

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power capacitors – Low-voltage power factor correction banks

Condensateurs de puissance – Batteries de compensation du facteur de puissance basse tension



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 61921

Edition 2.0 2017-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power capacitors – Low-voltage power factor correction banks

Condensateurs de puissance – Batteries de compensation du facteur de puissance basse tension

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.70

ISBN 978-2-8322-4423-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Marking of a capacitor bank	7
5 Service conditions	8
6 Guide for design, installation, operation and safety	8
6.1 General	8
6.2 Design	8
6.2.1 Choice of rated voltage	8
6.2.2 Switching and overload protection	9
6.3 Installation and operation	10
6.3.1 Electrical environment	10
6.3.2 Secondary effects of the capacitor bank	10
6.3.3 Overvoltages	10
6.3.4 Overload currents	10
6.4 Safety	11
6.4.1 Discharging devices	11
6.4.2 Discharging after disconnection	11
6.4.3 Fire hazard in case of failure	12
6.4.4 Human and property damage	12
6.4.5 Busbar	12
6.4.6 Connection of systems	12
7 Design verification	12
7.1 General	12
7.2 Strength of material and parts	12
7.3 Verification of degree of protection of enclosures	12
7.4 Verification of clearances and creepage distances	12
7.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits	13
7.6 Incorporation of switching devices and components	13
7.7 Internal electrical circuits and connections	13
7.8 Terminals for external conductors	13
7.9 Verification of dielectric properties	13
7.10 Verification of temperature-rise limits	13
7.11 Verification of short-circuit withstand strength	13
7.12 Electromagnetic compatibility	13
7.13 Verification of mechanical operation	14
8 Routine verification	14
8.1 General	14
8.2 Degree of protection of enclosures	14
8.3 Clearances and creepage distances	14
8.4 Protection against electric shock and integrity of protective circuits	14
8.5 Incorporation of built-in components	14
8.6 Internal electrical circuits and connections	14
8.7 Terminals for external conductors	14

- 8.8 Mechanical operation 14
- 8.9 Dielectric properties 14
- 8.10 Wiring, operational performance and function, including verification of rated output 15
- Annex A (normative) Minimum and maximum cross-sections of copper conductors suitable for connections 16
- Annex B (informative) Formulae for capacitors and installations 17
 - B.1 Computation of the output of three-phase capacitors from three single-phase capacitance measurements 17
 - B.2 Resonance frequency 17
 - B.3 Voltage rise 17
 - B.4 Inrush transient current 18
 - B.4.1 Switching in of a single capacitor 18
 - B.4.2 Switching of capacitors in parallel with energized capacitor(s) 18
 - B.4.3 Discharge resistance in single-phase units or in one-phase or polyphase units 18
- Annex C (informative) Definition of similar designs for capacitor bank 19
- Annex D (informative) Methods for connecting additional capacitors for performing temperature rise test 20
- Bibliography 21

- Figure D.1 – Configurations for temperature rise test 20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER CAPACITORS – LOW-VOLTAGE POWER FACTOR CORRECTION BANKS

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61921 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- numerous changes regarding verification methods to align with IEC 61439-1;
- modification of marking;
- add routine verification of rated output;
- new Annex D with guidance on methods for temperature rise verification;
- update of normative references;
- general editorial review.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
33/607/FDIS	33/611/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

POWER CAPACITORS – LOW-VOLTAGE POWER FACTOR CORRECTION BANKS

1 Scope

This International Standard is applicable to low-voltage AC shunt capacitor banks intended to be used for power factor correction purposes, possibly equipped with a built-in switchgear and controlgear apparatus capable of connecting to or disconnecting from the mains part(s) of the bank with the aim to correct its power factor.

Low-voltage power factor correction banks if not otherwise indicated hereinafter and where applicable comply with the requirements of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61439-1:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61439-2:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*

IEC 60831-1:2014, *Shunt power capacitors of the self-healing type for AC systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 60931-1:1996, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for AC systems having a rated voltage up to and including 1000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 61642:1997, *Industrial AC networks affected by harmonics – Application of filters and shunt capacitors*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61439-1, IEC 61439-2, IEC 60831-1 and IEC 60931-1 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

Low-voltage AC capacitor bank or power factor correction bank

Combination of one or more low-voltage capacitor units together with associated switching devices and control, measuring, signalling, protective, regulating equipment, etc., completely

assembled under the responsibility of the assembly manufacturer with all the internal electrical and mechanical interconnections and structural parts

Note 1 to entry: The capacitor bank can be fixed, manually switched or automatically controlled through the use of a power factor controller.

Note 2 to entry: The components of switchgear and controlgear of the automatic bank may be electromechanical or electronic.

3.2

step of capacitor bank

combination of one or more capacitor units switched together through a single switch with possible detuned reactors, connecting wires, and associated switchgear and controlgear apparatus

3.3

automatic reactive power controller

device designed to calculate the reactive power absorbed by the load connected to the power line and to control the switching on and off of the steps of the automatic bank, in order to compensate for the reactive power

Note 1 to entry: The reactive power is normally calculated at the fundamental frequency.

Note 2 to entry: The controller may be “built-in” or “free-standing”.

Note 3 to entry: The controller generally performs functions of measurement / monitoring of power, controlling (of capacitor steps) and protection (of capacitor bank).

3.4

transient inrush current I_t

transient overcurrent of high amplitude and frequency that may occur when a capacitor is switched on, the amplitude and frequency being determined by factors such as the short-circuit impedance of the supply, the amount of energized capacitance switched in parallel and the instant of the switching

3.5

rated reactive power Q_N (of a capacitor bank)

total reactive power of a capacitor bank at the rated frequency and voltage, calculated by the total impedance of the bank including reactors, if any

3.6

maximum permissible current

value of current declared by the manufacturer which can be present continuously in the capacitor bank, used for installation and protection settings

4 Marking of a capacitor bank

The following minimum information shall be given by the manufacturer on a rating plate to be fixed on the capacitor bank.

- 1) Manufacturer's name or trademark.
- 2) Identification number or type designation.
- 3) Date of manufacture, in clear or code form.
- 4) Rated reactive power, Q_N in kilovars (kvar).
- 5) Rated voltage, U_N in volts (V).
- 6) Rated frequency, f_N in hertz (Hz).
- 7) Reference to the IEC 61921 standard and its year of publication.

The following information must also be given by the manufacturer, on the rating plate or on instruction sheet.

- 8) Rating of steps, in kvar.
- 9) Value of series reactor if any (or reactance ratio in % or tuning frequency).
- 10) Minimum and maximum ambient temperatures in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- 11) Degree of protection of enclosure.
- 12) Location type: indoor or outdoor.
- 13) Rated short time withstand current (I_{cw}).
- 14) Rated conditional short-circuit current (I_{cc}), if applicable.
- 15) Maximum permissible current.
- 16) Rated insulation voltage (U_i).
- 17) Rated impulse withstand voltage (U_{imp}).

5 Service conditions

See relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

6 Guide for design, installation, operation and safety

6.1 General

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

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

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

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

6.2 Design

6.2.1 Choice of rated voltage

The rated voltage of the capacitor bank shall be at least equal to the service voltage of the network to which the capacitor is to be connected, account being taken of the influence of the presence of the capacitor itself. The service voltage is the actual voltage level experienced by the capacitor bank even if it does not respect the normal tolerances on the rated voltage.

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

If no information to the contrary is agreed between the manufacturer and the customer, the service voltage shall be assumed as equal to the rated voltage of the network with applicable tolerances.

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

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

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

Only in case of emergency should capacitors be operated at maximum permissible voltage and maximum ambient temperature simultaneously, and then only for short periods of time. Exception will be during temperature rise test of the design verification.

