.)
9. La présence éventuelle de coupe-circuit internes doit être indiquée en toutes lettres ou par le symbole .
10. Indication pour les déconnecteurs thermiques ou à surpression s'il y a lieu.
11. Niveau d'isolement U_1 en kilovolts (kV) (uniquement pour les unités dont toutes les bornes sont isolées de la cuve).

5. — Since the residual voltage at energization should not exceed 10% of the rated voltage (Sub-clause 4.1), discharge resistors with a lower resistance or additional switched discharge device may be needed, if the capacitors are automatically controlled.

23. Container connections

To enable the potential of the metal container of the capacitor to be fixed, and to be able to carry the fault current in the event of a breakdown to the container, the metallic container shall be provided with a connection capable of carrying the fault current.

24. Protection of the environment

When capacitors are impregnated with materials that must not be dispersed into the environment, the necessary precautions shall be taken. In some countries, there exist legal requirements in this respect (Sub-clause 26.3).

25. Other safety requirements

The purchaser shall specify at the time of enquiry any special requirements with regard to the safety regulations that apply to the country in which the capacitor is to be installed.

SECTION FIVE — MARKINGS

26. Marking of the unit

26.1 Rating plate

The following information shall be marked indelibly, either directly or by means of a plate, on each capacitor unit.

1. Manufacturer.
2. Identification number and manufacturing year. (The year may be a part of identification number or be in code form.)
3. Rated output Q_N in kilovars (kvar). For three-phase units the total output shall be given (see Appendix A).
4. Rated voltage U_N in volts (V).
5. Rated frequency, f_N in hertz (Hz).
6. Temperature category.
7. Discharge device, if internal, shall be indicated by wording or by the symbol  or by the rated resistance in kilohms (k Ω) or megohms (M Ω).
8. Connection symbol. (All capacitors, except single-phase units having one capacitance only, shall have their connection indicated. For standardized connection symbols, see Sub-clause 26.2.).
9. Internal fuses, if included, shall be indicated by wording or by the symbol .
10. Indication for the overpressure or thermal disconnecter, if such a disconnecter is fitted.
11. Insulation level U_i in kilovolts (only for units having all terminals insulated from the container).

Le niveau d'isolement est marqué par deux chiffres séparés par une barre, le premier chiffre donnant la valeur efficace de la tension d'essai à fréquence industrielle, en kilovolts, et le second chiffre indiquant la valeur de crête de la tension d'essai de choc de foudre en kilovolts (par exemple 3/15 kV).

Les unités ayant toujours une borne raccordée à la cuve, ou les unités dont l'installation n'est pas exposée, et dont l'essai, conformément à l'article 15, n'a pas été fait, sont marquées: 3/- kV.

12. Référence à la Publication de la CEI 931 (en précisant l'année de l'édition).

- Notes 1. — Pour les petites unités raccordées en permanence les unes aux autres par le constructeur (ou par son représentant) de façon à former une batterie ou une grande unité, certaines rubriques peuvent être omises. Dans ce cas, la batterie ou l'unité en question devra porter une plaque signalétique complète.
2. — Pour les condensateurs de filtrage, une référence à l'annexe B devra être faite au point 12.
3. — Une notice d'instructions devra être incluse avec les mots: «ATTENTION: ATTENDRE 5 MINUTES APRÈS DÉCONNEXION AVANT TOUTE MANIPULATION DES CONDENSATEURS».

26.2 *Symboles de connexion normalisés*

Le type de connexion doit être indiqué par les lettres ou les symboles suivants:

D	ou		= triangle
Y	ou		= étoile
YN	ou		= étoile, neutre sorti
III	ou		= trois sections sans interconnexions internes.

26.3 *Plaque d'avertissement*

Lorsque les condensateurs sont imprégnés de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement (article 24), le condensateur doit porter un marquage conforme aux lois ou aux règlements en vigueur dans le pays de l'utilisateur, ce dernier devant se charger de fournir au constructeur les informations relatives à ces lois ou règlements.

