

**CEI EN 60252-2****2012-04**

La seguente Norma è identica a: EN 60252-2:2011-02.

*Titolo***Condensatori statici per motori in corrente alternata  
Parte 2: Condensatori di avviamento motori***Title***A.C motor capacitors  
Part 2: Motor start capacitors***Sommario*

Questa Norma si applica ai condensatori di avviamento motori, destinati ad essere collegati agli avvolgimenti di motori asincroni alimentati da un sistema monofase a frequenza di rete. La Norma ha per oggetto i condensatori di avviamento motori metallizzati, impregnati o non impregnati, con dielettrico di carta, film plastico o una combinazione di entrambi, e i condensatori di avviamento motori elettrolitici con elettrolita non solido, per tensioni nominali fino a 660 V inclusi.

Le principali modifiche rispetto all'edizione precedente sono: la definizione di condensatori a film segmentato, una definizione più chiara del condizionamento in corrente continua nella prova di distruzione. La Norma in oggetto sostituisce completamente la Norma CEI EN 60252-2:2004-01, che rimane applicabile fino al 19-01-2014.



<i>Norma italiana</i>	CEI EN 60252-2
<i>Classificazione</i>	CEI 33-22
<i>Edizione</i>	

## Nazionali

*Europei* (IDT) EN 60252-2:2011-02;

*Internazionali* (IDT) IEC 60252-2:2010-12;

Legislativi

*Legenda* (IDT) - La Norma in oggetto è identica alle Norme indicate dopo il riferimento (IDT)

Pubblicazione

*Stato Edizione*      In vigore

Data validità 01-05-2012

<i>Ambito validità</i>	Internazionale
------------------------	----------------

Fascicolo 11891

*Ed. Prec. Fasc.* 7175:2004-01 che rimane applicabile fino al 19-01-2014

*Comitato Tecnico* CT 33-Condensatori di potenza e loro applicazioni

Approvata da Presidente del CEI

*In data* 09-03-2012

CENELEC

*In data* 19-01-2011

*Sottoposta a*      Inchiesta pubblica come Documento originale

*Chiusura in data* 19-11-2010

*ICS* 31.060.30; 31.060.70;

**Sostituisce la Norma EN 60252-2:2003**

---

**Condensatori statici per motori in corrente alternata**  
**Parte 2: Condensatori di avviamento motori**

---

A.C motor capacitors  
Part 2: Motor start capacitors

---

Condensateurs des moteurs à courant alternatif  
Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs

---

Wechselspannungsmotorkondensatoren  
Teil 2: Motoranlaufkondensatoren

---

I Comitati Nazionali membri del CENELEC sono tenuti, in accordo col regolamento interno del CEN/CENELEC, ad adottare questa Norma Europea, senza alcuna modifica, come Norma Nazionale. Gli elenchi aggiornati e i relativi riferimenti di tali Norme Nazionali possono essere ottenuti rivolgendosi al Segretariato Centrale del CENELEC o agli uffici di qualsiasi Comitato Nazionale membro. La presente Norma Europea esiste in tre versioni ufficiali (inglese, francese, tedesco). Una traduzione effettuata da un altro Paese membro, sotto la sua responsabilità, nella sua lingua nazionale e notificata al CENELEC, ha la medesima validità. I membri del CENELEC sono i Comitati Elettrotecnici Nazionali dei seguenti Paesi: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Croazia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Norvegia, Olanda, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Ungheria.

I diritti di riproduzione di questa Norma Europea sono riservati esclusivamente ai membri nazionali del CENELEC.

CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a National Standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such National Standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member. This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language and notified to the CENELEC Central Secretariat has the same status as the official versions. CENELEC members are the national electrotechnical committees of: Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Croatia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

© CENELEC Copyright reserved to all CENELEC members.

---

**C E N E L E C**



## PREFAZIONE

Il testo del documento 33/476/FDIS, futura seconda edizione della IEC 60252-2, preparato dal TC 33 IEC, Power capacitors, è stato sottoposto al voto parallelo IEC-CENELEC ed è stato approvato dal CENELEC come Norma Europea EN 60252-2 in data 19-01-2011.

La presente Norma Europea sostituisce EN 60252-2:2003.

Le principali modifiche rispetto alla EN 60252-2:2003 sono le seguenti:

- definizione dei condensatori a film segmentato;
- una più chiara definizione del condizionamento in corrente continua nella prova di distruzione.

Si richiama l'attenzione sulla possibilità che alcune parti del presente documento possano essere oggetto di brevetti. Il CEN e il CENELEC non devono essere ritenuti responsabili di identificare alcuni o tutti i suddetti brevetti.

Sono state fissate le date seguenti:

- data ultima entro la quale la EN deve essere recepita a livello nazionale mediante pubblicazione di una Norma nazionale identica o mediante adozione (dop) 19-10-2011
- data ultima entro la quale le Norme nazionali contrastanti con la EN devono essere ritirate (dow) 19-01-2014

L'Allegato ZA è stato aggiunto dal CENELEC.

## AVVISO DI ADOZIONE

Il testo della Norma Internazionale IEC 60252-2:2010 è stato approvato dal CENELEC come Norma Europea senza alcuna modifica.



## INDICE

1	Campo di applicazione.....	6
2	Riferimenti normativi.....	6
3	Termini e definizioni .....	6
4	Condizioni di esercizio.....	9
4.1	Condizioni normali di esercizio.....	9
4.2	Tolleranze preferenziali sulla capacità.....	10
5	Condensatori di avviamento motori autorigeneranti .....	10
5.1	Prescrizioni di qualità e prove .....	10
5.2	Sovraccarichi.....	22
5.3	Prescrizioni di sicurezza .....	23
5.4	Marcatura.....	25
6	Condensatori elettrolitici di avviamento motori.....	25
6.1	Prescrizioni di qualità e prove .....	25
6.2	Sovraccarichi.....	35
6.3	Prescrizioni di sicurezza .....	36
6.4	Marcatura.....	38
7	Guida per l'installazione e l'impiego .....	38
7.1	Generalità .....	38
7.2	Scelta della tensione nominale.....	39
7.3	Controllo della temperatura del condensatore.....	39
7.4	Controllo dei transistori .....	40
7.5	Immagazzinamento dei condensatori elettrolitici .....	40
	Allegato A (normativo) Prova di tensione .....	41
	Allegato ZA (normativo) Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee.....	42



## CONDENSATORI PER MOTORI IN CORRENTE ALTERNATA –

### Parte 2: Condensatori di avviamento motori

#### 1 Campo di applicazione

Questa parte della IEC 60252 si applica ai condensatori di avviamento motori destinati ad essere collegati agli avvolgimenti dei motori asincroni, alimentati da un sistema monofase alla frequenza di rete.

Questa Norma riguarda i condensatori di avviamento motori metallizzati impregnati o meno, con dielettrico in carta o film plastico, o una combinazione dei due e i condensatori elettrolitici per avviamento motori con elettrolita non solido, con tensione nominale non superiore a 660 V.

#### 2 Riferimenti normativi

I documenti citati nel seguito<sup>(\*)</sup> ai quali viene fatto riferimento sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. Per quanto riguarda i riferimenti datati, si applica esclusivamente l'edizione citata. Per quanto riguarda i riferimenti non datati, si applica l'ultima edizione del documento al quale viene fatto riferimento (compresi eventuali Modifiche).

#### 3 Termini e definizioni

Ai fini del presente documento, si applicano i seguenti termini e definizioni.

##### 3.1

##### **condensatore permanente per motori**

condensatore di potenza che, quando usato in collegamento con un avvolgimento ausiliario di un motore, determina l'avviamento del motore e ne incrementa la coppia durante il funzionamento

NOTA Il condensatore permanente è in genere collegato permanentemente all'avvolgimento del motore e rimane nel circuito durante il funzionamento del motore. All'avviamento, se è in parallelo con il condensatore di avviamento, aiuta ad avviare il motore.

##### 3.2

##### **condensatore di avviamento**

condensatore di potenza che fornisce una corrente di spunto ad un avvolgimento ausiliario di un motore e che viene disinserito dal circuito quando il motore è partito

##### 3.3

##### **condensatore ad armature a foglio metallico**

condensatore le cui armature sono costituite da fogli o nastri metallici separati da un dielettrico

##### 3.4

##### **condensatore metallizzato**

condensatore le cui armature sono costituite da un deposito metallico sul dielettrico

##### 3.5

##### **condensatore autorigenerante**

condensatore le cui proprietà elettriche, dopo una perforazione locale del dielettrico, sono rapidamente e completamente ripristinate

##### 3.6

##### **condensatore a film segmentato**

condensatore metallizzato con un disegno ripetitivo su almeno uno strato del deposito metallico, progettato per isolare sezioni del condensatore nel caso di guasti localizzati nel dielettrico

---

(\*) **N.d.R.:** Per l'elenco delle Pubblicazioni si veda l'Allegato ZA.

**3.7****dispositivo di scarica di un condensatore**

dispositivo che può essere incorporato all'interno di un condensatore, in grado di ridurre effettivamente a zero la tensione fra i terminali, entro un determinato tempo, dopo che il condensatore è stato scollegato dalla rete

**3.8****servizio continuo**

servizio senza limite di durata durante la vita normale di un condensatore

**3.9****servizio intermittente**

servizio nel quale periodi di funzionamento sono seguiti da intervalli durante i quali il condensatore non è sotto tensione

**3.10****servizio di avviamento**

tipo speciale di servizio intermittente nel quale il condensatore è sotto tensione solamente per un periodo molto breve, durante il quale il motore accelera fino a raggiungere la velocità di regime

**3.11****ciclo nominale di lavoro**

valore nominale che indica il tipo di ciclo intermittente o di avviamento per il quale il condensatore è stato progettato

NOTA È espresso dalla durata del ciclo di lavoro, in minuti, e dalla percentuale di tempo durante il quale il condensatore è sotto tensione.

**3.12****durata del ciclo di lavoro**

tempo totale in cui il condensatore è sotto tensione sommato a quello in cui non lo è, durante il servizio intermittente

**3.13****tempo relativo di funzionamento**

percentuale della durata del ciclo durante la quale il condensatore è sotto tensione

**3.14****condensatore per servizio continuo e di avviamento**

condensatore progettato per funzionare ad una tensione durante il servizio continuo ed ad una tensione diversa (di solito maggiore) durante la fase di avviamento

**3.15****minima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore**

minima temperatura ammissibile sulla superficie esterna della custodia nel momento della messa sotto tensione del condensatore

**3.16****massima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore**

$t_c$

temperatura massima ammissibile del punto più caldo della superficie esterna della custodia del condensatore durante il funzionamento

**3.17****tensione nominale di un condensatore**

$U_N$

valore efficace della tensione alternata per la quale il condensatore è stato progettato

**3.18****tensione massima**

valore efficace della tensione massima ammissibile ai terminali del condensatore di avviamento tra l'inizio dell'avviamento e l'istante in cui il condensatore è scollegato

**3.19****frequenza nominale di un condensatore** $f_N$ 

valore di frequenza più elevato per il quale il condensatore è stato progettato

**3.20****capacità nominale di un condensatore** $C_N$ 

valore di capacità per il quale il condensatore è stato progettato

**3.21****corrente nominale di un condensatore** $I_N$ 

valore efficace della corrente alternata alla tensione e frequenza nominali

**3.22****Potenza nominale di un condensatore** $Q_N$ 

potenza reattiva derivante dai valori nominali di capacità, frequenza e tensione (o corrente)

**3.23****perdite di un condensatore**

potenza attiva dissipata da un condensatore

NOTA Se non diversamente specificato, si deve intendere che le perdite di un condensatore includono le perdite nei fusibili e nei resistori di scarica che formano parte integrante del condensatore.

**3.24****tangente dell'angolo di perdita (tan delta)<sup>(1)</sup> di un condensatore**

rapporto fra la resistenza serie equivalente e la reattanza capacitiva di un condensatore alla tensione alternata sinusoidale ed alla frequenza specificate

**3.25****fattore di potenza**

rapporto fra la potenza attiva e la potenza apparente di un condensatore

**3.26****corrente di fuga capacitiva (solo per condensatori con custodia metallica)**

corrente che passa attraverso un conduttore che collega la custodia metallica alla terra, quando il condensatore è alimentato da un sistema di alimentazione in corrente alternata con il neutro a terra

**3.27****tipo di condensatore**

i condensatori si considerano dello stesso tipo quando hanno forma costruttiva simile, la stessa tecnologia costruttiva, la stessa tensione nominale, la medesima categoria climatica e lo stesso tipo di servizio

NOTA 1 Condensatori dello stesso tipo possono differire solo per la capacità nominale e dimensione; sono ammesse piccole differenze tra i terminali e i dispositivi di fissaggio.

