

Commission Electrotechnique Internationale
(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation - ISO)

International Electrotechnical Commission
(affiliated to the International Organization for Standardization - ISO)

**Spécification
pour
condensateurs de réseau**

Première édition (2^{ème} Partie)

**Specification
for capacitors
for power systems**

First edition (Part II)



Bureau Central de la C E I
Genève (Suisse)

1955

Droits de reproduction réservés

Central Office of the I E C
Geneva (Switzerland)

1955

Copyright All rights reserved

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60070-2:1955

Withdrawn

Commission Electrotechnique Internationale

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

International Electrotechnical Commission

(affiliated to the International Organization for Standardization - ISO)

Spécification pour condensateurs de réseau

Première édition (2ème Partie)

Specification for capacitors for power systems

First edition (Part II)



Bureau Central de la C E I
Genève (Suisse)

1955

Droits de reproduction réservés

Central Office of the I E C
Geneva (Switzerland)

1955

Copyright All rights reserved

SOMMAIRE

| | Pages |
|---|-------|
| Préambule | 4 |
| Préface | 4 |
| D — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES | |
| Articles | |
| 14 Plaque signalétique | 6 |
| 15 Surcharges admissibles | 6 |
| E — DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION | |
| 16 Généralités | 8 |
| 17 Choix de la tension nominale | 8 |
| 18 Température de service | 8 |
| 19 Surtensions | 10 |
| 20 Surintensités | 10 |
| 21 Appareillage de coupure, appareillage de protection et connexions | 12 |
| 22 Choix de la classe d'essai I ou E | 14 |
| 23 Condensateurs raccordés à un réseau utilisant la télécommande à fréquence musicale | 16 |

INDEX

| | Page |
|----------|------|
| Foreword | 5 |
| Preface | 5 |

D — RATINGS

Clause

| | |
|--------------------------|---|
| 14 Nameplate | 7 |
| 15 Permissible overloads | 7 |

E — GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

| | |
|--|----|
| 16 General | 9 |
| 17 Choice of the rated voltage | 9 |
| 18 Operating temperature | 9 |
| 19 Overvoltages | 11 |
| 20 Overload currents | 11 |
| 21 Switching and protective devices and connections | 13 |
| 22 Choice of test classes I and E | 15 |
| 23 Capacitors connected to systems with audio-frequency remote control | 17 |

SPÉCIFICATION POUR CONDENSATEURS DE RÉSEAU

Première édition (2^{ème} partie)

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 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 bases fondamentales 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

La présente publication constitue la seconde partie des « Spécifications pour condensateurs de réseau » dont la première partie, 70-1, a été publiée il y a quelques mois

Le premier projet de cette seconde partie a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en avril 1953. Un projet modifié fut soumis à nouveau aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en avril 1954

Les 12 pays suivants ont explicitement donné leur accord à cette publication :

| | |
|-----------------------|-------------|
| Allemagne | Norvège |
| Autriche | Pays-Bas |
| Etats-Unis d'Amérique | Royaume-Uni |
| Belgique | Suède |
| France | Suisse |
| Japon | Yougoslavie |

SPECIFICATION FOR CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS

First edition (Part II)

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 recognised 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

This publication forms the second part of the "Specification for capacitors for power systems", the first part of which, 70-1, was published a few months ago

The first draft of this second part was submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1953. A revised text was submitted to National Committees for approval under the Two Months' Procedure in April 1954

The following 12 countries voted explicitly in favour of the publication:

| | |
|-------------|----------------|
| Austria | Norway |
| Belgium | Sweden |
| France | Switzerland |
| Germany | United Kingdom |
| Japan | U S A |
| Netherlands | Yugoslavia |

SPÉCIFICATION POUR CONDENSATEURS DE RÉSEAU

2^{ème} PARTIE

D — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES

Les indications suivantes doivent figurer sur la plaque signalétique de tous les condensateurs unitaires (sauf exception prévue dans la note 2)

14 Plaque signalétique

- 1 Constructeur
- 2 Numéro d'identification
- 3 Puissance réactive nominale en kvar ou capacité équivalente en μF
- 4 Tension nominale U_n en V ou kV
- 5 Fréquence nominale en Hz
- 6 Symbole du montage
- 7 Tension nominale d'isolement U_i en kV
- 8 Classe d'essai C E I (I ou E)
- 9 Dispositif de décharge, s'il existe

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.

