

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 143

Deuxième édition — Second edition

1972

Condensateurs-série destinés à être installés sur des réseaux

Series capacitors for power systems



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 143

Deuxième édition — Second edition

1972

Condensateurs-série destinés à être installés sur des réseaux

Series capacitors for power systems



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	8
3. Définitions	8
SECTION DEUX — RÈGLES DE SÉCURITÉ	
4. Dispositifs de décharge	12
5. Connexions de masse	12
6. Autres règles de sécurité	12
SECTION TROIS — NIVEAUX D'ISOLEMENT	
7. Niveaux d'isolement	12
SECTION QUATRE — RÈGLES DE QUALITÉ ET ESSAIS	
8. Prescriptions relatives aux essais	16
9. Mesure de la capacité	20
10. Mesure des pertes du condensateur	20
11. Essais diélectriques entre bornes	22
12. Essais diélectriques entre bornes et cuve	24
13. Essais diélectriques sur les installations de condensateurs	26
14. Essai de décharge	26
15. Essai de stabilité thermique	28
16. Mesure de la température du point chaud	28
17. Essai de tenue au froid	30
18. Essais des fusibles	30
19. Essai du dispositif de décharge interne	32
20. Essai de régénération pour les condensateurs autorégénérateurs métallisés	32
21. Essai d'étanchéité	32
SECTION CINQ — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES	
22. Plaque signalétique et notice d'instructions	32
23. Surcharges admissibles	34
SECTION SIX — EXPLICATIONS CONCERNANT LES ESSAIS ET DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION	
24. Généralités	36
25. Choix des valeurs nominales de la tension et du courant	38
26. Explications concernant les essais diélectriques entre bornes et l'essai de décharge	40
27. Capacité	40
28. Température de service	42
29. Appareillage de protection et de manœuvre	44
30. Choix des niveaux d'isolement	46
31. Phénomènes perturbateurs	48
ANNEXE A — Schémas types de connexion (monophasée uniquement)	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	9
3. Definitions	9
SECTION TWO — SAFETY REQUIREMENTS	
4. Discharge devices	13
5. Container connections	13
6. Other safety requirements	13
SECTION THREE — INSULATION LEVELS	
7. Insulation levels	13
SECTION FOUR — QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS	
8. Requirements for tests	17
9. Capacitance measurements	21
10. Capacitor loss measurements	21
11. Voltage tests between terminals	23
12. Voltage tests between terminals and container	25
13. Voltage tests on capacitor equipment	27
14. Discharge test	27
15. Thermal stability test	29
16. Measurement of hot-spot temperature	29
17. Cold duty test	31
18. Tests on fuses	31
19. Test of internal discharge device	33
20. Self-healing test for self-healing metallized capacitors	33
21. Sealing test	33
SECTION FIVE — RATING	
22. Rating plate and instruction sheet	33
23. Permissible overloads	35
SECTION SIX — EXPLANATIONS REGARDING TESTS, AND GUIDE FOR INSTALLATION AND OPERATION	
24. General	37
25. Choice of voltage ratings and rated current	39
26. Explanations regarding the voltage tests between terminals and the discharge test	41
27. Capacitance	41
28. Operating temperature	43
29. Protective and switching devices	45
30. Choice of insulation levels	47
31. Disturbing phenomena	49
APPENDIX A — Typical connection diagrams (one phase only)	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDENSATEURS-SÉRIE DESTINÉS A ÊTRE INSTALLÉS
SUR DES RÉSEAUX**

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 cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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 recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 33 de la CEI : Condensateurs de puissance. Cette deuxième édition de la Publication 143 de la CEI remplace et annule l'édition précédente de 1963.

