

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 110

Première édition — First edition

1959

**Recommandations concernant les condensateurs de puissance
soumis à des fréquences comprises entre 100 et 20 000 Hz**

**Recommendations for power capacitors
for frequencies between 100 and 20 000 Hz (c/s)**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60770:1959

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 110

Première édition — First edition

1959

**Recommandations concernant les condensateurs de puissance
soumis à des fréquences comprises entre 100 et 20 000 Hz**

**Recommendations for power capacitors
for frequencies between 100 and 20 000 Hz (c/s)**



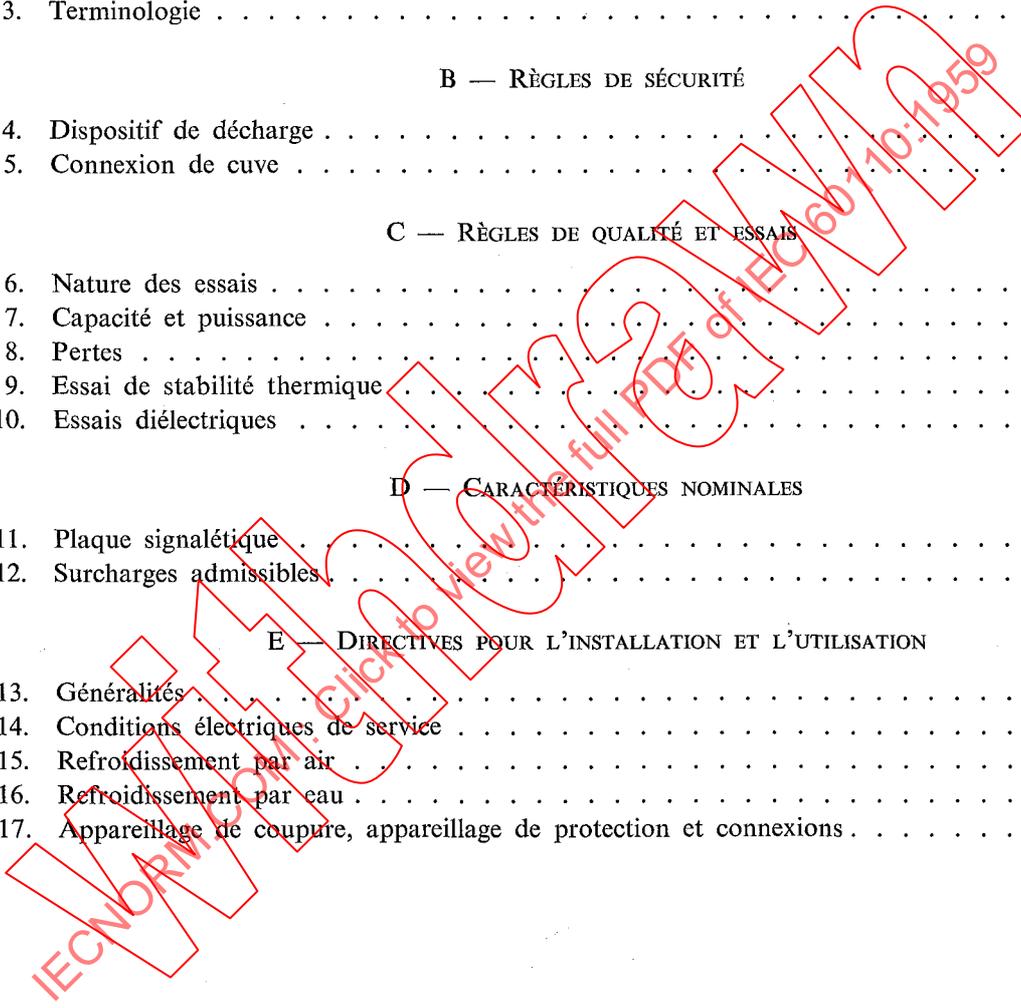
Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

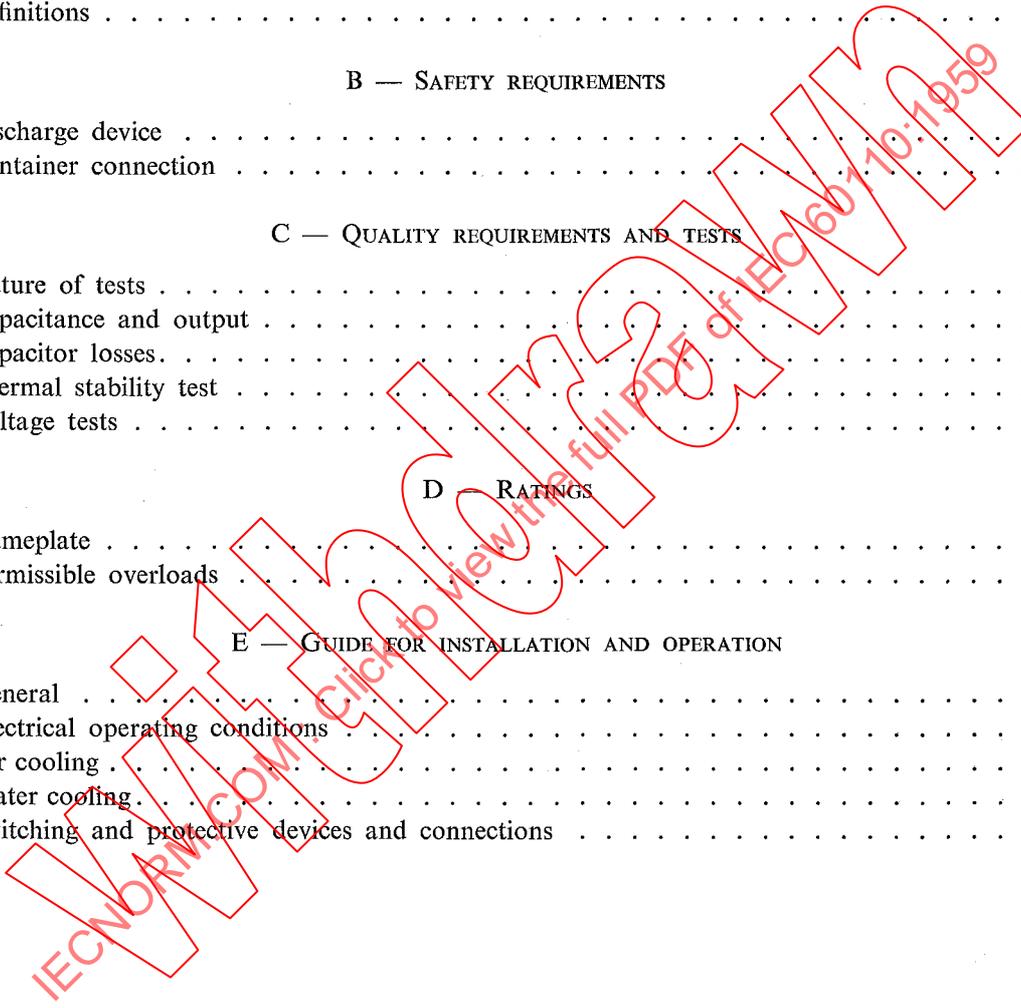
SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
A — GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Terminologie	8
B — RÈGLES DE SÉCURITÉ	
4. Dispositif de décharge	10
5. Connexion de cuve	10
C — RÈGLES DE QUALITÉ ET ESSAIS	
6. Nature des essais	10
7. Capacité et puissance	12
8. Pertes	12
9. Essai de stabilité thermique	14
10. Essais diélectriques	14
D — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES	
11. Plaque signalétique	16
12. Surcharges admissibles	18
E — DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION	
13. Généralités	18
14. Conditions électriques de service	18
15. Refroidissement par air	18
16. Refroidissement par eau	20
17. Appareillage de coupure, appareillage de protection et connexions	20