NOTE 1 An excessive safety margin in the choice of the rated voltage of the capacitor units has to be avoided, because this would result in a decrease of reactive power output when compared with the rated reactive power output.

NOTE 2 See IEC 60831-1 concerning maximum permissible voltage.

6.2.2 Switching and overload protection

Capacitor overload capacities are given in IEC 60831-1 and in IEC 60931-1. These limits are however larger than the ones applicable for the banks. The switching and protective devices and the connections shall be designed to carry continuously a current of at least 1,3 times the current that would be obtained with a sinusoidal voltage of an r.m.s. value equal to the rated voltage at the rated frequency.

The switching and protective devices and the connections shall also be capable of withstanding the electrodynamic and thermal stresses caused by the transient overcurrents of high amplitude and frequency that may occur when switching on.

Such transients are to be expected when a bank or a step is switched in parallel with others that are already energized. Care should be taken not to exceed the maximum permissible switching current of capacitors and switching devices.

Some of the techniques used to reduce the switching transient include use of series reactors, use of capacitor duty contactors with pre-charging resistors or solid state switches. When consideration of electrodynamic and thermal stresses runs the risk of leading to excessive dimensions, special precautions, such as those mentioned in IEC 60831-1 for the purpose of protection against overcurrents, should be taken.

In certain cases, for example when the banks are automatically controlled, repeated switching operations may occur at relatively short intervals of time. Switching and protection devices should be selected to withstand these conditions.

It is recommended that capacitors be protected against overcurrent by means of suitable overcurrent devices when the current exceeds the permissible limit specified in IEC 60831-1 and IEC 60931-1. Fuses do not generally provide suitable overcurrent protection.

Any bad contacts in capacitor circuits may give rise to arcing, causing high-frequency oscillations that may overheat and overstress the capacitors. Regular inspection of all capacitor equipment contacts is therefore recommended.

6.3 Installation and operation

6.3.1 Electrical environment

6.3.1.1 Harmonics

The connection of a capacitor bank onto a system containing harmonics may reduce its life time. The damaging effects of harmonics can be mitigated by the use of a suitable detuning reactor in series with each capacitor step.

If iron-core reactors are used, attention should be paid to possible saturation and overheating of the core by harmonics.

More detailed information can be found in IEC 61642.

6.3.1.2 Switching overvoltages

Switching overvoltages internally generated due to the operation of the capacitor bank should be avoided or minimized. Such switching overvoltages if any shall not exceed the limits prescribed in the IEC 60831-1 or IEC 60931-1. If switching components are selected which are specifically recommended for capacitor applications, the problem should not arise. Nevertheless, equipment does deteriorate with time and worn contacts should be replaced during regular maintenance checks.

6.3.2 Secondary effects of the capacitor bank

6.3.2.1 Harmonic distortion

A capacitor bank when connected onto a system where harmonics are being generated will generally increase the amplitude of the harmonics, unless a well suited detuning reactor is placed in series with each capacitor step.

The increase in harmonics will not only affect the life of the capacitors but could cause problems with other electric and electronic equipment in the system.

6.3.2.2 Attenuation of injected ripple control signal

Ripple control signals are provided by electricity authorities for the control and switching of off-peak loads (e.g. hot water heaters, street lighting, etc).

A capacitor bank may cause significant decrease of the ripple control signal. This can be prevented by increasing the impedance at the frequency of that signal by connecting rejection or blocking circuits in series to the capacitors units.

6.3.3 Overvoltages

IEC 60831-1 and IEC 60931-1 specify overvoltage factors.

With the manufacturer's agreement, the overvoltage factor may be increased.

6.3.4 Overload currents

Before ordering a capacitor bank, consideration should be given to checking the conditions in the system at the place of installation (for instance, presence of harmonic distortion, or use of ripple control frequencies).

Capacitors should never be operated with currents exceeding the maximum value specified in IEC 60831-1 or IEC 60931-1.

6.4 Safety

6.4.1 Discharging devices

6.4.1.1 General

Each capacitor bank or step shall be provided with means for discharging the capacitors (as for IEC 60831-1 or IEC 60931-1) after disconnection from the network.

The specified discharging times may be met by applying either internal (incorporated) discharge resistors on each capacitor or external discharge devices rated for the entire capacitor equipment.

Before touching any live parts, allow at least 5 min for the bank to self-discharge and then short-circuit each capacitor terminal together and ground.

6.4.1.2 Internal resistors

Internal resistors are generally built into the individual capacitors. They are designed to ensure the discharge of each capacitor and therefore the whole bank. In a bank with several sections of capacitors in series, the residual voltage on the bank terminal is equal to the sum of the residual voltage in each section.

6.4.1.3 External discharge devices

External discharge devices may be used. Each device should be adapted to the conditions existing at the site of erection of the equipment and have suitable clearance, creepage path and insulation level. If the capacitors have no internal discharge resistors, there shall be no switching device between the capacitor and the discharge device.

Discharge reactors may be used, connected directly in parallel with the capacitor steps. Usually, two reactors are connected line-to-line across two phases because of economic reasons. Under operating conditions, only the magnetizing current flows in the reactor. When the capacitor equipment is switched off, all the energy stored circulates through the coil in a few seconds. Most of the energy is dissipated in the reactor. The number of discharges per unit of time should be restricted so that no overheating of the discharge reactor occurs.

Windings of transformers or motors may be considered as suitable impedances as well as the primary of voltage transformers.

6.4.2 Discharging after disconnection

A disconnected capacitor installation should completely self-discharge no matter where the discharge device is located, be it directly at each capacitor or at the connecting terminals of the equipment.

However, a capacitor installation comprising series connections and star connections, which have undergone puncturing or internal or external arcing, may not be discharged completely through discharge devices connected to the terminals of the capacitor installation. Although there is no voltage measurable at the equipment terminals, dangerous amounts of stored energy may exist in the bank. These so-called “trapped charges” may persist over a period of several months and can only be discharged by individual discharging of each section of the bank.

It is important to note that a discharging device is not a substitute for short-circuiting the capacitor terminals together and to ground before and during handling.

6.4.3 Fire hazard in case of failure

Capacitors contain flammable materials, i.e. dielectric film and/or paper, oil, etc. The bank should be arranged with consideration of a possible fire hazard in case of a failure of a component. The two areas to be considered are as follows:

- a) Adjacent areas to the capacitors. Normally capacitors are manufactured in metal cans or are installed in a segregated metal section or separated from other components by metal barriers. Power and control cables in these areas should be kept to a minimum and carefully cabled, so as to avoid direct contact to capacitor cases.
- b) Adjacent areas around the reactors. Where reactors (chokes and filters) are installed, power and control cables should be kept to a minimum around these components or at least supported away from the laminated steel cores of these components.

6.4.4 Human and property damage

Any maintenance operation shall be undertaken after isolation of the complete capacitor bank (or sections) providing that the safety operations described by IEC 61439-1 are observed. The minimum discharge time as per 6.4.1.1 shall also be observed.

6.4.5 Busbar

For details, refer to IEC 61439-1.

6.4.6 Connection of systems

The bus bar system in these capacitor banks shall be arranged so that cables or bus bars to be connected and extended to the installation have sufficient area for take-off. If cables are used for this extension, they are usually of a large cross-sectional area and shall be of a suitable size to take the required rated current and fault current of the system.

For details, refer to IEC 61439-1.

7 Design verification

7.1 General

Design verification is intended to verify compliance with the requirements laid down in this standard for a given type of capacitor bank.

Design verification shall be carried out on a sample of a capacitor bank manufactured to the same, or similar design, and under the responsibility of the manufacturer. (Refer Annex C for definition of similarity of design).

The design verification may be carried out in any order and/or on different samples of the same type.