Les projets furent discutés lors des réunions tenues à Prague en 1967 et à Oslo en 1969. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1970. Les commentaires reçus furent discutés lors de la réunion tenue à Bruxelles en 1971 et en conséquence le projet fut légèrement modifié.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud	Hongrie
Allemagne	Israël
Australie	Italie
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Danemark	Roumanie
Etats-Unis	Royaume-Uni
d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Turquie

Le Comité National Japonais a émis un vote négatif, ne pouvant accepter la prescription qui se rapporte au domaine de température ambiante normale pour les essais.

PRÉFACE A LA PREMIÈRE ÉDITION

Les présentes recommandations ont été établies par le Comité d'Etudes N° 33 : Condensateurs de puissance.

Un premier projet fut discuté lors d'une réunion tenue à Philadelphie en 1954. D'autres projets furent discutés à des réunions tenues à Londres, en 1955, à Munich, en 1956, et à Paris, en 1958. A la suite de cette dernière réunion, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1959.

Les observations reçues furent discutées lors d'une réunion tenue à Rapallo en 1960 et, à la suite de ces discussions, des modifications furent diffusées aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en mars 1961.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques
Hongrie	Socialistes Soviétiques
Italie	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC 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

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 33, Power Capacitors.

This second edition of IEC Publication 143 revises and supersedes the first edition published in 1963.

Drafts were discussed at the meetings held in Prague in 1967 and in Oslo in 1969. As a result of the latter meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1970. The comments received were discussed at the meeting held in Brussels in 1971 and some amendments were made to the draft.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Belgium	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	United Kingdom
Israel	United States
Italy	of America

The Japanese National Committee cast a negative vote because the stated standard ambient temperature range for testing was not considered acceptable.

PREFACE TO THE FIRST EDITION

These recommendations have been prepared by Technical Committee No. 33, Power Capacitors.

A first draft was discussed during a meeting held in Philadelphia in 1954. Further drafts were discussed at meetings held in London in 1955, Munich in 1956 and in Paris in 1958. As a result of this latter meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1959.

The comments received were discussed at the meeting held in Rapallo in 1960 and, as a result, amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1961.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	United Kingdom
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United States of America

CONDENSATEURS-SÉRIE DESTINÉS A ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

1.1 Généralités

La présente recommandation s'applique :

- aux condensateurs-série destinés à être raccordés en série sur une ligne de transport ou de distribution d'énergie faisant partie d'un réseau alternatif à haute ou basse tension, de fréquence inférieure ou égale à 100 Hz ;
- aux batteries de condensateurs avec leurs accessoires, formant une installation de condensateurs-série complète.

1.2 Conditions ambiantes

Cette recommandation s'applique aux condensateurs destinés à être utilisés à des températures de l'air ambiant comprises entre -40°C et $+50^{\circ}\text{C}$ et à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m.

A cet effet, les condensateurs sont classés en catégories de température, chaque catégorie étant caractérisée à la fois par la température minimale de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut être mis sous tension, choisie parmi les trois valeurs -40°C , -25°C , -10°C , et la température maximale de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut être utilisé, définie au tableau I.

TABLEAU I

Limite supérieure de la catégorie de température ($^{\circ}\text{C}$)	Température maximale de l'air ambiant ($^{\circ}\text{C}$)		
	Moyenne sur 1 h	Moyenne sur 24 h	Moyenne sur 1 an
40	40	30	20
45	45	40	30
50	50	45	35

Les catégories normales de température sont :

$-40/+40^{\circ}\text{C}$, $-25/+40^{\circ}\text{C}$, $-10/+40^{\circ}\text{C}$ et $-10/+45^{\circ}\text{C}$

Notes 1. — En ce qui concerne les définitions de la température de l'air ambiant et de la température de l'air de refroidissement, voir les définitions des paragraphes 3.20 et 3.21, ainsi que l'article 28.

2. — Les condensateurs peuvent fonctionner à des températures inférieures à la température minimale de l'air ambiant qui correspond à leur catégorie, à condition que la mise sous tension n'ait pas lieu à de telles températures.