Si d'autres indications sont importantes pour la sécurité des personnes ou du matériel, elles doivent être données, soit sur la plaque signalétique, soit sur une feuille d'instructions. Dans ce dernier cas, la plaque signalétique doit faire référence à cette feuille.

Note 1 — Les symboles de montage sont les suivants :

Δ = triangle

λ = étoile

λ = étoile avec borne neutre

aucune indication = monophasé

Note 2 — Dans le cas des petites unités, pour lesquelles il serait peu pratique de porter toutes les indications mentionnées ci-dessus sur la plaque signalétique, les indications N^{os} 6, 7, 8 et 9 pourront être reportées sur une feuille d'instructions. Dans ce cas, la plaque signalétique doit faire référence à cette feuille.

15 Surcharges admissibles

- 15 1 *Tension maximum admissible* — Les condensateurs doivent pouvoir supporter, entre bornes, toute tension alternative dont la valeur efficace ne dépasse pas 1,10 fois la tension nominale, compte non tenu des tensions transitoires (voir cependant l'article 17)
- 15 2 *Courant maximum admissible* — Les condensateurs unitaires doivent pouvoir supporter en permanence tout courant dont la valeur efficace ne dépasse pas 1,30 fois le courant qui traverse soumis à une tension sinusoïdale de valeur efficace égale à la tension nominale et de fréquence le condensateur égale à la fréquence nominale, à l'exception des courants transitoires

SPECIFICATION FOR CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS

PART II

D — RATINGS

The following information shall be given on the nameplate of each capacitor unit (except as provided in Note 2):

14 Nameplate

- 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)
- 6 Connection symbol
- 7 Rated insulation voltage U_i in kV
- 8 I E C test class (I or E)
- 9 Discharge device, if built in

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.

If further information is of importance for the safety of persons or equipment, this 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 — The type of connection shall be indicated by the following symbols:

- Δ = delta
- \star = star
- \star = star, neutral brought out
- no indication = single phase

Note 2 — For small capacitor units where it is impracticable to indicate all the above items on the nameplate, the items Nos 6, 7, 8 and 9 may be stated in an instruction sheet. The nameplate shall bear a reference to this sheet.

15 Permissible overloads

- 15 1 *Maximum permissible voltage* — Capacitor units shall be suitable for operation at an r m s voltage between terminals not exceeding 1.10 times the rated voltage, excluding transients (see however Clause 17)
- 15 2 *Maximum permissible current* — Capacitor units shall be suitable for continuous operation at an r m s line current not exceeding 1.30 times the current which occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency, excluding transients

16 Généralités

Contrairement à la plupart des appareils électriques, les condensateurs branchés en dérivation, soit entre phases, soit entre phase et terre, travaillent toujours au voisinage de leur charge normale lorsqu'ils sont en service

La durée de vie des condensateurs est réduite par la surcharge et par les échauffements anormaux, en conséquence, le contrôle des conditions de service: température, tension et courant, est nécessaire. D'autre part, l'insertion d'une admittance capacitive concentrée dans un réseau peut perturber la bonne marche du service (amplification des courants harmoniques, autoexcitation des machines tournantes, surtensions lors des manœuvres, mauvais fonctionnement des systèmes de télécommandes à fréquence musicale)

Étant donné les différences entre les divers types de condensateurs et la multiplicité des facteurs qui interviennent, il n'est pas possible d'établir des règles simples d'installation et de service qui couvrent tous les cas. Les recommandations suivantes ne concernent que les principaux points à considérer. Les instructions complémentaires des constructeurs et des distributeurs doivent être suivies, en particulier en ce qui concerne la mise hors service des condensateurs aux heures de faible charge

17 Choix de la tension nominale

17.1 La tension nominale des condensateurs devrait être au moins égale à 95 % de la tension la plus élevée susceptible d'être maintenue pendant un temps appréciable à leurs bornes

