

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <b>DIN IEC 61881-3<br/>(VDE 0115-430-3)</b>   |  |
|  | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden. |  |
| <p>ICS 31.060.10; 45.060.01 <span style="float: right;">Einsprüche bis 2010-04-30</span></p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"><b>Entwurf</b></div> <p><b>Bahnanwendungen –<br/>Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen –<br/>Kondensatoren für Leistungselektronik –<br/>Teil 3: Doppelschichtkondensatoren<br/>(IEC 9/1314/CD:2009)</b></p> <p>Railway applications –<br/>Rolling stock equipment –<br/>Capacitors for power electronics –<br/>Part 3: Electric double-layer capacitor<br/>(IEC 9/1314/CD:2009)</p> <p><b>Anwendungswarnvermerk</b></p> <p>Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-02-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– vorzugsweise als Datei per E-Mail an <b>dke@vde.com</b> in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <b>www.dke.de/stellungnahme</b> abgerufen werden</li><li>– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.</li></ul> <p>Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 47 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p> |   |   |
|  |   |   |

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

### Inhalt

|   | Seite |
|---|-------|
| Nationales Vorwort.....   | 4     |
| Nationaler Anhang NA .....                                      | 5     |
| Nationaler Anhang NB .....                                      | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                       | 7     |
| 2 Normative Verweise.....                                       | 7     |
| 3 Begriffe.....   | 8     |
| 4 Betriebsbedingungen .....                                     | 10    |
| 4.1 Normale Betriebsbedingungen .....                           | 10    |
| 4.2 Ungewöhnliche Betriebsbedingungen .....                     | 10    |
| 5 Qualitätsanforderungen und Prüfungen.....                     | 11    |
| 5.1 Prüfanforderungen .....                                     | 11    |
| 5.2 Klassifikation der Prüfungen .....                          | 11    |
| 5.3 Kapazität und interner Widerstand .....                     | 12    |
| 5.4 Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen .....             | 13    |
| 5.5 Isolationsprüfung zwischen Anschlüssen und Gehäuse .....    | 13    |
| 5.6 Dichtungsprüfung.....                                       | 15    |
| 5.7 Stoßentladungsprüfung (zur Diskussion).....                 | 15    |
| 5.8 Umweltprüfungen.....  | 16    |
| 5.9 Mechanische Prüfungen .....                                 | 17    |
| 5.10 Dauerprüfung .....   | 17    |
| 5.11 Dauerwechselbeanspruchungsprüfung .....                    | 18    |
| 5.12 Zerstörende Prüfung (zur Diskussion) .....                 | 19    |
| 5.13 Passive Entzündbarkeit .....                               | 20    |
| 6 Überlast (zur Diskussion).....                                | 20    |
| 7 Sicherheitsanforderungen.....                                 | 20    |
| 7.1 Entladegerät.....   | 20    |
| 7.1 Gehäuseverbindung (Erdung) .....                            | 20    |
| 7.3 Schutz der Umwelt.....                                      | 20    |
| 7.4 Andere Sicherheitsanforderungen .....                       | 20    |
| 8 Beschriftung .....  | 21    |
| 8.1 Beschriftung der Zelle .....                                | 21    |
| 9 Leitfaden für Installation und Betrieb (zur Diskussion) ..... | 22    |
| 9.1 Allgemeines .....   | 22    |
| 9.2 Auswahl der Nennspannung.....                               | 22    |
| 9.3 Betriebstemperatur .....                                    | 22    |

|   | Seite |
|---|-------|
| 9.4 Überspannungen (zur Diskussion) .....                               | 23    |
| 9.5 Überlastströme .....  | 23    |
| 9.6 Schalter und Schutzelemente.....                                    | 24    |
| 9.7 Auslegung von Kriech- und Luftstrecken.....                         | 24    |
| 9.8 Verbindungen .....  | 24    |
| 9.9 Parallel-Verbindungen von Kondensatoren.....                        | 24    |
| 9.10 Reihenschaltung von Kondensatoren .....                            | 24    |
| 9.11 Magnetische Verluste und Wirbelströme.....                         | 24    |
| 9.12 Leitfaden für unabgesicherte Kondensatoren .....                   | 25    |
| Anhang A (informativ) Begriffe und Definitionen von Kondensatoren ..... | 26    |
| A.1 Kondensator-Anwendung in Kondensatoranlagen.....                    | 26    |
| Literaturhinweise (zur Diskussion) .....                                | 26    |

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 9/1314/CD:2009 „Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 3: Electric double-layer capacitor“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.1 „Fahrzeuge“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

| Europäische Norm   | Internationale Norm              | Deutsche Norm                              | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|--------------------|----------------------------------|--|--|
| –                  | IEC 60050                        | –  | –                                      |
| EN 60068-2-14:1999 | IEC 60068-2-14:1984<br>+ A1:1986 | DIN EN 60068-2-14:2000-08                  | –                                      |
| EN 60068-2-17:1994 | IEC 60068-2-17:1994              | DIN EN 60068-2-17:1995-05                  | –                                      |
| EN 60068-2-20:2008 | IEC 60068-2-20:2008              | DIN EN 60068-2-20:2009-02                  | –                                      |
| EN 60068-2-21:2006 | IEC 60068-2-21:2006              | DIN EN 60068-2-21:2007-01                  | –                                      |
| EN 60068-2-78:2001 | IEC 60068-2-78:2001              | DIN EN 60068-2-78:2002-09                  | –                                      |
| EN 60077-1:2002    | IEC 60077-1:1999,<br>mod.        | DIN EN 60077-1<br>(VDE 0115-460-1):2003-04 | VDE 0115-460-1                         |
| EN 60077-2:2002    | IEC 60077-2:1999,<br>mod.        | DIN EN 60077-2<br>(VDE 0115-460-2):2003-04 | VDE 0115-460-2                         |
| EN 60664-1:2007    | IEC 60664-1:2007                 | DIN EN 60664-1<br>(VDE 0110-1):2008-01     | VDE 0110-1                             |
| EN 60721-3-5:1997  | IEC 60721-3-5:1997               | DIN EN 60721-3-5:1998-06                   | –                                      |
| –                  | IEC 60850:2007                   | –  | –                                      |
| EN 61287-1:2006    | IEC 61287-1:2005                 | DIN EN 61287-1<br>(VDE 0115-410):2007-08   | VDE 0115-410                           |
| EN 61373:1999      | IEC 61373:1999                   | DIN EN 61373<br>(VDE 0115-106):1999-11     | VDE 0115-106                           |
| –                  | IEC 61881-1                      | –  | –                                      |
| –                  | IEC 61881-2                      | –  | –                                      |
| –                  | IEC 61881-3                      | –  | –                                      |
| EN 62391-1         | IEC 62391-1                      | DIN EN 62391-1                             | –                                      |
| EN 62391-2:2006    | IEC 62391-2:2006                 | DIN EN 62391-2:2007-02                     | –                                      |
| –                  | IEC 62497-1                      | –  | –                                      |
| –                  | IEC 62498-1                      | –  | –                                      |
| –                  | IEC 62576:2009                   | –  | –                                      |

# — Entwurf —

E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-14:2000-08, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung N: Temperaturwechsel (IEC 60068-2-14:1984 + A1:1986); Deutsche Fassung EN 60068-2-14:1999*

DIN EN 60068-2-17:1995-05, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Q: Dichtheit (IEC 60068-2-17:1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-17:1994*

DIN EN 60068-2-20:2009-02, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-20: Prüfungen – Prüfung T: Prüfverfahren für die Lötbarkeit und Lötwärmebeständigkeit von Bauelementen mit herausgeführten Anschlüssen (IEC 60068-2-20:2008); Deutsche Fassung EN 60068-2-20:2008*

DIN EN 60068-2-21:2007-01, *Umweltprüfungen – Teil 2-21: Prüfungen – Prüfung U: Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse und integrierter Befestigungsmittel (IEC 60068-2-21:2006); Deutsche Fassung EN 60068-2-21:2006*

DIN EN 60068-2-78:2002-09, *Umweltprüfungen – Teil 2-78: Prüfungen – Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant (IEC 60068-2-78:2001); Deutsche Fassung EN 60068-2-78:2001*

DIN EN 60077-1 (VDE 0115-460-1):2003-04, *Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Allgemeine Betriebsbedingungen und allgemeine Regeln (IEC 60077-1:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60077-1:2002*

DIN EN 60077-2 (VDE 0115-460-2):2003-04, *Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Teil 2: Elektrotechnische Bauteile – Allgemeine Regeln (IEC 60077-2:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60077-2:2002*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2007); Deutsche Fassung EN 60664-1:2007*

DIN EN 60721-3-5:1998-06, *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 5: Einsatz an und in Landfahrzeugen (IEC 60721-3-5:1997); Deutsche Fassung EN 60721-3-5:1997*

DIN EN 61287-1 (VDE 0115-410):2007-08, *Bahnanwendungen – Stromrichter auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Eigenschaften und Prüfverfahren (IEC 61287-1:2005); Deutsche Fassung EN 61287-1:2006*

DIN EN 61373 (VDE 0115-106):1999-11, *Bahnanwendungen – Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen – Prüfungen für Schwingen und Schocken (IEC 61373:1999); Deutsche Fassung EN 61373:1999*

DIN EN 62391-1, *Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 1: Fachgrundnorm*

DIN EN 62391-2:2007-02, *Elektrische Doppelschichtfestkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 2: Rahmenspezifikation: Elektrische Doppelschichtfestkondensatoren für Leistungsanwendungen (IEC 62391-2:2006); Deutsche Fassung EN 62391-2:2006*

## Bahnanwendungen – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Kondensatoren für Leistungselektronik – Teil 3: Doppelschichtkondensatoren

### 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für Gleichspannungs-Doppelschichtkondensatoren (Zelle, Modul, Batterie) für leistungselektronische Anwendungen für den Einsatz auf Schienenfahrzeugen. Die Norm legt Qualitätsanforderungen, Prüfungen und Sicherheitsanforderungen fest, und beschreibt die Installation und den Betrieb.

ANMERKUNG Beispiel für die Anwendung der Kondensatoren festgelegt in diesem Standard; DC Energiespeicher etc.

Kondensatoren die nicht durch diese Norm abgedeckt werden:

IEC 61881-1 (IEC 9/1231/CDV), *Bahnanwendungen – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Kondensatoren für Leistungselektronik – Teil 1: Metall-Film Kondensatoren und Metall-Folien Kondensatoren*

IEC 61881-2 (IEC 9/1313/CD), *Bahnanwendungen – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Kondensatoren für Leistungselektronik – Teil 2: DC Aluminium Elektrolyt Kondensatoren mit nicht festem Elektrolyt*

### 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature and Amendment 1:1986*

IEC 60068-2-17: 1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60721-3-5:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 5: Ground vehicle installations*

IEC 61373:1999, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 62391-1, *Fixed electric double layer capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 62391-2:2006, *Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification – Electric double-layer capacitors for power application*

IEC 62497-1 (IEC 9/998/CDV), *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-1 (IEC 9/1000/CDV), *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62576:2009, *Electric Double-Layer Capacitors for Use in Hybrid Electric Vehicles – Test Methods for Electrical Characteristics*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Kondensatorelement**

Unteilbares Teil eines Kondensators, welches aus zwei Elektroden (gewöhnlich hergestellt aus Kohlenstoff), die durch einen mit Elektrolyt imprägnierten Separator getrennt sind, besteht

**ANMERKUNG** In der Literatur wird diese Art des Kondensatorelements häufig als EDLC Element (elektrischer Doppelschichtkondensator, engl. Electric Double Layer Capacitor) bezeichnet. Ein elektrisches Doppelschichtkondensatorelement nutzt die Fähigkeit, elektrische Ladung in einer elektrischen Doppelschicht aufzunehmen, die an der Grenzoberfläche zwischen einem Elektrodenmaterial (elektronischer Leiter) und einem Elektrolyt gebildet wird. Dieser Kondensator ist im Wesentlichen für den Betrieb mit Gleichspannung bestimmt.