1.3 Conditions non normalisées

La présente recommandation ne s'applique pas aux condensateurs dont les conditions de service sont incompatibles avec les règles de la présente recommandation, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

1.1 General

This Recommendation applies to :

- capacitor units which are intended for connection in series with a transmission or distribution line or circuit forming part of a low- or high-voltage a.c. power system having a frequency up to 100 Hz ;
- assemblies of capacitor units with accessories to form complete series capacitor equipments.

1.2 Ambient conditions

This Recommendation applies to capacitors intended for use within ambient air temperature limits of -40°C and $+50^{\circ}\text{C}$ and at altitudes not exceeding 1 000 m (3 300 ft).

For this purpose, capacitors are classified in temperature categories, each category being characterized by both the lowest ambient air temperature at which the capacitor may be energized, chosen from the three values -40°C , -25°C , -10°C , and the upper limit of ambient air temperature at which the capacitor may be operated, as defined in Table I.

TABLE I

Upper limit of temperature category ($^{\circ}\text{C}$)	Maximum ambient air temperature ($^{\circ}\text{C}$)		
	mean over 1 h	mean over 24 h	mean over 1 year
40	40	30	20
45	45	40	30
50	50	45	35

Standard temperature categories are:

$-40/+40^{\circ}\text{C}$, $-25/+40^{\circ}\text{C}$, $-10/+40^{\circ}\text{C}$ and $-10/+45^{\circ}\text{C}$

Notes 1. — For the definitions of ambient air temperature and cooling air temperature, see Sub-clauses 3.20 and 3.21 and Clause 28.

2. — Capacitors may be in operation at temperatures below the minimum ambient air temperature corresponding to their category, on condition that energizing of the capacitors cooled to such temperature is avoided.

1.3 Non-standard conditions

This Recommendation does not apply to capacitors, the service conditions of which are incompatible with the requirements of the Recommendation, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

2. Objet

L'objet de la présente recommandation est :

- de formuler des règles spécifiques de sécurité ;
- de formuler des règles uniformes en ce qui concerne la qualité, les essais et les caractéristiques nominales ;
- de fournir un guide pour l'installation et pour l'utilisation.

3. Définitions

3.1 *Élément de condensateur (ou élément)*

Partie indivisible d'un condensateur, constituée par des électrodes séparées par un diélectrique.

3.2 *Condensateur unitaire (ou unité)*

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

3.3 *Batterie de condensateurs (ou batterie)*

Ensemble de condensateurs unitaires groupés par phase et réunis électriquement les uns aux autres, dans chaque phase.

3.4 *Condensateur*

Dans la présente recommandation, 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 *Condensateur-série autorégénérateur métallisé*

Condensateur à électrodes constituées par une métallisation du diélectrique (obtenue par exemple par évaporation) ; en cas de perforation du diélectrique, celui-ci s'autorégénère.

3.6 *Installation de condensateurs*

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

3.7 *Dispositif de protection contre les surtensions*

Appareil limitant rapidement la tension aux bornes du condensateur à une valeur admissible ; sans ce dispositif, la valeur de cette tension pourrait prendre des valeurs élevées, par suite d'un défaut ou de conditions anormales sur le réseau.

3.8 *Dispositif de décharge*

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

3.9 *Fréquence nominale (f_N)*

Fréquence pour laquelle le condensateur est prévu.

3.10 *Courant nominal (I_N)*

Valeur efficace du courant sinusoïdal permanent, de fréquence nominale, pour laquelle le condensateur est prévu.

3.11 *Capacité nominale (C_N)*

Valeur prévue de la capacité aux bornes du condensateur fonctionnant sous des conditions d'essai spécifiées.

2. Object

The object of this Recommendation is:

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

3. Definitions

3.1 Capacitor element (or element)

An indivisible part of a capacitor consisting of electrodes 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)

An assembly of units which in each phase are connected electrically to each other.