27. **Marquage des batteries**

27.1 *Notice d'instructions ou plaque signalétique*

Les informations minimales suivantes doivent être données par le constructeur dans une notice d'instructions ou, en variante, sur la plaque signalétique à la demande de l'acheteur:

1. Constructeur.
2. Puissance assignée Q_N en kilovars (kvar). (Indiquer la puissance totale.)
3. Tension assignée U_N en volts (V).
4. Symbole de connexion. (Pour les symboles de connexion normalisés, voir paragraphe 26.2. Le symbole de connexion peut faire partie du schéma simplifié des connexions.)
5. Durée minimale requise entre la déconnexion et la remise sous tension de la batterie.
6. Masse, en kilogrammes (kg).

Note. — Le choix entre une plaque signalétique et une notice d'instructions est laissé à l'acheteur.

27.2 *Plaque d'avertissement*

Le paragraphe 26.3 s'applique également aux batteries.

The insulation level shall be marked by means of two numbers separated by a stroke, the first number giving the r.m.s. value of the power-frequency test voltage, in kilovolts, and the second number giving the crest value of the lightning impulse test voltage, in kilovolts (e.g. 3/15 kV).

For units having one terminal permanently connected to the container, and units for non-exposed installation and not tested according to Clause 15, this information should be 3/- kV.

12. Reference to IEC Publication 931 (plus year of issue).

Notes 1. — For small units, which are permanently connected together by the manufacturer (or his representative) to form a bank or a large unit, certain of the above items may be deleted. This bigger bank or unit should in this case carry a complete rating plate.

2. — For Item 12, in the case of filter capacitors, a reference to Appendix B should be made.

3. — A warning notice should be included as follows: “WARNING: WAIT 5 MINUTES AFTER ISOLATING SUPPLY BEFORE HANDLING”.

26.2 Standardized connection symbols

The type of connection shall be indicated either by letters or by the following symbols:

D	or		= delta
Y	or		= star
YN	or		= star, neutral brought out
III	or		= three sections without internal interconnections.

26.3 Warning plate

When capacitors are impregnated with products that must not be dispersed into the environment (Clause 24), the capacitor shall carry markings in accordance with the laws or regulations in force in the user's country, the onus being on the user to inform the manufacturer of such laws or regulations.

27. Marking of the bank

27.1 Instruction sheet or rating plate

The following minimum information shall be given by the manufacturer in an instruction sheet, or alternatively, on request of the purchaser, on a rating plate:

1. Manufacturer.
2. Rated output Q_N in kilovars (kvar). (Total output to be given.)
3. Rated voltage U_N in volts (V).
4. Connection symbol. (For standardized connection symbols, see Sub-clause 26.2. The connection symbol may be part of a simplified connection diagram.)
5. Minimum time required between disconnection and reclosure of the bank.
6. Weight in kilograms (kg).

Note. — The choice between a rating plate and an instruction sheet is left to the purchaser.

27.2 Warning plate

Sub-clause 26.3 is also valid for the bank.

SECTION SIX — GUIDE D'INSTALLATION ET D'EXPLOITATION

28. Généralités

Contrairement à la majorité des appareils électriques, les condensateurs shunt, lorsqu'ils sont en service, fonctionnent en permanence à pleine charge ou à des charges qui ne diffèrent de la pleine charge qu'en fonction des variations de tension et de fréquence.

Les contraintes et les températures excessives abrègent la vie des condensateurs; en conséquence, il convient que les conditions de fonctionnement (c'est-à-dire température, tension et courant) soient rigoureusement contrôlées.

Il y a lieu de noter que l'introduction d'une capacité concentrée dans un réseau peut en perturber les conditions de fonctionnement (par exemple amplification des harmoniques, auto-excitation des machines, sursensions de manœuvre, fonctionnement défectueux des appareils de télécommande à fréquence acoustique, etc.).

En raison des différents types de condensateurs et des nombreux facteurs qui entrent en jeu, il n'est pas possible de couvrir, par des règles simples, tous les cas d'installation et de fonctionnement. Les indications données ci-après portent sur les points les plus importants qu'il y a lieu de considérer. En outre, les instructions du constructeur et des organismes distributeurs d'électricité doivent être suivies, tout particulièrement celles qui concernent la commutation des condensateurs lorsque le réseau est faiblement chargé.