#### 3.2

##### **Kondensatorzelle**

ein oder mehrere Kondensatorelement(e), verpackt in dem gleichen Gehäuse mit Anschlüssen, die nach außen geführt sind (siehe Anhang A)

#### 3.3

##### **Kondensatormodul**

Verbund von zwei oder mehreren Kondensatorzellen, die elektrisch miteinander verbunden sind und mit einer zusätzlichen Elektronik versehen sind (siehe Anhang A)

#### 3.4

##### **Kondensatorbatterie**

Verbund von zwei oder mehreren Kondensatormodulen (siehe Anhang A)

#### 3.5

##### **Kondensator**

allgemeiner Ausdruck, der verwendet wird, wenn es nicht notwendig ist anzugeben, ob sich auf eine Kondensatorzelle, -modul oder -batterie bezogen wird

#### 3.6

##### **Kondensatoranlage**

Verbund von Kondensatorbatterien und von zusätzlichen Komponenten, die für den Anschluss an ein Netz bestimmt sind (siehe Anhang A)

#### 3.7

##### **Kondensator für Leistungselektronik**

Kondensator der dafür vorgesehen ist in einer leistungselektronischen Anwendung benutzt zu werden und in der Lage ist kontinuierlich unter sinusförmigem und nichtsinusförmigem Strom und Spannung zu funktionieren

**ANMERKUNG** Kondensator ist in diesem Standard ein DC-Kondensator.

#### 3.8

##### **Druckentlastungsvorrichtung**

Mechanismus, um den inneren Druck der Kondensatorzelle abzubauen, wenn ein festgelegter Wert überschritten wird

#### 3.9

##### **Entladevorrichtung**

Vorrichtung, die es ermöglicht die Spannung zwischen den Anschlüssen innerhalb einer gegebenen Zeit bis auf null zu reduzieren, nachdem der Kondensator von einem Stromkreis getrennt worden ist

### 3.10

#### DC-Nennspannung

$U_{\text{NDC}}$

maximale Betriebshöchstspannung einer Gleichspannung, für die der Kondensator für Dauerbetrieb bemessen worden ist

### 3.11

#### Isolationsspannung

$U_i$

Effektivwert der Sinusspannung für die, die Isolierung zwischen den Anschlüssen des Kondensators und dem Gehäuse oder der Erde bemessen ist. Wenn er nicht festgelegt wird, ist der Effektivwert der Isolationsspannung gleich der durch  $\sqrt{2}$  geteilten Nennspannung

### 3.12

#### maximaler Spitzenstrom

$\hat{I}$

maximaler Spitzenstrom, der während des Dauerbetriebs auftreten kann

### 3.13

#### maximaler Strom

$I_{\text{max}}$

maximaler Effektivstrom für Dauerbetrieb

### 3.14

#### maximaler Stoßstrom

$\hat{I}_s$

nicht dauernd zulässiger Spitzenstrom, verursacht durch Schaltvorgänge oder andere Störungen des Systems, welcher für eine beschränkte Anzahl, für die Dauer, die kürzer ist als der Bemessungszeitraum, zugelassen sind

ANMERKUNG Bemessungszeitraum ist die Periodendauer einer regelmäßig wiederkehrenden Belastung des Kondensators.

### 3.15

#### Betriebstemperatur

Temperatur des heißesten Punktes des Kondensatorgehäuses, wenn er sich im thermischen Gleichgewicht befindet

### 3.16

#### obere Grenztemperatur

maximale Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator mit Nennspannung kontinuierlich betrieben werden kann

### 3.17

#### Gehäusetemperaturerhöhung

$\theta_{\text{Gehäuse}}$

Unterschied zwischen der Temperatur des heißesten Punktes des Gehäuses und der Kühllufttemperatur

### 3.18

#### Kühllufttemperatur

$\theta_{\text{Umgebung}}$

Temperatur der Kühlluft, die im stationären Zustand an der heißesten Position des Kondensators in der Mitte zwischen zwei Einheiten gemessen wird

ANMERKUNG Wenn nur eine Kondensatorzelle vorhanden ist, ist es die Temperatur, die an einem Punkt in einer Entfernung von ungefähr 0.1 m vom Kondensatorgehäuse in etwa zwei Drittel seiner Höhe gemessen wird.

E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02

**3.19**

**maximale Betriebstemperatur**

$\theta_{\max}$

höchste Temperatur des Gehäuses bei der der Kondensator betrieben werden kann

ANMERKUNG Die Betriebstemperatur unterscheidet sich von der oberen Grenztemperatur.

**3.20**

**stationärer Zustand**

thermisches Gleichgewicht des Kondensators bei konstanter Leistung und bei konstanter Kühlmitteltemperatur

**3.21**

**interner Widerstand**

$R_s$

Widerstand, verursacht durch Verluste im Kondensator durch Anschlussverbindungen, das Elektrolyt, die Elektroden, usw.

## **4 Betriebsbedingungen**

ANMERKUNG Siehe IEC 60077-1.

### **4.1 Normale Betriebsbedingungen**

Diese Norm legt Anforderungen für Kondensatoren fest, die dazu bestimmt sind, unter den folgenden Bedingungen genutzt zu werden:

#### **4.1.1 Einsatzhöhe**

Höchstens 1 400 m. Siehe IEC 62498-1 (IEC 9/1000/CDV).

ANMERKUNG Der Einfluss der Einsatzhöhe auf die Luftkühlung und die isolierende Luftstrecke sollten betrachtet werden, wenn die Einsatzhöhe 1 400 m übersteigt.

#### **4.1.2 Temperatur**

Die klimatischen Umgebungstemperaturen entsprechen der IEC 60721-3-5, Kategorie 5k2, mit einem Temperaturbereich von -25 °C bis 40 °C. Wenn die Umgebungstemperatur außerhalb dieses Bereichs liegt, sollte es zwischen dem Käufer und dem Hersteller entsprechend vereinbart werden.

### **4.2 Ungewöhnliche Betriebsbedingungen**

Diese Norm ist nicht auf Kondensatoren anwendbar, deren Betriebsbedingungen derart sind, dass sie nicht mit den Anforderungen vereinbar sind, es sei denn es wurde etwas Anderes zwischen Hersteller und Käufer vereinbart.

Ungewöhnliche Betriebsbedingungen erfordern zusätzliche Maßnahmen, die garantieren, dass die Bedingungen dieser Norm trotz der ungewöhnlichen Betriebsbedingungen erfüllt werden.

Wenn solche ungewöhnlichen Betriebsbedingungen existieren, dann müssen diese dem Hersteller des Kondensators mitgeteilt werden.

Ungewöhnliche Betriebsbedingungen können umfassen:

- ungewöhnliche mechanische Stöße und Vibrationen;
- korrodierende und abrasive Partikel in der Kühlluft;
- Staub in der Kühlluft, besonders wenn dieser leitfähig ist;

- explosiver Staub oder Gas;
- Öl oder Wasserdampf oder korrodierende Substanzen;
- Kernstrahlung;
- ungewöhnliche Lager- oder Transporttemperatur;
- ungewöhnliche Feuchtigkeit (tropische oder subtropische Region);
- übermäßige und schnelle Änderungen der Temperatur (mehr als 5 K/h) oder der Luftfeuchte (mehr als 5 %/h);
- Arbeitshöhe höher als 1 400 m über Meeresspiegel;
- überlagerte elektromagnetische Felder;
- zu hohe Überspannungen, insoweit sie die Werte übersteigen, die in 6 und in 9.4 festgesetzt wurden;
- luftdichte (geringer Luftaustausch) Installationen.

## 5 Qualitätsanforderungen und Prüfungen

### 5.1 Prüfanforderungen

#### 5.1.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Prüfungen und die Anforderungen an Kondensatoren.

#### 5.1.2 Prüfbedingungen

Wenn nicht anders angegeben, sollte die Temperatur des Kondensators für eine bestimmte Prüfung oder eine Messung, im Bereich von 15 °C bis 35 °C liegen.

Wenn eine Temperaturkompensation notwendig ist, ist eine Bezugstemperatur von 25 °C ± 2 °C zu wählen.

### 5.2 Klassifikation der Prüfungen

Die Prüfungen werden unterteilt in Typprüfung, Stückprüfung und Abnahmeprüfungen. Die Typprüfung und die Stückprüfung setzen sich aus den Prüfungen, die in der folgenden Tabelle 1 dargestellt sind, zusammen.

**Tabelle 1 – Klassifikation der Prüfungen (zur Diskussion)**

| Nr. | Prüfpunkt  | Typprüfungen          |                           | Stückprüfungen |                      |
|-----|--|-----------------------|---------------------------|----------------|----------------------|
|     |  | Zelle                 | Module oder Batterie      | Zelle          | Module oder Batterie |
| 1A  | Kapazität  | 5.3.1                 | 5.3.1                     | 5.3.1          | 5.3.1                |
| 1B  | Interner Widerstand                                | 5.3.2                 | 5.3.2                     | 5.3.2          | 5.3.2                |
| 2   | Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen          | 5.4                   | 5.4                       | 5.4            | 5.4                  |
| 3   | Isolationsprüfung zwischen Anschlüssen und Gehäuse | 5.5.1.1 <sup>1)</sup> | 5.5.2.1                   | 5.5.1.2        | 5.5.2.2              |
| 4   | Dichtungsprüfung                                   | 5.6                   | –                         | –              | –                    |
| 5   | Stoßentladungsprüfung                              | 5.7.1                 | 5.7.2<br>(wenn anwendbar) | –              | –                    |
| 6   | Temperaturwechsel                                  | 5.8.1                 | 5.8.1                     | –              | –                    |
| 7   | Feuchte Wärme, stationär                           | 5.8.2                 | 5.8.2                     | –              | –                    |

Tabelle 1 (fortgesetzt)

| Nr. | Prüfpunkt                                     | Typprüfungen               |                            | Stückprüfungen |                      |
|-----|---|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------|
|     |   | Zelle                      | Module oder Batterie       | Zelle          | Module oder Batterie |
| 8   | Mechanische Prüfungen der Anschlüsse          | 5.9.1                      | 5.9.1                      | –              | –                    |
| 9   | Äußere Prüfung                                | 5.9.2                      | 5.9.2                      | 5.9.2          | 5.9.2                |
| 10  | Schwingen und Schocken                        | 5.9.3                      | 5.9.3                      | –              | –                    |
| 11  | Dauerprüfung                                  | 5.10                       | –                          | –              | –                    |
| 12  | Dauerwechselbeanspruchungsprüfung             | 5.11                       | 5.11                       | –              | –                    |
| 13  | Zerstörende Prüfung (Druckentlastungsprüfung) | 5.12.1<br>(wenn anwendbar) | 5.12.2<br>(wenn anwendbar) | –              | –                    |
| 14  | Passive Entzündbarkeit                        | 5.13                       | –                          | –              | –                    |

<sup>1)</sup> Diese Prüfung kann durch Modul oder Batterie-Prüfungen ersetzt werden, wenn zwischen Hersteller und Käufer abgestimmt.

### 5.2.1 Typprüfung

Typprüfungen müssen die Zuverlässigkeit und die Sicherheit der Konstruktion des Kondensators und seiner Eignung für Betrieb unter dem Gesichtspunkt prüfen, wie sie in dieser Norm detailliert aufgeführt werden. Die Typprüfungen werden vom Hersteller durchgeführt, und dem Käufer wird auf Anfrage eine Bescheinigung zur Verfügung gestellt, die die Resultate solcher Prüfungen einzeln aufführt. Diese Prüfungen werden mit einem Kondensator, der im Design dem Kondensator entspricht, der unter Vertrag ist, durchgeführt. In Absprache zwischen Käufer und Hersteller, kann ein Kondensator mit einem Design, der während des Prüfungen die gleichen oder härtere Prüfbedingungen erfüllt, benutzt werden. Es ist nicht notwendig, dass alle Typprüfungen an dem gleichen Kondensatorexemplar durchgeführt werden. Die Auswahl ist dem Hersteller überlassen.

### 5.2.2 Stückprüfungen

Die Reihenfolge der Prüfungen für die Qualitätsanforderungen ist, wie folgt: Stückprüfungen werden vom Hersteller mit jedem Kondensator vor Auslieferung durchgeführt. Auf Anfrage liefert der Hersteller den Kondensator mit einer Bescheinigung, welche die Prüfergebnisse einzeln aufführt.

### 5.2.3 Abnahmeprüfungen

Alle oder ein Teil der Typprüfungen und der Stückprüfungen dürfen vom Hersteller, nach Vereinbarung mit dem Käufer durchgeführt werden.

Die Zahl der Exemplare, die solchen Wiederholungsprüfungen unterworfen werden können, die Annahmekriterien, sowie die Erlaubnis einige von diesen auszuliefern, sind abhängig von der Vereinbarung zwischen dem Hersteller und dem Käufer und sollten in einem Vertrag festgelegt werden.

## 5.3 Kapazität und interner Widerstand

### 5.3.1 Kapazität

Die Kapazität muss in Übereinstimmung mit IEC 62576, 4.1, nach der Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen gemessen werden (siehe 5.4).

Die Kapazität der Kondensatorzelle muss innerhalb der Toleranz, die zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurde, liegen.