NOTA 2 La stessa costruzione include, per esempio, lo stesso materiale dielettrico, lo spessore del dielettrico e il tipo di custodia (metallica o di plastica).

---

(1) **N.d.R.**:  $\tan \delta$





### 3.28

#### **modello di condensatore**

i condensatori sono considerati dello stesso modello quando hanno la stessa costruzione e le stesse caratteristiche funzionali e dimensionali entro i limiti di tolleranza e sono di conseguenza intercambiabili

### 3.29

#### **classe di protezione di sicurezza**

il grado di protezione di sicurezza identificato da uno dei tre seguenti codici da marcare sul condensatore

- (P2) indica che il tipo di condensatore è stato progettato per guastarsi solo in modalità di circuito aperto ed è protetto contro il pericolo di incendio e di folgorazione. La conformità si verifica con la prova descritta in 5.1.16
- (P1) indica che il tipo di condensatore può guastarsi sia in modalità di circuito aperto che in modalità di corto circuito ed è protetto contro il pericolo di incendio o di folgorazione. La conformità si verifica con la prova descritta in 5.1.16
- (P0) indica che il tipo di condensatore non è dotato di alcuna protezione specifica in caso di guasto

Questo paragrafo non si applica ai condensatori elettrolitici.

## **4 Condizioni di esercizio**

### **4.1 Condizioni normali di esercizio**

La presente Norma fornisce le prescrizioni per i condensatori destinati ad essere utilizzati nelle seguenti condizioni:

- a) altitudine: non superiore a 2 000 m;
- b) tensione residua al momento della messa in servizio: non deve superare il 10 % della tensione nominale (vedi note in 5.3.4 e 6.3.4);
- c) inquinamento: i condensatori inclusi nell'oggetto della presente norma sono progettati per funzionare in un'atmosfera leggermente inquinata;

NOTA La IEC non ha ancora stabilito una definizione per "leggermente inquinata". Quando questa definizione sarà definita dalla IEC, essa verrà inclusa nella presente Norma.

- d) temperatura di esercizio: tra  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (vedere 3.15 e 3.16).

Le temperature preferenziali minime e massime ammissibili per il funzionamento di un condensatore sono le seguenti:

- temperature minime:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- temperature massime:  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

I condensatori devono essere adatti al trasporto ed all'immagazzinamento, senza che la loro qualità sia compromessa, a temperature fino a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o alla minima temperatura di esercizio, a seconda di quale sia la più bassa;

- e) severità della prova di caldo umido: tra 4 giorni e 56 giorni. La severità preferita è 21 giorni.

(La severità della prova di caldo umido deve essere scelta tra i valori indicati dalla IEC 60068-2-78, cioè: 4, 10, 21 e 56 giorni.)

I condensatori sono classificati in categorie climatiche definite dalle loro temperature di esercizio minima e massima ammissibili e dalla severità della prova di caldo umido: per esempio 10/70/21 indica che la minima e la massima temperatura di esercizio ammissibile del condensatore sono  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  e che la severità della prova di caldo umido è di 21 giorni.



## 4.2 Tolleranze preferenziali sulla capacità

Le tolleranze preferenziali sono le seguenti:  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  e  $\pm 15\%$ .

Sono permesse tolleranze asimmetriche ma nessuna tolleranza può superare  $15\%$ .

## 5 Condensatori di avviamento motori autorigeneranti

### 5.1 Prescrizioni di qualità e prove

#### 5.1.1 Prescrizioni di prova

##### 5.1.1.1 Generalità

Questo articolo fornisce le prescrizioni di prova per condensatori autorigeneranti di avviamento motori.

##### 5.1.1.2 Condizioni di prova

Se non diversamente specificato per una particolare prova o misura, la temperatura del dielettrico del condensatore deve essere compresa fra  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  e deve essere registrata.

Se sono necessarie correzioni, la temperatura di riferimento deve essere  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

NOTA Si può assumere che la temperatura del dielettrico sia la stessa di quella dell'ambiente, purché il condensatore sia stato lasciato non alimentato a questa temperatura ambiente per un periodo adeguato, che dipende dalle dimensioni del condensatore.

##### 5.1.2 Classificazione delle prove

Le prove specificate sono di due tipi:

- a) prove di tipo;
- b) prove individuali.

##### 5.1.2.1 Prove di tipo

Le prove di tipo hanno lo scopo di dimostrare la validità del progetto del condensatore e la sua idoneità al funzionamento alle condizioni di funzionamento precisate nella presente Norma.

Le prove di tipo sono effettuate dal costruttore e/o da un laboratorio di prova, nel caso sia richiesta un'approvazione.

Queste prove possono essere condotte sotto la supervisione di un'autorità idonea, che rilascerà un rapporto certificato e/o un'approvazione di tipo.

##### 5.1.2.2 Prove individuali

Le prove individuali devono essere effettuate dal costruttore su ogni condensatore prima della consegna.

#### 5.1.3 Prove di tipo

##### 5.1.3.1 Procedura di prova

I campioni di ciascun modello selezionati per le prove di tipo devono essere divisi in gruppi, come indicato nella Tabella 1.

I condensatori che formano il campione devono aver superato con esito positivo le prove individuali indicate in 5.1.4.

Ciascun gruppo di prova deve contenere un numero uguale di condensatori della capacità più elevata e di quella più bassa della gamma.

Il costruttore deve fornire i valori del rapporto tra la capacità e la superficie esterna complessiva della custodia di ciascun valore di capacità della gamma.



Deve essere provato anche il condensatore con il valore massimo di capacità per unità di superficie esterna, se questo rapporto supera del 10% o più quello del condensatore con la massima capacità della gamma.

Analogamente, deve essere provato anche il condensatore con il valore minimo per unità di superficie esterna, se tale rapporto è inferiore del 10% o più a quello del valore di capacità minimo della gamma.

La “superficie esterna” comprende la superficie esterna totale della custodia del condensatore, con l’eccezione di piccole protuberanze, dei terminali e di elementi di fissaggio.

### **5.1.3.2 Estensione della qualificazione**

**5.1.3.2.1** Una prova di tipo su un singolo modello qualifica solo il modello provato. Quando la prova di tipo è effettuata su due modelli dello stesso tipo ma di diverso valore di capacità nominale, selezionati secondo le regole di 5.1.3.1, la qualificazione si estende a tutti i modelli dello stesso tipo aventi valori di capacità nominale compresi fra i due valori provati.

**5.1.3.2.2** Le prove di qualificazione effettuate con esito positivo su un modello di condensatore avente un determinato valore di tolleranza sulla capacità sono valide anche per condensatori dello stesso modello ma che hanno una diversa tolleranza di capacità, fino a due volte i limiti della tolleranza dichiarata. Per esempio,  $\pm 5\%$  copre fino a  $\pm 10\%$ , e  $\pm 10\%$  copre fino a  $\pm 20\%$ . Non è permessa una tolleranza inferiore a quella dichiarata. Per esempio, una approvazione di tipo per il  $\pm 10\%$  non copre il  $\pm 5\%$ .

**5.1.3.2.3** Talvolta, nella pratica corrente, sono richiesti condensatori con tolleranza di capacità non simmetrica rispetto al valore nominale di capacità.

Quando una prova di tipo è effettuata con successo su un modello di condensatore avente una tolleranza di capacità simmetrica, la relativa qualificazione è pure valida per condensatori dello stesso modello con una tolleranza non simmetrica, purché l’estensione totale della tolleranza non simmetrica sia:

- a) all’interno della gamma totale di capacità ammessa in 5.1.3.2.2,
- e
- b) superiore o uguale a quella del modello di condensatore provato. Per esempio, la qualificazione per  $\pm 5$  permette valori come  $^{+10}_{-5}\%$ ,  $^{+5}_{-10}\%$ ,  $^{+8}_{-2}\%$ ,  $^{+10}_0\%$  ma non  $^{+15}_{-5}\%$ .

**Tabella 1 – Prospetto delle prove di tipo**

Gruppo	Prove	Paragrafo	Numero dei campioni da ispezionare (a)	Numero dei guasti ammessi alla prima prova (b)	Numero dei guasti ammessi alla prova di ripetizione
1	Esame visivo Controllo delle marcature Controllo delle dimensioni Prove meccaniche (esclusa la saldatura a riporto) Prova di ermeticità (se applicabile)	5.1.6 5.4 5.1.10 5.1.11 5.1.12	8 [4]	1 <sup>(c)</sup>	0
2	Prova di durata	5.1.13	42 [21]	2 <sup>(d)</sup>	0
3	Saldatura a riporto (se applicabile) Prova di caldo umido Prova di tensione fra i terminali Prova di tensione fra terminali e custodia	5.1.11.2 5.1.14 5.1.7 5.1.8	12 [6]	1 <sup>(c)</sup>	0
4	Prova di autorigenerazione (se applicabile)	5.1.15	20 [10]	1 <sup>(c)</sup>	0
5	Prova di distruzione (se marcata sul condensatore)	5.1.16	20 [10] 10 [5]	1 <sup>(e)</sup>	0
6	Resistenza al calore, al fuoco ed alla scarica superficiale (non applicabile a condensatori con terminali isolati)	5.1.17	3 (solo per il supporto dei terminali) <sup>(f)</sup>	0	0

- (a) Il numero dei campioni specificati permette la ripetizione della prova, se richiesto. Il numero fra parentesi quadre indica il numero effettivo richiesto per la prova. Tutti i numeri indicano la quantità di campioni per ogni valore di capacità provato. Se viene provata una gamma, allora la quantità indicata in tabella si applica sia alla capacità più elevata, sia alla più bassa ed a ogni altro valore intermedio necessario per la prova della gamma secondo 5.1.3.1.
- (b) Un condensatore che fallisce in più di una prova è considerato un condensatore difettoso.
- (c) Per i gruppi 1, 3 e 4 è permessa la ripetizione della prova. In questa prova di ripetizione non sono ammessi guasti.
- (d) Per il gruppo 2 non si richiede la ripetizione della prova nel caso di 1 guasto.. Nel caso di due guasti è richiesta la ripetizione della prova e non sono ammessi ulteriori guasti.
- (e) Per il gruppo 5, vedere 5.1.16, che consente una ripetizione della prova in condizioni particolari nel caso che si verifichi un solo guasto.
- (f) Per l'esecuzione della prova descritta in 5.1.17 sono richiesti tre campioni del supporto dei terminali (parti del materiale isolante che tiene in posizione i terminali).  
Un campione è richiesto per la prova della sfera (5.1.17.1), uno per la prova con filo incandescente (5.1.17.2) ed uno per la prova di resistenza alla scarica superficiale (5.1.17.3).

Quando il numero dei difetti per ciascun gruppo e il numero complessivo di condensatori difettosi non supera le cifre indicate in Tabella 1, il modello di condensatore deve essere ritenuto conforme alla presente Norma.

Se un condensatore è progettato per funzionare in due o più differenti condizioni (tensioni nominali, classi, cicli di servizio nominali, ecc.), devono essere effettuate le seguenti prove, una sola volta, alla massima tensione di prova:

- i) prova di tensione fra i terminali (vedi 5.1.7);
- ii) prova di tensione fra i terminali e la custodia (vedi 5.1.8);
- iii) prova di autorigenerazione (vedi 5.1.15).

La prova di durata deve essere effettuata per ogni tensione nominale e per ogni condizione di esercizio marcata sul condensatore. Il numero dei campioni da provare deve essere calcolato corrispondentemente.



## 5.1.4 Prove individuali

### 5.1.4.1 Procedura di prova

I condensatori devono essere sottoposti alle prove seguenti nell'ordine specificato:

- prova di ermeticità, se applicabile (vedi 5.1.12);
- prova di tensione fra i terminali (vedi 5.1.7);
- prova di tensione fra i terminali e la custodia (vedi 5.1.8);
- esame visivo (vedi 5.1.6);
- misura della capacità (vedi 5.1.9);
- tangente dell'angolo di perdita (vedi 5.1.5).