7.2 Strength of material and parts

See the relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

7.3 Verification of degree of protection of enclosures

See the relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

7.4 Verification of clearances and creepage distances

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.6 Incorporation of switching devices and components

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.7 Internal electrical circuits and connections

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.8 Terminals for external conductors

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.9 Verification of dielectric properties

For this test, all the electrical equipment of the capacitor bank shall be connected, except those items of apparatus which, according to the relevant specifications, are

- designed for a lower test voltage;
- current-consuming apparatus (e.g. capacitors, windings, measuring instruments, voltage surge suppression devices) in which the application of the test voltage would cause the flow of a current,

shall be disconnected. Such apparatus shall be disconnected at one of their terminals unless they are not designed to withstand the full test voltage, in which case all terminals may be disconnected.

For electromechanically switched capacitor banks, see the relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

For solid state switched capacitor banks, choice of testing method should be made by agreement between purchaser and manufacturer.

7.10 Verification of temperature-rise limits

See the relevant clauses of IEC 61439-1 with the following modifications:

- the test current shall be at least 1,2 times the rated current;
- the calculation method proposed in IEC 61439-1 is not allowed.

In case any system would limit the current to a lower value than 1,2, then the test shall correspond to such limited value.

One (or a combination) of the following methods can obtain the test current level: increase the test voltage, increase the test frequency or increase the capacitor value (see Annex D).

Special service temperature requests by customer can also be tested according to the procedure described in IEC 61439-1.

7.11 Verification of short-circuit withstand strength

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.12 Electromagnetic compatibility

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

7.13 Verification of mechanical operation

See the relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

8 Routine verification

8.1 General

Routine verification is intended to detect faults in materials and workmanship. It shall be carried out on every new capacitor bank after its construction, or on each transport unit (see IEC 61439-1). Another routine verification at the place of installation is not required.

These tests may be carried out in any order, providing that test 8.4 is done first.

8.2 Degree of protection of enclosures

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.3 Clearances and creepage distances

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.4 Protection against electric shock and integrity of protective circuits

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.5 Incorporation of built-in components

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.6 Internal electrical circuits and connections

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.7 Terminals for external conductors

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

8.8 Mechanical operation

See the relevant clauses of IEC 61439-1 and IEC 61439-2.

8.9 Dielectric properties

For this test, all the electrical equipment of the capacitor bank shall be connected, except those items of apparatus which, according to the relevant specifications, are

- designed for a lower test voltage;
- current-consuming apparatus (e.g. capacitors, windings, measuring instruments, voltage surge suppression devices) in which the application of the test voltage would cause the flow of a current,

shall be disconnected. Such apparatus shall be disconnected at one of their terminals unless they are not designed to withstand the full test voltage, in which case all terminals may be disconnected.

For electromechanically switched capacitor banks, see the relevant clauses of IEC 61439-1.

For solid state switched capacitor banks, choice of testing method should be made by agreement between purchaser and manufacturer.

The alternate method proposed in the IEC 61439-1 (Verification of insulation resistance) is also applicable.

8.10 Wiring, operational performance and function, including verification of rated output

See the relevant clauses of IEC 61439-1.

The verification of the rated output is performed to ascertain the rated reactive power output of capacitor bank at rated voltage and frequency. The test can be performed by two methods.

- a) Measurement of net capacitance impedance (considering the series inductance if any) and computed output extrapolated to rated voltage and frequency
- b) Measurement of current by application of voltage and extrapolate to rated voltage and frequency

The computed / measured output shall be within the tolerances specified in the IEC 60831-1 or IEC 60931-1.

NOTE The performance of the routine tests at the manufacturer's plant does not relieve the firm installing the capacitor bank from the duty of checking it after transport and installation.

Annex A
(normative)

**Minimum and maximum cross-sections of copper
conductors suitable for connections**

See the relevant annex of IEC 61439-1.

While selecting the size of copper conductors, the maximum permissible current and its harmonic spectrum shall be considered.

Annex B (informative)

Formulae for capacitors and installations

B.1 Computation of the output of three-phase capacitors from three single-phase capacitance measurements

The capacitance measured between any two-line terminals of a three-phase capacitor, either delta or star connection, is denoted as C_a , C_b and C_c . If the symmetry requirements laid down in IEC 60831-1 and IEC 60931-1 are fulfilled, the output Q of the capacitor can be computed with sufficient accuracy from the formula:

$$Q = 2/3 (C_a + C_b + C_c) \omega U_N^2 \cdot 10^{-12}$$

where

C_a , C_b and C_c are expressed in microfarads (μF);

U_N is expressed in volts (V);

Q is expressed in megavars (Mvar).

B.2 Resonance frequency

A capacitor will be in resonance with a harmonic in accordance with the following equation in which n is an integer:

$$n = \sqrt{S/Q}$$

where

S is the short-circuit power (MVA) where the capacitor is to be installed;

Q is expressed in megavars (Mvar);

n is the harmonic number: that is, the ratio between the resonant harmonic (Hz) and the network frequency (Hz).

B.3 Voltage rise

Connection of a shunt capacitor will cause the steady-state voltage to rise, given by the following expression:

$$\Delta U/U \approx Q/S$$

where

ΔU is the voltage rise in volts (V);

U is the voltage before connection of the capacitor (V);

S is the short-circuit power (MVA) where the capacitor is to be installed;

Q is expressed in megavars (Mvar).

B.4 Inrush transient current

B.4.1 Switching in of a single capacitor

$$\hat{I}_S \approx I_N \sqrt{2S/Q}$$

where

- \hat{I}_S is the peak of inrush capacitor current in amperes (A);
- I_N is the rated capacitor current (r.m.s.) in amperes (A);
- S is the short-circuit power (MVA) where the capacitor is to be installed;
- Q is expressed in megavars (Mvar).

B.4.2 Switching of capacitors in parallel with energized capacitor(s)

$$\hat{I}_S = U\sqrt{2}/\sqrt{X_C X_L}$$

$$f_S = f_N \sqrt{X_C/X_L}$$

where

- \hat{I}_S is the peak of inrush capacitor current in amperes (A);
- U is the phase-to-earth voltage in volts (V);
- X_C is the series-connected capacitive reactance per phase in ohms (Ω);
- X_L is the inductive reactance per phase between the banks in ohms (Ω);
- f_S is the frequency of the inrush current in hertz (Hz);
- f_N is the rated frequency in hertz (Hz).

B.4.3 Discharge resistance in single-phase units or in one-phase or polyphase units

$$R \leq t / [k C \ln (U_N \sqrt{2}/U_R)]$$

where

- t is the time for discharge from $U_N \sqrt{2}$ to U_R in seconds (s);
- R is the discharge resistance in megohms ($M\Omega$);
- C is the rated capacitance per phase in microfarads (μF);
- U_N is the rated voltage of unit in volts (V);
- U_R is the permissible residual voltage in volts (V) (see IEC 60831-1 for limits of t and U_R);
- k is the coefficient depending on the method of connection of the resistors to the capacitor units (see IEC 60831-1 and IEC 60931-1).

Annex C (informative)

Definition of similar designs for capacitor bank

Capacitor banks can be considered as similar providing that the mechanical construction and electrical design are similar. For instance, rated power, materials used, clearances, power losses level and distribution, cabinet size, cooling methods should not change from one design to the other.

Banks with similar construction but lower electrical and thermal stresses are automatically qualified by verification of the design of the higher stressed design.

Design parameters that can impact the stresses could include the following items (non-exhaustive list):

- IP degree
- Bus bar and cable current density
- Type of switching device
- Type of reactor (if any)
- Cooling system
- Incoming switching device
- Components position

etc.