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	A — GENERAL
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	9
	B — SAFETY REQUIREMENTS
4. Discharge device	11
5. Container connection	11
	C — QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS
6. Nature of tests	11
7. Capacitance and output	13
8. Capacitor losses	13
9. Thermal stability test	15
10. Voltage tests	15
	D — RATINGS
11. Nameplate	17
12. Permissible overloads	19
	E — GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION
13. General	19
14. Electrical operating conditions	19
15. Air cooling	19
16. Water cooling	21
17. Switching and protective devices and connections	21



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES CONDENSATEURS DE PUISSANCE
SOU MIS A DES FRÉQUENCES COMPRIS ES ENTRE 100 ET 20 000 Hz

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

Au cours de la réunion du Comité d'Études N° 33: Condensateurs de puissance, tenue à Scheveningen en septembre 1952, il fut décidé que des recommandations seraient préparées pour les condensateurs à fréquences moyennes utilisés dans les fours et autres installations similaires.

Des projets furent discutés à Philadelphie en 1954 et à Londres en 1955.

A la suite de la réunion tenue à Munich en 1956, un projet fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois, en avril 1957.

Le vote ne donna pas lieu à des réponses défavorables, mais un certain nombre de pays soumi rent des observations et le Président décida alors que quelques modifications techniques seraient diffusées pour approbation selon la Procédure des Deux Mois. Ce projet de modifications fut diffusé aux Comités nationaux en janvier 1958.

Les pays suivants ont voté explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Finlande	Pays-Bas
Autriche	France	Royaume-Uni
Belgique	Hongrie	Suède
Danemark	Italie	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDATIONS FOR POWER CAPACITORS
FOR FREQUENCIES BETWEEN 100 AND 20 000 Hz (c/s)

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- (4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

During the meeting of Technical Committee No. 33: Power Capacitors, held in Scheveningen in September 1952, it was decided that work should be started on recommendations for medium-frequency capacitors for use with furnaces and the like.

Drafts were discussed in Philadelphia in 1954 and in London in 1955.

As a result of the meeting held in Munich in 1956, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1957.

No unfavourable votes were received, but some countries made a number of comments and the Chairman decided that certain technical amendments should be circulated for approval under the Two Months' Procedure. The draft amendments were circulated to the National Committees in January 1958.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Germany	Sweden
Belgium	Hungary	Switzerland
Denmark	Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Finland	Japan	United Kingdom
France	Netherlands	United States of America

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES CONDENSATEURS DE PUISSANCE SOU MIS A DES FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 100 ET 20 000 Hz

A — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

1.1 Ces recommandations sont applicables:

- a) aux condensateurs de fréquence comprise entre 100 et 20 000 Hz destinés à être raccordés à un réseau alternatif, autre que les réseaux de distribution, et servant:
 - à améliorer le facteur de puissance
 - à modifier les caractéristiques d'un circuit, par exemple la fréquence pour laquelle il est accordé.
- b) à des ensembles de tels condensateurs formant, avec leurs accessoires, une installation complète.

1.2 Ces recommandations sont applicables aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

- pour les condensateurs à refroidissement par air
 - température ambiante ne dépassant pas 40°C,
- pour les condensateurs à refroidissement par eau
 - température de l'eau à l'entrée ne dépassant pas 30°C,
- pour tous les condensateurs
 - altitude ne dépassant pas 1 000 m.

Note: Pour les condensateurs à refroidissement par air on prend pour température ambiante celle de l'air utilisé directement pour le refroidissement. Pour les condensateurs à refroidissement par air avec circulation naturelle, la température ambiante doit être mesurée aux 2/3 environ de la hauteur de la cuve et à une distance d'environ 30 cm de la cuve. Le thermomètre doit être immergé dans un récipient métallique massif, rempli d'huile et protégé contre le rayonnement.

1.3 Ces recommandations ne sont pas applicables aux condensateurs dont les conditions de service, d'une façon générale, sont incompatibles avec les règles énoncées ci-dessus, à moins d'un accord spécial entre le constructeur et l'acheteur.

Note: Par exemple, les présentes recommandations ne sont pas applicables aux conditions extrêmes d'utilisation que l'on peut rencontrer dans les pays tropicaux.

2. Objet

L'objet de ces recommandations est:

- a) de formuler des règles de sécurité,
- b) de formuler des règles uniformes en ce qui concerne les performances, les essais et les caractéristiques nominales,
- c) de donner un guide pour l'installation et l'exploitation.