### 5.1.5 Misura della tangente dell'angolo di perdita

Il valore limite della tangente dell'angolo di perdita e la frequenza di misura devono essere stabilito dal costruttore.

### 5.1.6 Esame visivo

Le condizioni, la fabbricazione, le marcature e la finitura devono essere soddisfacenti. La marcatura deve essere leggibile durante la durata di vita del condensatore.

Non deve essere presente alcuna perdita o fuoriuscita di materiale di riempimento o qualunque altro danno visibile.

### 5.1.7 Tensione di prova fra i terminali

Nelle prove di tipo, i condensatori devono essere sottoposti ad una prova di tensione in corrente alternata come indicato in Tabella 2. La prova deve essere condotta con una tensione sostanzialmente sinusoidale alla frequenza nominale. La prova può essere condotta a 50 Hz o a 60 Hz.

Si può usare una frequenza più elevata, a discrezione del costruttore.

**Tabella 2 – Tensioni di prova**

Tipo di condensatore	Rapporto fra la tensione di prova e la tensione alternata nominale	Durata della prova di tipo s	Durata della prova individuale s
Condensatore autorigenerante	1,2	10	2

### 5.1.8 Tensione di prova fra terminali e custodia

I condensatori devono essere in grado di sopportare senza perforazioni, per 60 s, una tensione di prova fra i terminali (collegati insieme) e la custodia, con una tensione sostanzialmente sinusoidale ad una frequenza la più vicina possibile a quella nominale e del seguente valore efficace:

il doppio del valore della tensione nominale + 1 000 V ma non meno di 2 000 V.

Se la custodia del condensatore è di materiale isolante, nelle prove di tipo la tensione di prova deve essere applicata tra i terminali e i dispositivi di fissaggio metallici, se esistono, o tra i terminali e un foglio metallico avvolto strettamente attorno alla superficie della custodia. Nelle prove individuali la tensione di prova deve essere applicata tra i terminali ed una parte metallica, se esistente.

Non è richiesta alcuna prova individuale se la custodia è interamente costituita di materiale isolante.

Durante la prova non si devono verificare né perforazioni del dielettrico né scariche superficiali.



### 5.1.9 Misura della capacità

La capacità deve essere misurata con un metodo che escluda errori dovuti alla presenza di armoniche.

La precisione della misura deve essere migliore del 5% della gamma totale di tolleranza. Per le prove di tipo la precisione assoluta deve essere al massimo dello 0,2%.

Le misure nelle prove di tipo e in quelle individuali devono essere eseguite ad una tensione compresa fra 0,9 e 1,1 volte la tensione nominale ed alla frequenza nominale.

Sono ammesse altre tensioni e frequenze di misura se può essere dimostrato che le capacità misurate non si scostano dal valore reale per non più dello 0,2%.

### 5.1.10 Controllo delle dimensioni

Le dimensioni della custodia, dei terminali e dei dispositivi di fissaggio devono corrispondere a quelle indicate nel disegno, tenuto conto delle tolleranze. Inoltre devono essere controllati i valori minimi delle linee di fuga e delle distanze in aria indicati nella Tabella 4.

### 5.1.11 Prove meccaniche

Queste prove devono essere eseguite in conformità con le corrispondenti prove della IEC 60068-2.

Queste prove sono le seguenti:

- robustezza dei terminali: Prova U, IEC 60068-2-21;
- saldatura (a riporto di materiale): Prova T, IEC 60068-2-20;
- vibrazioni (sinusoidali): Prova Fc, IEC 60068-2-6.

#### 5.1.11.1 Robustezza dei terminali

Il condensatore deve essere sottoposto alle prove Ua, Ub, Uc e Ud della IEC 60068-2-21, a seconda di quale applicabile.

##### 5.1.11.1.1 Prova Ua – Resistenza alla trazione

Il carico da applicare deve essere pari a 20 N per tutti i tipi di terminali.

Per i terminali a filo nudo, la sezione deve essere almeno pari a 0,5 mm<sup>2</sup>.

##### 5.1.11.1.2 Prova Ub – Resistenza ai piegamenti (metà delle terminazioni)

Questa prova deve essere effettuata solo su terminali a filo. Si devono effettuare due piegamenti consecutivi.

##### 5.1.11.1.3 Prova Uc – Resistenza alla torsione (l'altra metà delle terminazioni)

Questa prova deve essere effettuata solo su terminazioni a filo. Devono essere effettuate due successive rotazioni di 180°.

##### 5.1.11.1.4 Prova Ud – Resistenza alla torsione (terminali a vite)

Questa prova deve essere effettuata sui terminali filettati.

I dadi o le viti devono essere serrati con una coppia del valore specificato in Tabella 3 e nuovamente allentati. La coppia deve essere applicata gradualmente. Il materiale della vite deve avere una resistenza adeguata alla rottura sotto sforzo.

**Tabella 3 – Coppia**

Diametro della filettatura		Coppia N · m
mm	pollici	
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

**5.1.11.1.5 Esame visivo**

Dopo ciascuna di queste prove i condensatori devono essere esaminati visivamente. Non si devono rilevare danni visibili.

**5.1.11.2 Saldatura (a riporto di materiale)**

Questa prova deve essere effettuata solo quando i terminali sono destinati ad essere collegati mediante saldatura.

Il condensatore deve quindi essere sottoposto alla prova T della IEC 60068-2-20, utilizzando il metodo del bagno di saldatura o il metodo della saldatura a goccia.

Nel caso non sia applicabile né il metodo del bagno di saldatura né quello della saldatura a goccia, si deve effettuare la prova del ferro di saldatura, con il saldatore di dimensione A.

Prima e dopo la prova deve essere misurata la capacità del condensatore, secondo il metodo descritto in 5.1.9. Non è ammessa alcuna variazione della capacità.

Quando le procedure di prova sono state effettuate, i condensatori devono essere ispezionati visivamente. Non si deve rilevare alcun danno evidente.

**5.1.11.3 Vibrazione**

I condensatori devono essere sottoposti alla prova Fc della IEC 60068-2-6 utilizzando un sistema di montaggio simile a quello che dovrà essere usato in pratica. La severità della prova deve essere la seguente:

- $f$  = da 10 Hz a 55 Hz;
- $a = \pm 0,35$  mm;
- durata della prova per asse = 10 cicli di frequenza (3 assi disposti a 90° fra loro), 1 ottava per minuto.

Prima e dopo la prova deve essere misurata la capacità dei condensatori con il metodo descritto in 5.1.9. Non è ammessa alcuna variazione percettibile della capacità, entro i limiti della precisione della misura.

Dopo la prova, il condensatore deve essere sottoposto alla prova di tensione tra i terminali e la custodia, secondo quanto indicato in 5.1.8. Non si devono verificare né perforazioni del dielettrico né scariche superficiali.

Quando tutte le procedure di prova sono state completate, i condensatori devono essere ispezionati visivamente. Non si deve rilevare alcun danno evidente.

Non sono ammesse perdite del materiale di riempimento, né alcun altro danno visibile. Non si devono verificare perforazioni del dielettrico o interruzioni del circuito del condensatore.



#### **5.1.11.4 Vite o codolo filettato di fissaggio (se presenti)**

I codoli filettati o accessori del corpo del condensatore devono avere un'adeguata resistenza al deterioramento dovuto all'invecchiamento in esercizio.

La resistenza all'invecchiamento della vite o codolo filettato deve essere verificata su quattro dei campioni provati in 5.1.13 (prova di durata) con il metodo che segue.

Quattro dei condensatori devono essere montati su una piastra di fissaggio nella camera della prova di durata. Lo spessore della piastra deve essere  $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  ed il diametro del foro deve essere pari al diametro del codolo aumentato da  $+0,5 \text{ mm}$  a  $+1,0 \text{ mm}$ .

Prima di iniziare la prova di durata, devono essere applicati i valori di coppia specificati nella Tabella 3. Al termine della prova di durata si deve applicare una coppia di valore pari al 50% di quello indicato in Tabella 3.

Non è ammesso alcun guasto.

#### **5.1.12 Prova di ermeticità**

Questa prova non viene richiesta qualora il costruttore certifichi che i condensatori non contengono sostanze che siano liquide a  $t_c + 10^\circ\text{C}$ .

Il condensatore deve essere montato in una posizione tale da poter facilmente rilevare eventuali perdite ad una temperatura di  $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  più alta di quella massima ammissibile di funzionamento per un tempo sufficiente affinché tutte le parti del condensatore raggiungano tale temperatura.

Il condensatore deve essere mantenuto a questa temperatura per un'altra ora prima di essere lasciato raffreddare.

Non si deve rilevare alcuna perdita.

Se il condensatore è destinato ad essere fornito con un cappuccio copri-terminali, la prova di ermeticità dovrebbe essere preferibilmente effettuata prima di montare il cappuccio. Il cappuccio deve essere montato in modo tale da non compromettere l'ermeticità.

Dopo la prova di ermeticità, i condensatori devono essere ispezionati per controllare eventuali perdite di liquido o deformazioni della custodia.

I liquidi possono inumidire la superficie, ma non formare gocce.

Per le prove individuali sono ammessi altri metodi equivalenti, dietro accordo fra costruttore e utilizzatore.

#### **5.1.13 Prova di durata**

Questa prova ha lo scopo di dimostrare che il progetto del condensatore è adeguato per la classe di funzionamento indicata dal costruttore.

Per condensatori con codolo filettato, vedi anche 5.1.11.

Il metodo sotto descritto ha lo scopo di assicurare che la temperatura della custodia del condensatore sia la più vicina possibile alla sua temperatura massima di funzionamento ammissibile.

##### **5.1.13.1 Prova in aria con circolazione forzata**

I condensatori devono essere montati in una camera di prova nella quale la temperatura dell'aria sia costante con una tolleranza di  $\pm 2^\circ\text{C}$ .





L'aria nella camera di prova deve essere continuamente mossa, ma non così energicamente da determinare un raffreddamento improprio dei condensatori. I condensatori in prova non devono essere esposti alla radiazione diretta di alcun elemento riscaldante presente nella camera.

La sonda del termostato che regola la temperatura dell'aria nella camera deve essere direttamente investita dal flusso dell'aria calda circolante.

NOTA Il riscaldamento dell'aria può avvenire in una camera separata, dalla quale l'aria può essere immessa nella camera di prova dei condensatori attraverso una valvola che permetta una buona distribuzione dell'aria calda sui condensatori.

I condensatori sono montati nella posizione più favorevole per rilevare perdita dell'impregnante o del materiale di riempimento.

La distanza tra condensatori cilindrici non deve essere inferiore al loro diametro e la distanza tra condensatori rettangolari non deve essere inferiore al doppio del lato più corto della loro base.

La sonda di uno strumento di registrazione della temperatura deve essere fissata a metà dell'altezza della custodia del condensatore che ha il valore più basso della tangente dell'angolo di perdita.

Il termostato deve essere regolato alla temperatura ( $t_c - 15\text{ °C}$ ), e i condensatori sono quindi messi sotto tensione con i valori appropriati di tensione e di ciclo di prova (vedi anche l'Allegato A). Durante le prime 24 h, si deve annotare la differenza fra  $t_c$  e l'indicazione dello strumento registratore della temperatura, quindi devono essere fatti aggiustamenti per assicurarsi che la temperatura della custodia di ogni condensatore sia pari a  $t_c \pm 2\text{ °C}$ . La prova deve essere quindi proseguita fino al termine del tempo prescritto, senza ulteriori aggiustamenti del termostato, avendo misurato il tempo a partire dal momento della messa in tensione dei condensatori.

NOTA Si raccomanda di proteggere ciascun condensatore in prova con un interruttore o un fusibile.

I condensatori devono essere posti in tensione alla tensione e al ciclo di lavoro prescritti.

#### **5.1.13.2 Condizioni di prova**

Si raccomanda che ciascun condensatore in prova sia protetto da un fusibile o da un interruttore.

Ciascun condensatore deve essere collegato all'alimentatore attraverso un resistore in serie di valore resistivo approssimativamente uguale al 10% dell'impedenza nominale del condensatore in prova.

Un resistore di scarica (se non è già incorporato nel condensatore) deve essere collegato in parallelo a ciascun condensatore. Questo resistore deve avere un valore tale da scaricare il condensatore a meno del 5% della sua tensione alternata nominale di lavoro prima di ogni periodo (ON) di applicazione della tensione.