29. Choix de la tension assignée

La tension assignée du condensateur doit être au moins égale à la tension de service effective du réseau auquel le condensateur doit être raccordé, compte tenu de l'influence de la présence du condensateur lui-même.

Sur certains réseaux, il peut exister une différence importante entre la tension de service et la tension assignée du réseau; des précisions doivent être fournies par l'acheteur, de façon à permettre au constructeur d'en tenir opportunément compte. Il s'agit là d'un point de très grande importance pour les condensateurs, leurs caractéristiques fonctionnelles et leur durée de vie pouvant se trouver affectées par l'augmentation excessive de la tension présente sur le diélectrique du condensateur.

Lorsque des éléments de circuit sont montés en série avec le condensateur afin de réduire les effets des harmoniques, etc., l'augmentation correspondante de la tension aux bornes du condensateur par rapport à la tension en service du réseau exige une augmentation équivalente de la tension assignée du condensateur.

Sauf indication contraire, la tension de service doit être considérée comme égale à la tension assignée (ou déclarée) du réseau.

Lors de la détermination de la tension à prévoir aux bornes du condensateur, on doit tenir compte des considérations suivantes:

- a) Les condensateurs shunt peuvent produire une augmentation de la tension depuis la source jusqu'au point où ils se trouvent (annexe A); cette augmentation de tension peut être même plus importante en présence d'harmoniques. En conséquence, les condensateurs peuvent être amenés à fonctionner à une tension supérieure à la tension mesurée avant leur raccordement.
- b) La tension aux bornes du condensateur peut être particulièrement élevée aux périodes de faible charge (voir annexe A); dans ce cas, il convient qu'une partie des condensateurs ou tous les condensateurs soient mis hors service, de façon à éviter des contraintes excessives sur les condensateurs ainsi qu'un accroissement indésirable de la tension du réseau.

Ce n'est que dans les cas exceptionnels, et pendant des périodes de courte durée, que les condensateurs pourront fonctionner dans des conditions correspondant à la fois à la tension maximale admissible et à la température ambiante maximale.

SECTION SIX — GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

28. General

Unlike most electrical apparatus, shunt capacitors, whenever energized, operate continuously at full load, or at loads that deviate from this value only as a result of voltage and frequency variations.

Overstressing and overheating shorten the life of a capacitor, and therefore the operating conditions (i.e. temperature, voltage and current) should be strictly controlled.

It should be noted that the introduction of concentrated capacitance in a system may produce unsatisfactory operating conditions (e.g. amplification of harmonics, self-excitation of machines, overvoltages due to switching, unsatisfactory working of audio-frequency remote-control apparatus, etc.).

Because of the different types of capacitor and the many factors involved, it is not possible to cover, by simple rules, installation and operation in all possible cases. The following information is given with regard to the more important points to be considered. In addition, the instructions of the manufacturer and the power supply authorities shall be followed, especially those concerning the switching of capacitors when the network is under light load conditions.

29. Choice of the rated voltage

The rated voltage of the capacitor shall be at least equal to the service voltage of the network to which the capacitor is to be connected, account being taken of the influence of the presence of the capacitor itself.

In certain networks, a considerable difference may exist between the service and rated voltage of the network, details of which should be furnished by the purchaser, so that due allowance can be made by the manufacturer. This is of importance for capacitors, since their performance and life may be adversely affected by an undue increase of the voltage across the capacitor dielectric.

Where circuit elements are inserted in series with the capacitor to reduce the effects of harmonics, etc., the resultant increase in the voltage at the capacitor terminals above the service voltage of the network necessitates a corresponding increase in the rated voltage of the capacitor.

Unless otherwise specified, the service voltage shall be assumed as equal to the rated (or declared) voltage of the network.

When determining the voltage to be expected on the capacitor terminals, the following considerations shall be taken into account:

- a) Shunt-connected capacitors may cause a voltage rise from the source to the point where they are located (Appendix A); this voltage rise may be greater, due to the presence of harmonics. Capacitors are therefore liable to operate at a higher voltage than that measured before connecting the capacitors.
- b) The voltage on the capacitor terminals may be particularly high at times of light load conditions (see Appendix A); in such cases, some or all of the capacitors should be switched out of circuit in order to prevent overstressing of the capacitors and undue voltage increase in the network.