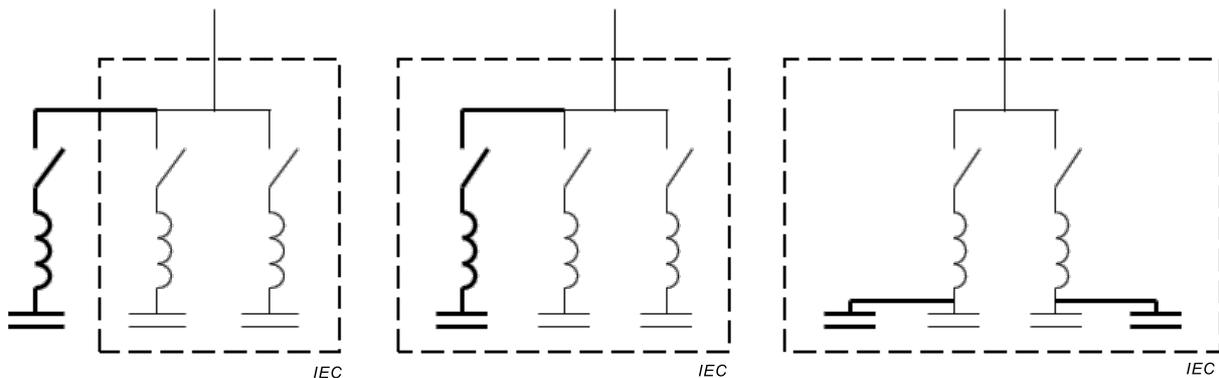
Annex D (informative)

Methods for connecting additional capacitors for performing temperature rise test

Increasing the capacitance value should be done in a way that all the extra losses it is creating affects the internal temperature rise of the capacitor bank.

Some of the possible manner for connection of this additional capacitance is as illustrated in Figure D.1, providing that the layout remains the same.

- Configuration (a): Additional capacitor(s) outside the enclosure – Not allowed.
- Configuration (b): Complete additional step(s) in parallel with the rated ones inside the enclosure – Not allowed.
- Configuration (c): Additional capacitor(s) in parallel with the rated ones inside the enclosure – Allowed.



Configuration (a)
Not allowed

Configuration (b)
Not allowed

Configuration (c)
Allowed

————— Additional capacitor
----- Enclosure

Figure D.1 – Configurations for temperature rise test

Bibliography

IEC 60050-436:1990, *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60831-2:2014, *Shunt power capacitors of the self-healing type for AC systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 2: Ageing test, self-healing test and destruction test*

IEC 60931-2:1995, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 2: Ageing test and destruction test*

IEC 60931-3:1996, *Shunt capacitors of the non-self-healing type for AC power systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 3: Internal fuses*

IEC 61000-2-2:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC TR 61000-4-1:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes et définitions	26
4 Marquage d'une batterie de condensateurs	27
5 Conditions d'emploi	28
6 Guide de conception, d'installation, d'exploitation et de sécurité	28
6.1 Généralités	28
6.2 Conception	28
6.2.1 Choix de la tension assignée	28
6.2.2 Connexion et protection contre la surcharge	29
6.3 Installation et exploitation	30
6.3.1 Environnement électrique	30
6.3.2 Effets secondaires de la batterie de condensateurs	30
6.3.3 Surtensions	31
6.3.4 Courants de surcharge	31
6.4 Sécurité	31
6.4.1 Dispositifs de décharge	31
6.4.2 Décharge après déconnexion	32
6.4.3 Danger de feu en cas de défaillance	32
6.4.4 Dommages aux personnes et aux biens	32
6.4.5 Jeu de barres	33
6.4.6 Raccordement des réseaux	33
7 Vérification de la conception	33
7.1 Généralités	33
7.2 Résistance des matériaux et des parties	33
7.3 Vérification du degré de protection des enveloppes	33
7.4 Vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite	33
7.5 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection	33
7.6 Intégration des appareils de connexion et des composants	33
7.7 Circuits électriques internes et connexions	33
7.8 Bornes pour conducteurs externes	33
7.9 Vérification des propriétés diélectriques	34
7.10 Vérification des limites d'échauffement	34
7.11 Vérification de la tenue aux courts-circuits	34
7.12 Compatibilité électromagnétique	34
7.13 Vérification du fonctionnement mécanique	34
8 Vérification individuelle systématique	34
8.1 Généralités	34
8.2 Degré de protection procuré par les enveloppes	35
8.3 Distances d'isolement et lignes de fuite	35
8.4 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection	35
8.5 Intégration de composants incorporés	35
8.6 Circuits électriques internes et connexions	35
8.7 Bornes pour conducteurs externes	35

8.8	Fonctionnement mécanique	35
8.9	Propriétés diélectriques	35
8.10	Câblage, performance et fonctionnement opérationnels, y compris vérification de la puissance assignée	35
Annexe A (normative) Sections minimale et maximale des conducteurs de cuivre convenant aux raccordements		37
Annexe B (informative) Formules pour les condensateurs et les installations		38
B.1	Calcul de la puissance de condensateurs triphasés à partir de trois mesurages de capacités monophasées	38
B.2	Fréquence de résonance	38
B.3	Élévation de la tension	38
B.4	Courant d'appel transitoire	39
B.4.1	Mise sous tension d'un seul condensateur	39
B.4.2	Connexion de condensateurs en parallèle avec un/des condensateur(s) sous tension	39
B.4.3	Résistance de décharge dans des condensateurs monophasés ou dans une phase de condensateurs polyphasés	39
Annexe C (informative) Définition de conceptions analogues pour les batteries de condensateurs		40
Annexe D (informative) Modes de connexion de condensateurs supplémentaires pour l'essai d'échauffement		41
Bibliographie		42
Figure D.1 – Configurations pour l'essai d'échauffement		41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DE PUISSANCE – BATTERIES DE COMPENSATION DU FACTEUR DE PUISSANCE BASSE TENSION

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61921 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- nombreuses modifications concernant l'alignement des méthodes de vérification sur l'IEC 61439-1;
- modification de marquage;
- ajout d'une vérification individuelle systématique de la puissance assignée;

- nouvelle Annexe D avec préconisations portant sur les méthodes de vérification de l'échauffement;
- actualisation des références normatives;
- révision rédactionnelle générale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/607/FDIS	33/611/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

CONDENSATEURS DE PUISSANCE – BATTERIES DE COMPENSATION DU FACTEUR DE PUISSANCE BASSE TENSION

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux batteries de condensateurs shunt à basse tension en courant alternatif destinées à être utilisées pour la compensation du facteur de puissance, ces batteries comportant éventuellement des appareillages de connexion et de commande intégrés capables de mettre sous tension ou hors tension une ou des fractions de l'ensemble afin de compenser le facteur de puissance du réseau.

Sauf indication contraire dans la présente norme et le cas échéant, les batteries de compensation du facteur de puissance basse tension satisfont aux exigences de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61439-1:2011, *Ensembles d'appareillage de basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 61439-2:2011, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 2: Ensembles d'appareillage de puissance*

IEC 60831-1:2014, *Condensateurs shunt de puissance autoregénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation*

IEC 60931-1:1996, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation*

IEC 61642:1997, *Réseaux industriels à courant alternatif affectés par les harmoniques – Emploi de filtres et de condensateurs shunt*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 61439-1, de l'IEC 61439-2, de l'IEC 60831-1 et de l'IEC 60931-1 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

batterie de condensateurs basse tension en courant alternatif ou batterie de compensation du facteur de puissance basse tension

combinaison d'un ou de plusieurs condensateurs unitaires à basse tension avec les appareils de connexion associés et les matériels de commande, de mesure, de signalisation, de protection, de régulation, etc., entièrement assemblés sous la responsabilité du fabricant d'ensembles avec toutes leurs liaisons internes mécaniques et électriques et leurs éléments de construction

Note 1 à l'article: La batterie de condensateurs peut être fixée, connectée manuellement ou commandée automatiquement par un régulateur du facteur de puissance.