La prova deve essere effettuata alle seguenti condizioni:

Tensione di prova:	$1,1 U_N$
Frequenza di prova:	50 Hz o 60 Hz
Ciclo di lavoro:	a seconda del ciclo di lavoro marcato sul condensatore
Durata della prova:	500 h

Nel corso della prova non si devono verificare perforazioni permanenti, interruzioni o scariche superficiali.

Dopo il periodo di riposo, i condensatori devono essere ispezionati visualmente e misurati.

Non si devono rilevare perdite o fuoruscite di materiale o altro danno visibile. Le marcature devono essere leggibili.



La massima variazione di capacità ammissibile rispetto alle misure iniziali deve essere del 10%.

Per le prove condotte a 50Hz, anche la qualificazione a 60 Hz sarà valida se la durata relativa di funzionamento è ridotta del 20%.

I condensatori sono qualificati anche per la medesima durata del ciclo di funzionamento con un intervallo di tempo sotto tensione più breve. Per esempio, una approvazione ottenuta per una durata di ciclo di funzionamento di 60 s e un intervallo di tempo sotto tensione di 1 s (1,7% di durata relativa di funzionamento) qualificherà il condensatore per una durata di ciclo di funzionamento di 60 s ed un intervallo di tempo sotto tensione di 0,33 s (0,55% di durata relativa di funzionamento).

I condensatori sono pure qualificati per una durata più lunga del ciclo di funzionamento ma mantenendo la stessa durata relativa di funzionamento con un intervallo di tempo sotto tensione massimo ammesso di 10 s. Per esempio, una qualificazione ottenuta per un ciclo di funzionamento di durata pari a 60 s ed un intervallo di tempo sotto tensione di 1 s (1,7% di durata relativa di funzionamento) qualificherà il condensatore per una durata del ciclo di funzionamento di 3 min ed un intervallo di tempo sotto tensione di 3 s (stessa durata relativa di funzionamento dell'1,7%).

#### 5.1.14 Prova di caldo umido

Prima della prova deve essere misurata la capacità (vedi 5.1.9).


Questa prova deve essere effettuata in accordo con la IEC 60068-2-78. Deve essere applicata la severità indicata nella marcatura. Non si deve applicare tensione ai campioni e nessuna misura deve essere condotta durante la prova.

Dopo il periodo di caldo umido, i condensatori devono essere immagazzinati alle condizioni atmosferiche normali e lasciati a riposo per non meno di 1 h e non più di 2 h. Immediatamente dopo il periodo di riposo, i condensatori devono essere misurati conformemente a 5.1.9.

La variazione di capacità deve essere inferiore allo 0,5 % dopo la prova.

#### 5.1.15 Prova di autorigenerazione

I condensatori autorigeneranti devono avere adeguate proprietà di autorigenerazione. La conformità si verifica con la seguente prova.

Questa prova si applica solo ai condensatori marcati  o SH.

I condensatori devono essere sottoposti alla prova descritta in 5.1.7 per il tempo di prova indicato nella relativa tabella.

Se si verificano meno di 5 scariche di rigenerazione (perforazioni) nel corso di tale tempo, la tensione deve essere aumentata ad una velocità non superiore a 200 V/min fino a che non si siano verificate 5 scariche dall'inizio della prova o fino a che la tensione non abbia raggiunto il valore massimo di  $2,0 U_N$ .

A questo punto la tensione deve essere ridotta a 0,8 volte la tensione alla quale si è verificata la quinta scarica o a 0,8 volte la tensione massima e mantenuta per 10 s. Durante questo periodo può essere tollerata una scarica supplementare su ogni condensatore.

Si considera che i condensatori abbiano superato la prova se soddisfano ambedue le seguenti condizioni:

- a) variazione della capacità  $<0,5 \%$ ;
- b) valore di RC  $\geq 100$  s.

Scariche di autorigenerazione durante la prova possono essere rilevate con un oscilloscopio o con metodi acustici o ad alta frequenza.



### 5.1.16 Prova di distruzione

Questa prova è facoltativa.

Un tipo di condensatore che è in circuito aperto dopo questa prova deve essere marcato (P2). Un tipo di condensatore che al termine della prova può essere in circuito aperto o in corto circuito deve essere marcato (P1).

NOTA Il guasto per cortocircuito è permesso solo per condensatori marcati (P1). I condensatori non soggetti a questa prova sono marcati (P0).

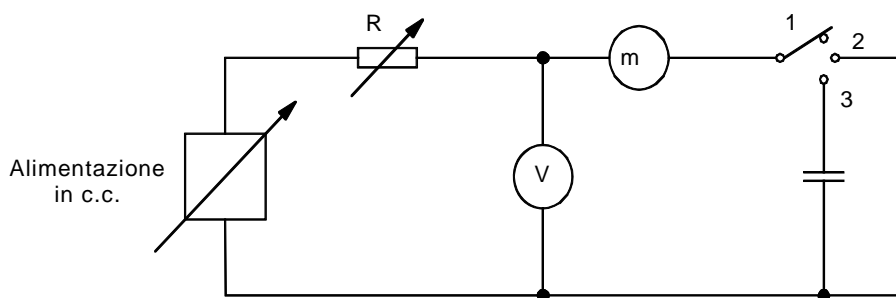
#### 5.1.16.1 Campioni di prova

La prova deve essere condotta su 10 campioni, con un analogo insieme di 10 campioni tenuti di riserva per un eventuale ripetizione della prova. Metà dei campioni (5) devono aver superato la prova secondo 5.1.4.1. I restanti 5 condensatori devono aver superato la prova di durata descritta in 5.1.13 (gruppo 2).

#### 5.1.16.2 Apparecchiatura di prova

##### 5.1.16.2.1 Apparecchiatura di prova per il condizionamento in corrente continua

L'apparecchiatura per effettuare il condizionamento in corrente continua è mostrata in Figura 1. L'alimentatore in corrente continua deve essere in grado di fornire una tensione a circuito aperto equivalente a  $10 U_N$  ed avere una capacità di fornire in modo continuo una corrente di cortocircuito superiore a 50 mA.



**Figura 1 – Apparecchiatura di prova per il condizionamento in corrente continua**

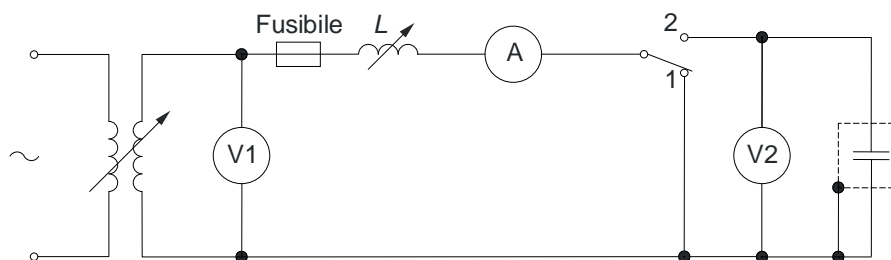
L'alimentatore in corrente continua è regolato per fornire una tensione in circuito aperto equivalente a  $10 U_N$  con il commutatore in posizione 1.

Un resistore variabile  $R$  è regolato in modo da far circolare una corrente di 50 mA con il commutatore in posizione 2.

La tensione continua si applica al condensatore in prova con il commutatore in posizione 3.

##### 5.1.16.2.2 Apparecchiatura di prova per la prova di distruzione in corrente alternata

- La corrente istantanea di cortocircuito dell'alimentatore in corrente alternata deve essere di almeno 300 A
- Tra l'alimentatore in corrente alternata e il condensatore devono essere inseriti un fusibile ritardato da 25 A e un induttore regolabile ( $L$ ) (Figura 2).

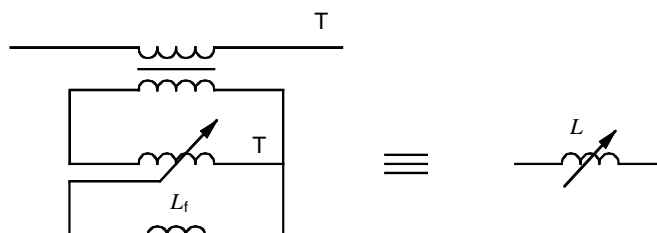


**Figura 2 – Apparecchiatura di prova per la prova di distruzione in corrente alternata**

L'induttore deve essere regolato in modo che, con il commutatore in posizione 1 ed una tensione di  $1,3 U_N$  applicata ai morsetti del voltmetro V1, circoli una corrente pari a 1,3 volte quella nominale del condensatore ( $I_N$ ).

Al condensatore viene applicata tensione con il commutatore in posizione 2.

NOTA L'induttore variabile  $L$  in Figura 2 può essere sostituito dal circuito mostrato in Figura 3, dove T2 un trasformatore a rapporto fisso ed  $L_f$  è un induttore fisso. Per regolare la corrente induttiva è utilizzato un trasformatore a rapporto variabile T1.



**Figura 3 – Circuito per realizzare l'induttore variabile  $L$  in Figura 2**

### 5.1.16.3 Procedura di prova

La prova deve essere eseguita in quattro fasi:

- preparazione e preconditionamento,
- condizionamento in corrente continua,
- prova di distruzione in corrente alternata,
- valutazione del guasto.

NOTA Lo scopo del condizionamento in corrente continua è quello di creare una condizione di scarica nel dielettrico. Non è quello di utilizzare il condizionamento in corrente continua per creare un circuito aperto.

#### 5.1.16.3.1 Preparazione e preconditionamento

Tutti i campioni per la prova devono essere preparati e preconditionati come segue.

I condensatori devono essere avvolti strettamente con garza di cotone e montati all'interno di una camera a circolazione d'aria a  $t_c + 10$  °C. La differenza di temperatura non deve superare  $\pm 2$  °C. In preparazione della prova di distruzione, deve essere applicata ai condensatori, per 2 h una tensione nominale ( $U_N$ ) a  $t_c + 10$  °C. Non sono ammesse interruzioni o cortocircuiti di condensatori.



### 5.1.16.3.2 Condizionamento in corrente continua

Cinque condensatori che hanno superato la prova di durata (gruppo 2) devono essere preriscaldati ad una temperatura di  $t_c + 10\text{ °C}$  prima del condizionamento in corrente continua. I rimanenti 5 condensatori, che hanno superato la prova in 5.1.4.1, devono essere provati a temperatura ambiente.

La tensione di un alimentatore in corrente continua (Figure 1) deve essere aumentata da  $0\ U_N$  fino ad un massimo di  $10\ U_N$  ad una velocità approssimativa di 200 V/min fino a che non si verifichi un cortocircuito, o non si sia raggiunta una tensione pari a  $10\ U_N$ .

I condensatori devono essere tolti dal condizionamento in corrente continua quando la tensione indicata dal voltmetro è zero o la tensione di  $10\ U_N$  è stata raggiunta e mantenuta per un periodo di 5 min o altra durata definita dal costruttore.

Un condensatore che si interrompe dopo il condizionamento in corrente continua deve essere sostituito da un altro campione e non conteggiato.

### 5.1.16.3.3 Prova di distruzione in corrente alternata

Con i condensatori mantenuti alla temperatura del condizionamento in corrente continua, deve essere loro applicata una tensione alternata di valore ad una  $1,3\ U_N$ .

Se il condensatore si rigenera (diviene operativo) o si interrompe (circuitto aperto) la tensione deve essere mantenuta per 5 min.

Se il condensatore va in cortocircuito, la prova va mantenuta per 8 h. Se il condensatore è ancora operativo dopo 5 min, deve essere ripetuto il condizionamento in corrente continua.

### 5.1.16.4 Valutazione del guasto

Al termine della prova, la garza di cotone non deve essere bruciata in nessun campione; tuttavia essa può essere scolorita da sostanze fuoriuscite.

Ciascun condensatore deve soddisfare le seguenti condizioni:

- a) materiale liquido fuoriuscito può bagnare la superficie esterna del condensatore ma non deve cadere a gocce;
- b) parti attive interne non devono essere accessibili al dito di prova normalizzato (vedi Figura 1 della IEC 60529);
- c) bruciature o imbrunimenti della garza non devono essere evidenti, poiché questo fatto indicherebbe che sono state emesse fiamme o particelle incandescenti dalle aperture;
- d) il condensatore deve superare la prova in 5.1.8, con una tensione ridotta a 0,8 volte il valore indicato.

La prova è conclusa quando 10 condensatori sono divenuti non operativi.