Die Kapazität des Kondensatormoduls und -batterie müssen gleich oder höher als der nominale Kapazitätswert sein.

### 5.3.2 Interner Widerstand

Der interne Widerstand muss in Übereinstimmung mit IEC 62576, 4.1, nach der Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen gemessen werden (siehe 5.4).

Der interne Widerstand darf den Wert, der zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurde, nicht übersteigen.

## 5.4 Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen

### 5.4.1 Kondensatorzelle

Wenn nicht anders angegeben müssen die Prüfungen in Übereinstimmung mit IEC 62391-1, 4.7, mit den folgenden Details durchgeführt werden.

Bevor die Messung durchgeführt wird, wird die Kondensatorzelle völlig entladen. Die Anschlussdauer der Spannung nach höchstens 30 min Aufladezeit zum Erreichen von 95 % der angelegten Spannung muss zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart werden.

Vor der Messung wird der Kondensator für 30 min an der angelegten Spannung gelassen. Während des Prüfungen dürfen weder elektrische Durchschläge der Isolierung noch Überschläge auftreten.

Nach der Spannungsprüfung werden die Kapazität und der interne Widerstand zwischen den Anschlüssen gemessen.

ANMERKUNG In 4.7 von IEC 62391-1 ist das Prüfverfahren für die Bestimmung des Selbstentladestroms von EDLC dargestellt, nichts desto trotz kann diese Prüfmethode als Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen in dieser Norm benutzt werden.

### 5.4.2 Kondensatormodul oder -batterie

Die Prüfung wird so durchgeführt wie zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurde.

## 5.5 Isolationsprüfung zwischen Anschlüssen und Gehäuse

### 5.5.1 Kondensatorzelle

#### 5.5.1.1 Typprüfung

Die Prüfspannung wird zwischen den zwei Anschlüssen zusammen und dem nichtmetallischen Gehäuse oder isolierten Gehäuse durchgeführt. Die Prüfspannung und die Prüfdauer entsprechen der Vereinbarung, die zwischen dem Hersteller und dem Käufer getroffen wurde.

Wenn nicht etwas Anderes zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurde, ist eine der Prüfmethode, die nachfolgend beschrieben werden, zu verwenden.

##### 5.5.1.1.1 Folienverfahren

Eine Metallfolie wird dicht um den Körper der Kondensatorzelle gewickelt.

Für die Kondensatorzelle mit axialen Anschlüssen wird diese Folie über jedes Ende hinaus jedoch nicht weniger als 5 mm verlängert, vorausgesetzt dass ein Mindestabstand von 1 mm/kV zwischen der Folie und den Anschlüssen aufrechterhalten werden kann. Wenn dieses Minimum nicht aufrechterhalten werden kann, wird die Verlängerung der Folie soweit wie notwendig, um den Abstand von 1 mm/kV der Prüfspannung herstellen zu können, verringert.

## — Entwurf —

### E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02

Für Kondensatorzellen mit einseitigen Anschlüssen, muss ein minimaler Abstand von 1 mm/kV zwischen dem Rand der Folie und jedem Anschluss aufrechterhalten werden.

In keinem Fall ist der Abstand zwischen der Folie und den Endpunkten kleiner als 1 mm.

#### 5.5.1.1.2 V-Block-Verfahren

Die Kondensatorzelle wird in der Mulde eines mit 90° gewinkelten metallischen V-Block so festgeklemmt, dass der Kondensatorzellenkörper nicht über die Endpunkte des Blockes hinausragt.

Die festklemmende Kraft ist so zu wählen, dass sie einen ausreichenden Kontakt zwischen der Kondensatorzelle und dem Block garantiert.

Die Kondensatorzelle wird wie folgt positioniert:

für zylinderförmige Kondensatorzelle: die Kondensatorzelle wird in dem Block derart positioniert, dass der Anschlusspunkt der am weitesten von der Mittellinie der Kondensatorzelle entfernt ist, einer der Seitenflächen des Blockes am nächsten ist;

für rechteckige Kondensatorzelle: die Kondensatorzelle wird in dem Block derart positioniert, dass der Anschlusspunkt der sich am Nächsten am Rand der Kondensatorzelle befindet, einer der Seitenflächen des Blockes am nächsten ist;

Für die zylinderförmige und rechteckige Kondensatorzelle, die axiale Anschlusspunkte besitzen, die etwas außerhalb der Mittelposition aus der Abgrenzung des Kondensatorzellegehäuses heraustreten, werden ignoriert.

Die festgelegte Prüfspannung wird sofort, begrenzt durch den internen Widerstand der Energiequelle, für die Zeit angelegt, die in der relevanten Spezifikation festgelegt ist.

Für jeden der festgelegten Prüfpunkte darf es kein Anzeichen für einen elektrischen Durchbruch oder Überschlag während der Prüfdauer geben.

#### 5.5.1.2 Stückprüfung

Wird genauso wie die Typprüfung (5.5.1.1), mit folgenden Details durchgeführt;

Die Prüfspannung wird sofort über den internen Widerstand der Energiequelle angelegt. Die Prüfspannung und die Prüfdauer werden entsprechend der Vereinbarung zwischen dem Hersteller und dem Käufer definiert.

Für jeden der festgelegten Prüfpunkte darf es zu keinem Durchschlag oder Überschlag während des Prüfzeitraums kommen.

### 5.5.2 Kondensatormodul oder -batterie

#### 5.5.2.1 Typprüfung

Wenn nicht anders zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart, werden die Prüfungen in Übereinstimmung mit der IEC 62497-1 durchgeführt.

#### 5.5.2.2 Stückprüfung

Wird genauso durchgeführt wie die Typprüfung (5.5.2.1), mit folgender Ausnahme; die Prüfdauer beträgt 10 s.

## 5.6 Dichtungsprüfung

Die Dichtungsprüfung für die Kondensatorzellen wird entsprechend der IEC 60068-2-17, Methode 2, unter Verwendung eines nicht leitfähigen Silikonöls oder eines gleichwertigen Lösungsmittels als Prüfungslösungsmittel durchgeführt.

Die Kondensatorzelle wird in dem Prüfungslösungsmittel mit den Dichtungsteilen der Zelleneinfassung nach oben untergetaucht. Das Prüfungslösungsmittel hat die obere Betriebstemperatur plus 5 °C. Die Eintauchzeit für die Kondensatorzelle beträgt 3-mal die Zeit, die die Zelle benötigt um das thermische Gleichgewicht bei der Prüftemperatur zu erreichen, oder länger. Diese Prüfung wird mit einer Klemmspannung von 0 V durchgeführt. Damit werden Luftblasen durch Wasserelektrolyse an den Anschlüssen vermieden.

Bei der Prüfung darf es nicht zu einer kontinuierlichen Entstehung von Luftblasen im Prüfungslösungsmittel an den Dichtungsteilen der Kondensatorzelle kommen.

## 5.7 Stoßentladungsprüfung (zur Diskussion)

### 5.7.1 Kondensatorzelle

Die Prüfung wird mit dem folgenden Verfahren durchgeführt.

#### a) Vorbereitung

Die Kondensatorzelle wird mittels einer DC-Quelle aufgeladen und dann durch eine Entladungsvorrichtung, die sich so nah wie möglich an der Kondensatorzelle befindet, entladen. Sie werden einer (1) solchen Entladung unterzogen.

#### b) Anfangsmessung

Es werden die Kapazität und der interne Widerstand gemessen.

#### c) Prüfverfahren

Die Prüfspannung ist  $U_{\text{NDC}}$ .

Der interne Widerstand des Entladungsstromkreises (Kabel, Schalter, Shunts oder Elektronik) hat einen maximalen Widerstand, der gleich dem internen Widerstand der Zelle, aber nicht höher als 1 mΩ ist.

Innerhalb von 5 min nach dieser Prüfung, wird die Kondensatorzelle einer Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen unterworfen (siehe 5.4). Wenn jedoch ein maximaler Stoßstrom festgelegt wird, wird der Entladungsstrom durch die Veränderung des Widerstands des Entladungsstromkreises auf einen Wert von

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1,1 \hat{I}_{\text{S}}$$

eingestellt;

#### d) Abschlussmessung

Die Kapazität und der interne Widerstand werden vor der Entladungsprüfung und nach der Spannungsprüfung gemessen.

#### e) Akzeptanzkriterien

Die Kapazität und der interne Widerstand werden vor der Entladungsprüfung und nach der Spannungsprüfung gemessen. Die Kapazitätsänderung und die Änderung des internen Widerstands liegen innerhalb der Werte, die zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurden.

### 5.7.2 Kondensatormodul oder -batterie

Wenn nicht anders zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart, wird die Prüfung nach dem folgenden Verfahren durchgeführt.

#### a) Vorbereitung

Das Kondensatormodul oder die Kondensatorbatterie werden mittels einer DC-Quelle aufgeladen und dann durch eine Entladungsvorrichtung, die sich so nah wie möglich an dem Kondensatormodul bzw. der Kondensatorbatterie befindet entladen. Sie werden einer (1) solchen Entladung unterzogen.

## — Entwurf —

### E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02

b) Anfangsmessung

Es werden die Kapazität und der interne Widerstand gemessen.

c) Prüfverfahren

Die Prüfspannung ist  $U_{\text{NDC}}$ . Der Entladestrom wird durch die Anpassung des Widerstandes des Entladungsstromkreises auf einen Wert von

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1,1 \hat{I}_{\text{S}}$$

eingestellt.

Innerhalb von 5 min nach dieser Prüfung, wird der Kondensator einer Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen unterworfen (siehe 5.4).

d) Abschlussmessung

Die Kapazität und der interne Widerstand werden vor der Entladungsprüfung und nach der Spannungsprüfung gemessen.

e) Akzeptanzkriterien

Die Kapazität und der interne Widerstand werden vor der Entladungsprüfung und nach der Spannungsprüfung gemessen. Die Kapazitätsänderung und die Änderung des internen Widerstands liegen innerhalb der Werte, die zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbart wurden.

## 5.8 Umweltprüfungen

### 5.8.1 Temperaturwechsel

Die Temperaturwechselprüfung muss nach Prüfung Na der IEC 60068-2-14, mit den oberen und unteren Temperaturgrenzen nach Abstimmung zwischen Hersteller und Käufer durchgeführt werden. Die folgenden Details müssen hierbei berücksichtigt werden:

- a) oberer Temperaturgrenzwert: Obere Grenztemperatur
- b) unterer Temperaturgrenzwert: Untere Grenztemperatur
- c) Anzahl der Zyklen: 200 Zyklen

### 5.8.2 Feuchte Wärme, stationär

Die stationäre Feuchte-Wärme-Prüfung (siehe Tabelle 2) muss in Übereinstimmung mit IEC 60068-2-78 mit einem Schärfegrad (A oder B) in Abhängigkeit vom Einsatzort der Kondensatorzelle durchgeführt werden.

Vor dem Start der Dauerprüfung muss die Kapazität bei Raumtemperatur gemessen werden.

Nach Abschluss des stationären Prüfungen muss der Kondensator einer Spannungsprüfung zwischen den Anschlüssen, nach 5.4 und einer Spannungsprüfung zwischen Anschlüssen und Gehäuse nach 5.5 unterzogen werden.

Abschließend muss eine Kapazitätsmessung nach 5.3.1 bei konstanter Raumtemperatur durchgeführt werden.

Kein Prüfexemplar darf einen Durchschlag der Isolierung oder einen Überschlag erleiden. Die zulässige Änderung der Kapazität muss zwischen Käufer und Hersteller abgestimmt werden.

**Tabelle 2 – Feuchte-Wärme-Prüfung**

| Prüfbedingungen | Temperatur<br>°C | Feuchtigkeit<br>% Relative Feuchte | Dauer<br>Tage |
|-----------------|------------------|------------------------------------|---------------|
| A               | 40               | 93                                 | 21            |
| B               | 40               | 93                                 | 56            |

## 5.9 Mechanische Prüfungen

### 5.9.1 Mechanische Prüfungen der Anschlüsse

Die Robustheit der Anschlüsse muss nach Tabelle 3 geprüft werden.