Only in case of emergency should capacitors be operated at maximum permissible voltage and maximum ambient temperature simultaneously, and then only for short periods of time.

Notes 1. — On devra éviter, en choisissant la tension assignée U_N , de prévoir une trop grande marge de sécurité, car il en résulterait une diminution de la puissance par rapport à la puissance assignée.

2. — Voir l'article 20 en ce qui concerne la tension maximale admissible.

30. Température de service

30.1 Généralités

Il y a lieu de contrôler la température de service du condensateur, car elle a une grande influence sur la vie de celui-ci. A cet égard, la température du point chaud est déterminante, mais cette température, dans la pratique, est difficile à mesurer.

Une température supérieure à la limite maximale accélère la dégradation électrochimique du diélectrique. Une température inférieure à la limite minimale ou des changements très rapides de chaud à froid peuvent entraîner des décharges partielles qui peuvent causer la dégradation du diélectrique.

30.2 Conditions d'installation

Les condensateurs doivent être disposés de manière à permettre une bonne évacuation par convection et rayonnement de la chaleur produite par les pertes.

La ventilation du local où se trouve l'installation et la disposition des condensateurs unitaires doivent assurer une bonne circulation d'air autour de chaque unité. Cela est encore plus important pour les unités disposées en rangées superposées.

La température des condensateurs soumis au rayonnement solaire ou au rayonnement d'une surface quelconque à température élevée se trouve augmentée. Suivant la température de l'air de refroidissement, l'intensité du refroidissement, l'intensité et la durée du rayonnement, il peut être nécessaire de prendre l'une des précautions suivantes:

- protéger les condensateurs du rayonnement;
- choisir un condensateur conçu pour une température de l'air ambiant plus élevée (par exemple, catégorie -5/B au lieu de la catégorie -5/A qui aurait été opportune dans d'autres conditions),
- utiliser des condensateurs prévus pour une tension assignée supérieure à la valeur choisie selon l'article 29.

Pour les condensateurs installés à une altitude élevée (supérieure à 2 000 m), la dissipation de chaleur est réduite. Il doit en être tenu compte pour déterminer la puissance des unités (voir article 31, point e)).

30.3 Température élevée de l'air ambiant

Les condensateurs à symbole C conviennent à la plupart des applications sous les climats tropicaux. Dans certains emplacements cependant, la température ambiante peut être de nature à nécessiter l'utilisation d'un condensateur à symbole D. Il peut être également nécessaire d'utiliser ce dernier type d'appareil lorsque les condensateurs sont souvent exposés au rayonnement du soleil pendant quelques heures (par exemple, dans les territoires désertiques), même si la température ambiante n'est pas extrêmement élevée (paragraphe 30.2).

Dans certains cas exceptionnels, il peut arriver que la valeur maximale de la température ambiante dépasse 55 °C ou que la valeur moyenne journalière dépasse 45 °C. S'il est impossible d'améliorer les conditions de refroidissement, on doit utiliser des condensateurs spécialement conçus pour cette utilisation.

- Notes 1. — An excessive safety margin in the choice of the rated voltage U_N should be avoided, because this would result in a decrease of output when compared with the rated output.
2. — See Clause 20 concerning maximum permissible voltage.

30. Operating temperature

30.1 General

Attention should be paid to the operating temperature of the capacitor, because this has a great influence on its life. In this respect, the temperature of the hot spot is a determining factor, but it is difficult to measure this temperature in practical operation.

Temperatures in excess of the upper limit accelerate electro-chemical degradation of the dielectric. Temperatures below the lower limit or very rapid changes from hot to cold may initiate partial discharge degradation in the dielectric.

30.2 Installation

Capacitors shall be so placed that there is adequate dissipation by convection and radiation of the heat produced by the capacitor losses.

The ventilation of the operating room and the arrangement of the capacitor units shall provide good air circulation around each unit. This is of special importance for units mounted in rows one above the other.