**RECOMMENDATIONS FOR POWER CAPACITORS
FOR FREQUENCIES BETWEEN 100 AND 20 000 Hz (c/s)**

A — GENERAL

1. Scope

1.1 These recommendations apply to:

- a) Capacitor units for connection to a.c. circuits, other than power-frequency distribution systems, with a frequency between 100 and 20 000 Hz (c/s), which are intended to be used:
 - for power factor correction
 - for otherwise modifying the characteristics of the circuit, such as frequency adjustment
- b) Assemblies of such capacitor units with accessories to form complete capacitor equipments.

1.2 These recommendations apply to capacitors intended to be used under the following conditions:

for air-cooled capacitors

— ambient temperature not exceeding 40°C

for water-cooled capacitors

— temperature of inlet water not exceeding 30°C

for all capacitors

— altitude not exceeding 1 000 m (3 300 ft).

Note: For air-cooled capacitors, the ambient temperature is defined as the temperature of the air used directly for cooling. For air-cooled capacitors of the self-ventilated type, the ambient temperature shall be measured at approximately 1/3rd of the height from the top of the container and at approximately 30 cm from the container. The thermometer shall be immersed in a massive metal cup filled with oil and protected from radiation.

1.3 These recommendations do not apply to capacitors, the service conditions of which, in general are incompatible with the requirements of the recommendations, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

Note: For example, these recommendations do not cover extreme conditions of use which may occur in tropical countries.

2. Object

The object of these recommendations is:

- a) to formulate safety requirements,
- b) to formulate uniform requirements regarding performance, testing and rating,
- c) to give a guide for installation and operation.

3. Terminologie

3.1 *Élément de condensateur* (ou élément)

Partie indivisible du condensateur constituée par des armatures métalliques séparées par un diélectrique.

3.2 *Condensateur unitaire* (ou unité)

Ensemble d'un ou plusieurs éléments placés dans une cuve, et dont les armatures sont reliées à des bornes de sortie.

3.3 *Batterie de condensateurs* (ou batterie)

Groupement de condensateurs unitaires réunis électriquement les uns aux autres.

3.4 *Condensateur*

Dans les présentes recommandations, 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.

3.5 *Installation de condensateurs*

Ensemble constitué par des condensateurs unitaires et les accessoires nécessaires à leur raccordement.

3.6 *Dispositif de décharge*

Dispositif branché entre les bornes ou entre les barres, ou incorporé au condensateur unitaire, et capable de ramener à zéro la tension résiduelle lorsque le condensateur a été séparé de l'alimentation.

3.7 *Tension nominale U_n*

Valeur efficace de la tension sinusoïdale pour laquelle le diélectrique et toute autre isolation entre bornes sont prévus.

3.8 *Puissance nominale*

Puissance réactive à la tension nominale et à la fréquence nominale pour laquelle le condensateur est prévu.

3.9 *Courant nominal*

Courant efficace calculé à partir de la puissance nominale, de la tension nominale et de la fréquence nominale.

3.10 *Pertes du condensateur*

Puissance active consommée par le condensateur.

3.11 *Tangente de l'angle de perte ($\text{tg } \delta$)*

Quotient des pertes du condensateur par la puissance réactive de celui-ci.

3.12 *Cycle nominal de service*

Cycle périodique, composé d'une période de fonctionnement à la puissance nominale et d'une période de repos, pour lequel le condensateur est prévu.

3.13 *Facteur nominal de service*

Quotient de la durée de la période de fonctionnement à la puissance nominale par la durée du cycle nominal (il peut être exprimé en pour cent).

3. Definitions

3.1 *Capacitor element* (or element)

An indivisible part of a capacitor consisting of metal foils separated by a dielectric.

3.2 *Capacitor unit* (or unit)

An assembly of one or more capacitor elements in a single container with terminals brought out.

3.3 *Capacitor bank* (or bank)

A group of units, connected electrically to each other.

3.4 *Capacitor*

In these recommendations 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”.

3.5 *Capacitor equipment*

An assembly of capacitor units and accessories suitable for connection to a circuit.

3.6 *Discharge device*

A device connected across the terminals or bus-bars, or built into the capacitor unit, capable of reducing the residual voltage to zero after the capacitor has been disconnected from the supply.

3.7 *Rated voltage* U_n

The r.m.s. value of the sinusoidal voltage for which the dielectric and any other insulation between line terminals are designed.

3.8 *Rated output*

The reactive power at rated voltage and rated frequency for which the capacitor is designed.

3.9 *Rated current*

The r.m.s. current calculated from rated output, rated voltage and rated frequency.

3.10 *Capacitor losses*

The active power consumed by a capacitor.

3.11 *Tangent of the loss angle* ($\tan \delta$)

The capacitor losses divided by the reactive power of the capacitor.

3.12 *Rated duty cycle*

The periodic cycle, consisting of a period of working at the rated output and a period of rest, for which the capacitor is designed.

3.13 *Rated duty factor*

The ratio of the duration of working at the rated output to the duration of the rated duty cycle (this may be expressed as a percentage).

B — RÈGLES DE SÉCURITÉ

4. Dispositif de décharge

- 4.1 On doit considérer comme déchargés d'une façon convenable les condensateurs réunis à un autre équipement électrique constituant un circuit de décharge sans interposition d'interrupteur, de fusible ou d'un moyen de coupure quelconque.
- 4.2 Si ces conditions ne sont pas réalisées, les installations de condensateurs doivent comporter un dispositif capable de réduire la tension à 50 V ou moins, dans un temps donné après la séparation du condensateur de sa source. Ce temps doit être de 1 minute dans le cas des condensateurs de tension nominale inférieure ou égale à 660 V et de 5 minutes dans le cas des condensateurs de tension nominale supérieure à 660 V.
- 4.3 Les condensateurs mis en service automatiquement doivent être munis d'un dispositif de décharge capable de réduire la tension à 10% de la tension nominale ou moins entre une coupure et un réenclenchement, à moins qu'un autre dispositif donnant des résultats équivalents soit mis en place conformément aux recommandations du constructeur. Toutefois, les prescriptions énoncées au paragraphe précédent doivent être respectées en vue d'assurer la sécurité du personnel.
- 4.4 L'utilisation d'un dispositif de décharge ne dispense pas de mettre les bornes et toutes les parties actives en court-circuit et à la terre avant toute manipulation.