Note 2 à l'article: Les composants des appareillages de connexion et de commande de la batterie automatique peuvent être électromécaniques ou électroniques.

3.2

gradin de condensateurs

combinaison d'un ou de plusieurs condensateurs unitaires manœuvrés ensemble par un interrupteur unique avec éventuellement des bobines d'inductance anti-harmoniques, des fils de connexion et des appareillages associés

3.3

régulateur varométrique

dispositif conçu pour calculer la puissance réactive absorbée par la charge raccordée à l'alimentation de puissance et pour commander la connexion et la déconnexion des gradins de la batterie automatique de façon à compenser la puissance réactive

Note 1 à l'article: La puissance réactive est normalement calculée à la fréquence fondamentale.

Note 2 à l'article: Le régulateur peut être "incorporé" ou "séparé".

Note 3 à l'article: Le régulateur exécute généralement des fonctions de mesure / contrôle de la puissance, de commande (des gradins de condensateurs) et de protection (de la batterie de condensateurs).

3.4

courant d'appel transitoire I_t

surintensité transitoire d'amplitude et de fréquence élevées qui peut apparaître lorsqu'un condensateur est mis sous tension, l'amplitude et la fréquence étant déterminées par des facteurs tels que l'impédance de court-circuit du réseau, l'importance de la capacité en parallèle déjà sous tension et l'instant de connexion

3.5

puissance réactive assignée Q_N (d'une batterie de condensateurs)

puissance réactive totale d'une batterie de condensateurs à la fréquence et à la tension assignées, calculée à partir de l'impédance totale de la batterie en incluant les inductances éventuelles

3.6

courant maximal admissible

valeur de courant déclarée par le fabricant que la batterie de condensateurs peut supporter en permanence et utilisée pour les paramètres d'installation et de protection

4 Marquage d'une batterie de condensateurs

Les informations minimales suivantes doivent être indiquées par le fabricant sur une plaque signalétique à fixer sur la batterie de condensateurs:

- 1) Nom ou marque de fabrique du fabricant.
- 2) Numéro d'identification ou désignation du type.
- 3) Date de fabrication, en clair ou sous forme de code.

- 4) Puissance réactive assignée, Q_N en kilovars (kvar).
- 5) Tension assignée, U_N en volts (V).
- 6) Fréquence assignée, f_N en hertz (Hz).
- 7) Référence à la norme IEC 61921 et à son année de publication.

Les informations suivantes doivent être également indiquées par le fabricant sur la plaque signalétique ou dans la notice d'instruction.

- 8) Caractéristiques assignées des gradins, en kvar.
- 9) Valeur de la bobine d'inductance série lorsqu'elle existe (ou taux de réactance en % ou de fréquence d'accord).
- 10) Températures ambiantes minimale et maximale en degrés Celsius (°C).
- 11) Degré de protection de l'enveloppe.
- 12) Type d'emplacement: intérieur ou extérieur.
- 13) Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}).
- 14) Courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}), le cas échéant.
- 15) Courant maximal admissible.
- 16) Tension assignée d'isolement (U_i).
- 17) Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}).

5 Conditions d'emploi

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

6 Guide de conception, d'installation, d'exploitation et de sécurité

6.1 Généralités

Contrairement à la plupart des appareils électriques, les condensateurs shunt, lorsqu'ils sont en service, fonctionnent en permanence à pleine puissance ou à des puissances qui n'en diffèrent que par suite de variations de la tension et de la fréquence.

Les contraintes et les températures excessives abrègent la durée de vie d'un condensateur et il convient par conséquent de contrôler rigoureusement les conditions de fonctionnement (c'est-à-dire la température, la tension et le courant).

Il convient de noter que l'introduction d'une capacité dans un réseau peut en perturber les conditions de fonctionnement (par exemple, amplification des harmoniques, auto-excitation des machines, surtension de connexion, fonctionnement défectueux des appareils de télécommande à fréquence audio, etc.).

Les différents types de condensateurs et les nombreux facteurs impliqués ne permettent pas de couvrir, par des règles simples, tous les cas possibles d'installation et d'exploitation. Les informations suivantes portent sur les points les plus importants à prendre en considération. En outre, les instructions du fabricant et des distributeurs d'électricité doivent être suivies.

6.2 Conception

6.2.1 Choix de la tension assignée

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

réel auquel est soumise la batterie de condensateurs même s'il ne respecte pas les tolérances normales applicables à la tension assignée.

Sur certains réseaux, il peut exister une différence importante entre la tension de service et la tension assignée. Il convient que ces précisions soient fournies par l'acheteur de façon à permettre au fabricant d'en tenir dûment compte. Il s'agit là d'un point important pour les batteries de condensateurs, étant donné que leur performance et leur durée de vie peuvent se trouver affectées par l'augmentation excessive de la tension appliquée au diélectrique du condensateur.

Sauf accord contraire entre le fabricant et le client, la tension de service doit par hypothèse être égale à la tension assignée du réseau avec des tolérances applicables.

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

Lors de la détermination de la tension à prévoir aux bornes du condensateur, les considérations suivantes doivent être prises en compte:

- a) Les condensateurs shunt peuvent produire une élévation de la tension depuis la source jusqu'à leur point d'emplacement (voir Annexe B). Cette élévation de la tension peut être plus importante en présence d'harmoniques. En conséquence, les condensateurs sont susceptibles de fonctionner à une tension supérieure à la tension mesurée avant leur raccordement.
- b) La tension aux bornes du condensateur peut être particulièrement élevée aux périodes de faible charge (voir Annexe B). Dans ce cas, il convient de mettre hors service certains ou tous les condensateurs de façon à leur éviter des contraintes excessives ainsi qu'une augmentation indésirable de la tension du réseau.

Il convient de ne faire fonctionner les condensateurs dans des conditions correspondant à la fois à la tension maximale admissible et à la température ambiante maximale que dans des cas exceptionnels, puis pendant des périodes de courte durée uniquement, sauf pendant l'essai d'échauffement concernant la vérification de la conception.

NOTE 1 Lors du choix de la tension assignée des condensateurs unitaires, une trop grande marge de sécurité doit être évitée car cela entraînerait une diminution de la puissance de sortie réactive par rapport à la puissance de sortie réactive assignée.

NOTE 2 Voir l'IEC 60831-1 en ce qui concerne la tension maximale admissible.

6.2.2 Connexion et protection contre la surcharge

Les capacités de surcharge des condensateurs sont indiquées dans l'IEC 60831-1 et dans l'IEC 60931-1. Ces limites sont toutefois plus importantes que celles applicables aux batteries. Les appareils de connexion et de protection et les raccordements doivent être conçus pour supporter en permanence un courant égal au moins à 1,3 fois le courant qui serait obtenu à une tension sinusoïdale de valeur efficace égale à la tension assignée à la fréquence assignée.

Les appareils de connexion et de protection et les raccordements doivent pouvoir également supporter les contraintes électrodynamiques et thermiques engendrées par les surintensités transitoires de grande amplitude et de fréquence élevée, qui peuvent se produire au moment de la mise sous tension.

Ces surintensités transitoires doivent se produire lorsqu'une batterie ou un gradin est connecté en parallèle avec d'autres déjà sous tension. Il convient de veiller à ne pas dépasser le courant de commutation maximal admissible des condensateurs et des appareils de connexion.

Les techniques qui permettent de limiter les surintensités transitoires de manœuvre incluent l'utilisation de bobines d'inductance série ou de contacteurs à régime de fonctionnement par condensateurs avec résistances de précharge ou sectionneurs à semiconducteurs. Lorsque l'étude des contraintes électrodynamiques et thermiques risque d'entraîner des exigences de dimensionnement excessives, il convient de prendre des précautions spéciales, telles que celles mentionnées dans l'IEC 60831-1 pour la protection contre les surintensités.