The temperature of capacitors subjected to radiation from the sun or from any high-temperature surface will be increased. Depending on the cooling-air temperature, the intensity of the cooling and the intensity and duration of the radiation, it may be necessary to opt for one of the following remedies:

- to protect the capacitors from radiation;
- to choose a capacitor designed for a higher ambient air temperature (e.g., category -5/B instead of -5/A, which is otherwise suitably designed);
- to employ capacitors with rated voltage higher than that laid down in Clause 29.

Capacitors installed at high altitudes (more than 2 000 m) will be subjected to decreased heat dissipation, which shall be considered when determining the output of the units (see Clause 31, Item *e*)).

30.3 High ambient air temperature

Symbol C capacitors are suitable for the majority of applications under tropical conditions. In some locations, however, the ambient temperature may be such that a symbol D capacitor is required. The latter may also be needed for those cases where the capacitors are frequently subjected to the radiation of the sun for several hours (e.g. in desert areas), even though the ambient temperature is not excessive (Sub-clause 30.2).

In exceptional cases, the ambient temperature may be higher than 55 °C maximum, or 45 °C daily average. Where it is impossible to increase the cooling conditions, capacitors of special design shall be used.

30.4 *Evaluation des pertes*

Lorsqu'on doit évaluer les pertes d'un condensateur, il faut inclure dans le calcul des pertes totales d'une batterie celles de tout l'appareillage qui en provoque (coupe-circuit externes, bobines d'inductance, etc.).

31. **Conditions spéciales de service**

En plus des conditions prédominantes aux deux limites de la catégorie de température (voir paragraphe 30.1), les conditions les plus importantes dont le constructeur doit être informé sont les suivantes:

a) *Humidité relative élevée*

Il peut être nécessaire d'utiliser des isolateurs spécialement conçus. L'attention doit être attirée sur la possibilité de shuntage des coupe-circuit à fusibles externes par suite d'un dépôt d'humidité à leur surface.

b) *Moisissures à développement rapide*

Les moisissures ne se développent pas sur les métaux, les matériaux céramiques et certains types de peintures et de laques. Pour d'autres matériaux, les moisissures peuvent se former aux endroits humides, surtout là où la poussière ou autres impuretés peuvent se déposer.

L'emploi des produits fongicides peut améliorer le comportement de ces matériaux, mais ils ne conservent pas leurs propriétés protectrices au-delà d'un certain temps.

c) *Atmosphère corrosive*

On trouve ce genre d'atmosphère dans les zones industrielles et côtières. Il y a lieu de remarquer que l'influence de cette atmosphère peut être plus sévère dans les climats à température élevée que dans les climats tempérés. Une atmosphère très corrosive peut être présente même dans les installations intérieures.

d) *Pollution*

Lorsque les condensateurs doivent être installés sur un emplacement très pollué, des précautions spéciales doivent être prises.

e) *Altitude dépassant 2 000 m*

Les condensateurs utilisés à des altitudes dépassant 2 000 m sont soumis à des conditions spéciales. Il y a lieu d'effectuer le choix du type d'un commun accord entre constructeur et acheteur.

32. **Surtensions**

L'article 20 spécifie les facteurs de surtension.

Les facteurs de surtension indiqués peuvent être augmentés, après accord avec le constructeur, si le nombre estimé de surtensions est plus faible, ou si les conditions de température sont moins sévères. Ces limites de surtension à fréquence industrielle sont valables, à condition que des surtensions transitoires ne leur soient pas superposées. La tension de crête ne doit pas excéder deux fois la valeur efficace indiquée.

Il convient que les condensateurs qui peuvent être soumis à de fortes surtensions causées par la foudre soient protégés de façon appropriée. S'il est fait usage de parafoudres, il y a lieu de disposer ceux-ci aussi près que possible des condensateurs.

Des parafoudres spéciaux peuvent être nécessaires pour tenir compte des courants de décharge des condensateurs, surtout dans le cas de batteries de grandes dimensions.

Si un condensateur est relié en permanence à un moteur, des difficultés peuvent surgir lorsque le moteur est séparé du réseau d'alimentation. Le moteur, en continuant de tourner, peut jouer, en raison de son auto-excitation, le rôle d'un générateur et faire naître des tensions considérablement plus élevées que la tension de réseau.