5. Connection de cuve

La cuve métallique du condensateur doit être munie d'une borne.

C — RÈGLES DE QUALITÉ ET ESSAIS

6. Nature des essais

- 6.1 Les essais prévus dans ces recommandations sont de deux sortes:
 - a) *les essais individuels* :
 - capacité et puissance (article 7)
 - pertes (article 8.2)
 - essais diélectriques (article 10)
 - b) *les essais de type* :
 - pertes (article 8.3)
 - essai de stabilité thermique (article 9)
- 6.2 Les essais individuels sont effectués sur chaque condensateur à la livraison.
- 6.3 Les essais de type sont destinés à prouver que le mode de construction est convenable et que les appareils pourront être utilisés dans les conditions précisées dans ces recommandations. Les essais de type doivent être effectués sur au moins un condensateur pour chaque commande d'unités identiques. Toutefois, lorsque les essais de type ont déjà été effectués sur un condensateur d'une construction identique ou d'une construction qui n'a pas été modifiée dans une mesure susceptible d'influencer les caractéristiques à vérifier par les essais de type, il n'est pas obligatoire de répéter ces essais, mais à la demande de l'acheteur, un certificat relatif aux essais antérieurs doit être produit par le constructeur. La répétition ne devra être faite que si elle est prévue par un accord spécial entre constructeur et acheteur.

B — SAFETY REQUIREMENTS

4. Discharge device

- 4.1 Capacitors connected directly to other electrical equipment, providing a discharge path without having a disconnecting switch, fuse or cut-out interposed, shall be considered properly discharged.
- 4.2 If these conditions are not complied with, capacitors shall be provided with a means of reducing the residual voltage to 50 V or less within a given time after the capacitor is disconnected from the source of supply. This time is 1 minute for capacitors of rated voltage up to and including 660 V, and 5 minutes for capacitors of rated voltage above 660 V.
- 4.3 Capacitors which are automatically controlled shall be provided with a discharge device which will reduce the residual voltage to 10% of the rated voltage or less between switching off and on, unless alternative arrangements are provided which have been recommended by the manufacturer to give equivalent results. For the sake of personal safety, however, the requirements of Clause 4.2 remain in force.
- 4.4 The use of a discharge device is not intended as a substitute for short-circuiting the capacitor terminals and all live parts together and to earth before handling.

5. Container connection

The metal container of a capacitor shall be provided with a terminal.

C — QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

6. Nature of tests

- 6.1 The tests specified are of two kinds:
 - a) *routine tests*, viz.:
 - capacitance and output (Clause 7)
 - capacitor losses (Clause 8.2)
 - voltage tests (Clause 10)
 - b) *type tests*, viz.:
 - capacitor losses (Clause 8.3)
 - stability test (Clause 9)
- 6.2 Routine tests are carried out on every capacitor on completion.
- 6.3 Type tests are intended to prove the soundness of the design of the capacitor and its suitability for operation under the conditions detailed in these recommendations. The type tests should be carried out on at least one capacitor on each contract incorporating identical units. Where, however, type tests have already been carried out on a capacitor of an identical design, or of a design which has not been altered in a way which may influence the properties to be checked by the type tests, the tests need not be repeated, but on request of the purchaser a certificate containing the results of earlier tests shall be provided. The tests need be repeated only if agreed between manufacturer and purchaser.

7. Capacité et puissance (essai individuel)

- 7.1 La capacité doit être mesurée suivant une méthode permettant d'éliminer les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires tels que résistances, réactances et circuits bouchons. Normalement, l'essai doit être effectué à la tension nominale, à la fréquence nominale et à une température ambiante de 20°C. Cependant, la capacité peut être mesurée sous une autre tension, à une autre fréquence et à une température ambiante comprise entre 10°C et 30°C, à condition que des facteurs de correction appropriés aient été fixés par un accord entre le constructeur et l'acheteur.
- 7.2 La puissance calculée d'après la capacité mesurée, la tension nominale et la fréquence nominale, ne doit pas différer de la puissance nominale de plus de:
- 5 ou + 15% pour les condensateurs unitaires,
 - 0 ou + 15% pour les batteries de condensateurs.

8. Pertes

8.1 Méthode de mesure

La tangente de l'angle de pertes doit être mesurée entre bornes suivant une méthode permettant d'éliminer les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires, s'il y en a.

8.2 Essai individuel

Normalement, l'essai doit être effectué sous la tension nominale, à la fréquence nominale et à une température ambiante de 20°C. Cependant la tangente de l'angle de pertes peut être mesurée sous une autre tension, à une autre fréquence et à une température ambiante comprise entre 10°C et 30°C, à condition que des facteurs de correction appropriés aient été fixés par un accord entre le constructeur et l'acheteur.

La tangente de l'angle de pertes ne doit pas dépasser la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur.

8.3 Essai de type

La tangente de l'angle de pertes doit être mesurée lorsque le condensateur a atteint un régime thermique stable et uniforme dans les conditions indiquées à l'article 8.4.

La tangente de l'angle de pertes doit être mesurée sous la tension définie à l'article 8.4; la fréquence de mesure peut être quelconque, à condition qu'un facteur de correction approprié soit appliqué si elle diffère de plus de 10% de la fréquence nominale. Ce facteur doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur. Pour les condensateurs refroidis par air, la température ambiante doit être $40 \pm 3^\circ\text{C}$. Pour les condensateurs refroidis par eau, la température de l'eau à l'entrée doit être maintenue à $30 \pm 2^\circ\text{C}$ et le débit doit avoir une valeur au plus égale à la valeur minimale qui est indiquée sur la plaque signalétique ou la feuille d'instructions (voir article 11).

La tangente de l'angle de pertes ne doit pas dépasser la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur.

Note 1. Pour les condensateurs prévus pour un fonctionnement intermittent ou discontinu, l'essai doit être effectué suivant un cycle conforme à ce fonctionnement; les précisions relatives à ce cycle doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Note 2. Cet essai peut être combiné avec l'essai de stabilité thermique précisé à l'article 9. Dans ce cas, $\text{tg } \delta_3$ (voir article 9.2) ne doit pas dépasser la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur.