Dans certains cas, par exemple, lorsque les batteries sont à commande automatique, des manœuvres répétées peuvent intervenir à des intervalles de temps relativement courts. Il convient de choisir les appareils de connexion et de protection de manière à supporter ces conditions.

Il est recommandé de protéger les condensateurs contre les surintensités à l'aide de dispositifs à maximum de courant appropriés, lorsque le courant dépasse la limite admissible spécifiée dans l'IEC 60831-1 et dans l'IEC 60931-1. En général, les fusibles n'assurent pas une protection suffisante contre les surintensités.

Tout mauvais contact des circuits de condensateurs peut provoquer un arc créant des oscillations à haute fréquence qui peuvent échauffer et surcharger les condensateurs. L'inspection à intervalles réguliers de tous les contacts des ensembles de condensateurs est par conséquent recommandée.

6.3 Installation et exploitation

6.3.1 Environnement électrique

6.3.1.1 Harmoniques

Le raccordement d'une batterie de condensateurs à un réseau qui comporte des harmoniques peut réduire sa durée de vie. Les effets préjudiciables des harmoniques peuvent être réduits par l'utilisation d'une bobine d'inductance anti-harmoniques adaptée en série avec chaque gradin de condensateurs.

En cas d'utilisation de bobines d'inductance à noyau de fer, il convient d'accorder une attention particulière à la saturation éventuelle et à l'échauffement du noyau par les harmoniques.

De plus amples informations peuvent être consultées dans l'IEC 61642.

6.3.1.2 Surtensions de manœuvre

Il convient d'éviter ou de réduire le plus possible les surtensions de manœuvre internes produites par le fonctionnement de la batterie de condensateurs. Ces surtensions de manœuvre, lorsqu'elles existent, ne doivent pas dépasser les limites spécifiées dans l'IEC 60831-1 ou l'IEC 60931-1. Il convient de choisir les composants de manœuvre explicitement recommandés pour une utilisation avec des condensateurs de manière à éviter ce type de problème. Néanmoins, l'appareillage se détériore avec le temps et il convient de remplacer les contacts usés lors des vérifications régulières de maintenance.

6.3.2 Effets secondaires de la batterie de condensateurs

6.3.2.1 Distorsion harmonique

Le raccordement d'une batterie de condensateurs à un réseau qui comporte des harmoniques entraîne généralement une augmentation des harmoniques à moins qu'une bobine d'inductance anti-harmoniques adaptée ne soit placée en série avec chaque gradin de condensateurs.

L'augmentation des harmoniques a pour effet non seulement de réduire la durée de vie des condensateurs, mais peut également engendrer des problèmes avec d'autres appareils électriques et électroniques du réseau.

6.3.2.2 Affaiblissement des signaux injectés de télécommande centralisée

Les signaux de télécommande centralisée sont émis par les distributeurs d'électricité pour la commande et la commutation des charges en heures creuses (par exemple, les chauffe-eau, l'éclairage public, etc.).

Une batterie de condensateurs peut provoquer une diminution importante du signal de télécommande centralisée. Cette diminution peut être évitée par une augmentation de l'impédance à la fréquence de ce signal en raccordant des circuits bouchons en série aux condensateurs unitaires.

6.3.3 Surtensions

L'IEC 60831-1 et l'IEC 60931-1 spécifient les facteurs de surtension.

Le facteur de surtension peut être augmenté avec l'accord du fabricant.

6.3.4 Courants de surcharge

Avant de commander une batterie de condensateurs, il convient d'accorder une attention particulière à la vérification des conditions du réseau à l'endroit de l'installation (par exemple, la présence de distorsion harmonique ou l'utilisation de fréquences de télécommande centralisée).

Il convient que les condensateurs ne fonctionnent jamais à des courants supérieurs à la valeur maximale spécifiée dans l'IEC 60831-1 ou dans l'IEC 60931-1.

6.4 Sécurité

6.4.1 Dispositifs de décharge

6.4.1.1 Généralités

Chaque batterie de condensateurs ou chaque gradin doit comporter un dispositif de décharge des condensateurs (selon IEC 60831-1 ou IEC 60931-1) après déconnexion du réseau.

Les durées de décharge spécifiées peuvent être obtenues en utilisant des résistances de décharge internes (incorporées) dans chaque condensateur, ou des dispositifs de décharge externes assignés pour la totalité de l'ensemble de condensateurs.

Avant de toucher une quelconque partie active, attendre au moins 5 min pour que la batterie s'autodécharge et ensuite mettre en court-circuit les bornes de chaque condensateur et les mettre à la terre.

6.4.1.2 Résistances internes

Des résistances internes sont en général intégrées aux condensateurs individuels. Elles sont conçues pour assurer la décharge de chaque condensateur, et donc celle de toute la batterie. Dans une batterie de condensateurs avec plusieurs sections de condensateurs en série, la tension résiduelle aux bornes de la batterie est égale à la somme des tensions résiduelles de chaque section.

6.4.1.3 Dispositifs de décharge externes

Des dispositifs de décharge externes peuvent être utilisés. Il convient que chaque dispositif soit adapté aux conditions existant sur le lieu d'implantation de l'équipement et qu'il ait une distance d'isolement, une ligne de fuite et un niveau d'isolement appropriés. Si les condensateurs n'ont pas de résistances de décharge internes, il ne doit pas y avoir d'appareil de connexion entre le condensateur et le dispositif de décharge.

Des bobines d'inductance de décharge peuvent être utilisées, connectées directement en parallèle avec les gradins de condensateurs. Habituellement deux bobines d'inductance sont connectées entre deux phases pour des raisons économiques. Dans les conditions de fonctionnement, seul le courant magnétisant traverse la bobine d'inductance. Lorsque l'ensemble de condensateurs est déconnecté, toute l'énergie emmagasinée s'écoule dans la bobine en quelques secondes. La majeure partie de l'énergie est dissipée dans la bobine d'inductance. Il convient de limiter le nombre de décharges par unité de temps de sorte qu'aucune surchauffe de la bobine d'inductance de décharge ne se produise.

Les enroulements de transformateurs ou de moteurs peuvent être définis comme étant des impédances adaptées, de même que l'enroulement primaire des transformateurs de tension.

6.4.2 Décharge après déconnexion

Il convient qu'une installation de condensateurs déconnectée s'autodécharge complètement, quel que soit l'emplacement du dispositif de décharge, que celui-ci soit directement placé sur chaque condensateur ou aux bornes de connexion de l'équipement.

Toutefois, une installation de condensateurs avec des connexions en série et en étoile ayant subi un claquage d'éléments ou un arc interne ou externe, peut ne pas être déchargée complètement par des dispositifs de décharge connectés aux bornes de l'installation de condensateurs. Bien qu'il n'y ait pas de tension mesurable aux bornes de l'ensemble, la batterie de condensateurs peut contenir des quantités dangereuses d'énergie emmagasinée. Celles-ci, dénommées «charges piégées» peuvent persister pendant une période de quelques mois et ne peuvent être déchargées que par une décharge individuelle de chaque section de la batterie.

Il est important de noter qu'un dispositif de décharge ne peut se substituer à la mise en court-circuit et à la terre des bornes de condensateurs avant et pendant la manutention.