**Tabelle 3 – Prüfen der Robustheit der Anschlüsse**

| Nr. | Prüfung oder Messung   | Prüfmethode    |     | Prüfbedingungen   |
|-----|--|----------------|-----|---|
| 1   | Zugfestigkeit von Anschlusskabeln und gelöteten Verbindungen                               | IEC 60068-2-21 | Ua1 | Abhängig vom Kondensatorgewicht, mindestens 10 N            |
| 2   | Biegefestigkeit von Verbindungen   |                | Ub1 | Anzahl der Biegezyklen: 2                                   |
| 3   | Biegefestigkeit von Lötverbindungen und Steckverbindungen                                  |                | Ub2 | Anzahl der Biegezyklen für gelötete Anschlüsse mit Kabel: 2 |
| 4   | Torsionsfestigkeit von axialen Anschlüssen   |                | Uc  | Schärfegrad 2   |
| 5   | Drehmomentfestigkeit von geschraubten Verbindungen   |                | Ud  | a)  |
| 6   | Lötfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber der Erwärmung beim Löten der Lötanschlüsse | IEC 60068-2-20 |     | LötKolben: Größe A<br>Lötspitztemperatur: 350°C             |

a) Die Drehmomentfestigkeit von geschraubten Verbindungen muss vom Hersteller definiert werden

### 5.9.2 Äußere Prüfung

Während der Prüfungen müssen der Kondensator, die Oberflächenbeschaffenheit und die Kennzeichnung durch Sichtprüfung überprüft werden.

### 5.9.3 Schwingen und Schocken

Falls nicht anders zwischen Hersteller und Käufer abgesprochen, müssen diese Prüfungen nach IEC 61373 durchgeführt werden. Für Kondensatorzellen und -Module ist Kategorie 1B, für Kondensatorbatterien ist Kategorie 1A in Absprache zwischen Käufer und Hersteller anzuwenden.

ANMERKUNG In IEC 61373 ist Kategorie 1B empfohlen.

## 5.10 Dauerprüfung

Die Prüfung muss nach dem folgenden Verfahren durchgeführt werden.

ANMERKUNG Das Ziel der Dauerprüfung ist es, die Leistungsfähigkeit des Kondensators unter Bedingungen, die im normalen Einsatz auftreten, zu zeigen.

#### a) Vorkonditionierung

Die Kondensatorzelle muss auf  $U_{NDC}$  in stillstehender Luft mit nicht weniger als 10 °C für 16 bis 24 h aufgeladen werden.

ANMERKUNG Diese Prozedur kann der Hersteller frei wählen.

#### b) Anfangsmessung

Die Kondensatorzelle muss für mindestens 12 h entladen in einer belüfteten Kammer bei 25 °C ± 2 °C gelagert werden.

Die Kapazität und der interne Widerstand müssen nach 5.3 bei der gleichen Umgebungstemperatur gemessen werden.

**E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02**

c) Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss nach IEC 62391-2, 4.10, mit folgenden Details gewählt werden:

Die Kondensatorzelle muss auf die durch den Hersteller vorgegebene oder von diesem gewählte Spannung aufgeladen werden und in einer geheizten Kammer nahe der Prüftemperatur platziert werden.

Wenn die Kondensatorzelle die Prüftemperatur erreicht hat, wird die Kühlung/Heizung so angepasst, dass eine Stabilisierung bei der Prüftemperatur erreicht wird. Nach dieser anfänglichen Stabilisierung sind keine Änderungen an der Kammertemperatur zulässig.

Die Prüftemperatur muss die maximal zulässige Betriebstemperatur während des maximalen Dauerbetriebszustands sein.

Die Prüfspannung  $U_t$  muss eine reine DC Spannung mit  $U_{NDC}$  sein.

Die Prüfdauer muss 1 000 h betragen.

d) Abschließende Messung

Die Kapazität und der interne Widerstand müssen nach 5.3 bei der gleichen Umgebungstemperatur innerhalb von zwei Tagen nach Abschluss der Dauerprüfung gemessen werden.

e) Abnahmekriterium

Die Kapazität und der interne Widerstand müssen innerhalb des zwischen Hersteller und Käufer abgestimmten Bereichs liegen.

### 5.11 Dauerwechselbeanspruchungsprüfung

Die Prüfung muss mittels der folgenden Prozedur durchgeführt werden.

**ANMERKUNG** Das Ziel dieser Dauerprüfung ist es, die Leistungsfähigkeit des Kondensators unter Bedingungen wie sie in der Anwendung auftreten, zu prüfen.

a) Vorkonditionierung

Die Kondensatorzelle muss auf  $U_{NDC}$  in stillstehender Luft mit nicht weniger als 10 °C für 16 bis 24 h aufgeladen werden.

**ANMERKUNG** Diese Prozedur kann der Hersteller frei wählen.

b) Anfangsmessung

Die Kondensatorzelle muss für mindestens 12 h entladen in einer belüfteten Kammer bei  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  gelagert werden.

Die Kapazität und der interne Widerstand müssen nach 5.3 bei der gleichen Umgebungstemperatur gemessen werden.

c) Prüfverfahren

Der Kondensator muss in einer geheizten Kammer betrieben werden. Der Kondensator wird mit einem Lade- und Entladegerät verbunden, das den Kondensator mit dem konstanten nominellen Strom laden und entladen kann. Der Kondensator wird ohne Pausen zyklisch zwischen  $U_{NDC}$  und  $U_{NDC}/2$  betrieben. Die geheizte Kammer wird so eingestellt, dass die maximal zulässige Zellbetriebstemperatur erreicht wird.

Wenn der Kondensator die Prüftemperatur (maximale Zellbetriebstemperatur) erreicht hat, werden die Kühl-/Heizbedingungen so eingestellt, dass sich die Zelltemperatur stabilisiert. Nach dieser anfänglichen Stabilisierung sind keine Änderungen an der Kammertemperatur zulässig.

Die Prüftemperatur muss die maximal zulässige Betriebstemperatur während des maximalen Dauerbetriebszustands sein.

d) Kriterium für das Prüfen

Die Kapazität und der Innenwiderstand können während des zyklischen Betriebs durch Messung der Spannungsverläufe ermittelt werden.

**ANMERKUNG** Die während des zyklischen Betriebs gemessene Kapazität und der Innenwiderstand können aufgrund des unterschiedlichen Stromes von der anfänglichen Messung abweichen.

Die Prüfung ist beendet, wenn der Kondensator 80 %, der zu Beginn, während des Betriebs gemessenen Kapazität oder den doppelten Innenwiderstand erreicht.

e) Abschließende Messung

Die Kapazität und der Innenwiderstand des Kondensators und aller Einzelzellen müssen nach 5.3 bei der gleichen Umgebungstemperatur innerhalb von zwei Tagen nach Abschluss des Dauerversuchs gemessen werden.

f) Abnahmekriterium

Die Anzahl der erreichten Zyklen muss in dem zwischen Hersteller und Käufer vereinbarten Bereich liegen.

## 5.12 Zerstörende Prüfung (zur Diskussion)

### 5.12.1 Kondensatorzelle

Die Prüfung muss nach der Druckentlastungsprüfung für Kondensatorzellen nach IEC 62391-1, 4.21, durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 : Diese Prüfung wird durchgeführt, um einen Hinweis auf das Verhalten der Kondensatorzelle am Lebensdauerende zu bekommen und um nachzuweisen, dass das Sicherheitssystem innerhalb der Spezifikationsgrenzen einwandfrei arbeitet.

ANMERKUNG 2 : Da die tatsächlichen Betriebsbedingungen in der Anwendung signifikant abweichen können, kann auch das Verhalten am Lebensdauerende abweichen. Gespeicherte Energie, erwartete Kurzschlussströme, Dauer von Fehlerströmen (usw.) sollten in der Anwendung betrachtet werden. Die Erfüllung der Zerstörungsprüfung kann kein sicheres Verhalten am Lebensdauerende garantieren.

### 5.12.2 Kondensatormodul oder Kondensatorbatterie

Die Prüfung muss nach IEC 62391-1, 4.21, durchgeführt werden. Der Ladestrom muss nach folgender Gleichung gewählt werden:

$$I_{cc} = \frac{I_{cu} \times C_a \times U_a}{U_b}$$

Dabei ist

$I_{cc}$  der Ladestrom in mA;

$I_{cu}$  der Ladestrom pro Kapazität, 10 mA/F;

$c_a$  die Kapazität in F des Kondensatormoduls oder der Kondensatorbatterie;

$U_a$   $U_{NDC}$  des Kondensatormoduls oder der Kondensatorbatterie;

$U_b$   $U_{NDC}$  einer Kondensatorzelle.

ANMERKUNG 1 Diese Prüfung wird durchgeführt, um einen Hinweis auf das Verhalten der Kondensatorzelle am Lebensdauerende zu bekommen und um nachzuweisen, dass das Sicherheitssystem innerhalb der Spezifikationsgrenzen einwandfrei arbeitet. Vollständig sicheres Ausfallen während dieser Prüfung kann nicht garantiert werden.

ANMERKUNG 2 Da die tatsächlichen Betriebsbedingungen in der Anwendung signifikant abweichen können, kann auch das Verhalten am Lebensdauerende abweichen. Gespeicherte Energie, erwartete Kurzschlussströme, Dauer von Fehlerströmen (und so weiter) sollten in der Anwendung betrachtet werden. Die Erfüllung der Zerstörungsprüfung kann kein sicheres Verhalten am Lebensdauerende garantieren.

### 5.13 Passive Entzündbarkeit

Die Prüfung muss nach IEC 62391-1, 4.20, durchgeführt werden.

## 6 Überlast (zur Diskussion)

Die maximal zulässige Spannung ist die Nennspannung des Kondensators. Es ist keine Überlastung zulässig.

## 7 Sicherheitsanforderungen

### 7.1 Entladegerät

Die Verwendung von Entladewiderständen ist nicht für bestimmte Leistungskondensatoren geeignet. Wenn durch den Käufer gefordert, muss jedes Kondensatormodul und jede Kondensatorbatterie mit Vorrichtung zum Entladen unter 60 V von einer anfänglichen Spannung von  $U_{NDC}$  ausgestattet werden.

Die Entladezeit muss zwischen Hersteller und Käufer abgestimmt werden.

Ein Entladegerät ist kein Ersatz für das Kurzschließen und Erden der Kondensatoranschlüsse vor dem Handhaben.

Kondensatoren, die direkt mit anderen elektrischen Geräten verbunden sind, die einen Entladepfad gewährleisten, müssen als Entladen betrachtet werden. Dieser Entladepfad muss eine Entladecharakteristik besitzen, die das Entladen des Kondensators innerhalb der oben festgelegten Zeit sicherstellt.

Entladeschaltungen müssen eine ausreichende Stromtragfähigkeit haben, um den Kondensator von der Maximalspannung entladen zu können.

### 7.1 Gehäuseverbindung (Erdung)

Um sicherzustellen, dass das Potential des Metallgehäuses des Kondensators fixiert ist, und um den Strom im Falle eines Isolationsversagens oder Überschlags zum Gehäuse führen zu können, muss am Gehäuse eine Verbindung mit einem unlackierten, nicht korrodierenden metallischen Bereich für eine Anschlussklemme vorhanden sein.

### 7.3 Schutz der Umwelt

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass keine schädlichen Substanzen in kritischen Konzentrationen in die Umgebung abgegeben werden. In manchen Ländern existieren diesbezüglich gesetzliche Anforderungen.

Der Käufer muss jegliche speziellen Anforderungen für die Kennzeichnung, die für das Land der Aufstellung gelten, festlegen.

### 7.4 Andere Sicherheitsanforderungen

Der Käufer muss, zum Zeitpunkt der Anfrage alle speziellen Anforderungen in Bezug auf die Sicherheitsbestimmungen im Land in dem der Kondensator installiert werden muss, festlegen.

## 8 Beschriftung

### 8.1 Beschriftung der Zelle

#### 8.1.1 Kondensatorzelle

Die folgenden Angaben müssen auf dem Typenschild jeder Kondensatorzelle angegeben werden;

- Herstellername (oder Markenbezeichnung)
- Seriennummer und Herstellungsdatum (Jahr und Monat oder Woche der Herstellung)
- $C$  = F
- *Toleranz* = % (optional)
- $U_{\text{NDC}}$  = V

ANMERKUNG 1 Die Position der Kennzeichnung auf der Kondensatorzelle muss in Abstimmung zwischen Hersteller und Käufer definiert werden.

ANMERKUNG 2 Für kleine Kondensatorzellen, bei denen es undurchführbar ist alle oben angegebenen Größen auf dem Typenschild anzugeben, können bestimmte Angaben in der Bedienungsanleitung angegeben werden.

ANMERKUNG 3 Zusätzliche Angaben können auf dem Typenschild in Abstimmung zwischen Hersteller und Käufer angegeben werden.