- 8.4 Pour les essais prévus aux articles 8.3 et 9.2 le condensateur doit être soumis à une tension pratiquement sinusoïdale d'une valeur telle qu'il produise une puissance réactive supérieure de 20% à sa puissance nominale. Si la fréquence diffère de plus de 10% de la fréquence nominale, un facteur de correction approprié doit être appliqué, après accord entre le constructeur et l'acheteur.

7. Capacitance and output (routine test)

- 7.1 The capacitance shall be measured using a method which excludes errors due to harmonics and to accessories such as resistors, reactors and blocking circuits. The standard test conditions are the rated voltage, the rated frequency and an ambient temperature of 20°C. However, measurement at other voltages, frequencies and at ambient temperatures between 10°C and 30°C is permitted, provided that appropriate correction factors are agreed upon between manufacturer and purchaser.
- 7.2 The output computed from the measured capacitance, the rated voltage and the rated frequency, shall not differ from the rated output by more than:
- 5 or + 15% for capacitor units,
 - 0 or + 15% for capacitor banks.

8. Capacitor losses

8.1 *Measuring method*

The tangent of the loss angle shall be measured between terminals using a method which excludes errors due to harmonics and to accessories, if any.

8.2 *Routine test*

The standard test conditions are the rated voltage, the rated frequency and an ambient temperature of 20°C. However, measurement at other voltages, frequencies, and at ambient temperatures between 10°C and 30°C is permitted, provided that appropriate correction factors are agreed upon between manufacturer and purchaser.

The tangent of the loss angle shall not exceed the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

8.3 *Type test*

The tangent of the loss angle shall be measured after the capacitor has reached uniform and stable thermal conditions when loaded as detailed in Clause 8.4.

The tangent of the loss angle shall be measured with the voltage defined in Clause 8.4, and may be measured with any convenient frequency provided that, if this differs by more than 10% from the rated frequency of the capacitor, an appropriate correction factor shall be applied. This factor shall be agreed between manufacturer and purchaser. For air-cooled capacitors, the ambient temperature shall be $40 \pm 3^\circ\text{C}$. For water-cooled capacitors, the inlet water temperature shall be maintained at $30 \pm 2^\circ\text{C}$ and the flow shall be maintained at not more than the minimum rate specified on the nameplate or instruction sheet (see Clause 11).

The tangent of the loss angle shall not exceed the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

Note 1. For capacitors with intermittent or non-continuous ratings, the test shall be made on a cycle consistent with the capacitor rating, the details of which shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

Note 2. This test may be made in combination with the thermal stability test of Clause 9. In that case, $\tan \delta_s$ (see Clause 9.2) shall not exceed the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

- 8.4 For the tests in Clauses 8.3 and 9.2 the capacitor shall be subjected to a voltage of approximately sinusoidal waveform, such that its reactive output is 20% over its rated value. If the frequency of the applied voltage differs from the rated frequency of the capacitor by more than 10%, an appropriate correction factor shall be applied, after agreement between manufacturer and purchaser.

9. Essai de stabilité thermique (essai de type)

9.1 Cet essai a pour but de prouver que les appareils sont capables de supporter des surcharges de longue durée.

9.2 Les condensateurs à refroidissement par air doivent être placés dans une enceinte où la température, mesurée conformément à la note de l'article 1.2, est maintenue à $40 \pm 3^\circ\text{C}$. Pour les condensateurs à refroidissement par eau la température de l'eau à l'entrée doit être maintenue à $30 \pm 2^\circ\text{C}$ et le débit doit avoir une valeur au plus égale à la valeur minimale indiquée sur la plaque signalétique ou la feuille d'instruction (voir article 11). Lorsque toutes les parties du condensateur ont atteint une température stable, le condensateur doit être soumis à la tension définie à l'article 8.4.

La durée T de l'essai à partir de l'application de la tension est de 48 heures ou plus, au choix du constructeur. Les tangentes de l'angle de pertes $\text{tg } \delta_1$, $\text{tg } \delta_2$ et $\text{tg } \delta_3$ doivent être mesurées aux temps $T/3$, $T/2$ et T à toute fréquence convenable, à condition que la même fréquence soit utilisée pour les trois mesures. Pour mesurer l'angle de pertes, il peut être nécessaire de couper le condensateur de l'alimentation pendant une courte période. Dans ce cas, le refroidissement forcé doit être arrêté au moment de la coupure.

Les valeurs mesurées de $\text{tg } \delta$ doivent satisfaire soit aux conditions:

$$\text{tg } \delta_1 + \text{tg } \delta_3 \leq 2 \text{tg } \delta_2 < 2,1 \text{tg } \delta_1,$$

soit aux conditions:

$$\text{tg } \delta_1 \geq \text{tg } \delta_2 \geq \text{tg } \delta_3.$$

Note : Pour les condensateurs prévus pour un fonctionnement intermittent ou discontinu, l'essai doit être effectué suivant un cycle conforme à ce fonctionnement; les précisions relatives à ce cycle doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

9.3 Si la vérification de la stabilité thermique par la mesure de $\text{tg } \delta$ sur le condensateur complet présente des difficultés, il est permis de l'effectuer par l'un des deux procédés suivants:

- mesure de $\text{tg } \delta$ sur les éléments du condensateur qui ont la plus haute température, le condensateur complet étant soumis à la tension d'essai; à cet effet des bornes additionnelles connectées aux éléments les plus chauds devront être prévues sur le condensateur unitaire,
- mesure de l'échauffement de la cuve du condensateur ou de l'eau de refroidissement; l'échauffement doit atteindre une valeur stable.

9.4 La capacité du condensateur doit être mesurée avant et après l'essai à la température définie à l'article 9.2. La différence entre les capacités mesurées avant et après l'essai ne doit pas dépasser 2%. La capacité peut être mesurée à une fréquence plus basse que celle de l'essai de stabilité, mais elle doit être mesurée à la même fréquence avant et après l'essai.

Note : Lorsque l'on contrôle que les valeurs mesurées de $\text{tg } \delta$ et de l'échauffement satisfont aux conditions des articles 9.2 et 9.3 on doit tenir compte des fluctuations de la tension, de la fréquence et de la température ambiante ou de la température de l'eau à l'entrée et du débit à l'aide de facteurs de correction appropriés.