6.4.3 Danger de feu en cas de défaillance

Les condensateurs contiennent des matériaux inflammables comme du film diélectrique et/ou du papier, de l'huile, etc. Il convient de disposer la batterie en tenant compte d'un possible danger de feu en cas de défaillance d'un composant. Les deux zones à prendre en considération sont les suivantes:

- a) Les espaces voisins des condensateurs. Les condensateurs sont normalement fabriqués en boîtiers métalliques ou sont installés dans une colonne métallique séparée. Ils peuvent également être séparés des autres composants par des barrières métalliques. Il convient de réduire le plus possible les câbles de puissance et de commande dans ces zones et de les disposer avec précaution de manière à éviter tout contact direct avec les boîtiers de condensateurs.
- b) Les espaces voisins des bobines d'inductance. Lorsque des bobines d'inductance (inductances et filtres) sont installées, il convient de réduire le plus possible les câbles de puissance et de commande autour de ces composants ou au moins de les maintenir éloignés des noyaux en acier laminé de ces composants.

6.4.4 Dommages aux personnes et aux biens

Toute opération de maintenance doit être effectuée après sectionnement de la batterie de condensateurs complète (ou des sections de la batterie) sous réserve du respect des

opérations de sécurité décrites par l'IEC 61439-1. Le temps de décharge minimum selon 6.4.1.1 doit également être respecté.

6.4.5 Jeu de barres

Se reporter à l'IEC 61439-1 pour des informations détaillées.

6.4.6 Raccordement des réseaux

Le réseau de jeux de barres dans ces batteries de condensateurs doit être disposé de sorte que les câbles ou les jeux de barres à raccorder et à prolonger vers l'installation aient un espace suffisant. Si des câbles sont utilisés pour ce raccordement, ils ont habituellement une section importante et doivent être dimensionnés pour supporter le courant assigné et le courant de défaut exigés du réseau.

Se reporter à l'IEC 61439-1 pour des informations détaillées.

7 Vérification de la conception

7.1 Généralités

La vérification de la conception est destinée à vérifier la conformité aux exigences indiquées dans la présente norme pour un type donné de batterie de condensateurs.

La vérification de la conception doit être effectuée sur un échantillon de batterie de condensateurs fabriquée selon une conception identique ou analogue sous la responsabilité du fabricant. (Se reporter à l'Annexe C pour la définition de l'analogie de conception).

La vérification de la conception peut être effectuée dans n'importe quel ordre et/ou sur différents échantillons du même type.

7.2 Résistance des matériaux et des parties

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

7.3 Vérification du degré de protection des enveloppes

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

7.4 Vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.5 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.6 Intégration des appareils de connexion et des composants

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.7 Circuits électriques internes et connexions

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.8 Bornes pour conducteurs externes

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.9 Vérification des propriétés diélectriques

Pour cet essai, tous les matériels électriques de la batterie de condensateurs doivent être raccordés, à l'exception des appareils qui, selon les spécifications applicables,

- sont conçus pour une tension d'essai inférieure;
- absorbent du courant (par exemple, condensateurs, enroulements, instruments de mesure, dispositifs pour la suppression des tensions de choc) dans lesquels l'application de la tension d'essai provoque un flux de courant.

doivent être déconnectés. Ces appareils doivent être déconnectés à l'une de leurs bornes à moins qu'ils ne soient pas conçus pour résister à la pleine tension d'essai, auquel cas toutes les bornes peuvent être déconnectées.

Pour les batteries de condensateurs à connexion électromécanique, voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

Il convient que le choix de la méthode d'essai des batteries de condensateurs à connexion à semiconducteurs relève d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

7.10 Vérification des limites d'échauffement

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 avec les modifications suivantes:

- le courant d'essai doit être égal à au moins 1,2 fois le courant assigné;
- la méthode de calcul proposée dans l'IEC 61439-1 n'est pas admise.

Lorsque tout réseau limite le courant à une valeur inférieure à 1,2, l'essai doit alors correspondre à cette valeur limitée.

Une méthode ou la combinaison des méthodes suivantes peut permettre d'obtenir le niveau du courant d'essai: augmenter la tension d'essai, augmenter la fréquence d'essai ou augmenter la valeur du condensateur (voir Annexe D).

Des demandes particulières du client concernant la température de service peuvent également faire l'objet d'une vérification par essai selon la procédure décrite dans l'IEC 61439-1.

7.11 Vérification de la tenue aux courts-circuits

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.12 Compatibilité électromagnétique

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

7.13 Vérification du fonctionnement mécanique

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

8 Vérification individuelle systématique

8.1 Généralités

La vérification individuelle systématique est destinée à détecter les défauts affectant les matériaux et la fabrication. Elle doit être effectuée sur toute nouvelle batterie de condensateurs après son montage ou sur chaque unité de transport (voir l'IEC 61439-1). Une autre vérification individuelle systématique sur le lieu d'installation n'est pas exigée.

Ces essais peuvent être effectués dans n'importe quel ordre, à condition que l'essai 8.4 soit le premier réalisé.

8.2 Degré de protection procuré par les enveloppes

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.3 Distances d'isolement et lignes de fuite

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.4 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.5 Intégration de composants incorporés

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.6 Circuits électriques internes et connexions

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.7 Bornes pour conducteurs externes

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

8.8 Fonctionnement mécanique

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1 et de l'IEC 61439-2.

8.9 Propriétés diélectriques

Pour cet essai, tous les matériels électriques de la batterie de condensateurs doivent être raccordés, à l'exception des appareils qui, selon les spécifications applicables,

- sont conçus pour une tension d'essai inférieure;
- absorbent du courant (par exemple, condensateurs, enroulements, instruments de mesure, dispositifs pour la suppression des tensions de choc) dans lesquels l'application de la tension d'essai provoque un flux de courant.

doivent être déconnectés. Ces appareils doivent être déconnectés à l'une de leurs bornes à moins qu'ils ne soient pas conçus pour résister à la pleine tension d'essai, auquel cas toutes les bornes peuvent être déconnectées.

Pour les batteries de condensateurs à connexion électromécanique, voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

Il convient que le choix de la méthode d'essai des batteries de condensateurs à connexion à semiconducteurs relève d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

L'autre méthode proposée dans l'IEC 61439-1 (Vérification de la résistance d'isolement) est également applicable.

8.10 Câblage, performance et fonctionnement opérationnels, y compris vérification de la puissance assignée

Voir les articles appropriés de l'IEC 61439-1.

La vérification de la puissance assignée permet de déterminer la puissance de sortie réactive assignée de la batterie de condensateurs à la tension et à la fréquence assignées. L'essai peut être réalisé à l'aide de deux méthodes.

- a) Le mesurage de l'impédance capacitive nette (en tenant compte de l'inductance en série, le cas échéant) et extrapolation de la puissance calculée à la tension et à la fréquence assignées
- b) Le mesurage du courant par application de la tension et extrapolation à la tension et à la fréquence assignées

La puissance calculée / mesurée doit se situer dans les limites de tolérances spécifiées dans l'IEC 60831-1 ou l'IEC 60931-1.

NOTE Le fait que les essais individuels de série soient effectués dans les ateliers du fabricant ne libère pas l'établissement installant la batterie de condensateurs de l'obligation de vérifier celle-ci après son transport et son installation.

Annexe A
(normative)

**Sections minimale et maximale des conducteurs de cuivre
convenant aux raccordements**

Voir l'annexe appropriée de l'IEC 61439-1.

Lors du choix de la dimension des conducteurs de cuivre, le courant maximal admissible et son spectre d'harmoniques doivent être pris en considération.

Annexe B (informative)

Formules pour les condensateurs et les installations

B.1 Calcul de la puissance de condensateurs triphasés à partir de trois mesurages de capacités monophasées

Les capacités mesurées entre deux bornes quelconques d'un condensateur triphasé couplé en triangle ou en étoile sont désignées par C_a , C_b et C_c . Si les exigences de symétrie indiquées dans l'IEC 60831-1 et dans l'IEC 60931-1 sont satisfaites, la puissance Q du condensateur peut être calculée avec une exactitude suffisante par la formule:

$$Q = 2/3 (C_a + C_b + C_c) \omega U_N^2 \cdot 10^{-12}$$

où

C_a , C_b et C_c sont exprimées en microfarads (μF);

U_N est exprimée en volts (V);

Q est exprimée en mégavars (Mvar).