Note — Étant donné l'incertitude sur la valeur de la tension qui sera réellement atteinte en service, il n'est pas recommandé de fixer la tension nominale à 91 % de la tension maximum, ce qui serait admissible d'après le paragraphe 15.1

17.2 Pour déterminer conformément au paragraphe 17.1 la tension maximum susceptible d'être maintenue aux bornes du condensateur, il faut tenir compte des éléments suivants:

- a) Les condensateurs provoquent une élévation de tension à l'endroit où ils sont placés, cette élévation de tension peut même être plus importante pour certains harmoniques. La tension appliquée aux condensateurs sera donc généralement plus élevée que celle mesurée avant l'installation
- b) La tension aux bornes du condensateur peut être très élevée aux heures de faible charge. Dans ce cas une fraction ou la totalité des condensateurs devrait être coupée (Voir aussi le paragraphe 20.3)
- c) Lorsque des bobines de self-induction sont montées en série avec les condensateurs, afin de réduire les courants harmoniques (voir le par. 20.4b) ou les courants utilisés pour la télécommande (voir le par. 23), il faut tenir compte de l'élévation de la tension aux bornes des condensateurs, due à la présence de cette bobine

17.3 C'est seulement temporairement et en cas de nécessité absolue, que les condensateurs devraient fonctionner sous les limites supérieures de la tension et de la température ambiante, atteintes simultanément

18 Température de service

18.1 L'échauffement prévu pour les condensateurs est plus faible que celui qui est prévu pour la plupart des autres appareils électriques, pour les raisons suivantes

- a) Les condensateurs fonctionnent toujours à pleine charge, au contraire des autres appareils, dont la charge est généralement soumise à des variations, ce qui réduit l'échauffement moyen

E GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION

16 General

Unlike most electrical apparatus, shunt capacitors and capacitors connected between line and earth operate continuously at full load during service, subject only to the voltage variation

Overstressing and overheating shorten the life of capacitors 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)

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

17 Choice of the rated voltage

- 17.1 The rated voltage of the capacitor should not be less than 95% of the highest voltage that may be expected to be maintained on the capacitor terminals for an appreciable time

Note — Owing to the uncertainty of the value of the highest operating voltage which may actually be attained in service, it is not recommended that the rated voltage be chosen as 91% of the maximum voltage, which would be permissible as a limit according to Clause 15.1

- 17.2 When determining the voltage to be expected on the capacitor terminals according to Clause 17.1, the following considerations shall be taken into account:

- a) Capacitors cause a voltage rise at the point where they are located, this voltage rise may be even greater for any harmonics that may be present. 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, in such cases part or all of the capacitors should be switched off (See also Clause 20.3)
- c) When reactors are connected in series with capacitors to reduce harmonic currents (see Clause 20.4b) or currents used for control purposes (see Clause 23), consideration shall be given to the voltage rise on the capacitor terminals above the system voltage due to the presence of the reactor

- 17.3 Only in case of emergency should capacitors be operated at the upper limits of voltage and ambient temperature simultaneously

18 Operating temperature

- 18.1 Capacitors are designed to operate at lower temperature rise than most other electrical apparatus for the following reasons:

- a) Capacitors operate at full load continuously which eliminates the benefit of a reduced average temperature rise derived from the usual load cycle under which most other apparatus operates

- b) Les condensateurs sont prévus pour fonctionner sous des contraintes diélectriques relativement élevées. L'existence simultanée de ces contraintes et d'une température de service élevée raccourcirait la durée de vie des appareils.
- 18 2 Les caractéristiques des condensateurs tiennent compte des températures ambiantes maxima définies au paragraphe 1 2, mais elles supposent que la chaleur produite par les pertes diélectriques des condensateurs peut se dissiper convenablement par rayonnement et par convection.

A cet égard, les considérations suivantes sont importantes :

- a) La ventilation de la salle et la disposition des condensateurs unitaires doivent assurer une bonne circulation d'air autour de toutes les unités. Ceci s'applique spécialement au cas où les unités sont disposées en rangées superposées.
- b) La température des condensateurs est plus élevée lorsqu'ils sont exposés au rayonnement du soleil ou de toute surface à haute température. Suivant la valeur de la température ambiante, l'intensité et la durée du rayonnement, il peut être nécessaire de protéger les condensateurs contre ce rayonnement ou d'utiliser des condensateurs de tension nominale plus élevée, ou contruits convenablement.
- 18 3 La température maximum admissible de la cuve doit être indiquée par le constructeur et la température de service devrait être contrôlée de temps en temps par l'utilisateur.