3.4 Capacitor

In this Recommendation, 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 Self-healing metallized dielectric capacitor

A capacitor, the electrodes of which are deposited on the dielectric (e.g. by evaporation), in the event of a breakdown of the dielectric, the capacitor restores itself.

3.6 Capacitor equipment

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

3.7 Overvoltage protector

A quick-acting device which limits the voltage across the capacitor to a permissible value when that value would otherwise be exceeded as a result of a circuit fault or other abnormal network conditions.

3.8 Discharge device

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

3.9 Rated frequency (f_N)

The frequency at which the capacitor is designed to operate.

3.10 Rated current (I_N)

The r.m.s. value of the continuous sinusoidal current at rated frequency for which the capacitor is designed.

3.11 Rated capacitance (C_N)

The design value of the capacitance between the terminals of the capacitor under specified test conditions.

3.12 *Tension nominale (U_N)*

Valeur efficace de la tension entre les bornes d'un condensateur tirée des valeurs nominales de la capacité, du courant et de la fréquence.

3.13 *Puissance nominale (Q_N)*

Puissance réactive tirée des valeurs nominales de la capacité, du courant et de la fréquence.

3.14 *Pertes du condensateur*

Puissance active consommée par le condensateur.

Note. — Sauf spécification contraire, les pertes du condensateur comprennent également les pertes dans les fusibles et dans les résistances de décharge formant partie intégrante du condensateur.

3.15 *Tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$)*

Quotient des pertes du condensateur par sa puissance réactive.

3.16 *Tension limite (U_{lim})*

Valeur maximale de la tension instantanée, divisée par $\sqrt{2}$, qui peut apparaître aux bornes du condensateur immédiatement avant ou pendant le fonctionnement du dispositif de protection contre les surtensions.

3.17 *Tension d'essai de courte durée (U_s)*

Valeur efficace de la tension sinusoïdale d'essai entre bornes qui caractérise l'aptitude d'un condensateur-série à supporter des surtensions de courte durée.

3.18 *Niveau d'isolement (U_i)*

Combinaison des valeurs de tension d'essai (à fréquence industrielle et en onde de choc) qui caractérise l'aptitude de l'isolement du condensateur à supporter les contraintes diélectriques entre les bornes et la terre, entre les phases, ainsi qu'entre les bornes et les parties métalliques non reliées à la terre.

3.19 *Tension la plus élevée d'un réseau (U_m)*

Valeur la plus élevée de la tension efficace entre phases qui peut exister à tout instant et en tout point du réseau dans les conditions d'exploitation normales. Cette valeur ne tient pas compte des variations temporaires de tension dues aux défauts et au déclenchement brusque de charges importantes.

3.20 *Température de l'air ambiant*

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

3.21 *Température de l'air de refroidissement*

Température de l'air de refroidissement mesurée 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 0,3 m environ de la cuve du condensateur et aux deux tiers de sa hauteur à partir de sa base.

3.22 *Etat stable*

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

3.12 *Rated voltage (U_N)*

The r.m.s. value of the voltage between terminals, calculated from rated capacitance, rated current and rated frequency.

3.13 *Rated output (Q_N)*

The reactive power calculated from rated capacitance, rated current and rated frequency.

3.14 *Capacitor losses*

The active power consumed by the capacitor.

Note. — Unless otherwise stated, the capacitor losses will be understood to include losses in fuses and discharge resistors forming an integral part of the capacitor.

3.15 *Tangent of loss angle ($\tan \delta$)*

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

3.16 *Limiting voltage (U_{lim})*

The maximum instantaneous voltage between capacitor terminals occurring immediately before or during operation of the overvoltage protector, divided by $\sqrt{2}$.

3.17 *Short-time voltage (U_s)*

The r.m.s. value of the sinusoidal test voltage between terminals which characterizes the ability of a series capacitor to withstand short-time overvoltages.