B.2 Fréquence de résonance

Un condensateur est en résonance avec un harmonique conformément à l'équation suivante dans laquelle n est un nombre entier:

$$n = \sqrt{S/Q}$$

où

S est la puissance de court-circuit (MVA) à l'endroit où le condensateur doit être installé;

Q est exprimée en mégavars (Mvar);

n est le rang (d'un harmonique), c'est-à-dire le rapport de l'harmonique de résonance (Hz) à la fréquence du réseau (Hz).

B.3 Élévation de la tension

Le raccordement d'un condensateur shunt provoque une élévation de la tension en régime permanent, donnée par la formule suivante:

$$\Delta U/U \approx Q/S$$

où

ΔU est l'élévation de la tension en volts (V);

U est la tension avant le raccordement du condensateur (V);

S est la puissance de court-circuit (MVA) à l'endroit où le condensateur doit être installé;

Q est exprimée en mégavars (Mvar).

B.4 Courant d'appel transitoire

B.4.1 Mise sous tension d'un seul condensateur

$$\hat{I}_S \approx I_N \sqrt{2S/Q}$$

où

\hat{I}_S est la valeur de crête du courant d'appel du condensateur en ampères (A);

I_N est le courant assigné du condensateur (valeur efficace) en ampères (A);

S est la puissance de court-circuit (MVA) à l'endroit où le condensateur doit être installé;

Q est exprimée en mégavars (Mvar).

B.4.2 Connexion de condensateurs en parallèle avec un/des condensateur(s) sous tension

$$\hat{I}_S = U\sqrt{2}/\sqrt{X_C X_L}$$

$$f_S = f_N \sqrt{X_C/X_L}$$

où

\hat{I}_S est la valeur de crête du courant d'appel du condensateur en ampères (A);

U est la tension phase-terre en volts (V);

X_C est la réactance capacitive série par phase en ohms (Ω);

X_L est la réactance inductive par phase entre les batteries en ohms (Ω);

f_S est la fréquence du courant d'appel en hertz (Hz);

f_N est la fréquence assignée en hertz (Hz).

B.4.3 Résistance de décharge dans des condensateurs monophasés ou dans une phase de condensateurs polyphasés

$$R \leq t / [k C \ln (U_N \sqrt{2}/U_R)]$$

où

t est le temps de décharge de $U_N \sqrt{2}$ à U_R en secondes (s);

R est la résistance de décharge en mégohms (M Ω);

C est la capacité assignée par phase en microfarads (μ F);

U_N est la tension assignée du condensateur en volts (V);

U_R est la tension résiduelle admissible en volts (V) (voir IEC 60831-1 pour les limites de t et de U_R);

k est le coefficient qui dépend du mode de connexion des résistances aux condensateurs unitaires (voir IEC 60831-1 et IEC 60931-1).

Annexe C (informative)

Définition de conceptions analogues pour les batteries de condensateurs

Les batteries de condensateurs peuvent être considérées comme analogues, sous réserve que la construction mécanique et la conception électrique le soient également. Par exemple, il convient de ne pas modifier, d'une conception à l'autre, la puissance assignée, les matériaux utilisés, les distances d'isolement, le niveau et la répartition des puissances dissipées, la dimension des armoires ou les méthodes de refroidissement.

La vérification de la conception de batteries soumises aux contraintes les plus élevées permet la qualification automatique des batteries de construction analogue, mais soumises à des contraintes électriques et thermiques moins élevées.

Les paramètres de conception qui peuvent influencer sur les contraintes peuvent inclure les éléments suivants (liste non exhaustive):

- Degré de protection IP
- Densité de courant des jeux de barres et des câbles
- Type de dispositif commutateur
- Type de bobine d'inductance (lorsqu'elle existe)
- Système de refroidissement
- Dispositif commutateur entrant
- Position des composants

etc.

Annexe D (informative)

Modes de connexion de condensateurs supplémentaires pour l'essai d'échauffement

Il convient d'augmenter la valeur de capacité de sorte que toutes les pertes supplémentaires qu'elle engendre affectent l'échauffement interne de la batterie de condensateurs.

La Figure D.1 représente certaines modes de connexion possibles de cette capacité supplémentaire, sous réserve que le montage reste identique:

- Configuration (a): Condensateur(s) supplémentaire(s) à l'extérieur de l'enveloppe – Non admise.
- Configuration (b): Gradin(s) supplémentaire(s) complet(s) parallèle(s) aux gradins assignés à l'intérieur de l'enveloppe – Non admise.
- Configuration (c): Condensateur(s) supplémentaire(s) parallèle(s) aux condensateurs assignés à l'intérieur de l'enveloppe – Admise.

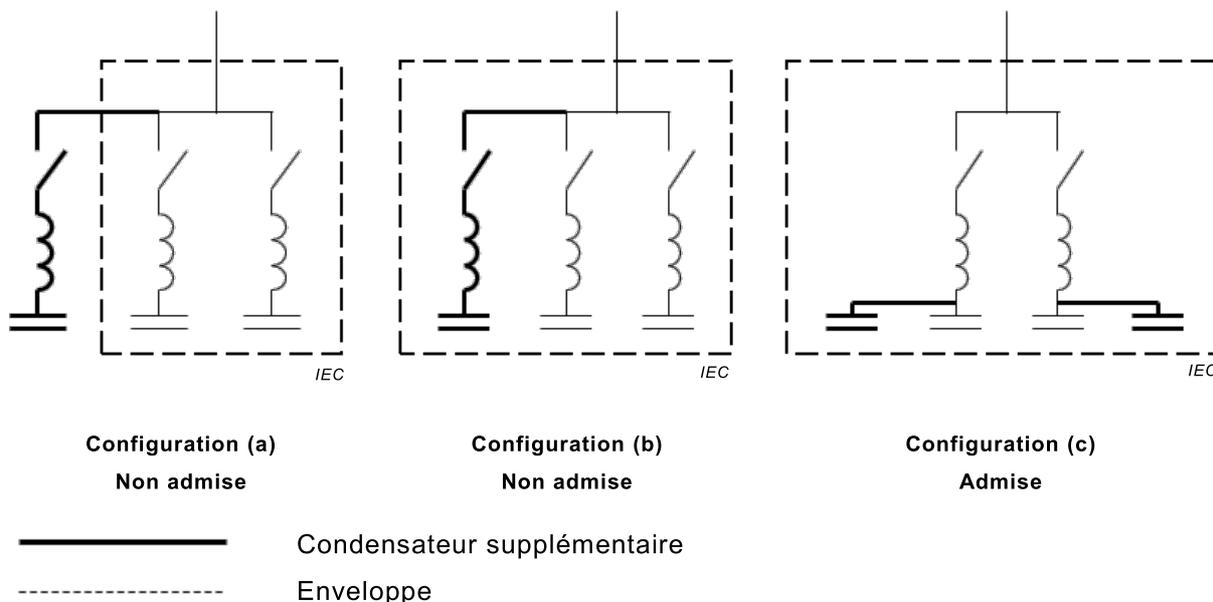


Figure D.1 – Configurations pour l'essai d'échauffement

Bibliographie

IEC 60050-436:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International. Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60831-2:2014, *Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 2: Essais de vieillissement, d'autorégénération et de destruction*

IEC 60931-2:1995, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 2: Essais de vieillissement et de destruction*

IEC 60931-3:1996, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 3: Fusibles internes*

IEC 61000-2-2:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-2: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation basse tension*

IEC TR 61000-4-1:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series (disponible en anglais seulement)*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch