

	DIN EN IEC 62576-2 (VDE 0122-576-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung 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.	VDE

ICS 43.120

Einsprüche bis 2020-11-25

Entwurf

**Prüfverfahren für elektrische Kennwerte von EDLC-Modulen für elektrische Straßenfahrzeuge
(IEC 69/700/CD:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Electrical characteristics test methods of EDLC Module for Electric road vehicles
(IEC 69/700/CD:2019);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-09-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 48 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 69/700/CD:2019-11 "Electrical characteristics test methods of EDLC Module for Electric road vehicles" (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 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 69 "Electrical power/energy transfer systems for electrically propelled road vehicles and industrial trucks" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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 FprEN nur 6 Wochen 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 353 "Elektrostraßenfahrzeuge" der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Inhalt

Seite

1	Anwendungsbereich.....	4
2	Normative Verweisungen	4
3	Begriffe	4
4	Grenzabweichungen für die Messung von Parametern.....	5
5	Allgemeine Anforderungen.....	6
5.1	Allgemeine Bedingungen	6
5.2	Prüffolgenplan	6
5.3	Prüfung.....	6
5.4	Allgemeine Sicherheitsanforderungen	7
6	Prüfverfahren für elektrische Kennwerte.....	7
6.1	Prüfanforderungen	7
6.2	Messung und Berechnung	7
6.3	CCU-Wirkungsgrad	12
7	Allgemeine Prüfungen.....	13
7.1	Standardzyklus.....	13
8	Prüfungen der Leistungsmerkmale	13
8.1	Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen.....	13
8.2	15	
8.3	Leistungsvermögen bei niedriger Temperatur	17
9	Zuverlässigkeitsprüfung	18
9.1	Betaung – Temperaturänderung.....	18
9.2	Zyklische Temperaturschockprüfung	21
9.3	Schwingungen.....	21
9.4	Mechanischer Stoß (Schock).....	23

Bilder

Bild 1	— Prüfplan – Überblick	6
Bild 2	— Grundschialtung für die Messung von Kapazität, Innenwiderstand und Leistungsdichte	8
Bild 3	— Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatormodulanschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand	9
Bild 4	— Zeitliche Kennlinie der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Spannungserhaltungsprüfung	11
Bild 5	— Spannungsprofil für Laden und Entladen im Bereitschaftszustand.....	12
Bild 6	— Betaungszyklus.....	20

Tabellen

Tabelle 1	— Prüffolge Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen und Entladeraten	14
Tabelle 2	— Prüffolge Leistungsvermögen bei niedriger Temperatur (-20 °C).....	17
Tabelle 3	— Spannungsgrenzwerte für Leistungsvermögen bei niedriger Temperatur.....	18
Tabelle 4	— Mechanische Schockprüfung – Parameter.....	23

Prüfverfahren für elektrische Kennwerte von EDLC-Modulen für elektrische Straßenfahrzeuge

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Definition sowie Prüfverfahren für elektrische Kennwerte und die Sicherheit von elektrischen Doppelschichtkondensatormodulen (en: electric double layer capacitor module, EDLC module) für elektrische Straßenfahrzeuge fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance* (1992)

IEC 62391-1:2015, *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: Electric double-layer capacitors for power application*

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.

1.1

Steuerungseinheit des Kondensators

CCU

(en: capacitor control unit)

elektronisches Gerät, das elektrische und thermische Funktionen des Kondensatormoduls steuert oder verwaltet oder erkennt oder berechnet und die Kommunikation zwischen dem Kondensatormodul und anderen Einrichtungen ermöglicht

1.2

Kondensatormodul

C_m

Gruppe von Zellen, die in Reihen- oder Parallelschaltung mit oder ohne Schutzeinrichtungen (z. B. Sicherung oder PTC) und Überwachungsschaltung verbunden sind

1.3

Zelle

Zelle ist die grundlegende Geräteeinheit eines Kondensators, einschließlich Elektrode, Dielektrikum, Elektrolyt/Elektrolytlösung, Polen und Gehäuse usw.

1.4

Ladestrom

I_{cc}

zum Laden des elektrischen Doppelschichtkondensators erforderlicher Strom

zyklische Lebensdauer

geschätzte Lebensdauer der Lade- und Entladezahlen, fortlaufend

1.5

zu prüfendes Gerät

DUT

(en: device under test)

in diesem Teil von IEC 62576-2 ein Kondensatormodul oder ein einzelner elektrischer Doppelschichtkondensator

1.6

Entladestrom

I_{DC}

zum Entladen des elektrischen Doppelschichtkondensators erforderlicher Strom

1.7

Ultrakondensatoren mit anorganischem Elektrolyt

Ultrakondensator mit anorganischem Elektrolyt bezieht sich auf einen Ultrakondensator, der eine wässrige Lösung als Elektrolyt verwendet

1.8

Innenwiderstand

(en: internal resistance)

Widerstandskomponente, ausgedrückt in der Reihen-Ersatzschaltung von Kapazität und Widerstand eines elektrischen Doppelschichtkondensators, normalerweise ausgedrückt in Ohm (Ω)

1.9

Ableitstrom

I_{LC}

Wert des Stroms, der durch einen Kondensator nach einer Ladung während einer festgelegten Zeitdauer fließt, angegeben in Ampere (A)

Strom bei niedriger Temperatur

I_{LT}

Messung des Stroms durch Leistungsvermögen bei niedrigeren Temperaturbedingungen

1.10

Nennkapazität

C_N

vom Hersteller angegebener Kapazitätswert, normalerweise auf dem elektrischen Doppelschichtkondensator angegeben

1.11

Anzahl der Wiederholungen

N_R

Anzahl der stetigen Ladungen und Entladungen

1.12

Ultrakondensatoren mit organischem Elektrolyt

Ultrakondensator mit organischem Elektrolyt bezieht sich auf einen Ultrakondensator, der eine Lösung als Elektrolyt verwendet

Leistungsvermögen bei niedriger Temperatur

PC_{LT}

Leistungsvermögen des Kondensatormoduls bei niedriger Temperatur, die relevanten Temperaturen müssen $-25 \square$ für 24 Stunden betragen

1.13

Ultrakondensatoren

Ultrakondensator bezieht sich auf eine elektrochemische Energiespeichereinrichtung, in der mindestens eine Elektrode einen elektrischen Doppelschicht- oder einen Pseudokondensator verwendet, um Energie zu speichern. Die Kurve der Beziehung zwischen Zeit und Spannung während des Vorgangs des Konstantstromladens oder -entladens ist im allgemeinen linear.

4 Grenzabweichungen für die Messung von Parametern

Die Gesamtgenauigkeit von geregelten oder gemessenen Werten muss hinsichtlich ihrer festgelegten oder tatsächlichen Parameter innerhalb folgender Grenzabweichungen liegen.

- a) ± 1 % für Spannung;
- b) ± 1 % für Strom;
- c) ± 2 K für Temperatur;

- d) $\pm 0,1$ % für Zeit;
- e) $\pm 0,1$ % für Masse;
- f) $\pm 0,1$ % für Maße.

Diese Grenzwerte umfassen die Gesamtgenauigkeit der Messgeräte, des angewendeten Messverfahrens und sämtlicher weiterer Fehlerquellen des Prüfverfahrens.

Einzelheiten über die benutzte Messtechnik müssen in jedem Ergebnisbericht angegeben werden.

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Allgemeine Bedingungen

1.13.1 Voraussetzungen

Ein Kondensatormodul muss die festgelegten Prüfungen ermöglichen, d. h. über festgelegte Prüfmodi, die in der CCU implementiert sind, und muss in der Lage sein, über verbreitete Kommunikationsbusse mit dem Prüfstand zu kommunizieren.

- Die für den Betrieb benötigte Dokumentation und die erforderlichen Schnittstellenteile für den Anschluss an die Prüfeinrichtung (d. h. Stecker, Kupplungen, einschließlich Kühlung) müssen zusammen mit dem DUT geliefert werden.

Das Kondensatormodul-Subsystem als DUT muss alle vom Kunden festgelegten Teile umfassen (z. B. einschließlich mechanischer und elektrischer Anschlusspunkte für die mechanische Prüfung).

Wenn nicht anders festgelegt, muss das DUT vor jeder Prüfung bei der Prüftemperatur ins Gleichgewicht gebracht werden. Das thermische Gleichgewicht ist erreicht, wenn während einer Dauer von 1 h ohne aktive Kühlung die Abweichungen zwischen Prüftemperatur und Temperatur aller Zelltemperaturmesspunkte kleiner als ± 2 K sind.

5.2 Prüffolgenplan

Die Prüffolge für ein Kondensatormodul muss auf einer Vereinbarung zwischen dem Kunden und dem Lieferanten unter Berücksichtigung der Prüfungen in 5.3 beruhen.

5.3 Prüfung

Einen Überblick über die Tests gibt Bild 1, in dem auch die Verweisungen auf die jeweiligen Unterabschnitte angegeben sind.

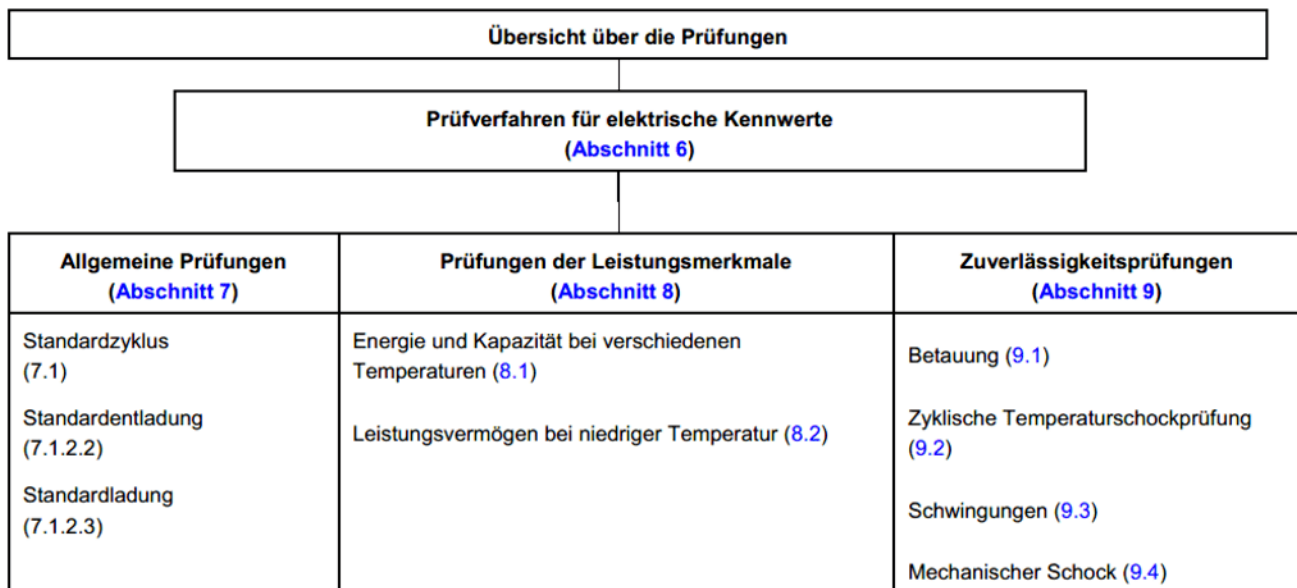


Bild 1 — Prüfplan – Überblick

5.4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen

Die folgenden Anforderungen sind Normanforderungen, die gelten, wenn sie zitiert werden.

Während der Prüfung und für eine Beobachtungsdauer nach der Prüfung von 1 h darf das DUT keine Hinweise auf Leckage, Bruch, Brand oder Explosion zeigen. Die Hinweise auf Leckage müssen durch Sichtprüfung ohne Demontage irgendeines Teils des DUT überprüft werden.

Das DUT muss einen Isolationswiderstand^{N1} von mindestens 100 Ω/V aufrechterhalten, wenn keine Wechselspannung vorhanden ist, oder von mindestens 500 Ω/V , wenn Wechselspannung vorhanden ist. Wenn das DUT in einen ganzen Stromkreis integriert ist, könnte ein höherer Widerstandswert für das DUT erforderlich sein.

6 Prüfverfahren für elektrische Kennwerte

6.1 Prüfanforderungen

1.13.2 Normalklima für die Prüfung

Wenn nicht anders in der Bauartspezifikation festgelegt, müssen alle Prüfungen bei Normalklima für Prüfungen wie in IEC 60068-1:2013, 4.3 angegeben durchgeführt werden;

- Temperatur: 15 ° bis 35 °
- relative Luftfeuchte: 25 % bis 75 %
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa

Wenn sich unter der Bedingung oder auf Anfrage Fragen zur Bestimmung des Messwerts ergeben, siehe 6.1.2.

Wenn es schwierig ist, Messungen unter dem Normalklima durchzuführen, und wenn keine Frage zur Bestimmung des Messwerts aufkommt, dürfen Prüfungen und Messungen unter anderen Bedingungen als dem Normalklima durchgeführt werden.

1.13.3 Normalklima für Messungen

Wenn nicht anders in der Bauartspezifikation festgelegt, müssen alle Messungen bei Normalklima für Messungen wie in IEC 60068-1:2013, 4.2 angegeben durchgeführt werden, mit den folgenden Einzelheiten;

- Temperatur: (25 $\pm$ 2) °C
- relative Luftfeuchte: 45 % bis 55 %
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa

6.2 Messung und Berechnung

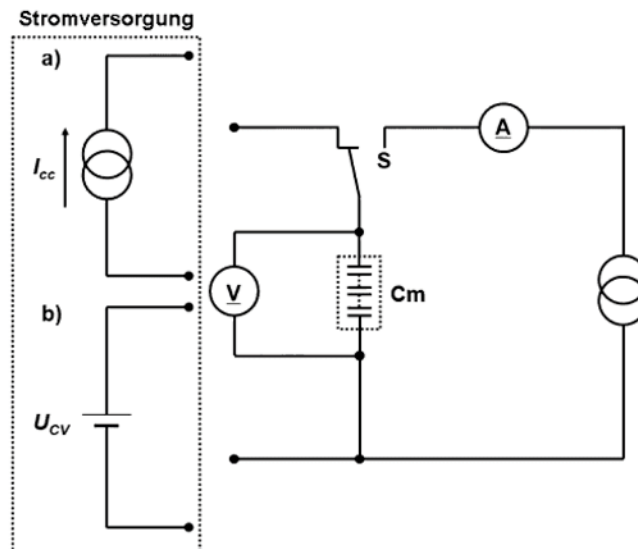
1.13.4 Messung von Kapazität, Innenwiderstand, größter Leistungsdichte und zyklischer Lebensdauer

1.13.4.1 Grundschialtung für die Messung

Die Kapazität und der Innenwiderstand müssen unter Anwendung der Verfahren des Konstantstromladens und -entladens gemessen werden. In Bild 2 ist die für die Messung zu verwendende Grundschialtung dargestellt.

- a) Gleichstromversorgung: Konstantstrom- und Konstantspannungsversorgung, die in der Lage ist, den festgelegten Ladestrom zu liefern und die Dauer des Konstantspannungsladens einzustellen
- b) Konstantstromlast: Sie muss in der Lage sein, mit einem festgelegten Konstantstrom zu entladen, und ihre Stromanstiegszeit bei Entladungsbeginn muss innerhalb von 50 ms liegen
- c) Gleichspannungsmessgerät: Seine Spannungsauflösung darf nicht mehr als 1 mV betragen, und es muss in der Lage sein, innerhalb von 100 ms abzutasten und aufzuzeichnen
- d) Umschalter: Er darf kein Prellen verursachen, das das Ergebnis der Zeitreihenaufzeichnung der Gleichspannung beeinträchtigt

^{N1} Hier ist im englischen Text insulation resistance (vorliegend: isolation resistance) gemeint.



Legende

C_m zu prüfender elektrischer Doppelschichtkondensator

I_{cc} Konstantstrom

U_{cv} Konstantspannung

Gleichstrommessgerät

Gleichspannungsmessgerät

S Umschalter



Konstantstromentladeeinrichtung

a) Stromversorgung für Konstantstromladen

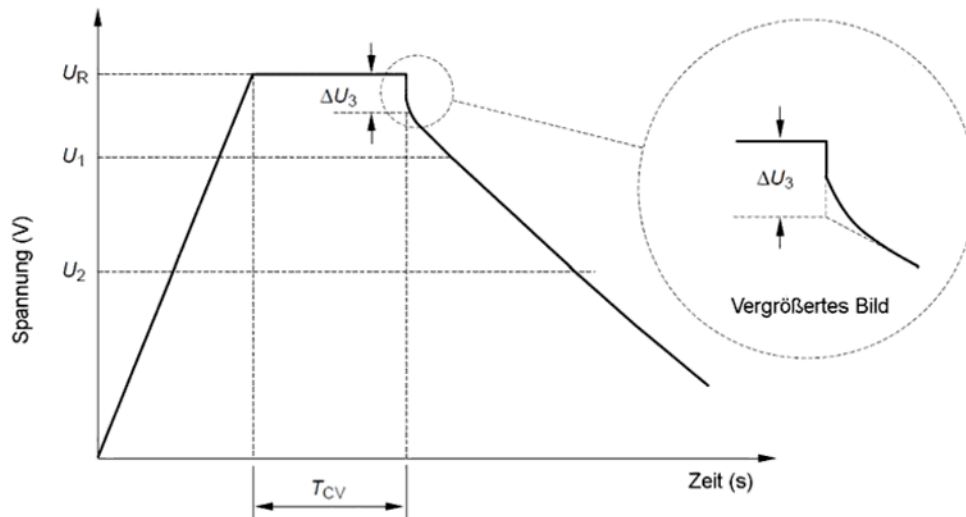
b) Stromversorgung für Konstantspannungsladen

Bild 2 — Grundsaltung für die Messung von Kapazität, Innenwiderstand und Leistungsdichte

Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss das Konstantstromladen, Konstantspannungsladen, Konstantstromentladen und die stetige Überwachung der Messung der Stromstärke und der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen als eine Funktion der Entladezeit ermöglichen, wie in [Bild 3](#) gezeigt. Die Messeinrichtung muss in der Lage sein, den Strom und die Spannung mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \%$ oder besser einzustellen und zu messen.

Die Stromversorgung muss einen konstanten Ladestrom für das Laden des Kondensators mit 95 % Ladewirkungsgrad liefern, die Dauer des Konstantspannungsladens einstellen; die Konstantstromentladeeinrichtung muss einen konstanten Entladestrom liefern, wie in [Tabelle 1](#) bzw. [Tabelle 2](#) festgelegt. Das Gleichspannungsaufzeichnungsgerät muss Spannungsmessungen durchführen und die Daten mit einer Auflösung von 5 mV und einer Abtastrate von 100 ms oder besser aufzeichnen können.



Legende

U_R	Bemessungsspannung (V)
U_1	Berechnungsanfangsspannung (V)
U_2	Berechnungsendspannung (V)
ΔU_3	Spannungsfall (V)
T_{CV}	Dauer des Konstantspannungsladens (s)

Bild 3 — Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatormodulanschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand

Messverfahren

Die Verfahren für die Bauartanerkennungsprüfungen sind in IEC 62576, 4.1.3 angegeben.

Die Messbedingungen müssen im einzelnen wie folgt sein. Die Messbedingung der Zellenspannung wird vom Lieferanten angegeben und der Lade- und Entladestrom wird nach Formel (1) berechnet

a) Vorbehandlung

Vor der Messung müssen die Kondensatormodule vollständig entladen und dann für 2 h bis 6 h unter der Referenztemperatur, die auf $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ wie in IEC 60068-1, 5.2 oder wie in den entsprechenden Normen festgelegt eingestellt ist, inkubiert werden.

ANMERKUNG 1 Die Wärmegleichgewichtszeit, die als Referenz für die Durchwärmzeit dient, ist in IEC 62576, Anhang B beschrieben.

b) Einstellung der Proben

Die Probekondensatormodule sind in die Prüfeinrichtung einzubauen.

c) Konfiguration der Prüfeinrichtung

Wenn durch die jeweiligen Normen nicht anderweitig festgelegt, muss die Prüfeinrichtung folgendermaßen eingerichtet werden.

- 1) Den Konstantstrom I_c für das Laden einstellen. Bei dieser Stromstärke müssen die Kondensatoren mit 95 % Ladewirkungsgrad auf Grundlage ihres Nenninnenwiderstands R_N geladen werden können. Der Stromstärkewert wird berechnet zu $I_c = U_R / 38 R_N$.

ANMERKUNG 2 Das Grundkonzept für 95 % Lade- oder Entladewirkungsgrad ist in IEC 62576, Anhang C beschrieben. Wenn der Bemessungswert des Innenwiderstands eines Kondensators unbekannt ist, kann die Stromstärke für die Messung nach den in IEC 62576, Anhang D beschriebenen empfohlenen Verfahren eingestellt werden.

- 2) Die Höchstspannung für das Konstantstromladen ist auf die Bemessungsspannung U_R einzustellen.

- 3) Die Dauer des Konstantspannungsladens T_{CV} ist auf 300 s einzustellen.
- 4) Der Wert für das Konstantstromentladen ist einzustellen. Dieser Wert muss auf Basis des Nenninnenwiderstands R_N des Kondensators einen Entladewirkungsgrad von 95 % erlauben und wird berechnet zu $I_d = U_R / 40 R_N$.
- 5) Das Abtastintervall ist auf 100 ms oder weniger einzustellen, und die Prüfeinrichtung muss so eingestellt werden, dass die Spannungsfallkennlinie bis $0,5 U_R$ gemessen wird.

Nach der Einstellung wie oben angegeben muss die Spannungs-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen wie in Bild 3 dargestellt gemessen werden.

Berechnungsverfahren für Kapazität und zyklische Lebensdauer

Berechnung der Kapazität

Die Kapazität C muss mit Gleichung (1) auf Grundlage der nach 6.3.1 erhaltenen Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatormodulanschlüssen berechnet werden.

$$C = \frac{2W}{(0,9U_R)^2 - (0,5U_R)^2} \quad (1)$$

Dabei ist

C die Kapazität des Kondensatormoduls (F);
 W die gemessene Entladeenergie (J) von der Berechnungsanfangsspannung ($0,9 U_R$) bis zur Berechnungsendspannung ($0,5 U_R$);
 U_R Bemessungsspannung (V).

Berechnung des Innenwiderstands

Der Innenwiderstand R muss mit Gleichung (2) auf Grundlage der nach 6.3.1 erhaltenen Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatormodulanschlüssen berechnet werden.

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

Dabei ist

R der Innenwiderstand des Kondensators (Ω);
 I_d der Entladestrom (A).
 ΔU_3 Die Geraden-Annäherung (Regression) ist an die Spannungsfallkennlinie von der Berechnungsanfangsspannung ($0,9 U_R$) bis zur Berechnungsendspannung ($0,5 U_R$) durch die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate anzuwenden. Der Schnittpunkt (Spannungswert) der Geraden zur Entladeanfangszeit ist zu bestimmen. ΔU_3 ist die Differenz zwischen dem Spannungswert am Schnittpunkt und dem eingestellten Wert für das Konstantspannungsladen (V).

Berechnungsverfahren für die größte Leistungsdichte

Die größte Leistungsdichte P_{dm} wird aus dem nach 6.3.3 berechneten Wert des Innenwiderstands mit Gleichung (3) berechnet.

$$P_{dm} = \frac{0,25 U_R^2}{RM} \quad (3)$$

Dabei ist

P_{dm} die größte Leistungsdichte des Kondensators (W/kg oder W/l);
 U_R Bemessungsspannung (V);
 R der berechnete Innenwiderstand (Ω);
 M die Masse oder das Volumen des Kondensators (kg oder l).