Note — Il est impossible d'indiquer une limite valable dans tous les cas pour la température de la surface de la cuve du condensateur, à cause des différences entre les divers types et entre les gradients internes de température. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'essai de stabilité (article 10) a été introduit.

19 Surtensions

- 19 1 Des surtensions transitoires élevées peuvent se manifester à la coupure des condensateurs si l'interrupteur permet des réamorçages de l'arc. Il est recommandé de choisir avec soin des interrupteurs qui ne donnent pas lieu à des surtensions excessives.
- 19 2 Les condensateurs qui risquent d'être soumis à des surtensions atmosphériques élevées devraient être protégés d'une façon appropriée. S'il est fait usage de parafoudres, ceux-ci doivent être montés aussi près que possible des condensateurs.
- 19 3 Lorsqu'un condensateur est connecté en permanence aux bornes d'un moteur, des difficultés peuvent s'élever lorsqu'on sépare cet ensemble du réseau. Le moteur continue à tourner et le condensateur peut permettre une auto-excitation, une tension qui peut être considérablement supérieure à celle du réseau est ainsi engendrée.

Toutefois ce risque peut généralement être évité en choisissant un condensateur dont le courant est inférieur au courant magnétisant du moteur. Cette condition est généralement remplie si le facteur de puissance de l'ensemble, à pleine charge, ne dépasse pas 0,95 AR. Par précaution, il est recommandé de ne pas toucher, avant l'arrêt, les parties sous tension d'un moteur auquel un condensateur est connecté directement.

Note — Dans le cas où le moteur entraîne une charge de grande inertie, on peut rencontrer des difficultés supplémentaires même si les conditions ci-dessus sont remplies. Si la tension est rétablie rapidement après une coupure, l'arbre de transmission peut être soumis à un couple inadmissible.

- 19 4 Dans le cas où un condensateur est branché aux bornes d'un moteur muni d'un démarreur étoile-triangle, le montage doit être tel qu'aucune surtension ne puisse apparaître au cours des opérations de démarrage.

20 Surintensités

- 20 1 Les condensateurs ne devraient jamais être traversés par un courant dépassant le courant maximum défini au paragraphe 15 2.

- b) Capacitors are designed to operate at comparatively high dielectric stresses. The combination of these stresses with high working temperature would result in shortened life.
- 18 2 Capacitor ratings are based on the maximum ambient temperatures specified in Clause 1 2 assuming adequate dissipation by radiation and convection of the heat produced by the capacitor losses. In this respect the following points are important:
- a) 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 above each other.
- b) The temperature of capacitors subjected to radiation from the sun or from any surface at a high temperature will be increased. Depending upon the ambient temperature and the intensity and duration of the radiation, it may be necessary to protect the capacitors from the radiation or to employ capacitors with a higher rated voltage or otherwise suitably designed.
- 18 3 The maximum permissible temperature of the container shall be specified by the manufacturer and the operating temperature should be checked by the user from time to time.

Note — Universally valid values for the maximum permissible temperature of the surface of the container cannot be given because of the different types of capacitors and the different internal temperature drops. This is one of the reasons why the stability test (Clause 10) has been introduced.

19 Overvoltages

- 19 1 High overvoltage transients may be encountered when capacitors are disconnected by switching devices which allow restriking. Caution is recommended to select switching devices which operate without causing excessive overvoltage due to restriking.
- 19 2 Capacitors which are liable to be subjected to high overvoltage by lightning should be adequately protected. If lightning arresters are used, they should be located as near as possible to the capacitors.
- 19 3 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. This, however, can usually be prevented by ensuring that the capacitor current is less than the magnetising current of the motor. This condition is generally fulfilled if the power factor of the motor at full load is not corrected to above 0.95 lagging. As a precaution live parts of a motor to which a capacitor is permanently connected, should not be handled before the motor stops.
- Note* — Even if the above condition is fulfilled difficulties may arise when the motor drives a high inertia load. If the supply is restored quickly after an interruption an excessive shaft torque may occur.
- 19 4 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.