#### 8.1.2 Kondensatormodul oder Kondensatorbatterie

Die folgenden Angaben müssen auf dem Typenschild jedes Kondensatormoduls oder Kondensatorbatterie angegeben werden;

- Herstellername (oder Markenbezeichnung)
- Identifikationsnummer und Herstellungsdatum (Jahr und Monat oder Woche der Herstellung)
- $C$  = F
- *Toleranz* = % (optional)
- $U_{\text{NDC}}$  = V
- $\hat{I}_s$  = A (optional)
- $\theta_{\text{max}}$  = °C (optional)
- maximales Montagedrehmoment = Nm (siehe ANMERKUNG 2) (optional)
- Kühllufttemperatur (nur für forcierte Luftkühlung – siehe 4.1.3) (optional)
- IEC 61881-3 (optional)

ANMERKUNG 1 Die Position der Kennzeichnungen auf dem Kondensatormodul oder der Kondensatorbatterie müssen in Abstimmung zwischen Hersteller und Käufer festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Für kleine Kondensatorzellen, bei denen es undurchführbar ist alle oben angegebenen Größen auf dem Typenschild anzugeben, können bestimmte Angaben in der Bedienungsanleitung angegeben werden.

ANMERKUNG 3 Zusätzliche Angaben können auf dem Typenschild in Abstimmung zwischen Hersteller und Käufer angegeben werden.

#### 8.1.3 Datenblatt

Der Hersteller muss die benötigten Angaben zur Verfügung stellen, die für einen korrekten Betrieb erforderlich sind. Wenn die Kondensatorzelle Material enthält, das die Umwelt belasten könnte oder in irgendeiner anderen Art gefährlich sein könnte, müssen diese Materialien und deren Masse im Datenblatt

**E DIN IEC 61881-3 (VDE 0115-430-3):2010-02**

angegeben werden. Die Angabe dieser Daten hat nach der relevanten Gesetze des Landes des Käufers zu erfolgen. Der Käufer hat den Hersteller über solche Gesetze zu informieren.

ANMERKUNG Auch wenn der Käufer den Hersteller nicht über solche Gesetze informiert, kann es sein, dass der Hersteller diese Gesetze zu befolgen hat.

## **9 Leitfaden für Installation und Betrieb (zur Diskussion)**

### **9.1 Allgemeines**

Überlastung verkürzt die Lebensdauer eines Kondensators, daher sollten die Betriebsbedingungen (d. h. Temperatur, Spannung, Strom und Kühlung) genau überwacht werden.

Aufgrund der verschiedenen Kondensatortypen und der vielen Einflussfaktoren, ist es nicht möglich die Installation und den Betrieb in allen möglichen Fällen durch einfache Vorgaben zu beschreiben.

Die folgenden Informationen berücksichtigen hauptsächlich die wichtigsten Punkte, die berücksichtigt werden müssen. Zusätzlich müssen die Anweisungen des Herstellers und der relevanten Behörden befolgt werden.

Die Hauptanwendung:

DC Energiespeicherung: Gewöhnlich betrieben mit DC-Spannung und periodischem Laden und Entladen mit hohen Spitzenströmen.

### **9.2 Auswahl der Nennspannung**

Die Nennspannung des Kondensators muss gleich oder höher als die periodisch auftretenden Spitzen- spannungen sein.

Die meisten Anwendungen in der Leistungselektronik weisen wechselnde Lasten auf. Daher ist es erforderlich, dass der Hersteller und der Käufer die Nennspannung und die tatsächlich auftretenden Spannungsbelastungen ausführlich diskutieren.

ANMERKUNG Die Nutzung der maximal zulässigen Spannung und der maximalen Betriebstemperatur führt zu einer reduzierten Lebensdauer.

### **9.3 Betriebstemperatur**

#### **9.3.1 Lebensdauer eines Kondensators**

Da die Betriebstemperatur eines Kondensators einen großen Einfluss auf die Lebensdauer hat, sollte diese genau betrachtet werden.

Die Lebensdauer eines Kondensators kann durch die folgende Formel beschrieben werden:

$$L_x = L_0 \times 2^{\frac{t_0 - t_x}{\beta}}$$

Dabei ist

$L_0$  die festgelegte Lebensdauer bei Temperatur  $t_0$  (h);

$L_x$  die geschätzte Lebensdauer bei  $t_x$ ;

$\beta$  der Beschleunigungsfaktor durch Temperatur;

$t_x$  die Umgebungstemperatur des Kondensators;

$t_0$  die Temperatur der festgelegten Lebensdauer (obere Grenztemperatur).

Temperaturen über  $\theta_{\max}$  beschleunigen die elektrochemische Degradation des Elektrolyts.

Temperaturen unter  $\theta_{\min}$  oder schnelle Temperaturwechsel von heiß zu kalt können Alterung im Elektrolyt oder der mechanischen Konstruktion verursachen.

### 9.3.2 Installation

Kondensatoren müssen so angeordnet werden, dass die durch die Kondensatorverluste erzeugte Wärme, ausreichend dissipiert wird.

Die Temperatur von Kondensatoren, die durch die Sonne oder eine andere heiße Oberfläche bestrahlt werden, wird erhöht.

Abhängig von der Kühlmitteltemperatur, der Effizienz der Kühlung und der Intensität und Dauer der Strahlung, kann es erforderlich sein eine der folgenden Vorkehrungen zu treffen:

- Schützen des Kondensators vor thermischer Strahlung;
- Auswahl eines Kondensators für höhere Lufttemperatur oder einsetzen von Kondensatoren mit einer höheren Nennspannung als in Abschnitt 4;
- Kondensatoren, die in hohen Höhen (über 1 400 m) installiert sind erfahren eine schlechtere Kühlung; Dies sollte bei der Ermittlung der Leistung der Anlage berücksichtigt werden.

Der Hersteller muss ein thermisches Modell des Kondensators liefern, das das thermische Verhalten des heißesten Punktes in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, der Last und der Kühlbedingungen beschreibt. Die Kühlbedingungen müssen durch den Hersteller definiert werden.

### 9.3.3 Ungewöhnliche Kühlbedingungen

In ungewöhnlichen Fällen kann die Umgebungstemperatur höher als 40 °C sein. Wenn dies der Fall ist, so muss der Hersteller dies berücksichtigen, insbesondere in Bezug auf Lebensdauer und Betriebssicherheit.

## 9.4 Überspannungen (zur Diskussion)

Transiente Überspannungen während ungewöhnlicher Betriebsbedingungen können den Einsatz von Kondensatoren mit höherer Nennspannung erzwingen.

## 9.5 Überlastströme

Kondensatoren sollten nie mit Strömen betrieben werden, die die maximalen Werte, die in 3.12, 3.13 und 3.14 definiert wurden, überschreiten.

Transiente Überlastströme mit hoher Amplitude und Frequenz können auftreten, wenn die Kondensatoren zu einem Stromkreis zugeschaltet werden, oder wenn andere Geräte schalten. Es kann erforderlich sein diese transienten Überströme, in Bezug auf die Kondensatoren und andere Geräte, auf akzeptable Werte zu reduzieren.

Wenn die Kondensatoren mit Sicherungen ausgestattet sind (extern), muss der Spitzenwert der Überlastströme aufgrund von Schaltvorgängen auf  $I_s$  begrenzt werden.

## 9.6 Schalter und Schutzelemente

Schalter, Schutzelemente und Verbindungen müssen die elektrodynamischen und thermischen Belastungen durch transiente Überströme mit hoher Amplitude und Frequenz überstehen können, die beim Einschalten, oder durch andere Einflüsse auftreten können.

Wenn die Berücksichtigung der elektrodynamischen und thermischen Belastungen zu übermäßig großen Abmessungen führen würden, sollten besondere Vorkehrungen zum Schutz vor Überströmen ergriffen werden.

## 9.7 Auslegung von Kriech- und Luftstrecken

Siehe IEC 62497-1.

## 9.8 Verbindungen

Die Kabel, die zu dem Kondensator führen, können Wärme vom Kondensator ableiten. Genauso können Sie Wärme, die in äußeren Verbindungen entsteht, in den Kondensator leiten.

Daher ist es erforderlich die Leitungen, die zu dem Kondensator führen immer kühler zu halten, als den Kondensator selber.

Jeglicher schlechter Kontakt im Kondensatorstromkreis führt, zu einer lokalen Erwärmung u. U. zu Lichtbögen an der Verbindung, die zu einer Überhitzung und Überbelastung des Kondensators führen kann.

Regelmäßige Überprüfung von allen Kontakten an Geräten und Kondensatorverbindungen wird daher empfohlen.

## 9.9 Parallel Verbindungen von Kondensatoren

Besondere Sorgfalt ist erforderlich, wenn Stromkreise mit Kondensatoren, die parallel geschaltet werden, konstruiert werden. Hier besteht die Gefahr, dass die Stromaufteilung von geringen Unterschieden in Widerstand und Induktivität im Stromkreis abhängt, so dass einer der Kondensatoren ohne Umstände überlastet werden kann.

Wenn ein Kondensator aufgrund eines Kurzschlusses ausfällt, wird als Folge in sehr kurzer Zeit die vollständige Energie der parallelen Kondensatoren in der Fehlerstelle abgegeben.

Besondere Vorkehrungen müssen in diesem Fall getroffen werden.

## 9.10 Reihenschaltung von Kondensatoren

Aufgrund von Variationen in den Parametern der Kondensatoren sollte die richtige Spannungsaufteilung zwischen den Kondensatorzellen sichergestellt werden.

Die Bemessungsisolationsspannung der Kondensatoren muss für die gesamte Serienschaltung ausgelegt sein.

## 9.11 Magnetische Verluste und Wirbelströme

Die starken magnetischen Felder von Leitern in der Leistungselektronik können wechselnde Magnetisierungen von magnetischen Gehäusen und Wirbelströmen in allen metallenen Teilen verursachen und damit Wärme erzeugen. Es ist daher erforderlich die Kondensatoren in einer sicheren Entfernung von Leitern mit hohen Strömen anzuordnen und magnetische Materialien soweit möglich zu vermeiden.

### **9.12 Leitfaden für unabgesicherte Kondensatoren**

Im Falle von unabgesicherten Kondensatoren muss der Käufer durch geeignete Installation sicherstellen, dass durch ausfallende Kondensatoren keine Gefahr auftritt.

## Anhang A (informativ)

### Begriffe und Definitionen von Kondensatoren

#### A.1 Kondensator Anwendung in Kondensatoranlagen

In Bild A.1 ist das Prinzipschaltbild für Kondensatorzellen (siehe 3.2), Kondensatormodule (siehe 3.3) und eine Kondensatorbatterie (siehe 3.4) eingesetzt in einer Kondensatoranlage (siehe 3.6) zu sehen.

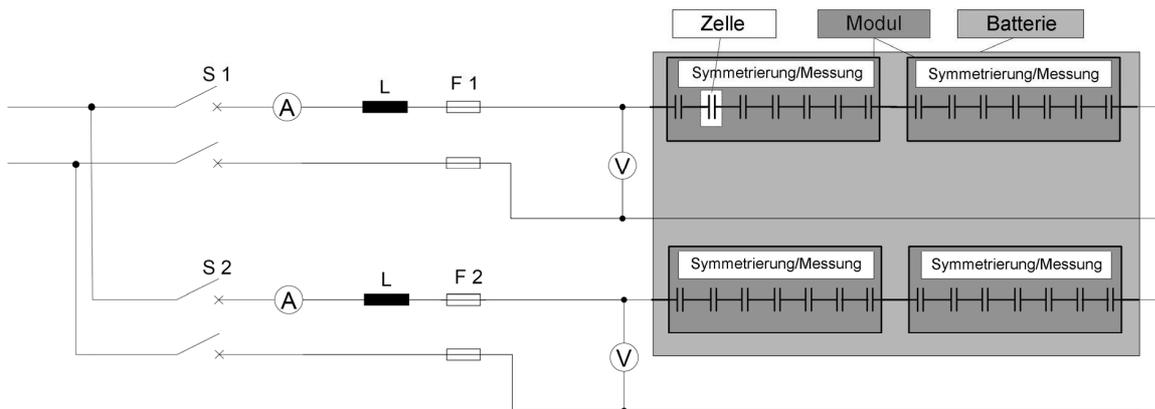


Bild A.1 – Kondensator Anwendung in Kondensatoranlage

#### Literaturhinweise (zur Diskussion)

IEC 60050 International Electrotechnical Vocabulary – Area 436: Power capacitors

IEC 60077-2:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnic*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60850:2007, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61287-1:2005, *Railway applications – Power convertors installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61881-1 (IEC 9/1231/CDV), *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 1: Metalized film capacitor and metal foil with film capacitors*

IEC 61881-2 (IEC 9/XXXX/CD), *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 2: DC aluminium electrolytic capacitors with non-solid electrolyte*