Berechnung der zyklischen Lebensdauer

Die zyklische Lebensdauer muss mit Gleichung (4) auf Grundlage der nach 6.3.1 erhaltenen Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen berechnet werden.

$$\text{Zyklische Lebensdauer (Zeiten)} = 2,5 \times N_R \quad (4)$$

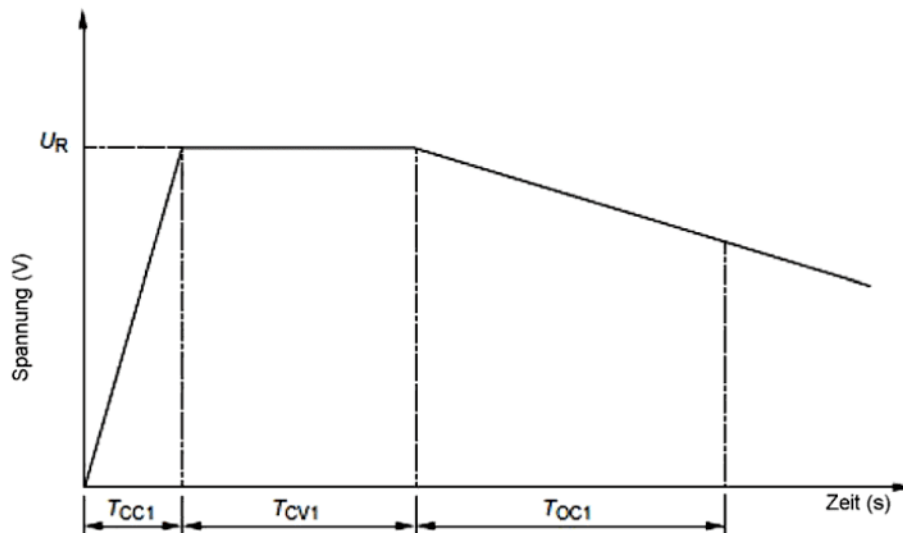
Dabei ist

N_R die Wiederholungszahl von 1) bis 5) aus 6.2.1.3.

Spannungserhaltung

Die Prüfeinrichtung muss das Konstantstromladen, Konstantspannungsladen und die stetige Messung der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen in Zeitreihen ermöglichen, wie in Bild 4 dargestellt. Die Stromversorgung muss den konstanten Ladestrom für das Laden des Kondensators mit 95 % Ladewirkungsgrad liefern und die Dauer des Konstantspannungsladens einstellen. Die Prüfeinrichtung muss in der Lage sein, den Strom und die Spannung mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ oder besser einzustellen und zu messen.

Die Gleichspannungsaufzeichnungsgeräte V_1 und V_2 müssen für die Spannungsmessung eine Auflösung von 5 mV oder besser aufweisen. Die Eingangsimpedanz des Aufzeichnungsgerätes muss ausreichend hoch sein, damit Messfehler vernachlässigbar sind.



Legende

U_R Bemessungsspannung (V)

T_{CC1} Ladedauer mit 95 % Wirkungsgrad (s)

T_{CV1} Dauer des Konstantspannungsladens (s)

T_{OC1} Dauer der Messung (h)

Bild 4 — Zeitliche Kennlinie der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Spannungserhaltungsprüfung

- Bevor die Messung durchgeführt wird, müssen die Kondensatoren vollständig entladen sein. Das Entladeverfahren muss 1 h bis 24 h dauern und muss in der Einzelbestimmung festgelegt werden.
- Der Ableitstrom muss, wenn nicht anders in der Einzelbestimmung vorgeschrieben, mit der für die Prüftemperatur geeigneten Gleichspannung (U_R) gemessen werden. Die Elektrifizierungszeit nach einer Aufladezeit von höchstens 30 min, um 95 % der angelegten Spannung zu erreichen, muss aus 30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h oder 48 h ausgewählt und in der Einzelbestimmung angegeben werden.
- Es muss eine stetige Stromquelle wie eine geregelte Stromversorgung verwendet werden.

- d) Falls in der Einzelbestimmung nicht anders festgelegt, ist die Spannung über einen Schutzwiderstand von 1 000 W oder weniger an einen Kondensator anzulegen.

6.3 CCU-Wirkungsgrad

Zweck

Diese Prüfung misst den Wirkungsgrad der CCU in einem elektrischen Doppelschichtkondensatormodul beim Laden und Entladen, das im Bereitschaftszustand arbeitet. Das Lade- und Entladeprofil wird in Bild 5 gezeigt.