20 Overload currents

- 20 1 Capacitors should never be operated with currents exceeding the maximum value specified in Clause 15 2.

- 20 2 L'origine des surcharges peut être soit la valeur excessive de la tension fondamentale, soit la présence d'harmoniques, soit la coexistence de ces deux circonstances. Les sources d'harmoniques les plus importantes sont les redresseurs et les noyaux saturés des transformateurs.
- 20 3 Si l'élévation de la tension aux heures de faible charge du réseau est accrue par des condensateurs, la saturation des noyaux des transformateurs peut être considérable. Dans ce cas des harmoniques importants peuvent prendre naissance et l'un d'eux peut être amplifié par résonance de l'ensemble transformateur-condensateur. C'est une raison supplémentaire pour recommander de mettre hors service les condensateurs aux heures de faible charge, comme il est dit au paragraphe 17 2b.
- 20 4 Si le courant dans le condensateur dépasse le courant maximum admissible défini au paragraphe 15 2, la tension ne dépassant pas la limite de $1,10 U_n$ indiquée au paragraphe 15 1, il convient de rechercher quel est l'harmonique prédominant afin de choisir le meilleur remède. Les remèdes suivants peuvent être envisagés :
- Déplacement d'une partie ou de la totalité des condensateurs
 - Montage d'une bobine de self-induction en série avec les condensateurs, afin d'abaisser la fréquence de résonance du circuit au-dessous de celle de l'harmonique perturbateur
 - Augmentation de la capacité, si le condensateur est raccordé près d'un redresseur
- 20 5 La forme de l'onde de la tension et les caractéristiques du circuit devraient être déterminées avant et après l'installation du condensateur, spécialement s'il existe des sources d'harmoniques, telles que des gros redresseurs.

21 Appareillage de coupure, appareillage de protection et connexions

- 21 1 L'appareillage de coupure, l'appareillage de protection et les connexions doivent être conçus de manière à supporter en permanence un courant égal à 1,3 fois le courant susceptible d'être obtenu sous une tension sinusoïdale de valeur efficace égale à la tension nominale et à la fréquence nominale.

Note — Il résulte des règles d'établissement des condensateurs (voir l'article 8 2) que ce courant est au maximum égal à 1,5 fois le courant nominal. De plus, l'échauffement dû aux harmoniques peut dépasser celui d'un courant correspondant de la fréquence fondamentale à cause de l'effet pelliculaire.

- 21 2 L'appareillage de coupure, l'appareillage de protection et les connexions doivent pouvoir supporter les contraintes électrodynamiques et thermiques dues aux surintensités transitoires d'amplitude et de fréquence élevées qui peuvent se produire à l'enclenchement. De telles surintensités sont particulièrement à craindre lorsqu'on enclenche une fraction de batterie en parallèle avec d'autres déjà en service.

Lorsque la considération des contraintes électrodynamiques et thermiques conduirait 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.

Note 1 — En particulier, il faut choisir des fusibles ayant une capacité thermique suffisante.

Note 2 — Dans certains cas, par exemple dans le cas où les condensateurs sont commandés automatiquement, des enclenchements répétés à des intervalles de temps relativement courts peuvent se produire. L'appareillage de coupure et l'appareillage de protection, les fusibles en particulier, doivent être choisis de façon à supporter ces conditions.

- 21 3 L'appareillage de coupure doit être conçu de manière à ne pas engendrer de surtensions importantes par réamorçage de l'arc (voir aussi le paragraphe 19 1). Pour cette raison ces dispositifs devraient par exemple être construits de façon à assurer une coupure et une fermeture rapides ou être munis de résistances auxiliaires.