Se uno dei campioni in prova non soddisfa le condizioni a) o d) sopra indicate, la prova può essere ripetuta una volta su ulteriori 10 campioni. In ogni caso, tutti i condensatori devono superare la prova di ripetizione.

Se più di un condensatore non soddisfa le condizioni a) o d), in tal caso l'esito della prova deve essere considerato negativo. Tutti i condensatori devono soddisfare le condizioni indicate in b) e c).

Nel caso di condensatori con custodia metallica, questa deve essere collegata ad un polo dell'alimentatore. Se è possibile effettuare una distinzione fra i terminali dei condensatori, il gruppo deve essere suddiviso in due sottogruppi. Il primo sottogruppo deve avere il terminale A collegato alla custodia, il secondo deve avere il terminale B collegato alla custodia.



### 5.1.17 Resistenza al calore, al fuoco ed alla scarica superficiale

Queste prove non sono applicabili a condensatori con terminali a filo isolato.

#### 5.1.17.1 Prova della biglia

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono i terminali in posizione devono essere sufficientemente resistenti al calore.

Per i materiali diversi dalla ceramica, la conformità si verifica sottoponendo le parti alla prova della biglia, in accordo con 27.3 della IEC 60309-1 a 125 °C o a  $t_c + 40$  °C, a seconda di quale sia il più elevato.

#### 5.1.17.2 Prova con il filo incandescente

Per materiali diversi dalla ceramica, la conformità si verifica con la seguente prova.

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono i terminali in posizione devono essere sottoposte alla prova del filo incandescente in accordo con IEC 60695-2-10 ed IEC 60695-2-11, tenuto conto dei seguenti dettagli:

- il campione in prova comprende una serie di componenti individuali che formano l'insieme del gruppo dei terminali;
- la temperatura dell'estremità del filo incandescente è 550 °C per  $I_n \leq 0,5$  A e 850 °C per  $I_n > 0,5$  A;
- ogni fiamma o incandescenza del campione si deve estinguere entro 30 s dopo il ritiro del filo incandescente, ed ogni eventuale goccia infiammata non deve incendiare un tessuto di carta velina a cinque strati, definito in ISO 4046, steso orizzontalmente ad una distanza di 200 mm  $\pm$  5 mm sotto il punto in cui il filo incandescente è applicato contro il campione.

#### 5.1.17.3 Prova di resistenza alla scarica superficiale

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono le parti in tensione in posizione o che sono in contatto con i terminali, devono essere costituite di materiale resistente alla scarica superficiale.

La conformità si verifica effettuando la prova di resistenza alla scarica superficiale, indicata nella IEC 60112 a 250 V, sulle parti corrispondenti secondo la soluzione A.

## 5.2 Sovraccarichi

### 5.2.1 Tensione massima ammissibile

La tensione massima ammissibile, misurata fra i terminali durante il periodo di avvio fino all'istante in cui il condensatore è disinserito dal circuito, non deve superare 1,2  $U_N$ .

Si auspica che una tale tensione non sia raggiunta più di una volta al giorno.

### 5.2.2 Corrente massima ammissibile

I condensatori devono poter funzionare con una corrente il cui valore efficace non superi 1,30 volte la corrente che circola alla tensione sinusoidale nominale ed alla frequenza nominale, escludendo i transitori.

Tenendo conto della tolleranza della capacità, la corrente massima ammissibile può raggiungere 1,30 volte la corrente nominale, aumentata in proporzione al valore effettivo della capacità rispetto al suo valore nominale.

### 5.2.3 Potenza reattiva massima ammissibile

Il sovraccarico dovuto al funzionamento a tensione e corrente superiori ai valori nominali (comunque entro i limiti indicati in 5.2.1 e 5.2.2) non deve superare 1,35 volte il valore della potenza nominale.



Tenuto conto della tolleranza della capacità, la massima potenza ammissibile può raggiungere 1,35 volte il valore della potenza nominale aumentato in proporzione al valore effettivo della capacità rispetto al suo valore nominale.

NOTA Si dovrebbe tener presente che il funzionamento dei condensatori in condizioni di sovraccarico, anche se entro i limiti sopra indicati, può avere un'influenza negativa sulla loro durata di vita.

### **5.3 Prescrizioni di sicurezza**

#### **5.3.1 Linee di fuga e distanze in aria**

Le linee di fuga sulle superfici esterne dell'isolamento dei terminali e le distanze in aria tra le parti esterne delle connessioni dei terminali o fra tali parti in tensione e la custodia metallica del condensatore, se presente, non devono essere inferiori ai valori minimi indicati nella Tabella 4.

Queste distanze minime devono essere applicate ai terminali con o senza collegamenti esterni. Questi valori non si applicano invece a linee di fuga e distanze in aria interne.

Devono essere rispettate le prescrizioni relative ad applicazioni particolari.

Il contributo alle linee di fuga di ogni scanalatura di larghezza inferiore ad 1 mm deve essere limitato alla sua larghezza.

Ogni spazio d'aria inferiore a 1 mm deve essere ignorato nel calcolo del percorso totale in aria.

Le linee di fuga sono distanze in aria misurate lungo la superficie del materiale isolante.


#### **5.3.2 Terminali e conduttori di collegamento**

I terminali e i conduttori di collegamento non scollegabili devono avere una sezione tale che possa portare con sicurezza la corrente del condensatore e devono avere una sufficiente resistenza meccanica. La sezione minima del conduttore deve essere 0,5 mm<sup>2</sup>. I cavi isolati devono essere adatti alle caratteristiche nominali di tensione e temperatura del condensatore.

I costruttori devono fornire evidenza che i conduttori forniti con i condensatori devono essere in grado di condurre con sicurezza la corrente nell'intera gamma specificata di capacità, temperatura e tensione.

#### **5.3.3 Collegamenti a terra**

Se la custodia metallica del condensatore è destinata ad essere collegata a terra o ad un conduttore neutro, devono essere forniti gli accessori che permettano la realizzazione di un collegamento efficace. Ciò può essere ottenuto fornendo il condensatore entro una custodia di metallo non verniciata o provvista di un terminale di terra, di un conduttore di terra o di una staffa metallica con un sicuro collegamento elettrico alla custodia.

Qualunque sia il tipo di collegamento usato, esso deve essere chiaramente marcato dal simbolo  come collegamento a terra.

Quando la custodia metallica è munita di un codolo filettato e il condensatore è solidamente fissato alla struttura metallica tramite questo codolo senza alcun materiale isolante interposto e la struttura è sicuramente collegata a terra, il codolo deve essere considerato come un collegamento a terra sicuro.

**Tabella 4 – Linee di fuga e distanze in aria minime**

<b>Tensione nominale</b>	<b>Fino a 24 V compresi</b> mm	<b>Oltre 24 V fino a 250 V compresi</b> mm	<b>Oltre 250 V fino a 500 V compresi</b> mm	<b>Oltre 500 V fino a 1 000 V compresi</b> mm
Linee di fuga				
1 Tra parti in tensione di diversa polarità	2	3 (2)	5	6
2 Tra parti in tensione e parti metalliche accessibili che sono permanentemente collegate al condensatore, comprese le viti o dispositivi di fissaggio dei coperchi o del condensatore al suo supporto	2	4 (2) 3*	6 3*	7
Distanze in aria				
3 Tra parti in tensione di diversa polarità	2	3 (2)	5	6
4 Tra parti in tensione e parti metalliche accessibili che sono permanentemente collegate al condensatore, comprese le viti o dispositivi di fissaggio dei coperchi o del condensatore al suo supporto	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
5 Tra parti in tensione e una superficie piatta di supporto o un coperchio metallico allentato, se presente, se la costruzione non assicura che i valori del punto 4 di cui sopra siano mantenuti nelle condizioni più sfavorevoli (solo per informazione)	2	6	10	12
<p>NOTA I valori fra parentesi si applicano alle linee di fuga ed alle distanze in aria protette dallo sporco. Nel caso di custodie sigillate o riempite di materiale composito in modo permanente, le linee di fuga e le distanze in aria non sono controllate.</p> <p>Il punto 5 è stato inserito come guida, solo per indicare le prescrizioni per i condensatori nella loro applicazione.</p> <p>(*) Per vetro o altro isolamento di qualità equivalenti di resistenza alla scarica superficiale.</p>				

#### 5.3.4 Dispositivi di scarica

In molti casi i dispositivi di scarica non sono richiesti; in particolare quando il condensatore è collegato permanentemente all'avvolgimento del motore, o quando è situato in una posizione non accessibile.

Quando è richiesto un dispositivo di scarica, esso deve ridurre la tensione ai terminali dal valore di picco della tensione nominale al valore di 50 V o meno nel tempo di 1 min dal momento in cui il condensatore è scollegato.

NOTA Talvolta un dispositivo di scarica può essere richiesto non per ragioni di sicurezza, ma per evitare eccessive sollecitazioni elettriche sul condensatore. Ciò può verificarsi quando un condensatore disinserito ancora carico è ricollegato ad un altro di differente polarità.

#### 5.3.5 Inquinamento



Se il condensatore contiene sostanze liquide che non dovrebbero essere disperse nell'ambiente, dovrebbe essere apposta un'adeguata marcatura, definita secondo la categoria di rischio di inquinamento dell'acqua.





## 5.4 Marcatura

Le seguenti informazioni devono essere marcate sul condensatore;

- a) nome del costruttore, nome abbreviato o marchio di fabbrica;
- b) designazione di tipo del costruttore;
- c) capacità nominale ( $C_N$ ) in microfarad e tolleranza espressa come percentuale;
- d) tensione nominale ( $U_N$ ) in volt;
- e) il ciclo di servizio deve essere marcato vicino alla tensione. Se più di un ciclo di servizio o di tensione sono presenti, devono essere marcati sul condensatore;
- f) frequenza nominale  $f_N$  in hertz, se diversa da 50 Hz;
- g) categoria climatica, per esempio 25/85/21 (vedi 4.1);
- h) data di fabbricazione (può essere usato un codice);
- i)  o SH per condensatori autorigeneranti;
- j) dispositivo di scarica, se presente, indicato per iscritto o con il simbolo ;
- k) classe di protezione di sicurezza, per esempio P0, P1, P2;
- l) marchi di approvazione;
- m) materiale di riempimento. Riferimento al liquido usato (non necessario per condensatori a secco);
- n) numero della specifica (Norma).

Se il condensatore è di piccole dimensioni e non ha sufficiente spazio per le marcature, devono essere marcati gli elementi a), b), c), d), e), g), h) ed l) mentre gli altri possono essere omessi.

Inoltre, il dato al punto c) può essere marcato con il codice normalizzato conforme alla IEC 60062 ma, se c'è abbastanza spazio disponibile, la capacità nominale e la sua tolleranza devono essere marcate per esteso.

Le informazioni non riportate sul condensatore devono essere indicate sull'imballaggio o su foglio di accompagnamento allegato.

## 6 Condensatori elettrolitici di avviamento motori

### 6.1 Prescrizioni di qualità e prove

#### 6.1.1 Prescrizioni di prova

##### 6.1.1.1 Generalità

Questo articolo fornisce le prescrizioni di prova per i condensatori elettrolitici di avviamento motori.

##### 6.1.1.2 Condizioni di prova

Se non diversamente specificato per una particolare prova o misura, la temperatura del dielettrico del condensatore deve essere compresa fra +15 °C e +35 °C e deve essere registrata.

Se sono necessarie correzioni, la temperatura di riferimento deve essere di +20 °C.

NOTA Si può supporre che la temperatura del dielettrico sia la stessa di quella dell'ambiente, purché il condensatore sia lasciato non alimentato a questa temperatura ambiente per un periodo adeguato, che dipende dalle dimensioni del condensatore.

##### 6.1.1.3 Condizioni di recupero

Se non diversamente specificato per una prova particolare, il tempo di recupero per i condensatori elettrolitici deve essere di 16 h.



## **6.1.2 Natura delle prove**

Le prove specificate sono di due tipi:

- a) prove di tipo;
- b) prove individuali.

### **6.1.2.1 Prove di tipo**

Le prove di tipo hanno lo scopo di dimostrare la validità del progetto del condensatore e la sua idoneità al funzionamento nelle condizioni specificate in questa Norma.

Le prove di tipo sono effettuate dal costruttore e/o da un laboratorio di prova se è necessaria un'approvazione.

Queste prove possono essere effettuate sotto la supervisione di un'autorità idonea che rilascerà un rapporto certificato e/o un'approvazione di tipo.