3.18 *Insulation level (U_i)*

The combination of test voltage values (both power-frequency and impulse) which characterizes the insulation of the capacitor with regard to its capability of withstanding the electric stresses between terminals and earth, between phases and between terminals and metalwork not at earth potential.

3.19 *Highest voltage of a system (U_m)*

The highest r.m.s. phase-to-phase voltage which can occur under normal operating conditions at any time and at any point on the system. It excludes temporary voltage variations due to fault conditions and the sudden disconnection of large loads.

3.20 *Ambient air temperature*

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

3.21 *Cooling-air temperature*

The temperature of the cooling air measured at the hottest position in the bank midway between two units. If only one unit is involved, it is the temperature measured at a point approximately 0.3 m away from the capacitor container and at two thirds of the height from its base.

3.22 *Steady-state condition*

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

SECTION DEUX — RÈGLES DE SÉCURITÉ

4. Dispositifs de décharge

Chaque condensateur unitaire et/ou batterie sera équipé d'un dispositif permettant de décharger chaque unité à 50 V ou moins à partir d'une tension initiale égale à $\sqrt{2}$ fois la tension nominale U_N . Le temps maximum de décharge est de 1 min pour les condensateurs pour lesquels U_N est inférieure ou égale à 660 V et de 5 min lorsque U_N est supérieure à 660 V. Le dispositif de décharge peut être situé à l'intérieur ou à l'extérieur du condensateur unitaire.

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

Les circuits de décharge doivent être dimensionnés de façon à permettre la décharge du condensateur à partir d'un niveau de tension égal à $\sqrt{2} U_{lim}$.

- Notes 1.* — Un condensateur directement relié à un autre appareil électrique, permettant l'établissement d'une ligne de décharge, est considéré comme convenablement déchargé, à condition que les caractéristiques du circuit permettent d'assurer la décharge du condensateur dans les temps spécifiés ci-dessus.
2. — L'utilisation d'un dispositif de décharge ne dispense pas de mettre les bornes en court-circuit et à la terre avant toute manipulation.
3. — Une perforation se produisant dans une unité protégée par un fusible ou un amorçage à travers une partie de la batterie avant la fermeture de l'interrupteur de court-circuitage, par exemple, peut produire, à l'intérieur de la batterie, des charges résiduelles localisées qui ne peuvent être déchargées au moyen d'un dispositif de décharge connecté entre les bornes de la batterie.
4. — Les conditions de fonctionnement sous une tension supérieure à la tension nominale telle que définie au paragraphe 3.12 et le branchement des unités en série peuvent faire dépasser la limite de 50 V.
5. — Lorsque les condensateurs peuvent être enclenchés à des intervalles très courts (refermeture rapide du circuit, etc.) on prêtera une attention particulière au fait qu'un dispositif de décharge répondant aux spécifications du présent article peut être impropre à éviter une surtension excessive entre les bornes de la batterie.

5. Connexions de masse

Il doit être possible d'établir une connexion efficace avec l'enveloppe métallique d'un condensateur pour pouvoir fixer le potentiel de cette enveloppe.

6. Autres règles de sécurité

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

SECTION TROIS — NIVEAUX D'ISOLEMENT

7. Niveaux d'isolement

7.1 Niveaux d'isolement entre les bornes et la terre et entre les phases

Les tableaux II, III et IV, extraits de la Publication 71 de la CEI : Coordination de l'isolement, donnent les niveaux d'isolement normalisés en fonction des tensions les plus élevées du réseau U_m .

Les niveaux d'isolement des condensateurs et des installations de condensateurs doivent être choisis parmi les niveaux normalisés.

- Notes 1.* — Les valeurs d'isolement complet s'appliquent aux appareils utilisés sur les réseaux à neutre isolé, ou compensés par des bobines d'extinction, ou encore qui ne sont pas effectivement mis à la terre. Les valeurs d'isolement réduit peuvent être utilisées seulement pour un réseau effectivement mis à la terre. Voir Publication 71 de la CEI.
2. — En ce qui concerne le choix entre les différentes valeurs proposées pour l'isolement réduit pour les tensions de réseau supérieures ou égales à 145 kV (colonnes 3 et 5), voir Publication 71A de la CEI : Premier complément à la Publication 71 : Guide d'application.