10. Essais diélectriques

10.1 Essai entre bornes (essai individuel)

Chaque unité doit être soumise pendant au moins 10 secondes à l'un ou l'autre des essais a) et b) définis ci-dessous.

a) Essai sous tension continue $U_t = 4,3 U_n$.

Note : Le courant de charge et le courant de décharge doivent être limités à cinq fois le courant nominal.

9. Thermal stability test (type test)

- 9.1 This test is intended to prove the suitability of the design to operate under long time overload conditions.
- 9.2 Capacitors of the air-cooled type shall be placed under normal cooling conditions in an enclosure where the temperature, measured according to the note of Clause 1.2, is maintained at $40 \pm 3^\circ\text{C}$. Capacitors of the water-cooled type shall have the inlet water temperature maintained at $30 \pm 2^\circ\text{C}$ with the flow maintained at not more than the minimum rate specified on the nameplate or instruction sheet (see Clause 11). After all parts of the capacitor have attained a stable temperature, the capacitor shall be subjected to the voltage defined in Clause 8.4.

The duration T of the test from application of the voltage shall be 48 hours or more at the discretion of the manufacturer. The tangents of the loss angles $\tan \delta_1$, $\tan \delta_2$ and $\tan \delta_3$ shall be measured respectively at the points of time $T/3$, $T/2$ and T at any convenient frequency, provided that the same frequency is used for the three measurements. The capacitor may have to be switched off for a short period for the loss angle measurement. If so, any forced cooling shall be discontinued at the moment of switching off.

The measured values of $\tan \delta$ shall satisfy either the condition:

$$\tan \delta_1 + \tan \delta_3 \leq 2 \tan \delta_2 < 2.1 \tan \delta_1$$

or the condition:

$$\tan \delta_1 \geq \tan \delta_2 \geq \tan \delta_3$$

Note: For capacitors with intermittent or non-continuous operating ratings, the test shall be made on a cycle consistent with the capacitor rating, the details of which shall be agreed between manufacturer and purchaser.

- 9.3 If difficulties arise in checking thermal stability by measuring $\tan \delta$ on the whole capacitor unit, it may be replaced by one of the two following procedures:
- measurement of $\tan \delta$ of those elements of the complete capacitor unit under test, which have the highest temperature, the complete unit being subjected to the test voltage; for this purpose additional terminals connected to the hottest elements shall be provided on the capacitor unit,
 - measurement of the temperature-rise of the container or of the cooling water. The temperature-rise shall reach a stable value.
- 9.4 The capacitance shall be measured before and after the test at the temperature defined in Clause 9.2. The difference in capacitance before and after the test shall not exceed 2%. The capacitance may be measured at a lower frequency, but in any case it must be measured at the same frequency before and after the test.

Note: When checking whether the measured values of $\tan \delta$ and temperature rise satisfy the conditions of Clauses 9.2 and 9.3, any fluctuations of voltage, frequency and ambient temperature or of water-inlet temperature and the amount of cooling water during the test shall be taken into account by appropriate correction factors.

10. Voltage tests

10.1 Test between terminals (routine test)

Every unit shall be subjected for not less than 10 seconds to either test *a*) or *b*) below.

- a*) A d.c. test, the test voltage being $U_t = 4.3 U_n$.

Note: The charging and discharging current shall be limited to five times the rated current.

b) Essai sous tension alternative de valeur efficace $U_t = 2,15 U_n$.

La tension alternative doit être pratiquement sinusoïdale; sa fréquence doit être comprise entre 15 et 100 Hz.

10.2 Essai entre bornes et cuve sous tension alternative (essai individuel)

Chaque unité doit être soumise pendant au moins 10 secondes à un essai entre les bornes réunies entre elles et la cuve, sous une tension alternative pratiquement sinusoïdale, de fréquence comprise entre 15 et 100 Hz et de valeur efficace

$$U_t = 2 U_n + 1\,000 \text{ V avec un minimum de } 2\,000 \text{ V.}$$

Cet essai s'applique aux condensateurs dont toutes les bornes sont isolées de la cuve. Si l'une des bornes est réunie en permanence à la cuve, il n'y a pas lieu d'effectuer cet essai.

Note 1. Si l'isolation entre les bornes et la cuve est soumise à une tension alternative à laquelle est superposée une tension continue, la valeur de U_n dans la formule ci-dessus doit être remplacée par la valeur de crête de la tension totale divisée par $\sqrt{2}$.

Note : Pour les unités destinées à être utilisées comme condensateurs série, la valeur de U_n dans la formule ci-dessus doit être remplacée par la valeur de la tension nominale du réseau d'alimentation à fréquence moyenne, indiquée sur la plaque signalétique (voir la note 2 de l'article 11).

D — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES

11. Plaque signalétique

Les indications suivantes doivent figurer sur la plaque signalétique de tous les condensateurs unitaires:

- 1) constructeur
- 2) numéro d'identification
- 3) puissance nominale en kvar ou capacité équivalente en μF
- 4) tension nominale U_n en V ou kV
- 5) fréquence nominale en Hz ou kHz
- 6) dispositif de décharge, s'il existe
- 7) pour les condensateurs à refroidissement par air: valeur maximale admissible pour la température de la cuve
pour les condensateurs à refroidissement par eau: valeur maximale admissible pour la température de l'eau à la sortie et valeur maximale admissible pour la pression d'eau
- 8) facteur nominal de service et durée du cycle nominal de service (seulement pour les condensateurs à fonctionnement normal discontinu).

Une place doit être réservée pour l'indication de la valeur de la capacité ou du courant, mesurée sous la tension nominale et à la fréquence nominale. Les valeurs mesurées peuvent être indiquées en valeur absolue ou en pourcentage des valeurs correspondant à la puissance nominale.

Les indications N^{os} 7 et 8 peuvent être données sur une feuille d'instruction. Dans ce cas, la plaque signalétique doit faire référence à cette feuille.

La quantité minimale d'eau de refroidissement pour les condensateurs à refroidissement par eau, et toute autre indication importante doivent être données soit sur la plaque signalétique, soit sur une feuille d'instruction. Dans ce dernier cas, la plaque signalétique doit faire référence à cette feuille.