30.4 *Evaluation of losses*

If losses are to be evaluated, all accessories producing losses, such as external fuses, reactors, etc., shall be included in the calculation of total bank losses.

31. **Special service conditions**

Apart from the conditions prevailing at both limits of the temperature category (see Sub-clause 30.1), the most important conditions are the following, about which the manufacturer shall be informed:

a) *High relative humidity*

It may be necessary to use insulators of special design. Attention is drawn to the possibility of external fuses being shunted by a deposit of moisture on their surfaces.

b) *Rapid mould growth*

Mould growth does not develop on metals, ceramic materials and some kinds of paints and lacquers. For other materials, mould growth may develop on humid places, especially where dust, etc., can settle. The use of fungicidal products may improve the behaviour of these materials, but such products do not retain their poisoning property for more than a certain period.

c) *Corrosive atmosphere*

Corrosive atmosphere is found in industrial and coastal areas. It should be noted that in climates of high temperature, the effects of such atmospheres may be more severe than in temperate climates. Highly corrosive atmospheres may be present even in indoor applications.

d) *Pollution*

When capacitors are mounted in a location with a high degree of pollution, special precautions shall be taken.

e) *Altitude exceeding 2 000 m*

Capacitors used at altitudes exceeding 2 000 m are subject to special conditions. The choice of the type should be made by agreement between manufacturer and purchaser.

32. **Overvoltages**

Clause 20 specifies overvoltage factors.

With the manufacturer's agreement, the overvoltage factor may be increased if the estimated number of overvoltages is lower, or if the temperature conditions are less severe. These power frequency overvoltage limits are valid, provided that transient overvoltages are not superposed on them. The peak voltage shall not exceed two times the given r.m.s. value.

Capacitors that are liable to be subjected to high overvoltages due to lightning should be adequately protected. If lightning arresters are used, they should be located as near as possible to the capacitors.

Special arresters may be required to take care of the discharge current from the capacitor, especially from large banks.

When a capacitor is permanently connected to a motor, difficulties may arise after disconnecting the motor from the supply. The motor, while still revolving, may act as a generator by self-excitation and may give rise to voltages considerably in excess of the system voltage.

On remédie toutefois généralement à cet inconvénient en s'assurant que le courant du condensateur est inférieur au courant magnétisant du moteur; une valeur de 90% environ est suggérée. Il est prudent de ne pas toucher aux pièces sous tension d'un moteur auquel un condensateur est relié en permanence, avant l'arrêt de ce moteur.

Notes 1. — La tension due à l'auto-excitation qui subsiste après la mise hors service de l'appareil est particulièrement dangereuse dans le cas des génératrices à induction et des moteurs pourvus d'un système de freinage destiné à fonctionner lors d'une perte de tension (par exemple moteurs d'ascenseurs).

2. — Si le moteur s'arrête immédiatement après avoir été déconnecté du réseau, la compensation peut dépasser 90%.

Dans le cas d'un condensateur relié à un moteur muni d'un démarreur étoile-triangle, il convient que l'installation soit faite de manière à empêcher les surtensions pendant le fonctionnement du démarreur.

33. Courants de surcharge

Il y a lieu de ne jamais faire fonctionner les condensateurs à des courants supérieurs à la valeur maximale spécifiée à l'article 21.

Les courants de surcharge peuvent être produits soit par une tension excessive à la fréquence fondamentale, soit par des harmoniques, soit par les deux. Les sources les plus importantes d'harmoniques sont les redresseurs, l'électronique de puissance et les transformateurs à noyau saturé.

Si l'élévation de la tension aux périodes de faible charge est accrue par les condensateurs, la saturation des noyaux des transformateurs peut être considérable. Dans ce cas, il se produit des harmoniques d'amplitude anormale, dont l'un peut être amplifié par résonance entre le transformateur et le condensateur.

C'est là une raison de plus pour recommander la mise hors service des condensateurs aux périodes de faible charge, comme mentionné au point *b)* de l'article 29. Si le courant du condensateur dépasse la valeur maximale spécifiée à l'article 21, alors que la tension ne dépasse pas la limite admissible de $1,10 U_N$, spécifiée à l'article 20, il est recommandé que l'harmonique prédominant soit normalement déterminé, de manière à trouver la meilleure façon de remédier à cette situation.