Verfahren

Das Verfahren muss das folgende sein:

- Konstantstrom für das Laden bis Betriebsspannung
Den nach IEC 62576 errechneten Ladestrom einstellen.
- Leerlaufspannung für 48 Stunden
Die Zeit(en) bis U_2 aufzeichnen, mit Spannung mit Zeitauflösung in Sekunden.
- Konstantstrom für das Laden bis Betriebsspannung
Den nach IEC 62576 errechneten Ladestrom einstellen.
- Leerlaufspannung für 48 Stunden
Die Zeit(en) bis U_2 aufzeichnen, mit Spannung mit Zeitauflösung in Sekunden.
- Entladen 1 A und Laden 1 A mit 10s
Strom und Spannung aufzeichnen, die Zeitauflösung ist Sekunden.
- Leerlaufspannung für 1 min
Die ansteigende Spannung aufzeichnen.
- Wiederholung des Verfahrens ab f) bis U_2

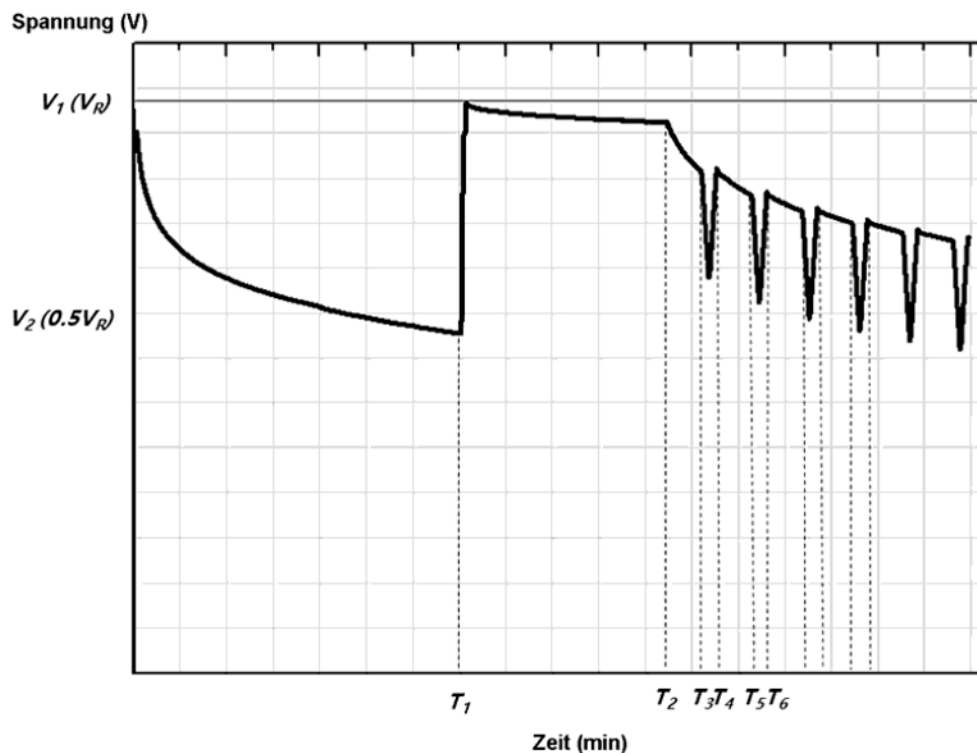


Bild 5 — Spannungsprofil für Laden und Entladen im Bereitschaftszustand

Wirkungsgradberechnung

Die äquivalente Widerstandsreihe R_{int} wird mit Gleichung (4) berechnet.

$$R_{\text{int}} = \frac{U_{T5} - U_{T4}}{I_{dc}}$$

7 Allgemeine Prüfungen

7.1 Standardzyklus

1.13.5 Zweck

Der Zweck des Standardzyklus (en: standard cycle, SC) besteht darin, für jede Prüfung eines Kondensatormoduls den gleichen Anfangszustand sicherzustellen. Ein SC wie in 7.1.2.1 beschrieben muss vor jeder Prüfung durchgeführt werden.

1.13.6 Prüfverfahren

1.13.6.1 Allgemeines

Der SC muss bei T_{room} durchgeführt werden. Der SC muss aus einer SDCH (en: standard discharge, Standardentladung) (siehe 7.1.2.2) bestehen, gefolgt von einer SCH (en: standard charge, Standardladung) (siehe 7.1.2.3).

Wenn aus irgendeinem Grund das Zeitintervall zwischen dem Ende des SC und dem Beginn einer neuen Prüfung länger als 3h ist, muss der SC wiederholt werden.

1.13.6.2 Standardentladung

Entladestrom: Der Wert für das Konstantstromentladen ist einzustellen. Dieser Wert muss auf Basis des Nenninnenwiderstands R_N des Kondensators einen Entladewirkungsgrad von 95 % erlauben und wird berechnet durch $I_d = U_R / 40 R_N$ oder ein anderes besonderes Entladeverfahren entsprechend den vom Lieferanten angegebenen Spezifikationen.

Entladespannung: Wenn nicht anders in der Einzelbestimmung festgelegt, ist der geforderte Wert 40 % der Ladespannung ($0,5 \times U_R$)

Ruheperiode nach der Entladung, um einen stabilen Zustand zu erreichen: 30 min oder bis ein thermisches Gleichgewicht bei T_{room} des DUT erreicht ist.