Note 1. Pour des unités destinées à être utilisées sous une tension alternative à laquelle est superposée une tension continue, on doit indiquer au point 4, Tension nominale, les deux tensions, c'est-à-dire la valeur efficace de la tension alternative et la tension continue.

Note 2. Pour des unités destinées à être utilisées comme condensateurs séries, la tension nominale du réseau d'alimentation à fréquence moyenne doit être indiquée en plus de la tension nominale du condensateur.

b) An a.c. test, the r.m.s. test voltage being $U_t = 2.15 U_n$.

The a.c. test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage at a frequency between 15 and 100 Hz (c/s).

10.2 A.C. test between terminals and container (routine test)

Every unit shall be subjected for not less than 10 seconds to a test between terminals (joined together) and the container with a substantially sinusoidal a.c. voltage of a frequency between 15 and 100 Hz (c/s) and having an r.m.s. value of

$$U_t = 2 U_n + 1\,000 \text{ V, with a minimum of } 2\,000 \text{ V.}$$

This test applies to capacitors with all terminals insulated from the container. If one terminal is connected permanently to the container, this test shall not be carried out.

Note 1. If the insulation between terminals and container is subjected to an a.c. voltage with superimposed d.c. voltage, the value U_n in the above formula for U_t shall be replaced by the peak value of the total voltage divided by $\sqrt{2}$.

Note 2. For units intended to be used as series capacitors, the value U_n in the above formula for U_t shall be replaced by the rated voltage of the medium-frequency system marked on the nameplate (see note 2 to Clause 11)

D — RATINGS

11. Nameplate

The following information shall be given on the nameplate of each capacitor unit:

- 1) manufacturer
- 2) identification number
- 3) rated output in kvar or equivalent capacitance in μF
- 4) rated voltage U_n in V or kV
- 5) rated frequency in Hz (c/s) or kHz (kc/s)
- 6) discharge device, if built in
- 7) for air-cooled capacitors: Maximum permissible container temperature
for water-cooled capacitors: Maximum permissible water outlet-temperature and maximum permissible water pressure
- 8) rated duty factor and the duration of the rated duty cycle (for units with non-continuous rating only).

A place shall be reserved for the measured capacitance or the measured current at rated voltage and rated frequency. These measured values may be indicated as absolute values or as percentages of the values equivalent to the rated output.

The information of Items 7 and 8 may be given in an instruction sheet, provided that the nameplate bears a reference to the instruction sheet.

The minimum quantity of cooling water for water-cooled capacitors, and any other information which is of importance, shall be stated either on the nameplate or in an instruction sheet. In the latter case the nameplate shall bear a reference to this instruction sheet.

Note 1. For units intended to be used on a.c. voltage with superimposed d.c. voltage, both the a.c. voltage (r.m.s. value) and the d.c. voltage shall be shown under Item 4, Rated voltage.

Note 2. For units intended for use as series capacitors, the rated voltage of the medium-frequency supply system shall be given in addition to the rated voltage of the capacitor.

12. Surcharges admissibles

La tension, le courant et la fréquence en service continu ou pendant le cycle nominal de service ne doivent pas dépasser les valeurs nominales, à l'exception des phénomènes transitoires.

Note : Pour quelques applications, une augmentation temporaire de la tension est nécessaire au commencement de chaque période de fonctionnement. La valeur et la durée admissibles de l'augmentation doivent être convenues entre le constructeur et l'acheteur.

E — DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION

13. Généralités

Comparées à celles des condensateurs pour 50 ou 60 Hz de mêmes dimensions, la puissance et les pertes des condensateurs à fréquence moyenne sont tellement élevées, que leur construction et leur service sont déterminés par la dissipation de la chaleur. En conséquence, parmi les essais, la mesure des pertes (article 8) et l'essai de stabilité thermique (article 9) sont d'une importance spéciale. Pour les mêmes raisons, il est nécessaire de surveiller soigneusement les conditions de service qui influencent l'échauffement, y compris la tension, le courant, la fréquence et le refroidissement.

Les recommandations suivantes pour l'installation et l'utilisation ne concernent que les points les plus importants. Les instructions des constructeurs doivent en outre être suivies.

14. Conditions électriques de service

- 14.1 Les condensateurs pour fréquences moyennes sont prévus pour un fonctionnement à la température interne maximale admissible. Cela s'applique au fonctionnement à la puissance nominale, soit en service continu, soit au facteur nominal de service, comme il est indiqué sur la plaque signalétique. Pour être sûr que la température admissible ne sera pas dépassée, la tension et la fréquence maximales ne doivent pas dépasser les valeurs nominales pendant le service normal (compte non tenu des phénomènes transitoires) et le cycle de service ne doit pas être plus sévère que le cycle nominal. Pour une augmentation temporaire éventuelle de la tension, il faut se rapporter à la note de l'article 12.
- 14.2 Généralement, la tension des générateurs à fréquences moyennes ne contient pas d'harmoniques supérieurs importants. Cependant, si des harmoniques supérieurs existent, la tension nominale du condensateur doit être choisie de sorte qu'en service normal, le courant absorbé à la tension nominale et à la fréquence nominale ne soit pas dépassé, sauf convention contraire entre le constructeur et l'acheteur.
- 14.3 Si dans des conditions exceptionnelles, on ne peut disposer du plein débit du fluide de refroidissement, soit en cas d'air forcé, soit en cas de refroidissement par eau, il est nécessaire de réduire la tension du condensateur. Le constructeur doit être consulté au sujet de cette réduction.

15. Refroidissement par air

- 15.1 Les caractéristiques nominales des condensateurs à fréquences moyennes refroidis par air sont fondées sur la température maximale de la cuve indiquée à la plaque signalétique. La disposition des condensateurs doit assurer une bonne circulation d'air autour de toutes les unités, et la ventilation de l'installation doit être telle que la température indiquée ne soit pas dépassée. La température de la cuve devrait être contrôlée de temps en temps par l'utilisateur.
- 15.2 Dans le cas de refroidissement forcé par air, le débit d'air doit être conforme aux indications du constructeur. Le fonctionnement des ventilateurs doit être contrôlé régulièrement et la température de l'air à l'entrée ne doit pas dépasser 40°C.