SECTION TWO — SAFETY REQUIREMENTS

4. Discharge devices

Each capacitor unit and/or bank shall be provided with a means for discharging each unit to 50 V or less from an initial voltage of $\sqrt{2}$ times the rated voltage U_N . The maximum discharge time is 1 min for capacitors rated up to and including 660 V, and 5 min for ratings above 660 V. The discharge device may be internal or external to the capacitor unit.

There must be no switch, fuse cut-out, etc. between the capacitor and the discharge device.

Discharge circuits must have adequate current carrying capacity to discharge a capacitor from a voltage level equal to $\sqrt{2} U_{lim}$.

Notes 1. — Capacitors 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 times specified above.

2. — The use of a discharge device is not intended as a substitute for short-circuiting the capacitor terminals together and connecting them to earth before handling.

3. — A puncture in a unit cleared by a fuse, or a flashover across part of the bank prior to the closure of the by-pass switch, for instance, can produce local residual charges inside the bank which cannot be cleared by means of a discharge device connected between the terminals of the bank.

4. — Operating conditions with higher than rated voltage as defined in Sub-clause 3.12 and the connection of units in series may cause the 50 V limit to be exceeded.

5. — When the capacitors may be switched off and on at very short intervals (rapid reclosure of the line, etc.) particular attention should be paid to the fact that the discharge device provided in accordance with this clause may not be adequate to avoid undue overvoltage across the terminals of the bank.

5. Container connections

It must be possible to make a reliable connection to the metal container of a capacitor to enable the potential of the container to be fixed.

6. Other safety requirements

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

SECTION THREE — INSULATION LEVELS

7. Insulation levels

7.1 *Insulation levels between the terminals and earth and between the phases*

Tables II, III and IV, taken from IEC Publication 71, Insulation Co-ordination, give the standard insulation levels with the corresponding highest system voltages U_m .

The insulation levels of capacitors and capacitor equipment shall be chosen from the standard values.

Notes 1. — The full insulation values apply to apparatus used on isolated neutral, or resonant earthed systems or non-effectively earthed systems. The reduced insulation values may be used only if the system is effectively earthed. See IEC Publication 71.

2. — For the choice between alternative entries for reduced insulation at system voltages of 145 kV and above in columns 3 and 5, see IEC Publication 71A, First supplement to Publication 71, Application guide.

TABLEAU II

Gamme de tensions inférieures à $U_m = 100 \text{ kV}$
(Basée sur la pratique courante en Europe)

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m (kV _{eff})	Niveau d'isolement		
	Tension d'essai à fréquence industrielle (kV _{eff})		Tension d'essai de choc (kV _{crête})
	Isolation interne	Isolation externe ; service sous pluie	
0,6	3	6	15
1,2	6	11	25
2,4	11	16	35
3,6	16	21	45
7,2	22	27	60
12	28	35	75
17,5	38	45	95
24	50	55	125
36	70	75	170
52	95	105	250
72,5	140	140	325

TABLEAU III

Gamme de tensions inférieures à $U_m = 100 \text{ kV}$
(Basée sur la pratique courante aux États-Unis d'Amérique)

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m (kV _{eff})	Niveau d'isolement	
	Tension d'essai à fréquence industrielle (kV _{eff})	Tension d'essai de choc kV _(crête)
2,75	A l'étude.	
5,5		
9,52		
15,5		
25,8		
38		
48,3		
72,5		

7.2 Niveaux d'isolement entre les bornes et les parties métalliques non reliées à la terre

Sauf spécification contraire, le niveau d'isolement entre les bornes d'un condensateur unitaire ou d'une batterie de condensateurs et les cuves des unités et/ou le support métallique qui est connecté doit être déterminé comme suit :

- la valeur de la tension nominale entre les parties d'installation prises en considération doit être multipliée par 1,7 et la valeur ainsi calculée doit être considérée comme la tension équivalente U_m pour la partie d'équipement considérée. Cette valeur ou celle immédiatement supérieure figurant dans la colonne 1 des tableaux II, III ou IV, doit être utilisée pour définir le niveau d'isolement.