1.13.6.3 Standardladung

Ladeverfahren und Ladeschlusskriterium: Den Konstantstrom I_c für das Laden einstellen. Bei dieser Stromstärke müssen die Kondensatoren mit 95 % Ladewirkungsgrad auf Grundlage ihres Nenninnenwiderstands R_N geladen werden können. Die Stromstärke wird berechnet durch $I_c = U_R / 38 R_N$ oder entsprechend den vom Lieferanten angegebenen Spezifikationen, die Spezifikationen müssen Kriterien für das Ende des Ladens und zeitliche Grenzwerte für das gesamte Ladeverfahren enthalten.

Ladespannung: Wenn in der Einzelbestimmung nicht anders festgelegt, ist der geforderte Wert 90 % der Ladespannung ($0,9 \times U_R$)

Ruheperiode nach der Ladung, um einen stabilen Zustand zu erreichen: 30 min.

8 Prüfungen der Leistungsmerkmale

8.1 Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen

1.13.7 Zweck

Diese Prüfung bestimmt die Kapazität bei verschiedenen Temperaturen bei drei verschiedenen Konstantstrom-Entladeraten. Die verschiedenen Entladeraten müssen in einer Abfolge durchgeführt werden, bevor die Umgebungstemperatur geändert wird, und die Prüfung muss wiederholt werden, nachdem die neue Temperatur erreicht ist.

1.13.8 Prüfverfahren

Die Prüfung muss bei drei verschiedenen Temperaturen (65 °C, 0 °C und -25 °C) mit der vom Lieferanten erlaubten Standardentladung und Spitzenleistung durchgeführt werden (die größte C-Rate entspricht $I_{d,max}$).

Die Prüffolge muss wie in Tabelle 1 festgelegt durchgeführt werden.

Tabelle 1 — Prüffolge Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen und Entladeraten

Schritt	Verfahren	Prüftemperatur
1.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}
1.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
1.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
2.1	Thermisches Gleichgewicht	65 °C
2.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	65 °C
2.3	Standardentladung (SDCH)	65 °C
2.4	Standardladung (SCH)	65 °C
2.5	Standardentladung (SDCH)	65 °C
3.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}
3.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
3.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
4.1	Thermisches Gleichgewicht	65 °C
4.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	65 °C
4.3	Entladung bei Spitzenleistung	65 °C
4.4	Standardladung (SCH)	65 °C
4.5	Entladung bei Spitzenleistung	65 °C
5.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}
5.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
5.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
6.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
6.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	0 °C
6.3	Standardentladung (SDCH)	0 °C
6.4	Standardladung (SCH)	0 °C
6.5	Standardentladung (SDCH)	0 °C
7.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}
7.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
7.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
8.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
8.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	0 °C
8.3	Entladung bei Spitzenleistung	0 °C
8.4	Standardladung (SCH)	0 °C
8.5	Entladung bei Spitzenleistung	0 °C
9.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}

Schritt	Verfahren	Prüftemperatur
9.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
9.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
10.1	Thermisches Gleichgewicht	-25 °C
10.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	-25 °C
10.3	Standardentladung (SDCH)	-25 °C
10.4	Standardladung (SCH)	-25 °C
10.5	Standardentladung (SDCH)	-25 °C
11.1	Thermisches Gleichgewicht	T_{room}
11.2	Standardladung (SCH)	T_{room}
11.3	Standardzyklus (SC)	T_{room}
12.1	Thermisches Gleichgewicht	-25 °C
12.2	Standardladung (SCH) für Nachladen	-25 °C
12.3	Entladung bei Spitzenleistung	-25 °C
12.4	Standardladung (SCH)	-25 °C
12.5	Entladung bei Spitzenleistung	-25 °C

- Das SCH-Verfahren bei den verschiedenen Temperaturen muss 7.1.2.3 folgen.
- Das SC-Verfahren muss 7.1 folgen.
- Wenn nicht anders in der Einzelbestimmung festgelegt, müssen alle Entladeprüfungen beim geforderten Wert von 50 % der Ladespannung ($0,5 \times U_R$) beendet werden.
- Nach dem Entladen muss das DUT für mindestens 30 min ruhen oder bei der geforderten Umgebungstemperatur thermisch angeglichen werden, oder es muss eine feste Zeitspanne eingehalten werden, um ein thermisches Gleichgewicht zu ermöglichen, bevor mit dem nächsten Schritt in der Prüffolge begonnen wird.

ANMERKUNG Die SCH für Nachladen ermöglicht das Wiederaufladen des DUT, um Energieverluste auszugleichen, die während des Temperatenausgleichs auftreten können.

1.13.9 Anforderung

Die folgenden Daten müssen mitgeteilt werden:

- Strom, Spannung, DUT-Temperatur und Umgebungstemperatur über der Zeit bei jeder Entladeprüfung und die folgende Standardladung;
- Kapazität entladen (F); größte Leistungsdichte (W/kg oder W/l) bei jeder Entladeprüfung;
- Kapazität geladen (F); größte Leistungsdichte (W/kg oder W/l) bei jeder Entladeprüfung;
- Wirkungsgrad der Energieumwandlung bei jeder Entladeprüfung.

8.2