12. Permissible overloads

The voltage, current and frequency in continuous operation or at the rated duty cycle shall not exceed the rated values, excluding transients.

Note : In some applications a voltage increase is required for a short time at the beginning of each operating period. The permissible value and duration of the voltage increase above the rated capacitor voltage shall be agreed upon between the manufacturer and purchaser.

E — GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

13. General

In comparison with capacitor units of the same size for 50 or 60 Hz (c/s), the output and the losses of medium-frequency capacitor units are so high that their design and their operation are governed by heat dissipation. Consequently among the tests the measurement of losses (Clause 8) and the thermal stability test (Clause 9) are of special importance. For the same reason, it is necessary to check carefully the operating conditions which influence heating, including voltage, current, frequency and cooling.

The following information on installation and operation relates only to the most important points to be considered. In addition, the instructions of the manufacturer must be followed.

14. Electrical operating conditions

14.1 Medium-frequency capacitors are designed for operation at the maximum permissible internal temperature. This applies for operation at the rated output, either continuously or at the rated duty factor, as indicated on the nameplate. In order to make sure that the permissible temperature is not exceeded, the maximum voltage and frequency during normal operation shall not exceed the rated voltage and frequency of the capacitor (excluding transients), and the operating duty cycle shall not be more severe than the rated duty cycle.

For a possible short-time voltage increase above the rated voltage see the note of Clause 12.

14.2 Generally, the content of higher harmonics of the voltage of medium-frequency generators is not important. If, however, higher harmonics are present, the rated capacitor voltage shall be so chosen that, during normal operation, the capacitor current which would flow at rated sinusoidal voltage and rated frequency, is not exceeded, unless otherwise agreed upon between manufacturer and purchaser.

14.3 If under exceptional circumstances, the full amount of cooling by either forced air or water cooling is not available, a reduction of the permissible capacitor voltage is necessary. The manufacturer shall be consulted in regard to this reduction.

15. Air cooling

15.1 The rating of air-cooled medium-frequency capacitors is based upon a maximum container temperature as specified on the nameplate. Capacitors shall be so arranged as to provide good air circulation around each unit, and the ventilation of the equipment shall be such that the specified container temperature is not exceeded. The container temperature should be checked from time to time by the user.

15.2 In the case of forced air-cooling, the quantity of air per minute shall be in accordance with the manufacturer's specification. The operation of the blowers shall be checked regularly and the temperature of the ingoing air shall not exceed 40°C.

Note : Normalement, les condensateurs à refroidissement forcé ne peuvent fonctionner avec sécurité que pendant une période très courte après un défaut de circulation du fluide de refroidissement. Il est recommandé de prévoir des dispositifs qui actionnent une alarme et/ou coupent l'alimentation des condensateurs en cas de tels défauts.

- 15.3 Si les condensateurs sont exposés au rayonnement du soleil ou d'une surface à haute température, il peut être nécessaire de les protéger contre ce rayonnement. La nécessité d'une telle protection dépend de la température ambiante, de l'intensité du rayonnement et de l'intensité du refroidissement. Les dispositions nécessaires seront prises en accord avec le constructeur.

16. Refroidissement par eau

- 16.1 Les caractéristiques nominales des condensateurs à refroidissement par eau sont fondées sur la température maximale admissible de l'eau à l'entrée (voir article 1.2). Le débit de l'eau doit être tel que la température de l'eau à la sortie ne dépasse pas la valeur indiquée sur la plaque signalétique. La température de l'eau à la sortie doit être contrôlée régulièrement. Le constructeur doit indiquer le débit nécessaire pour différentes températures de l'eau à l'entrée.
- 16.2 Des indicateurs de circulation d'eau doivent être prévus dans chaque canalisation d'alimentation, afin de contrôler si le débit est suffisant. Les indicateurs de circulation d'eau et de température de l'eau à la sortie doivent être combinés avec un appareil d'alarme pour assurer une circulation convenable en tout temps. La note de l'article 15.2 s'applique aussi à ce cas.
- 16.3 Il faut contrôler que la pression de l'eau ne dépasse pas la valeur indiquée sur la plaque signalétique du condensateur. Cela s'applique spécialement à la connexion en série des canalisations.
- 16.4 L'eau de refroidissement ne doit pas contenir des sédiments ou des matériaux corrosifs qui puissent en gêner la circulation. Avant de mettre les condensateurs sous tension, on doit vérifier que la circulation d'eau est correcte. Le débit et la pression de l'eau de refroidissement doivent être contrôlés à intervalles réguliers.
- 16.5 Si l'on utilise un montage en série des condensateurs ou si les cuves sont isolées de la terre, des connexions isolantes sont nécessaires entre les canalisations qui sont à des potentiels différents par rapport à la terre.

17. Appareillage de coupure, appareillage de protection et connexions

- 17.1 L'appareillage de coupure, l'appareillage de protection et les connexions doivent être conçus de manière à supporter le courant maximal qui se présente en régime normal.
- Etant donné que cet appareillage est normalement conçu pour une fréquence de 50 ou 60 Hz, il faut tenir compte d'un facteur de sécurité convenable. En général il s'est avéré satisfaisant de choisir un appareillage pouvant supporter en permanence un courant à 50 ou 60 Hz égal à 1,5 à 2 fois le courant nominal du condensateur.

Pour les connexions, il faut tenir compte des pertes additionnelles provoquées par la répartition inégale du courant dans la section du conducteur, spécialement dans le cas des barres.

- 17.2 Lorsqu'un condensateur doit être enclenché en parallèle avec d'autres déjà en service, les appareils de coupure et de protection, et les connexions doivent être capables de supporter les contraintes électrodynamiques et thermiques résultant de la valeur élevée du courant transitoire qui peut se produire à l'enclenchement.

Lorsque la considération des contraintes électrodynamiques et thermiques conduit à un dimensionnement exagéré, il est nécessaire de prendre des dispositions particulières pour réduire les surintensités transitoires à l'enclenchement, par exemple en effectuant l'enclenchement par l'intermédiaire d'une résistance, ou en insérant des inductances dans le circuit d'alimentation de chaque fraction de la batterie.