### **6.1.2.2 Prove individuali**

Le prove individuali devono essere effettuate dal costruttore su ogni condensatore prima della consegna.

## **6.1.3 Prove di tipo**

### **6.1.3.1 Procedura di prova**

I campioni di ciascun modello selezionato per le prove di tipo devono essere divisi in gruppi, come indicato nella Tabella 5.

I condensatori che formano il campione devono aver superato positivamente le prove individuali indicate in 6.1.4.1.

Ciascun gruppo di prova deve contenere un ugual numero di condensatori con il valore di capacità più elevato e con quello più basso della gamma.

Il costruttore deve fornire i valori del rapporto tra la capacità e la superficie esterna totale della custodia per ciascun valore di capacità della gamma.

Deve essere provato anche il condensatore con il valore massimo di capacità per unità di superficie esterna, se questo rapporto supera del 10% o più di quello del condensatore con la massima capacità della gamma.

Analogamente, deve essere provato anche il condensatore con il valore minimo per unità di superficie esterna, se tale rapporto è inferiore del 10% o più a quello del valore di capacità minimo della gamma.

La "superficie esterna" comprende la superficie esterna totale della custodia del condensatore, con l'eccezione di piccole protuberanze, dei terminali e di elementi di fissaggio.

### **6.1.3.2 Estensione della qualificazione**

**6.1.3.2.1** Una prova di tipo su un singolo modello qualifica solo il modello provato. Quando la prova di tipo è effettuata su due modelli dello stesso tipo ma di diverso valore di capacità nominale, selezionati secondo le regole di 6.1.3.1, la qualificazione si estende a tutti i modelli dello stesso tipo aventi valori di capacità nominale compresi fra i due valori provati.

**6.1.3.2.2** Le prove di qualificazione effettuate con esito positivo su un modello di condensatore avente un determinato valore di tolleranza sulla capacità sono valide anche per condensatori dello stesso modello ma che hanno una diversa tolleranza di capacità, fino a due volte i limiti della tolleranza dichiarata. Per esempio,  $\pm 5\%$  copre fino a  $\pm 10\%$ , e  $\pm 10\%$  copre fino a  $\pm 20\%$ . Non è permessa una tolleranza inferiore a quella dichiarata. Per esempio, una approvazione di tipo per il  $\pm 10\%$  non copre il  $\pm 5\%$ .



**6.1.3.2.3** Occasionalmente, nella pratica corrente, sono richiesti condensatori con tolleranza di capacità che non è simmetrica rispetto al valore nominale di capacità.

Quando una prova di tipo è condotta con successo su un modello di condensatore avente una tolleranza di capacità simmetrica, la relativa qualificazione è pure valida per condensatori dello stesso modello con una tolleranza non simmetrica, purché l'estensione totale della tolleranza non simmetrica sia:

- a) entro l'estensione totale di capacità consentita in 6.1.3.2.2,  
e  
b) maggiore di, o uguale a, quella del modello di condensatore provato. Per esempio, la qualificazione per  $\pm 5$  permette valori come  $^{+10}_{-5}$  %,  $^{+5}_{-10}$  %,  $^{+8}_{-2}$  %,  $^{+10}_0$  %, ma non  $^{+15}_{-5}$  %.

**Tabella 5 – Prospetto delle prove di tipo**

Gruppo	Prove	Paragrafo	Numero dei campioni da ispezionare (a)	Numero dei guasti consentiti per la prima prova (b)	Numero dei guasti consentiti nella prova di ripetizione
1	Esame visivo Controllo delle marcature Controllo delle dimensioni Misura della capacità e del fattore di potenza Prove meccaniche (esclusa la saldatura) Prova di ermeticità	6.1.5 6.4 6.1.9 6.1.8 6.1.10 6.1.11	8 [4]	1 <sup>(c)</sup>	0
2	Prova di durata	6.1.12	42 [21]	2 <sup>(d)</sup>	0
3	Saldatura (se applicabile) Prova di caldo umido Prova di tensione fra i terminali Prova di tensione fra terminali e custodia	6.1.10.2 6.1.13 6.1.6 6.1.7	12 [6]	1 <sup>(c)</sup>	0
4	Prova della valvola	6.1.14	20 [10] 10 [5] <sup>(e)</sup>	1 <sup>(c)</sup>	0
5	Resistenza al calore, al fuoco e alla scarica superficiale (non applicabile a condensatori con terminali a filo isolato)	6.1.15	3 (Solo il supporto dei terminali) <sup>(f)</sup>	0	0

- (a) Il numero di campioni indicato permette la prova di ripetizione, se richiesta. Il numero fra parentesi quadra indica l'effettivo numero richiesto per la prova. Tutti i numeri indicano la quantità di campioni di ciascun valore di capacità provato. Se si prova una gamma, allora la quantità indicata in tabella si applica alla capacità più elevata, alla capacità più bassa ed ad ogni altro valore intermedio che deve essere provato nella gamma, in accordo con 6.1.3.1.
- (b) Un condensatore che fallisce in più di una prova è considerato come un condensatore difettoso.
- (c) Per i gruppi 1, 3 e 4 è permessa una prova di ripetizione con un solo guasto. In queste prove di ripetizione non sono ammessi guasti.
- (d) Per il gruppo 2 non si richiede prova di ripetizione con 1 guasto. Con 2 guasti si richiede la ripetizione della prova, e nessun guasto ulteriore è ammesso.
- (e) Metà dei campioni devono essere "nuovi", metà devono aver superato la prova di durata.
- (f) Per la prova descritta in 6.1.15 sono richiesti tre campioni del supporto dei terminali (parti di materiale isolante che mantengono i terminali in posizione).
- Si richiede un campione per la prova della sfera (6.1.15.1), 1 per la prova del filo incandescente (6.1.15.2) ed 1 per la prova di resistenza alla carica superficiale (6.1.15.3).

Quando il numero di guasti per ciascun gruppo ed il numero totale di condensatori difettosi non supera i valori indicati nella Tabella 5, il modello di condensatore (o la gamma) deve essere ritenuto conforme alla presente Norma.



Quando un condensatore è progettato per funzionare a due o più diverse condizioni (tensioni nominali, cicli di funzionamento nominali, ecc.), devono essere effettuate le prove seguenti, una sola volta, alla massima tensione di prova:

- i) tensione di prova fra i terminali (vedi 6.1.6);
- ii) tensione di prova fra i terminali e la custodia (vedi 6.1.7).

La prova di durata deve essere effettuata per ogni tensione nominale e ogni condizione di funzionamento marcata sul condensatore. Il numero di campioni da provare deve essere calcolato di conseguenza.

#### 6.1.4 Prove individuali

##### 6.1.4.1 Procedura di prova

I condensatori devono essere sottoposti alle prove seguenti:

- a) prova di ermeticità (vedi 6.1.11);
- b) prova di tensione fra i terminali (vedi 6.1.6);
- c) prova di tensione fra i terminali e la custodia (vedi 6.1.7);
- d) esame visivo (vedi 6.1.5);
- e) misura della capacità e del fattore di potenza (vedi 6.1.8).

##### 6.1.5 Esame visivo

Le condizioni, la fabbricazione, le marcature e la finitura devono essere soddisfacenti. La marcatura deve essere leggibile durante la durata di vita del condensatore.

Non devono essere presenti perdite o fuoriuscita di materiale di riempimento o altro danno visibile.

##### 6.1.6 Prova di tensione fra i terminali

Nelle prove di tipo i condensatori devono essere sottoposti ad una prova di tensione a corrente alternata come specificato in Tabella 6. La prova deve essere condotta con una tensione sostanzialmente sinusoidale alla frequenza nominale. La prova può essere condotta a 50 Hz o a 60 Hz.

Può essere impiegata una frequenza più elevata, a discrezione del costruttore.

**Tabella 6 – Tensioni di prova**

Tipo di condensatore	Rapporto fra la tensione di prova e la tensione alternata nominale	Durata della prova di tipo	Durata della prova individuale
		s	s
Condensatore elettrolitico	1,2	10	2

##### 6.1.7 Prova di tensione fra i terminali e la custodia

I condensatori devono essere in grado di sopportare senza perforazioni, per 60 s, una tensione di prova fra i terminali (collegati insieme) e la custodia, con una tensione sostanzialmente sinusoidale ad una frequenza la più vicina possibile a quella nominale e del seguente valore efficace:

il doppio del valore della tensione nominale + 1 000 V ma non meno di 2 000 V.

Se la custodia del condensatore è di materiale isolante, nelle prove di tipo la tensione di prova deve essere applicata tra i terminali e i dispositivi di fissaggio metallici, se esistono, o tra i terminali e un foglio metallico avvolto strettamente attorno alla superficie della custodia. Nelle prove individuali la tensione di prova deve essere applicata tra i terminali ed una parte metallica, se esistente.



Non è richiesta alcuna prova individuale se la custodia è interamente costituita di materiale isolante.

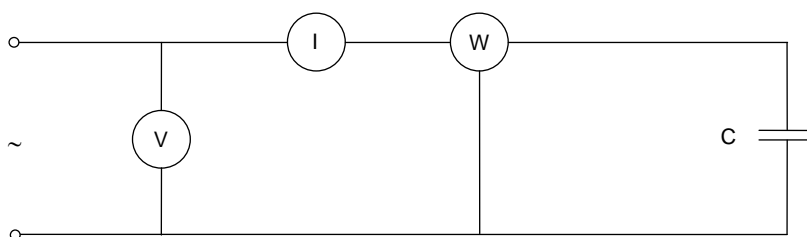
Durante la prova non si devono verificare né perforazioni del dielettrico né scariche superficiali.

### 6.1.8 Misura della capacità e del fattore di potenza

La capacità è calcolata misurando la corrente che attraversa il condensatore alla sua tensione nominale ed alla sua frequenza nominale.

La tensione applicata deve essere sinusoidale, e si dovrebbe prestare attenzione a possibili imprecisioni della misura dovute alle armoniche. La tensione nominale non deve essere applicata per più di 4 s.

Il circuito di misura è mostrato in Figura 4.



V voltmetro

I amperometro

W wattmetro progettato per funzionare con precisione a  $\cos \varphi = 0,1$

C condensatore in prova

**Figura 4 – Circuito di prova per la misura della capacità e del fattore di potenza**

Il voltmetro deve essere letto entro 2 s, l'amperometro entro 3 s e il wattmetro entro 4 s dopo l'applicazione della tensione di prova.

La capacità deve essere calcolata come segue:

$$C = \frac{10^6 I}{2\pi f U}$$

dove

$f$  è la frequenza in hertz;

$C$  è la capacità in microfarad;

$I$  è il valore efficace della corrente, in ampère;

$U$  è il valore efficace della tensione di prova, in volt.

NOTA In senso stretto, questo metodo di misura determina l'impedenza e non la capacità, ma può essere usato per determinare la capacità quando il fattore di potenza non supera 0,2. Tuttavia, valori del fattore di potenza che superano questo limite possono essere riscontrati a bassa temperatura.

Il valore di capacità misurato deve essere compreso entro la tolleranza marcata sul condensatore.



Il fattore di potenza deve essere misurato secondo la Figura 4 e calcolato come segue a partire dalle letture effettuate al momento della misura di capacità:

$$\cos \varphi = P/U I$$

dove

$P$  è il valore della potenza attiva, in watt;

$I$  è il valore efficace della corrente, in ampère;

$U$  è il valore efficace della tensione di prova, in volt.

Il fattore di potenza non deve superare 0,1.

#### **6.1.9 Controllo delle dimensioni**

Le dimensioni della custodia, dei terminali e dei dispositivi di fissaggio devono corrispondere a quelle indicate nel disegno, tenuto conto delle tolleranze.

Inoltre, devono essere controllati i valori minimi delle linee di fuga e delle distanze in aria indicati nella Tabella 8.

#### **6.1.10 Prove meccaniche**

Queste prove devono essere eseguite in conformità con quelle corrispondenti della IEC 60068-2.

Queste prove sono le seguenti:

- robustezza dei terminali: Prova U, IEC 60068-2-21;
- saldatura (a riporto di materiale): Prova T, IEC 60068-2-20;
- vibrazioni (sinusoidali): Prova Fc, IEC 60068-2-6;
- variazione di temperatura: Prova Na, IEC 60068-2-14.