TABLE II

Range of voltages below $U_m = 100 \text{ kV}$
(Based on current practice in Europe)

Highest system voltage (phase-to-phase) U_m (kV _{r.m.s.})	Insulation level		
	Power-frequency test voltage (kV _{r.m.s.})		Impulse test voltage (kV _{peak})
	Internal insulation	External insulation wet for outdoors	
0.6	3	6	15
1.2	6	11	25
2.4	11	16	35
3.6	16	21	45
7.2	22	27	60
12	28	35	75
17.5	38	45	95
24	50	55	125
36	70	75	170
52	95	105	250
72.5	140	140	325

TABLE III

Range of voltages below $U_m = 100 \text{ kV}$
(Based on current practice in USA)

Highest system voltage (phase-to-phase) U_m (kV _{r.m.s.})	Insulation level	
	Power-frequency test voltage (kV _{r.m.s.})	Impulse test voltage (kV _{peak})
2.75		
5.5		
9.52		
15.5		
25.8		
38		
48.3		
72.5		
Under consideration.		

7.2 Insulation levels between the terminals and metalwork not at earth potential

Unless otherwise specified, the insulation level between the capacitor terminals and the unit container and/or the associated supporting metalwork connected thereto, of a capacitor unit or bank shall be determined as follows:

- the rated voltage between terminals of the part of the equipment under consideration shall be multiplied by 1.7 and the value thus obtained shall be regarded as the equivalent U_m value for the part of the equipment in question. This value, or its nearest higher value appearing in column 1 of Table II, III or IV, shall be used to determine the insulation level.

Cependant la valeur que l'on adopte pour U_m doit être telle que la « tension d'essai à fréquence industrielle » qui y correspond dans les tableaux ne soit pas inférieure à U_s pour le condensateur ou la partie de l'installation considérée.

En outre, les tensions d'essai seront choisies de manière à tenir compte des tensions apparaissant dans le circuit d'amortissement et dans les isolations connectées en parallèle avec ce circuit lorsque le dispositif de protection contre les surtensions fonctionne (articles 29 et 30).

TABLEAU IV
Gamme de tensions supérieures ou égales à $U_m = 100 \text{ kV}$

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m (kV_{eff})	Niveau d'isolement			
	Tension d'essai à fréquence industrielle (kV_{eff})		Tension d'essai de choc ($\text{kV}_{\text{crête}}$)	
	Plein isolement	Isolement réduit	Plein isolement	Isolement réduit
100	185	150	450	380
123	230	185	550	450
145	275	230	650	550
		185		450
170	325	275	750	650
		230		550
245	460	395	1 050	950
		360		850
		325		750
300		510		1 175
		460		1 050
		395		950
362		570		1 300
		510		1 175
		460		1 050
420		740		1 675
		680		1 550
		630		1 425
		570		1 300
525		790		1 800
		740		1 675
		680		1 550
		630		1 425

SECTION QUATRE — RÈGLES DE QUALITÉ ET ESSAIS

8. Prescriptions relatives aux essais

8.1 Généralités

La présente section indique les prescriptions relatives aux essais des condensateurs unitaires et de leurs fusibles. Les supports isolants, les interrupteurs, les transformateurs de mesure, etc., doivent être soumis aux essais prescrits par les recommandations appropriées de la CEI en tenant compte des niveaux d'isolement spécifiés à l'article 7 de la présente recommandation.