## CONTENTS

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | Scope.....   | 3  |
| 2       | Normative references .....   | 3  |
| 3       | Terms and definitions .....  | 4  |
| 4       | Service conditions .....   | 6  |
| 4.1     | Normal service conditions .....                                    | 6  |
| 4.2     | Unusual service conditions .....                                   | 6  |
| 5       | Quality requirements and tests .....                               | 7  |
| 5.1     | Test requirements .....  | 7  |
| 5.2     | Classification of tests .....                                      | 7  |
| 5.3     | Capacitance and internal resistance .....                          | 8  |
| 5.4     | Voltage test between terminals.....                                | 9  |
| 5.5     | Insulation test between terminals and case .....                   | 9  |
| 5.6     | Sealing test .....   | 10 |
| 5.7     | Surge discharge test (under consideration) .....                   | 11 |
| 5.8     | Environmental testing.....   | 12 |
| 5.9     | Mechanical tests .....   | 13 |
| 5.10    | Endurance test.....  | 13 |
| 5.11    | Endurance cycling test .....                                       | 14 |
| 5.12    | Destruction test (Under consideration) .....                       | 15 |
| 5.13    | Passive flammability.....  | 16 |
| 6       | Overloads (under consideration) .....                              | 16 |
| 7       | Safety requirements .....  | 16 |
| 7.1     | Discharge device.....  | 16 |
| 7.2     | Case connections (grounding).....                                  | 16 |
| 7.3     | Protection of the environment.....                                 | 16 |
| 7.4     | Other safety requirements .....                                    | 16 |
| 8       | Markings .....   | 17 |
| 8.1     | Marking of the cell.....   | 17 |
| 9       | Guidance for installation and operation (Under consideration)..... | 18 |
| 9.1     | General.....   | 18 |
| 9.2     | Choice of rated voltage .....                                      | 18 |
| 9.3     | Operating temperature .....  | 18 |
| 9.4     | Over voltages (under consideration).....                           | 19 |
| 9.5     | Overload currents.....   | 19 |
| 9.6     | Switching and protective devices.....                              | 19 |
| 9.7     | Choice of creepage distance and clearance .....                    | 19 |
| 9.8     | Connections .....  | 19 |
| 9.9     | Parallel connections of capacitor.....                             | 20 |
| 9.10    | Series connections of capacitors .....                             | 20 |
| 9.11    | Magnetic losses and eddy currents.....                             | 20 |
| 9.12    | Guide for unprotected capacitors.....                              | 20 |
| Annex A | (Informative) Terms and definition of capacitors.....              | 21 |

## **Railway Applications – Rolling stock equipment – Capacitor for power electronics – Part 3: Electric double-layer capacitor**

### **1 Scope**

This International Standard applies to d.c. electric double-layer capacitors (cell, module and bank) for power electronics intended to be used on rolling stock.

This standard specifies quality requirements and tests, safety requirements, and describes installation and operation information.

NOTE Example of the application for capacitors specified in this Standard; d.c. energy storage, and etc.

Capacitors not covered by this Standard;

- IEC 61881-1, Railway Applications-Rolling stock equipment-Capacitor for power electronics Part 1: Metalized capacitors and metal foil capacitors.
- IEC 61881-2, Railway Applications-Rolling stock equipment-Capacitor for power electronics Part 2: D.C. aluminium electrolytic capacitors with non-solid electrolyte.

Guidance for installation and operation are given in clause 9.

### **2 Normative references**

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60068-2-14:1984, *Environmental testing - Part 2: Tests - Test N: Change of temperature* and Amendment 1:1986

IEC 60068-2-17: 1994, *Environmental testing - Part 2: Tests. Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing - Part 2-20: Tests - Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing - Part 2-21: Tests - Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing - Part 2-78: Tests - Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60721-3-5:1997, *Classification of environmental conditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Section 5: Ground vehicle installations*

IEC 61373:1999, *Railway applications - Rolling stock equipment - Shock and vibration tests*

IEC 62391-1, *Fixed electric double layer capacitors for use in electronic equipment - Part 1: Generic specification*

IEC 62391-2:2006, *Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment - Part 2: Sectional specification – Electric double-layer capacitors for power application*

IEC 62497-1(9/998/CDV), *Railway applications - Insulation coordination - Part 1: Basic requirements - Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-1(9/1000/CDV), *Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62576:2009, *Electric Double-Layer Capacitors for Use in Hybrid Electric Vehicles - Test Methods for Electrical Characteristics*

### 3 Terms and definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

#### 3.1

##### **capacitor element**

Indivisible part of a capacitor consisting of two electrodes (typically made of carbon) separated by an electrolyte impregnated separator

Note: In the literature this type of capacitor element is often called EDLC (Electric double layer capacitor) element. An electric double-layer capacitor element utilizes the ability to accumulate electric charge in an electric double layer which is formed at the boundary surface between an electrode material (electronic conductor) and an electrolyte. This capacitor is essentially designed for operation with direct current voltage.

#### 3.2

##### **capacitor cell**

one or more capacitor elements, packaged in the same enclosure with terminals brought out (See Annex A)

#### 3.3

##### **capacitor module**

assembly of two or more capacitor cells, electrically connected to each other with additional electronics (See Annex A)

#### 3.4

##### **capacitor bank**

assembly of two or more capacitor modules (See Annex A)

#### 3.5

##### **capacitor**

general term used when it is not necessary to state whether reference is made to capacitor cell, module or bank

#### 3.6

##### **capacitor equipment**

assembly of capacitor banks and their accessories intended for connection to a network (See Annex A)

#### 3.7

##### **capacitor for power electronics**

capacitor intended to be used in power electronic equipment and capable of operating continuously under sinusoidal and non sinusoidal current and voltage

NOTE Capacitor in this standard is d.c. capacitor

**3.8**

**pressure relief structure**

mechanism to release internal pressure of capacitor cell when exceeding specified value

**3.9**

**discharge device**

device capable of reducing the voltage between the terminals practically to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network

**3.10**

**rated d.c. voltage ( $U_{\text{NDC}}$ )**

maximum operating peak voltage of a non-reversing type waveform, for which the capacitor has been designed, for continuous operation

**3.11**

**insulation voltage ( $U_i$ )**

r.m.s. value of the sine wave voltage designed for the insulation between terminals of capacitors to case or earth. If not specified, r.m.s. value of the insulating voltage is equivalent to the rated voltage divided by  $\sqrt{2}$

**3.12**

**maximum peak current ( $\hat{I}$ )**

maximum peak current that can occur during continuous operation

**3.13**

**maximum current ( $I_{\text{max}}$ )**

maximum r.m.s. current for continuous operation

**3.14**

**maximum surge current ( $\hat{I}_s$ )**

peak non-repetitive current induced by switching or any other disturbance of the system which is allowed for a limited number of times, for durations shorter than the basic period.

**3.15**

**operating temperature**

temperature of the hottest point on the case of the capacitor when in thermal equilibrium

**3.16**

**upper category temperature**

maximum ambient temperature at which the rated voltage may be continuously applied

**3.17**

**case temperature rise ( $\Delta\theta_{\text{case}}$ )**

difference between the temperature of the hottest point of the case and the temperature of the cooling air

**3.18**

**cooling air temperature ( $\theta_{\text{amb}}$ )**

temperature of the cooling air measured at the hottest position of the capacitor, under steady-state conditions, midway between two units

NOTE If only one capacitor cell is involved, it is the temperature measured at a point approximately 0,1 m away from the capacitor case and at two-thirds of the height from its base.

**3.19**

**maximum operating temperature ( $\theta_{\text{max}}$ )**

highest temperature of the case at which the capacitor may be operated

NOTE The operating temperature is different from upper category temperature.

### 3.20

#### **steady-state conditions**

thermal equilibrium attained by the capacitor at constant output and at constant coolant temperature.

### 3.21

#### **internal resistance ( $R_s$ )**

resistance causing losses in a capacitor due to termination jointing, electrolyte, electrodes, and etc.

## 4 Service conditions

NOTE See IEC 60077-1.

### 4.1 Normal service conditions

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

#### 4.1.1 Altitude

Not exceeding 1400 m. See IEC62498-1(9/1000/CDV).

NOTE The effect of altitude on air cooling and insulation clearance should be taken into consideration, if the altitude exceeds 1 400 m.

#### 4.1.2 Temperature

The climatic ambient temperatures are derived from IEC 60721-3-5 class 5k2 which has a range from  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Where ambient temperature lies outside this range, it shall be agreed between the purchaser and the manufacturer.

### 4.2 Unusual service conditions

This standard does not apply to capacitors, whose service conditions are such as to be in general incompatible with its requirements, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

Unusual service conditions require additional measurements, which ensure that the conditions of this standard are complied with even under these unusual service conditions.

If such unusual service conditions exist then they must be notified to the manufacturer of the capacitor.

Unusual service conditions can include:

- unusual mechanical shocks and vibrations,
- corrosive and abrasive particles in the cooling air,
- dust in the cooling air, particularly if conductive,
- explosive dust or gas,
- oil or water vapour or corrosive substances,
- nuclear radiation,
- unusual storage or transport temperature,
- unusual humidity (tropical or subtropical region),

- excessive and rapid changes of temperature (more than 5 K/h) or of humidity (more than 5 %/h),
- service areas higher than 1 400 m above sea level,
- superimposed electromagnetic fields,
- excessive over voltages, as far as they exceed the limits given in 6 and 9.5.
- airtight (poor change of air) installations.

## 5 Quality requirements and tests

### 5.1 Test requirements

#### 5.1.1 General

This subclause gives the tests and requirements for capacitors.

#### 5.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor shall be in the 15 °C to 35 °C ranges.

If temperature compensation corrections are necessary, the reference temperature shall be 25 °C ± 2 °C.

### 5.2 Classification of tests

The tests are classified as type tests, routine test, and acceptance tests.

The type tests and the routine tests consist of the tests shown in Table 1.

**Table 1-Classification of tests (under consideration)**

| No. | Tests Item  | Type tests             |                        | Routine tests |                |
|-----|---|------------------------|------------------------|---------------|----------------|
|     |   | Cell                   | Module or bank         | Cell          | Module or bank |
| 1A  | Capacitance                                       | 5.3.1                  | 5.3.1                  | 5.3.1         | 5.3.1          |
| 1B  | Internal resistance                               | 5.3.2                  | 5.3.2                  | 5.3.2         | 5.3.2          |
| 2   | Voltage test between terminals                    | 5.4                    | 5.4                    | 5.4           | 5.4            |
| 3   | Insulation test between terminals and case        | 5.5.1.1 *              | 5.5.2.1                | 5.5.1.2       | 5.5.2.2        |
| 4   | Sealing test                                      | 5.6                    | —                      | —             | —              |
| 5   | Surge discharge test                              | 5.7.1                  | 5.7.2 (If applicable)  | —             | —              |
| 6   | Change of temperature                             | 5.8.1                  | 5.8.1                  | —             | —              |
| 7   | Damp heat, steady state                           | 5.8.2                  | 5.8.2                  | —             | —              |
| 8   | Mechanical tests of terminals                     | 5.9.1 *                | 5.9.1                  | —             | —              |
| 9   | External inspection                               | 5.9.2                  | 5.9.2                  | 5.9.2         | 5.9.2          |
| 10  | Vibration and shocks                              | 5.9.3                  | 5.9.3                  | —             | —              |
| 11  | Endurance test                                    | 5.10                   | —                      | —             | —              |
| 12  | Endurance cycling test                            | 5.11                   | 5.11                   | —             | —              |
| 13  | Destruction test (pressure relief structure test) | 5.12.1 (If applicable) | 5.12.2 (If applicable) | —             | —              |
| 14  | Passive flammability                              | 5.13                   | —                      | —             | —              |

\* This test may be substituted by module or bank test, when agreed between the manufacturer and the purchaser.

### **5.2.1 Type tests**

Type tests are intended to prove the soundness and safety of the design of the capacitor and its suitability for operation under the considerations detailed in this standard.

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

These tests shall be made upon a capacitor of a design identical to that of the capacitor under contract.

In agreement between purchaser and manufacturer, a capacitor of a design that gives during the test the same or more severe test conditions can be used.

It is not essential that all type tests be carried out on the same capacitor sample. The choice is left to the manufacturer.

### **5.2.2 Routine tests**

The test sequence for quality requirements shall be as follows:

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. Upon request, the manufacturer shall deliver the capacitor with a certification detailing the results of the tests.

### **5.2.3 Acceptance tests**

All or a part of the type tests and the routine tests may be carried out by the manufacturer, on agreement with the purchaser.

The number of samples that may be subjected to such repeat tests, the acceptance criteria, as well as permission to deliver any of these units shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser, and shall be stated in the contract.