##### **6.1.10.1 Robustezza dei terminali**

Il condensatore deve essere sottoposto alle prove Ua, Ub, Uc e Ud della IEC 60068-2-21, a seconda di quale sia applicabile.

##### **6.1.10.1.1 Prova Ua – Resistenza alla trazione**

Il carico da applicare deve essere 20 N per tutti i tipi di terminali.

Per i terminali a filo esterno, la sezione deve essere almeno pari a 0,5 mm<sup>2</sup>.

##### **6.1.10.1.2 Prova Ub – resistenza ai piegamenti (metà delle terminazioni)**

Questa prova deve essere effettuata soltanto su terminali a filo. Devono essere effettuati due piegamenti successivi.

##### **6.1.10.1.3 Prova Uc – Resistenza alla torsione (l'altra metà delle terminazioni)**

Questa prova deve essere effettuata soltanto su terminali a filo. Devono essere effettuate due rotazioni successive di 180°.

##### **6.1.10.1.4 Prova Ud – resistenza alla torsione (terminali a vite)**

Questa prova deve essere effettuata su terminali filettati.

I dadi o le viti devono essere serrati con una coppia del valore specificato in Tabella 7 e nuovamente allentati. La coppia deve essere applicata gradualmente. Il materiale della vite deve avere una resistenza adeguata alla rottura sotto sforzo.

**Tabella 7 – Coppia**

Diametro della filettatura		Coppia
mm	pollici	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

**6.1.10.1.5 Esame visivo**

Dopo ciascuna di queste prove i condensatori devono essere esaminati visualmente. Non si devono rilevare danni visibili.

**6.1.10.2 Saldatura (a riporto di materiale)**

Questa prova deve essere effettuata solo quando i terminali sono destinati ad essere collegati mediante saldatura.

Il condensatore deve quindi essere sottoposto alla prova T della IEC 60068-2-20, utilizzando il metodo del bagno di saldatura o il metodo della saldatura a goccia.

Nel caso non sia applicabile né il metodo del bagno di saldatura né quello della saldatura a goccia, si deve effettuare la prova del ferro di saldatura, con il saldatore di dimensione A.

Prima e dopo la prova deve essere misurata la capacità del condensatore, secondo il metodo descritto in 6.1.8. Non è ammessa alcuna variazione della capacità.

Quando le procedure di prova sono state effettuate, i condensatori devono essere ispezionati visivamente. Non si deve rilevare alcun danno evidente.

**6.1.10.3 Vibrazione**

I condensatori devono essere sottoposti alla prova Fc della IEC 60068-2-6 utilizzando un sistema di montaggio simile a quello che dovrà essere usato in pratica. La severità della prova deve essere la seguente:

- $f$  = da 10 Hz a 55 Hz;
- $a = \pm 0,35$  mm;
- durata della prova per asse = 10 cicli di frequenza (3 assi disposti a 90° fra loro) , 1 ottava per minuto.

Dopo la prova, il condensatore deve essere sottoposto alla prova di tensione tra i terminali e la custodia, secondo quanto indicato in 6.1.7. Non si devono verificare né perforazioni del dielettrico né scariche superficiali.

Quando tutte le procedure di prova sono state completate, i condensatori devono essere ispezionati visivamente. Non si deve rilevare alcun danno evidente.

Non sono ammesse perdite del materiale di riempimento, né alcun altro danno visibile.

Prima e dopo la prova deve essere misurata la capacità dei condensatori con il metodo descritto in 6.1.8. E' permessa una variazione massima del 3% della capacità.



#### **6.1.10.4 Vite o codolo di fissaggio (se presente)**

I codoli filettati o accessori del corpo del condensatore devono avere un'adeguata resistenza al deterioramento dovuto all'invecchiamento in esercizio.

La resistenza all'invecchiamento della vite o codolo filettato deve essere verificata su quattro dei campioni provati in 6.1.12 (prova di durata) con il metodo che segue.

Quattro dei condensatori devono essere montati su una piastra di fissaggio nella camera della prova di durata. Lo spessore della piastra deve essere  $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  ed il diametro del foro deve essere pari al diametro del codolo aumentato da  $+0,5 \text{ mm}$  a  $+1,0 \text{ mm}$ .

Prima di iniziare la prova di durata, devono essere applicati i valori di coppia specificati nella Tabella 7. Al termine della prova di durata si deve applicare una coppia di valore pari al 50% di quello indicato in Tabella 7.

Non è ammesso alcun guasto.

#### **6.1.10.5 Cambio rapido di temperatura**

I condensatori devono essere sottoposti alla prova Na della IEC 60068-2-14 per 5 cicli. La durata dell'esposizione a ciascun limite di temperatura è di 3 h.

Dopo il recupero, i condensatori devono essere esaminati visualmente e misurati. Non deve essere rilevata alcuna perdita di materiale di riempimento né alcun danno visibile. La variazione di capacità rispetto alla misura iniziale deve essere minore o uguale al 5 %.

#### **6.1.11 Prova di ermeticità**

Il condensatore deve essere montato in una posizione tale da poter facilmente rilevare eventuali perdite ad una temperatura di  $10 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$  più alta di quella massima ammissibile di funzionamento per un tempo sufficiente affinché tutte le parti del condensatore raggiungano tale temperatura.

Il condensatore deve essere mantenuto a questa temperatura per un'altra ora prima di essere lasciato raffreddare.

Non si deve rilevare alcuna perdita.

Se il condensatore è destinato ad essere fornito con un cappuccio copri-terminali, la prova di ermeticità dovrebbe essere preferibilmente effettuata prima di montare il cappuccio. Il cappuccio deve essere montato in modo tale da non compromettere l'ermeticità.

Dopo la prova di ermeticità, i condensatori devono essere ispezionati per controllare eventuali perdite di liquido o deformazioni della custodia.

I liquidi possono inumidire la superficie, ma non formare gocce.

Per le prove individuali sono ammessi altri metodi equivalenti, dietro accordo fra costruttore e utilizzatore.

#### **6.1.12 Prova di durata**

Questa prova ha lo scopo di dimostrare che il progetto del condensatore è adeguato per la classe di funzionamento alle condizioni nominali.

Durante la prova, i condensatori devono essere separati l'un l'altro da almeno 25 mm.

##### **6.1.12.1 Condizionamento**

Sono validi due metodi alternativi (vedi 6.1.12.1.1 e 6.1.12.1.2) per ottenere le condizioni della temperatura di prova: la scelta del metodo dipende dalla disponibilità dell'apparecchiatura. I due metodi sono considerati equivalenti.





#### 6.1.12.1.1 Prova con circolazione di aria forzata

I condensatori devono essere montati in una camera nella quale la temperatura dell'aria è costante entro una tolleranza di  $\pm 2$  °C.

L'aria nella camera di prova deve essere continuamente mossa, ma non così energicamente da determinare un raffreddamento improprio dei condensatori. I condensatori in prova non devono essere esposti alla radiazione diretta di alcun elemento riscaldante presente nella camera.

La sonda del termostato che regola la temperatura dell'aria nella camera deve essere direttamente investita dal flusso dell'aria calda circolante.

NOTA Il riscaldamento dell'aria può avvenire in una camera separata, dalla quale l'aria può essere immessa nella camera di prova dei condensatori attraverso una valvola che permetta una buona distribuzione dell'aria calda sui condensatori.

I condensatori sono montati nella posizione più favorevole per la perdita dell'impregnante o del materiale di riempimento.

Dopo 24 h, si deve annotare la differenza fra la massima temperatura di funzionamento e quella rilevata sul condensatore selezionato. Quindi si deve regolare il termostato in modo da assicurare che la temperatura registrata sia al valore massimo ammesso entro una tolleranza di  $\pm 2$  °C.

La prova deve continuare fino al termine della durata prescritta senza ulteriori aggiustamenti del termostato. La durata della prova è calcolata a partire dalla prima messa in tensione sei condensatori.

#### 6.1.12.1.2 Prova in un bagno liquido

I condensatori devono essere posti in un recipiente riempito con un liquido che con un riscaldamento aggiunto deve essere mantenuto alla massima temperatura di funzionamento del condensatore per la durata della prova. La tolleranza ammessa sulla temperatura deve essere entro  $\pm 2$  °C. Il recipiente deve essere completamente chiuso per misure di sicurezza contro il rischio di incendio.

Il livello del liquido deve essere tale che non più del 20 % dell'altezza del condensatore o 15 mm non fuoriescano dal liquido.

#### 6.1.12.2 Condizioni di prova

Si raccomanda che ciascun condensatore in prova sia protetto da un fusibile o da un interruttore.

Ciascun condensatore deve essere collegato all'alimentatore attraverso un resistore in serie di valore resistivo approssimativamente uguale al 10% dell'impedenza nominale del condensatore in prova.

Un condensatore di scarica (se non è già incorporato nel condensatore) deve essere collegato in parallelo a ciascun condensatore. Questo resistore deve avere un valore tale da scaricare il condensatore a meno del 5% della sua tensione alternata nominale di lavoro prima di ogni periodo (ON) di applicazione della tensione.

Per ambedue i metodi la prova deve essere effettuata alle seguenti condizioni:

Tensione di prova:	$1,1 U_N$
Frequenza di prova:	50 Hz o 60 Hz
Ciclo di lavoro:	a seconda del ciclo di lavoro marcato sul condensatore
Durata della prova:	500 h

Nel corso della prova non si devono verificare perforazioni permanenti, interruzioni o scariche superficiali.



Dopo il periodo di riposo ( $\geq 16$  h), i condensatori devono essere ispezionati visualmente e misurati.

Non si devono rilevare fuoruscite del materiale di riempimento o altro danno visibile. Le marcature devono essere leggibili.

La massima variazione di capacità ammissibile rispetto alle misure iniziali deve essere del 10%.

Il massimo valore del  $\cos \varphi$  ammesso è 0,2.

Per le prove condotte a 50 Hz, sarà valida anche la qualificazione a 60 Hz se la durata relativa di funzionamento è ridotta del 20%.

I condensatori sono qualificati anche per la medesima durata del ciclo di funzionamento con un intervallo di tempo sotto tensione più breve. Per esempio, una approvazione ottenuta per una durata di ciclo di funzionamento di 60 s e un intervallo di tempo sotto tensione di 1 s (1,7% di durata relativa di funzionamento) qualificherà il condensatore per una durata di ciclo di funzionamento di 60 s ed un intervallo di tempo sotto tensione di 0,33 s (0,55% di durata relativa di funzionamento).

I condensatori sono pure qualificati per una durata più lunga del ciclo di funzionamento ma mantenendo la stessa durata relativa di funzionamento con un intervallo di tempo sotto tensione massimo ammesso di 10 s. Per esempio, una qualificazione ottenuta per un ciclo di funzionamento di durata pari a 60 s ed un intervallo di tempo sotto tensione di 1 s (1,7% di durata relativa di funzionamento) qualificherà il condensatore per una durata del ciclo di funzionamento di 3 min ed un intervallo di tempo sotto tensione di 3 s (stessa durata relativa di funzionamento dell' 1,7%).

#### **6.1.13 Prova di caldo umido**

Prima della prova deve essere misurata la capacità (vedi 6.1.8).

Questa prova deve essere condotta in accordo con IEC 60068-2-78.

Deve essere applicata la severità indicata nella marcatura. Non si deve applicare tensione ai campioni e nessuna misura deve essere condotta durante la prova.

Dopo il periodo di caldo umido, i condensatori devono essere immagazzinati alle condizioni atmosferiche normali e lasciati a riposo per non meno di 1 h e non più di 2 h. Immediatamente dopo il periodo di riposo, i condensatori devono essere misurati conformemente a 6.1.8.

Non deve essere rilevata alcuna variazione della capacità, entro i limiti della precisione della misura.

#### **6.1.14 Prova della valvola**

I condensatori devono essere sottoposti all'applicazione continua della tensione nominale alla frequenza nominale e alla temperatura ambiente, per un periodo di 30 min per assicurare la sicurezza del prodotto.

Nel caso che un dispositivo di scarico della pressione (valvola) sia incorporato nel coperchio, esso deve funzionare in modo non pericoloso; non si deve verificare né la rottura della custodia né pericolo di incendio.

In assenza di un dispositivo di scarico della pressione (valvola), è ammessa una apertura parziale del coperchio come mezzo di scarico della pressione, purché non si verifichi una ulteriore rottura della custodia o pericolo di incendio.