Il y a lieu de considérer les solutions suivantes:

- a)* déplacer une partie ou la totalité des condensateurs en d'autres points du réseau;
- b)* monter une bobine d'inductance en série avec le condensateur afin d'abaisser la fréquence de résonance du circuit jusqu'à une valeur inférieure à celle de l'harmonique perturbateur;
- c)* augmenter la valeur de la capacité lorsque le condensateur est raccordé près des semiconducteurs de puissance.

Il convient que la forme d'onde de la tension et les caractéristiques du réseau soient déterminées avant et après l'installation du condensateur; au cas où il existe des sources d'harmoniques telles que des semiconducteurs de puissance, il est conseillé de prendre des précautions spéciales.

Des surintensités transitoires de courant de grande amplitude à haute fréquence peuvent se produire lorsque les condensateurs sont mis en service. Il y a lieu de s'attendre à ces régimes transitoires surtout lorsqu'une section de batterie de condensateurs est mise en parallèle avec d'autres sections déjà sous tension (voir annexe A).

Il peut être nécessaire de ramener ces surintensités transitoires de courant à des valeurs acceptables pour les condensateurs et l'équipement en mettant en service les condensateurs par l'intermédiaire d'une résistance (commutation par résistance) ou en introduisant des bobines d'inductance dans le circuit d'alimentation de chaque section de la batterie.

Si les condensateurs sont équipés de coupe-circuit, la valeur de crête des surintensités dues aux manœuvres doit être limitée à un maximum de $100 I_N$ (valeur efficace).

This, however, can usually be prevented by ensuring that the capacitor current is less than the magnetizing current of the motor; a value of about 90% is suggested. As a precaution, live parts of a motor to which a capacitor is permanently connected should not be touched before the motor stops.

Notes 1. — The maintained voltage due to self-excitation after the machine is switched off is particularly dangerous for induction generators and for motors with a braking system intended to be operated by loss of voltage (e.g. lift motors).

2. — In the case where the motor stops immediately after having been disconnected from the supply, the compensation may exceed 90%.

When a capacitor is connected to a motor associated with a star-delta starter, the arrangement should be such that no overvoltage can occur during the operation of the starter.

33. Overload currents

Capacitors should never be operated with currents exceeding the maximum value specified in Clause 21.

Overload currents may be caused either by excessive voltage at the fundamental frequency, or by harmonics, or both. The chief sources of harmonics are rectifiers, power electronics and saturated transformer cores.

If the voltage rise at times of light load is increased by capacitors, the saturation of transformer cores may be considerable. In this case, harmonics of abnormal magnitude are produced, one of which may be amplified by resonance between the transformer and the capacitor.

This is a further reason for recommending the disconnection of capacitors at times of light load, as referred to in Item *b)* of Clause 29. If the capacitor current exceeds the maximum value specified in Clause 21, while the voltage is within the permissible limit of $1.10 U_N$, specified in Clause 20, the predominant harmonic should be determined in order to find the best remedy.

The following remedies should be considered:

- a) moving some or all of the capacitors to other parts of the system;
- b) connection of a reactor in series with the capacitor, to lower the resonant frequency of the circuit to a value below that of the disturbing harmonic;
- c) increase of the capacitance value when the capacitor is connected close to power semi-conductors.

The voltage waveform and the network characteristics should be determined before and after installing the capacitor; when sources of harmonics such as large semi-conductors are present, special care should be taken.

Transient over-currents of high amplitude and frequency may occur when capacitors are switched into circuit. Such transient effects are to be expected when a section of a capacitor bank is switched in parallel with other sections that are already energized (see Appendix A).

It may be necessary to reduce these transient over-currents to acceptable values in relation to the capacitor and to the equipment by switching on the capacitors through a resistor (resistance switching), or by the insertion of reactors in the supply circuit to each section of the bank.

If the capacitors are provided with fuses, the peak value of the overcurrents due to switching operations shall be limited to a maximum of $100 I_N$ (r.m.s. value).