- 20 2 Overload currents may be caused either by excessive voltage at the fundamental frequency or by harmonics, or both. The most important sources of harmonics are rectifiers and saturated transformer cores.
- 20 3 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 transformer and capacitor. This is a further reason for recommending the disconnection of capacitors at times of light load, as referred to in Clause 17 2b).
- 20 4 If the capacitor current exceeds the maximum value specified in Clause 15 2, whilst the voltage is within the permissible limit of $1.10 U_n$, specified in Clause 15 1, the predominating harmonic should be determined in order to find the best remedy. The following remedies should be considered:
- Moving some or all of the capacitors to other parts of the system.
 - 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.
 - Increase of the value of the capacitance where the capacitor is connected close to rectifiers.
- 20 5 The voltage wave form and the circuit characteristics should be determined before and after installing the capacitor, especially if sources of harmonics such as large rectifiers are present.

21 Switching and protective devices and connections

- 21 1 The switching and protective devices and the connections shall be designed to carry continuously a current of 1.3 times the current which would be obtained with a sinusoidal voltage of r.m.s. value equal to the rated voltage at the rated frequency.

Note — From the rules for the design of capacitors (see Clause 8 2) this current will have a maximum value of 1.5 times the rated current.

Further, harmonic components, if present, may have a greater heating effect than the corresponding fundamental component, due to the skin effect.

- 21 2 The switching and protective devices and the connections shall be capable of withstanding the electro-dynamic and thermal stresses which are caused by transient overcurrents of high amplitude and frequency which may occur at switching-on. Such transient effects are to be expected especially when a section of a capacitor bank is switched in parallel with other sections which are already energized.

When consideration of the electro-dynamic and thermal stresses would lead to excessive dimensions, special precautions, such as resistance switching, or insertion of reactors in the supply circuit to each section of the battery, should be taken to reduce these transient effects.

Note 1 — Fuses in particular should be chosen with adequate thermal capacity.

Note 2 — In certain cases, for example when the capacitors are automatically controlled, repeated switching operations may recur at relatively short intervals of time.

Switchgear and especially fuses must be selected to withstand these conditions.

- 21 3 Switching devices shall be such that high overvoltages due to restriking during breaking operations cannot occur (see also Clause 19 1). Therefore these devices should, for example, be such that a quick opening or closing of the contacts is ensued, or be provided with auxiliary resistors.

Si le mouvement des contacts pendant l'ouverture ou la fermeture peut être influencé par l'opérateur, celui-ci doit suivre les instructions reçues, qui par exemple lui demanderont de manœuvrer l'interrupteur aussi rapidement que possible

Avant de choisir le type d'appareil de coupe qui doit être utilisé dans une installation de condensateurs, il est recommandé de consulter le constructeur de condensateurs ou le constructeur d'interrupteurs

- 21 4 Il est recommandé de protéger les condensateurs contre les surcharges par des relais de surintensité convenables, réglés de façon à donner l'ordre de déclenchement si le courant dépasse le courant maximum admissible défini au paragraphe 15.2 Les fusibles n'assurent pas en général une protection convenable contre les surcharges

Note — La protection contre les surintensités des installations de condensateurs n'assure pas nécessairement par elle-même une protection contre les surtensions, ni en général contre les défauts internes des unités

Dans le cas des batteries composées d'un grand nombre d'unités, la protection contre les défauts internes est particulièrement nécessaire; elle devrait assurer l'élimination du défaut dès qu'il se manifeste dans une unité. Il peut être nécessaire de couper la batterie entière, par exemple dans le cas où des condensateurs sont connectés en série

- 21 5. Lorsqu'une bobine de self-induction à noyau de fer est utilisée, l'attention doit être attirée sur le fait que les harmoniques peuvent provoquer une saturation et un échauffement excessifs du noyau
- 21 6 Tout mauvais contact dans le circuit d'alimentation de condensateurs peut provoquer des petites étincelles engendrant des oscillations à haute fréquence susceptibles de provoquer un échauffement et des contraintes inadmissibles dans les condensateurs. Il est donc recommandé d'inspecter régulièrement tous les contacts des installations de condensateurs

22 Choix de la classe d'essai I ou E

Deux classes d'essai ont été jugées nécessaires pour les raisons suivantes

Classe d'essai I

Lorsque toutes les bornes d'un condensateur sont isolées de la terre, l'isolation entre armatures est différente de l'isolation entre partie active et masse. Si la capacité entre bornes est suffisamment grande pour qu'aucune surtension transitoire élevée ne puisse apparaître entre ces bornes, seul l'isolement entre partie active et masse doit correspondre au niveau d'isolement du réseau auquel le condensateur est raccordé. C'est généralement le cas des gros condensateurs utilisés pour le relèvement du facteur de puissance. Dans ce cas l'isolation entre les bornes et la cuve doit pouvoir supporter la tension d'essai alternative et la tension d'essai de choc correspondant à la tension d'isolement U_i du réseau, tandis que l'isolation entre armatures peut être soumise à des essais moins sévères