## **5.3 Capacitance and internal resistance**

### **5.3.1 Capacitance**

The capacitance shall be measured in accordance with 4.1 of IEC 62576 after the voltage test between terminals (see 5.4).

The capacitance of capacitor cell shall be within the capacitance tolerance agreed between the manufacturer and the purchaser.

The capacitance of capacitor module and bank shall be equal to or higher than the nominal capacitance value.

### **5.3.2 Internal resistance**

The internal resistance shall be measured in accordance with 4.1 of IEC 62576 after the voltage test between terminals (see 5.4).

The internal resistance shall not exceed the value agreed between the manufacturer and the purchaser.

## **5.4 Voltage test between terminals**

### **5.4.1 Capacitor cell**

Unless otherwise specified, the tests shall be carried out in accordance with 4.7 of IEC 62391-1 with the following details.

Before this measurement is made, the capacitor cell shall be fully discharged.

The period after maximum 30 min charge-up time to reach 95 % of the applied voltage shall be measured by time agreed between the manufacturer and the purchaser.

The capacitor shall be left for 30 min at the applied voltage before the measurement.

During the test, neither electrical breakdown of the insulation nor flashover shall occur.

After the voltage test between terminals, the capacitance and internal resistance shall be measured.

NOTE 4.7 of IEC 62391-1 is the test method for leakage current of EDLC, however it can be used for the test method as voltage test between terminals in this Standard.

### **5.4.2 Capacitor module or bank**

The test shall be carried out in accordance with agreed between the manufacturer and purchaser.

## **5.5 Insulation test between terminals and case**

### **5.5.1 Capacitor cell**

#### **5.5.1.1 Type test**

The test voltage is applied to between the two terminations connected together and non-metallic case or insulated case. The test voltage and test duration shall be in accordance with agreement between the manufacturer and the purchaser.

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, test method shall be selected from the methods described below.

##### **5.5.1.1.1 Foil method**

A metal foil shall be closely wrapped around the body of the capacitor cell.

For the capacitor cell with axial terminations this foil shall extend beyond each end by not less than 5 mm, provided that a minimum distance of 1 mm/kV can be maintained between the foil and the terminations. If this minimum cannot be maintained, the extension of the foil shall be reduced by as much as is necessary to establish the distance of 1 mm/kV of test voltage.

For the capacitor cell with unidirectional terminations, a minimum distance of 1 mm/kV shall be maintained between the edge of the foil and each termination.

In no case shall the distance between the foil and the terminations be less than 1 mm.

##### **5.5.1.1.2 V block method**

The capacitor cell shall be clamped in the trough of a 90° metallic V-block of such a size that the capacitor cell body does not extend beyond the extremities of the block.

The clamping force shall be such as to guarantee adequate contact between the capacitor cell and the block.

The capacitor cell shall be positioned as follows:

for cylindrical capacitors cell: the capacitor cell shall be positioned in the block so that the termination furthest from the axis of the capacitor cell is nearest to one of the faces of the block;

for rectangular capacitors cell: the capacitor cell shall be positioned in the block so that the termination nearest the edge of the capacitor cell is nearest to one of the faces of the block.

For cylindrical and rectangular capacitor cell having axial terminations any out of centre positioning of the termination at its emergence from the capacitor cell body shall be ignored.

The specified test voltage is applied instantaneously through the internal resistance of the power source for the time specified in the relevant specification.

For each of the specified test points there shall be no sign of breakdown or flashover during the test period.

#### **5.5.1.2 Routine test**

Same as type test (5.5.1.1), with following details;

The test voltage shall be applied instantaneously through the internal resistance of the power source. The test voltage and test duration shall be in accordance with the agreement between the manufacturer and the purchaser.

For each of the specified test points there shall be no sign of breakdown or flashover during the test period.

### **5.5.2 Capacitor module or bank**

#### **5.5.2.1 Type test**

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, the tests shall be carried out in accordance with IEC62497-1

#### **5.5.2.2 Routine test**

Same as type test (5.5.2.1), with following exception;

The test duration shall be 10 s.

### **5.6 Sealing test**

The sealing test for capacitor cells shall be carried out by method 2 in IEC 60068-2-17, using non-conductive silicon oil or equivalent solvent as an examination solvent.

The capacitor cell shall be immersed in an examination solvent with upper operating temperature plus 5 °C with the sealing parts of the cell facing up.

The immersion time for the capacitor cell is 3 times or more of the time for the cell to reach a thermal balance at the test temperature. This should be done with a terminal voltage of 0 V to avoid bubbles by water electrolysis at the terminals.

No continuous generation of air bubbles shall be in the examination solvent coming from the sealing parts of capacitor cell.

## 5.7 Surge discharge test (under consideration)

### 5.7.1 Capacitor cell

The test shall be carried out by the following procedure.

#### a) Preconditioning

The capacitor cell shall be charged by means of a d.c. source and then discharged through the discharge device situated as close as possible to the capacitor cell. They shall be subjected to one such discharge.

#### b) Initial measurement

The capacitance and internal resistance shall be measured.

#### c) Test method

The test voltage shall be  $U_N$ .

The internal resistance of the discharge circuit (cables, switches, shunts or electronic) shall have a maximum resistance equal to the cell internal resistance, but not higher than 1 m $\Omega$ .

Within 5 min after this test, the capacitor cell shall be subjected to a voltage test between terminals (see 5.4).

If, however, a maximum surge current is specified, the discharge current shall be adjusted by variation of the impedance of discharge circuit to a value of;

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1,1 \hat{I}_s$$

#### d) Final measurement

The capacitance and internal resistance shall be measured before the discharge test and after the voltage test.

#### e) Acceptance Criteria

The capacitance and internal resistance shall be measured before the discharged test and after the voltage test. The capacitance change and internal resistance change shall be within the values as agreed between the manufacturer and the purchaser.

### 5.7.2 Capacitor module or bank

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, the test shall be carried out by the following procedure.

#### a) Preconditioning

The capacitor module or bank shall be charged by means of a d.c. source and then discharged through the discharge device situated as close as possible to the capacitor module or bank. They shall be subjected to one such discharge.

#### b) Initial measurement

The capacitance and internal resistance shall be measured.

#### c) Test method

The test voltage shall be  $U_N$ .

The discharge current shall be adjusted by variation of the impedance of the discharge circuit to a value of;

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1,1 \hat{I}_s$$

Within 5 min after this test, the capacitor cell shall be subjected to a voltage test between terminals (see 5.4).

d) Final measurement

The capacitance and internal resistance shall be measured before the discharge test and after the voltage test.

e) Acceptance Criteria

The capacitance and internal resistance shall be measured before the discharged test and after the voltage test. The capacitance change and internal resistance change shall be within the values as agreed between the manufacturer and the purchaser.

**5.8 Environmental testing**

**5.8.1 Change of temperature**

The change of temperature test shall be carried out in accordance with test Na of IEC 60068-2-14, on agreement between manufacturer and purchaser with the upper and lower limit temperature of the capacitor with following details.

- a) Upper limit temperature: Upper category temperature
- b) Lower limit temperature: Lower category temperature
- c) number of cycles: 200 cycles

**5.8.2 Damp heat, steady state**

The damp heat steady-state test (see Table 2) shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78 with a degree of severity in accordance with location category of the capacitor cell.

Before the start of the long-term test, the capacitance shall be measured at room temperature.

After completion of the steady-state test, the capacitor shall be subjected to voltage test between terminals in accordance with 5.4, and voltage test between terminals and case in accordance with 5.5.

Finally a capacitance measurement shall be carried out in accordance with 6.1.1 at stable room temperature.

No test sample shall suffer electric break down of insulation or flashover. The change in capacitance shall be on agreement between purchaser and manufacturer.

**Table-2 – Damp heat test**

| Test condition | Test temperature<br>°C | Test humidity<br>% RH | Duration<br>Days |
|----------------|------------------------|-----------------------|------------------|
| A              | 40                     | 93                    | 56               |
| B              | 40                     | 93                    | 21               |

**5.9 Mechanical tests**

**5.9.1 Mechanical tests of terminals**

The robustness of terminations shall be tested in accordance with Table 3.

**Table 3 – Testing the robustness of terminals**

| No.   | Tests or measurements  | Test method    | Test conditions  |
|---|--|----------------|--|
| 1   | Tensile strength of connecting cables and soldered connections         | IEC 60068-2-21 | Ua <sub>1</sub> Individual with capacitor weight, at least 10 N                    |
| 2   | Flexural strength of connections                                       |                | Ub <sub>1</sub> Number of flexing cycles:2   |
| 3   | Flexural strength of soldering and flat plug lugs                      |                | Ub <sub>2</sub> Number of bending cycles, for soldered lugs with connected wire: 2 |
| 4   | Torsion resistance of axial connections                                |                | Uc Severity 2  |
| 5   | Torque resistance of screwed and bolted elements                       |                | Ud <sup>a</sup>  |
| 6   | Solderability and resistance to soldering heat of soldered connections | IEC 60068-2-20 | Soldering iron: Size A<br>Bit temperature: 350 °C                                  |
| <sup>a</sup> The torque resistance of the screwed and bolted connections shall be defined by the manufacturer |  |                |  |

**5.9.2 External inspection**

During the test shall the capacitor be checked by visual examination, for finish and marking.

**5.9.3 Vibration and shocks**

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, those tests shall be carried out in accordance with IEC 61373. For capacitor cells and modules category 1B, for capacitor bank category 1A shall be used on agreement between purchaser and manufacturer.

NOTE Category 1B in IEC 61373 is recommended.

**5.10 Endurance test**

The test shall be carried out by the following procedure.

NOTE The purpose of the endurance test is to demonstrate the performance of the capacitor under the conditions which will actually occur in service.

a) Preconditioning

The capacitor cell shall be charged to  $U_{NDC}$  in still air at a temperature of not less than 10 °C for 16 h to 24 h.

NOTE This procedure is left to the choice of the manufacturer.

b) Initial measurements

The capacitor cell shall be placed for at least 12 h in an un-energized state in a ventilated chamber, having a temperature of 25 °C ± 2 °C.

The capacitance and internal resistance shall be measured in accordance with 5.3 at the same ambient temperature.

c) Test methods

Test method shall be in accordance with 4.10 of IEC 62391-2 with following details;

The capacitor cell shall be placed in the heated chamber close to the test temperature, and energized at the appropriate conditions as described or as decided by the manufacturer.

When the capacitor cell has reached the test temperature, the cooling/heating conditions are adjusted so that stabilization is achieved at this test temperature. After this initial stabilization no changes in cooling/heating temperature are permitted.

The test temperature shall be the maximum operating temperature during maximum continuous operating condition.

The test voltage  $U_t$  shall be pure d.c. voltage equal to  $U_{NDC}$ .

The test duration shall be 1 000 h.

d) Final measurement

The capacitance and internal resistance shall be measured in accordance with 5.3 at the same ambient temperature within two days after completing the endurance test.

e) Acceptance criteria

The capacitance and internal resistance shall be within the range agreed between the manufacturer and the purchaser.

### 5.11 Endurance cycling test

The test shall be carried out by the following procedure.

NOTE The purpose of the endurance test is to demonstrate the performance of the capacitor under the conditions which will actually occur in service.

a) Preconditioning

The capacitor cell shall be charged to  $U_{NDC}$  in still air at a temperature of not less than 10 °C for 16 h to 24 h.

NOTE This procedure is left to the choice of the manufacturer.

b) Initial measurements

The capacitor cell shall be placed for at least 12 h in an un-energized state in a ventilated chamber, having a temperature of  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

The capacitance and internal resistance shall be measured in accordance with 5.3 at the same ambient temperature.

c) Test method

The capacitor shall be placed in the heated chamber. The capacitor shall be connected to a charge and discharge device, which is able to charge and discharge the capacitor with the constant, rated current. The capacitor is operated cyclicly between  $U_{NDC}$  and  $U_{NDC}/2$  without pauses. The heated chamber is to be adjusted to achieve the maximum cell operation temperature.

When the capacitor has reach the test temperature (maximum operation cell temperature), the cooling/heating conditions are adjusted so that stabilization is achieved at this test temperature. After this initial stabilization no changes in cooling/heating temperature are permitted.

The test temperature shall be the maximum operating temperature during maximum continuous operating condition.

d) End of test criteria

The capacitance and internal resistance can be measured while the cycling is in operation by measuring voltage time curves and analyzing these.

Note: The capacitance and internal resistance measurements during cycling might differ from the initial measurement and final measurements due to a different current.