34. Disjoncteurs et dispositifs de protection et connexions

Les disjoncteurs et dispositifs de protection ainsi que les connexions doivent être conçus pour supporter en permanence un courant égal à 1,3 fois le courant correspondant à une tension sinusoïdale de valeur efficace égale à la tension assignée à la fréquence assignée. Comme, en outre, la capacité d'un condensateur peut atteindre 1,15 fois la capacité correspondant à sa puissance assignée (paragraphe 3.13), ce courant peut atteindre une valeur maximale de $1,3 \times 1,15$ fois le courant assigné.

De plus, les composantes harmoniques éventuelles peuvent avoir un effet thermique plus élevé que la composante fondamentale correspondante, en raison de l'effet de peau.

Les disjoncteurs et dispositifs de protection ainsi que les connexions doivent pouvoir supporter les contraintes thermiques et électrodynamiques engendrées par les surintensités transitoires de courant de grande amplitude et de fréquence élevée qui peuvent se produire au moment de la mise sous tension.

Ces effets transitoires peuvent se produire lorsqu'un condensateur (unité ou batterie) est commuté en parallèle avec un autre condensateur (ou batterie) déjà sous tension. Il est de pratique courante d'augmenter l'inductance des connexions de manière à réduire les transitoires d'enclenchement bien que cela entraîne une augmentation des pertes totales. Il y a lieu de prendre des précautions pour ne pas dépasser le courant transitoire maximal admissible.

Quand l'étude des contraintes thermiques et électrodynamiques risque d'entraîner des exigences de dimensionnement excessives, il convient de prendre des précautions spéciales, telles que celles prévues à l'article 33 pour la protection contre les surintensités.

Notes 1. — En particulier, les coupe-circuit à fusibles choisis devront avoir une capacité thermique appropriée (Publications 269-1 et 593 de la CEI).

2. — Dans certains cas (par exemple, lorsque les condensateurs sont à commande automatique), des manœuvres de commutation répétées peuvent intervenir à des intervalles de temps relativement courts. L'appareillage de commutation et les coupe-circuit à fusibles devront être sélectionnés en conséquence. (Voir article 22, note 5.)
3. — Les disjoncteurs raccordés à une même barre omnibus peuvent être soumis à des contraintes particulières en cas d'enclenchement sur court-circuit.
4. — Les disjoncteurs pour la commutation de batteries en parallèle devront être capables de résister au courant d'appel (amplitude et fréquence) qui se produit lorsqu'une batterie est raccordée à une barre omnibus à laquelle une ou plusieurs batteries sont déjà raccordées.

Il est recommandé de protéger les condensateurs contre les surintensités de courant à l'aide de relais de surintensité appropriés, réglés pour déclencher les disjoncteurs lorsque le courant dépasse la limite admissible spécifiée à l'article 21. En général, les coupe-circuit à fusibles ne fournissent pas une protection suffisante contre la surintensité de courant.

Note. — Selon la conception des condensateurs, la capacité de ceux-ci varie plus ou moins en fonction de la température.

Il y a lieu de prêter attention au fait que la capacité peut varier rapidement après la mise en service des condensateurs froids. Cela peut provoquer un fonctionnement intempestif de leur équipement de protection.

En cas d'utilisation de bobines d'inductance à noyau de fer, il est bon de veiller à la saturation éventuelle et à l'échauffement du noyau par les harmoniques.

Tout mauvais contact des circuits dans la batterie de condensateurs peut provoquer de petites étincelles créant des oscillations à haute fréquence susceptibles de surchauffer et de surcharger les condensateurs. L'inspection de tous les contacts de l'équipement à intervalles réguliers est en conséquence recommandée.

35. Choix des lignes de fuite

Aucune règle actuellement.

36. Condensateurs raccordés à des réseaux équipés de télécommande à fréquences acoustiques

L'impédance des condensateurs est très faible aux fréquences acoustiques. Lorsque des condensateurs sont raccordés à un réseau utilisant un système de télécommande à fréquences acoustiques, l'émetteur risque d'être surchargé et, par suite, le fonctionnement risque d'être perturbé.

Il existe plusieurs méthodes permettant de remédier à cet inconvénient; il convient que le choix de la meilleure méthode soit fait avec l'accord de toutes les parties intéressées.