Classe d'essai E

Lorsqu'une borne d'un condensateur est reliée à la terre, l'isolation entre armatures est confondue avec l'isolation entre partie active et masse. Si la capacité est petite, des surtensions transitoires importantes peuvent apparaître entre bornes, de sorte que l'isolement entre bornes doit correspondre au niveau d'isolement du réseau. Ceci s'applique en général aux condensateurs de couplage et de protection. Dans ce cas, l'isolation entre bornes doit pouvoir supporter la tension d'essai alternative et la tension d'essai de choc correspondant à la tension d'isolement U_i du réseau

Note — Il est possible de choisir la classe d'essai I pour certains condensateurs dont une borne est reliée en permanence à la cuve, si cette cuve doit être, elle-même, isolée de la terre

Dans certains cas il peut y avoir un doute sur la classe d'essai qu'il convient de choisir, par exemple:

- a) pour les petits condensateurs de correction du facteur de puissance dont les deux bornes sont isolées de la terre, mais qui sont placés en situation exposée (c'est-à-dire qui sont exposés à des ondes de choc)

If the movement of the switch contacts during opening and/or closing can be influenced by the operator, he should follow the relevant instructions, e.g. to operate the switch as quickly as possible

It is recommended that before deciding upon the type of control device to be used with any capacitor installation, either the capacitor manufacturer or the switchgear manufacturer should be consulted

- 21.4 It is recommended that capacitors be protected against overcurrent by means of suitable overcurrent trips which are adjusted to interrupt the circuit when the current exceeds the permissible limit specified in Clause 15.2. Fuses generally do not provide suitable overcurrent protection

Note — Overcurrent protection of a capacitor equipment does not in itself give overvoltage protection, neither in general does it give protection against internal faults of a capacitor unit

The protection against internal faults in a capacitor bank, built up of a multiplicity of units, is especially necessary; suitable means should be provided to isolate automatically and immediately a fault occurring in a unit. It may be necessary to switch off the whole bank, e.g. where series connection of capacitors is used

- 21.5 If iron cored reactors are used, attention should be paid to possible saturation and overheating of the core by harmonics
- 21.6 Any bad contacts in capacitor circuits may give rise to small sparks causing high-frequency oscillations which may overheat and overstress the capacitors. Regular inspection of all contacts of the capacitor equipment is therefore recommended

22 Choice of test classes I and E

Two test classes of capacitors are required for the following reasons:

Test class I

When all terminals of the capacitor are insulated from earth, the dielectric of the capacitor (between terminals) is distinct from the insulation of the active parts of the capacitor itself from earth. If the capacitance between terminals is so large that no high transient voltages can occur across it, then only the insulation between the capacitor terminals and earth must be adequate for the insulation level of the system to which the capacitor is connected. This is generally the case for large capacitors used for power factor correction. In this case, the insulation between terminals and container must be able to withstand the A.C. and impulse test voltages appropriate to the insulation voltage U_i of the system, whilst less severe tests can be applied to the dielectric

Test class E

When one terminal of the capacitor is earthed, the capacitor dielectric itself provides the insulation from earth. High transient voltages may occur across the dielectric if the capacitance is small, so that its dielectric strength must be adequate for the insulation level of the system to which the capacitor is connected. This generally applies to coupling and protection capacitors. In this case the capacitor dielectric must be able to withstand the A.C. and impulse test voltages appropriate to the insulation voltage U_i of the system

Note — Test class I may be selected for some capacitors having one terminal permanently connected to the container provided that the container itself is insulated from earth

Doubtful cases may occur in selecting the appropriate test class, such as

- a) power factor correction capacitors of small capacitance which are used with both terminals insulated from earth but which are placed in exposed locations (that is, liable to be exposed to surge voltages);