The test is finished, if the capacitor reaches 80 % of its initially during operation measured capacitance or twice of its initially during operation measured resistance.

e) Final measurement

The capacitance and internal resistance of the capacitor and all single capacitor cells shall be measured in accordance with 5.3 at the same ambient temperature within two days after completing the endurance test.

f) Acceptance criteria

The number of the reached cycles shall be within the range agreed between the manufacturer and the purchaser.

## 5.12 Destruction test (Under consideration)

### 5.12.1 Capacitor cell

The test shall be carried out by pressure relief test of capacitor cell in accordance with 4.21 of IEC 62391-1.

NOTE 1 - This test is performed to give an indication of the behaviour of the capacitor cell at the end of life and to prove the proper work of the safety system within the specification limits. Completely safe failure during this test cannot be guaranteed.

NOTE 2 – As the actual conditions can be significantly different in service, the behaviour at the end of life may also be different. Stored energy, expected short-circuit current, duration of failure current (and so on) should be considered in the application. Compliance with destruction test does not guarantee safe end of life of a capacitor.

### 5.12.2 Capacitor module or bank

The test shall be carried out in accordance with 4.21 of IEC 62391-1. The charging current shall be as shown in the flowing formula.

$$I_{cc} = \frac{I_{cu} \times C_a \times U_a}{U_b}$$

Where

$I_{cc}$ : charging current in mA;

$I_{cu}$  charging current per unit capacitance, 10 mA/F;

$C_a$  : capacitance value in F of the capacitor module or bank;

$U_a$  :  $U_{NDC}$  of capacitor module or bank;

$U_b$  :  $U_{NDC}$  of capacitor cell.

NOTE 1 - This test is performed to give an indication of the behaviour of the capacitor module at the end of life and to prove the proper work of the safety system within the specification limits. Completely safe failure during this test cannot be guaranteed.

NOTE 2— As the actual conditions can be significantly different in service, the behaviour at the end of life may also be different. Stored energy, expected short-circuit current, duration of failure current (and so on) should be considered in the application. Compliance with destruction test does not guarantee safe end of life of a capacitor.

### **5.13 Passive flammability**

The test shall be carried out in accordance with 4.20 of IEC 62391-1.

## **6 Overloads (under consideration)**

The maximum permissible voltage is the rated voltage for capacitors. No overload is permitted.

## **7 Safety requirements**

### **7.1 Discharge device**

The use of discharge resistors is not suitable for certain power electronic capacitors. When required by the purchaser, each capacitor module and bank shall be provided with means for discharging to 60 V or less, from an initial voltage of  $U_{NDC}$ .

The discharging time shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

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

The 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 time specified above.

Discharge circuits shall have adequate current-carrying capacity to discharge the capacitor from the peak of the maximum over voltage.

### **7.2 Case connections (grounding)**

To enable the potential of the metal case of the capacitor to be fixed, and to be able to carry the current in the event of an insulation breakdown or flashover to the case, the case shall be provided with a connection or with an unpainted non-corrodible metallic region for a connecting clamp suitable to carry the current.

### **7.3 Protection of the environment**

Precautions shall be taken to not allow dispersion of harmful substances in critical concentrations into the environment. In some countries, there exist legal requirements in this respect.

The purchaser shall specify any special requirements for labelling which apply to the country of installation (see 8.1.2).

### **7.4 Other safety requirements**

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

## 8 Markings

### 8.1 Marking of the cell

#### 8.1.1 Capacitor cell

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor cell;

- Manufacturer name (or trade mark)
- Identification number and manufacturing date (year and month or week of manufacture)
- $C$  = F
- $Tol$  = % (optional)
- $U_{NDC}$  = V

NOTE 1 The location of the markings on the capacitor cell should be defined on agreement between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 2 For small capacitor cells where it is impracticable to indicate all the above items on the rating plate, certain items may be stated in an instruction sheet.

NOTE 3 Additional data can be added to the rating plate on agreement between the manufacturer and the purchaser.

#### 8.1.2 Capacitor module or bank

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor module or bank;

- Manufacturer name (or trade mark)
- Identification number and manufacturing date (year and month or week of manufacture)
- $C$  = F
- $Tol$  = % (optional)
- $U_{NDC}$  = V
- $\hat{I}_s$  = A (optional)
- $\theta_{max}$  = °C (optional)
- maximum tightening torque = Nm (see NOTE 2) (optional)
- cooling air temperature (only for forced cooling – see 4.1.3) (optional)
- IEC 61881-3 (optional)

NOTE 1 The location of the markings on the capacitor module or bank should be defined on agreement between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 2 For small capacitor modules or banks where it is impracticable to indicate all the above items on the rating plate, certain items may be stated in an instruction sheet.

NOTE 3 Additional data can be added to the rating plate on agreement between the manufacturer and the purchaser.

#### 8.1.3 Data sheet

Information shall be provided by the manufacturer to enable correct operation of the capacitor. If the capacitor cell contains materials that may pollute the environment or may be hazardous in any other way, these materials and their mass shall be declared in the data sheet, according to the relevant laws of the country of the purchaser, who shall inform the manufacture of such law(s).

Note: Even if the purchaser does not inform the manufacturer of such laws the manufacturer might still have to observe these laws.

## 9 Guidance for installation and operation (Under consideration)

### 9.1 General

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

Because of the different types of capacitor and the many factors involved, it is not possible to cover installation and operation in all possible cases by simple rules.

The following information is given with regard to the more important points to be considered. In addition, the instructions of the manufacturer and the relevant authorities shall be followed.

The major application:

D.C. energy storage: Generally supplied with direct voltage and periodically charged and discharged with high peak current.

### 9.2 Choice of rated voltage

The rated voltage of the capacitor shall be equal to or higher than the recurrent peak voltage.

Most of the applications in power electronics show varying loads. Therefore it is necessary that the manufacturer and the purchaser discuss the rated voltage and the true voltage stresses extensively.

NOTE The use of maximum permissible voltage and maximum operating temperature results in reduced lifetime.

### 9.3 Operating temperature

#### 9.3.1 Life time of capacitor

Attention should be paid to the operating temperature of the capacitor, because this has a great influence on its life.

The life time of the capacitor is expressed by the following formula;

$$L_x = L_0 \times 2^{\frac{t_0 - t_x}{\beta}}$$

where,

$L_0$ : Specified life at temperature  $t_0$  (h)

$L_x$ : Estimated life at  $t_x$

$\beta$ : Acceleration factor by temperature (6 to 10)

$t_x$ : assumed ambient temperature of the capacitor

$t_0$ : Temperature of a specified life (upper category temperature)

Temperature in excess of  $\theta_{\max}$  accelerates electrochemical degradation of the electrolyte.

Temperature below  $\theta_{\min}$  or very rapid changes from hot to cold may initiate partial degradation in the electrolyte or mechanical construction.

#### 9.3.2 Installation

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

The temperature of capacitors subjected to radiation from the sun or from any high temperature surface will be increased.

Depending on the coolant temperature, the efficiency of the cooling and the intensity and duration of the radiation, it may be necessary to adopt one of the following precautions:

- protect the capacitor from thermal radiation;
- choose a capacitor designed for higher service air temperature or employ capacitors with rated voltage higher than that laid down in clause 4;
- capacitors installed at high altitudes (above 1 400 m) will be subjected to decreased heat dissipation; this should be considered when determining the power of the equipment.

The manufacturer should deliver a thermal model of the capacitor which describes the thermal behaviour of the hotspot in dependence of the ambient temperature, the load and the cooling conditions. The cooling conditions have to be defined by the manufacturer.

### 9.3.3 Unusual cooling conditions

In exceptional cases, the ambient temperature may be higher than 40 °C. If this is the case the manufacturer has to take this into account concerning lifetime and safety of operation.

### 9.4 Over voltages (under consideration)

Transient over voltages during unusual service conditions may enforce the choice of higher rated capacitors.

### 9.5 Overload currents

Capacitors should never be operated with currents exceeding the maximum values defined in 3.14, 3.15 and 3.16.

Transient over currents of high amplitude and frequency may occur when capacitors are switched into the circuit or the equipment is switched. It may be necessary to reduce these transient over currents to acceptable values in relation to the capacitor and to the equipment.

If the capacitors are provided with fuses (external), the peak value of the over currents due to switching operations shall be limited to the value of  $\hat{I}_s$

### 9.6 Switching and protective devices

Switches protective devices and connections shall be capable of withstanding the electrodynamic and thermal stresses caused by the transient over currents of high amplitude and frequency that may occur when switching on, or otherwise.

If consideration of electrodynamic and thermal stress would lead to excessive dimensions, special precautions, for the purpose of protection against over currents, should be taken.

### 9.7 Choice of creepage distance and clearance

See IEC 62497-1.

### 9.8 Connections

The current leads into the capacitor are capable of dissipating heat from the capacitor. Equally they are capable of transferring heat generated in outer connections into the capacitor.

Therefore it is necessary to keep the connections leading to the capacitors always cooler than the capacitor itself.

Any bad contacts in capacitor circuits give rise to local heat generation and arcing at the connection that may overheat and overstress the capacitors.

Regular inspection of all capacitor equipment contacts and capacitor connections is therefore recommended.

### **9.9 Parallel connections of capacitor**

Special care is necessary when designing circuits with capacitors connected in parallel, because of the possible danger that the current splitting depends on slight differences in resistance and inductance in the current paths, so that one of the capacitors may be easily overloaded.

As a consequence, when one capacitor fails by a short circuit, the complete energy of the parallel capacitors will be rapidly dissipated at the point of breakdown.

Special precautions have to be taken in this case.

### **9.10 Series connections of capacitors**

Because of variations in the parameters of capacitors, the correct voltage sharing between capacitor cells should be ensured.

The insulation voltage of the capacitor shall be appropriate for the series arrangement.

### **9.11 Magnetic losses and eddy currents**

The strong magnetic fields of conductors in power electronics may induce alternating magnetization of magnetic cases and eddy currents in any metal part and thereby produce heat. It is therefore necessary to situate capacitors at a safe distance from heavy current conductors and to avoid the use of magnetic materials as far as possible.

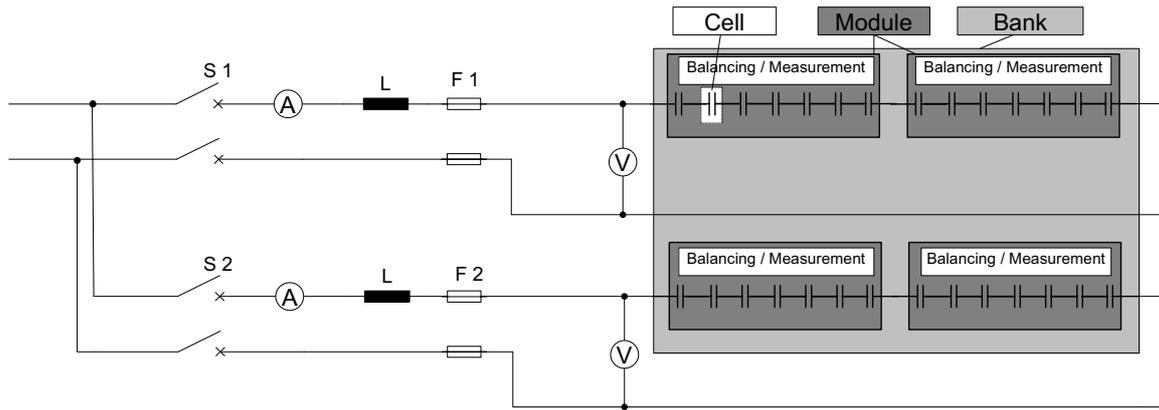
### **9.12 Guide for unprotected capacitors**

In case of unprotected capacitors, the purchaser has to assure by qualified installation that no danger appears due to a failing capacitor.

## Annex A (Informative) Terms and definition of capacitors

### A.1 Capacitor application in capacitor equipment

Schematic diagram for capacitor cell (See 3.2), capacitor module (See 3.3) and capacitor bank (See 3.4) used in capacitor equipment (See 3.6) is show in Figure A.1.



**Figure A.1 – Capacitor application in capacitor equipment**

**Bibliography** (Under consideration)

IEC 60050 *International Electrotechnical Vocabulary – Area 436: Power capacitors*

IEC 60077-2:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnic*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60850:2007, *Railway applications - Supply voltages of traction systems*

IEC 61287-1:2005, *Railway applications - Power convertors installed on board rolling stock - Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61881-1(9/1231/CDV), *Rail way applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics Part 1: Metalized film capacitor and metal foil with film capacitors*

IEC 61881-2(9/xxxx/CD), *Rail way applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics Part 2: DC aluminium electrolytic capacitors with non-solid electrolyte*