Nel caso di condensatori a doppia custodia, la custodia esterna non deve subire alcuna rottura durante la prova.

NOTA 1 Nel corso della prova possono aver luogo espulsioni di materiale impregnante o di riempimento dall'interno della custodia del condensatore. Devono essere prese precauzioni per impedire che il materiale impregnante o di riempimento danneggi l'operatore o l'ambiente.

NOTA 2 Questa prova è distruttiva per i condensatori elettrolitici.



### **6.1.15 Resistenza al calore, al fuoco ed alla scarica superficiale**

Queste prove non si applicano ai condensatori con terminali a filo isolato.

#### **6.1.15.1 Prova della biglia**

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono i terminali in posizione devono essere sufficientemente resistenti al calore.

Per i materiali diversi dalla ceramica, la conformità si controlla sottoponendo le parti alla prova della biglia, in accordo con 27.3 della IEC 60309-1 a 125 °C o a  $t_c + 40$  °C, a seconda di quale sia il più elevato.

#### **6.1.15.2 Prova con filo incandescente**

Per materiali diversi dalla ceramica, la conformità si controlla con la seguente prova.

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono i terminali in posizione devono essere sottoposte alla prova del filo incandescente in accordo con IEC 60695-2-10 ed IEC 60695-2-11, tenuto conto dei seguenti dettagli:

- il campione in prova comprende una serie di componenti individuali che formano l'insieme del gruppo dei terminali;
- la temperatura dell'estremità del filo incandescente è 550 °C per  $I_n \leq 0,5$  A e 850 °C per  $I_n > 0,5$  A;
- ogni fiamma o incandescenza del campione si deve estinguere entro 30 s dopo il ritiro del filo incandescente, ed ogni eventuale goccia infiammata non deve incendiare un tessuto di carta velina a cinque strati, definito in ISO 4046, steso orizzontalmente ad una distanza di 200 mm  $\pm$  5 mm sotto il punto in cui il filo incandescente è applicato contro il campione.

#### **6.1.15.3 Prova di resistenza alla scarica superficiale**

Le parti esterne di materiale isolante che trattengono le parti in tensione in posizione o che sono in contatto con i terminali, devono essere costituite di materiale resistente alla scarica superficiale.

La conformità si verifica effettuando la prova di resistenza alla scarica superficiale, indicata nella IEC 60112 a 250 V, sulle parti corrispondenti secondo la soluzione A.

### **6.2 Sovraccarichi**

#### **6.2.1 Tensione massima ammissibile**

La tensione massima ammissibile, misurata tra i terminali durante il periodo di avvio fino all'istante in cui il condensatore è disinserito dal circuito, non deve superare 1,2  $U_n$ .

Si auspica che una tale tensione non sia raggiunta più di una volta al giorno.

#### **6.2.2 Corrente massima ammissibile**

I condensatori devono poter funzionare con una corrente il cui valore efficace non superi 1,30 volte la corrente che circola alla tensione sinusoidale nominale e alla frequenza nominale, escludendo i transitori.

Tenendo conto della tolleranza della capacità, la corrente massima ammissibile può raggiungere 1,30 volte la corrente nominale, aumentata in proporzione al valore effettivo della capacità rispetto al suo valore nominale.

#### **6.2.3 Potenza reattiva massima ammissibile**

Il sovraccarico dovuto al funzionamento a tensione e corrente superiori ai valori nominali (comunque entro i limiti indicati in 6.2.1 e 6.2.2) non deve superare 1,35 volte il valore della potenza nominale.



Tenuto conto della tolleranza della capacità, la massima potenza ammissibile può raggiungere 1,35 volte il valore della potenza nominale aumentato in proporzione al valore effettivo della capacità rispetto al suo valore nominale.

NOTA Si dovrebbe tener presente che il funzionamento dei condensatori in condizioni di sovraccarico, anche se entro i limiti sopra indicati, può avere un'influenza negativa sulla loro durata di vita.

### **6.3 Prescrizioni di sicurezza**

#### **6.3.1 Linee di fuga e distanze in aria**

Le linee di fuga sulle superfici esterne dell'isolamento dei terminali e le distanze in aria tra le parti esterne delle connessioni dei terminali o fra tali parti in tensione e la custodia metallica del condensatore, se presente, non devono essere inferiori ai valori minimi indicati nella Tabella 8.

Queste distanze minime devono essere applicate ai terminali con o senza collegamenti esterni. Questi valori non si applicano invece a linee di fuga e distanze in aria interne.

Devono essere rispettate le prescrizioni relative ad applicazioni particolari.

Il contributo alle linee di fuga di ogni scanalatura di larghezza inferiore ad 1 mm deve essere limitato alla sua larghezza.

Ogni spazio d'aria inferiore a 1 mm deve essere ignorato nel calcolo del percorso totale in aria.

Le linee di fuga sono distanze in aria misurate lungo la superficie del materiale isolante.


#### **6.3.2 Terminali e conduttori di collegamento**

I terminali e i conduttori di collegamento non scollegabili devono avere una sezione tale che possa portare con sicurezza la corrente del condensatore e devono avere una sufficiente resistenza meccanica. La sezione minima del conduttore deve essere 0,5 mm<sup>2</sup>. I cavi isolati devono essere adatti alle caratteristiche nominali di tensione e temperatura del condensatore.

I costruttori devono fornire evidenza che i conduttori forniti con i condensatori devono essere in grado di condurre con sicurezza la corrente nell'intera gamma specificata di capacità, temperatura e tensione.

#### **6.3.3 Collegamenti di terra**

Se la custodia metallica del condensatore è destinata ad essere collegata a terra o ad un conduttore neutro, devono essere forniti gli accessori che permettano la realizzazione di un collegamento efficace. Ciò può essere ottenuto fornendo il condensatore entro una custodia di metallo non verniciata o provvista di un terminale di terra, di un conduttore di terra o di una staffa metallica con un sicuro collegamento elettrico alla custodia.

Qualunque sia il tipo di collegamento usato, esso deve essere chiaramente marcato dal simbolo  come collegamento a terra.

Quando la custodia metallica è dotata di un codolo filettato e il condensatore è solidamente fissato alla struttura metallica tramite questo codolo senza alcun materiale isolante interposto e la struttura è sicuramente collegata a terra, il codolo deve essere considerato come un collegamento a terra sicuro.

**Tabella 8 – Linee di fuga e distanze in aria minime**

Tensione nominale	Fino a 24 V compresi	Oltre 24 V e fino a 250 V compresi	Oltre 250 V e fino a 500 V compresi	Oltre 500 V e fino a 1 000 V compresi
	mm	mm	mm	mm
Linee di fuga				
1 Tra parti in tensione di differente polarità	2	3 (2)	5	6
2 Tra parti in tensione e parti metalliche accessibili che sono permanentemente collegate al condensatore, comprese le viti o dispositivi di fissaggio dei coperchi o del condensatore al suo supporto	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
Distanze in aria				
3 Tra parti in tensione di differente polarità	2	3 (2)	5	6
4 Tra parti in tensione e parti metalliche accessibili che sono permanentemente collegate al condensatore, comprese le viti o dispositivi di fissaggio dei coperchi o del condensatore al suo supporto	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
5 Tra parti in tensione e una superficie patta di supporto o un coperchio metallico allentato, se presente, se la costruzione non assicura che i valori del punto 4 di cui sopra siano mantenuti nelle condizioni più sfavorevoli (solo per informazione)	2	6	10	12
<p>NOTA I valori fra parentesi si applicano alle linee di fuga ed alle distanze in aria protette dallo sporco. Nel caso di custodie sigillate o riempite di materiale composito in modo permanente, le linee di fuga e le distanze in aria non sono controllate.</p> <p>Il punto 5 è stato inserito come guida, solo per indicare le prescrizioni per i condensatori nella loro applicazione.</p> <p>(*) Per vetro o altro isolamento di qualità equivalenti di resistenza alla scarica superficiale.</p>				

#### 6.3.4 Dispositivi di scarica

In molti casi i dispositivi di scarica non sono richiesti; in particolare quando il condensatore è collegato permanentemente all'avvolgimento del motore, o quando è situato in una posizione non accessibile.

Quando è richiesto un dispositivo di scarica, esso deve ridurre la tensione ai terminali dal valore di picco della tensione nominale al valore di 50 V o meno nel tempo di 1 min dal momento in cui il condensatore è scollegato.

NOTA Talvolta un dispositivo di scarica può essere richiesto non per ragioni di sicurezza, ma per evitare eccessive sollecitazioni elettriche sul condensatore. Ciò può verificarsi quando un condensatore disinserito ancora carico è ricollegato ad un altro di differente polarità.


#### 6.3.5 Inquinamento

Se il condensatore contiene sostanze liquide che non dovrebbero essere disperse nell'ambiente, dovrebbe essere apposta un'adeguata marcatura, definita secondo la categoria di rischio di inquinamento dell'acqua.



## 6.4 Marcatura

Le informazioni seguenti devono essere marcate sul condensatore:

- a) nome del costruttore, nome abbreviato o marchio di fabbrica;
- b) designazione di tipo del costruttore;
- c) capacità nominale ( $C_N$ ) in microfarad e tolleranza espressa come percentuale;
- d) tensione nominale ( $U_N$ ) in volt;
- e) il ciclo di servizio deve essere marcato vicino alla tensione. Se più di un ciclo di servizio o di tensione sono presenti, devono essere marcati sul condensatore;
- f) frequenza nominale  $f_N$  in hertz, se diversa da 50 Hz;
- g) categoria climatica, per esempio 25/85/21 (vedi 4.1);
- h) data di fabbricazione (può essere usato un codice);
- i) dispositivo di scarica, se presente, indicato per iscritto o con il simbolo ;
- j) marchi di approvazione;
- k) materiale di riempimento. Riferimento al liquido usato (non necessario per condensatori a secco);
- l) numero della specifica (Norma).

Se il condensatore è di piccole dimensioni e non ha sufficiente spazio per le marcature, devono essere marcati gli elementi a), b), c), d), e), g), h) e j) mentre gli altri possono essere omessi.

Inoltre, il dato al punto c) può essere marcato con il codice normalizzato conforme alla IEC 60062 ma, se c'è abbastanza spazio disponibile, la capacità nominale e la sua tolleranza devono essere marcate per esteso.

Le informazioni non riportate sul condensatore devono essere indicate sull'imballaggio o su foglio di accompagnamento allegato.

## 7 Guida per l'installazione e l'impiego

### 7.1 Generalità

Questa guida è destinata principalmente ai fabbricanti di motori e di apparecchiature complete, dove siano inseriti i condensatori oggetto della presente Norma. Comunque, in essa sono riportate istruzioni per l'installazione ed il funzionamento e, quando necessario, il costruttore dell'apparato del motore dovrebbe assicurarsi che queste istruzioni siano trasferite all'utilizzatore finale come istruzioni per l'installazione e che ogni necessaria segnalazione di attenzione sia apposta sull'apparecchiatura.

Contrariamente alla maggior parte degli apparecchi elettrici, i condensatori per motori non sono collegati alla rete di alimentazione come apparecchi indipendenti. In ogni caso il condensatore è collegato in serie con un avvolgimento induttivo del motore e può essere in contatto fisico col motore o con altri apparecchi. Le caratteristiche del motore e degli altri apparecchi esercitano una forte influenza sulle condizioni di funzionamento dei condensatori.

Le principali influenze sui condensatori per motori sono le seguenti:

- se un condensatore per motori è collegato in serie con un avvolgimento ausiliario di un motore monofase ad induzione, la tensione ai terminali del condensatore alla velocità di funzionamento è generalmente assai più elevata della tensione di rete;
- quando il condensatore è in contatto fisico con il motore, non solo è sollecitato dalle vibrazioni del motore, ma anche dal calore trasmesso dagli avvolgimenti in tensione e dalle parti attive in ferro. Inoltre, altre sorgenti di calore associate all'apparecchiatura possono aumentare la temperatura del condensatore.



## 7.2 Scelta della tensione nominale

### 7.2.1 Misura della tensione di funzionamento

La tensione nominale di un condensatore di avviamento motori dovrebbe essere stabilita tramite una misura della tensione ai terminali del condensatore al momento del funzionamento in collegamento con il motore al quale è connesso. Il motore dovrebbe essere fatto girare alla massima tensione di rete, con il corretto valore della capacità e con un carico che sia variato dal minimo possibile al massimo permesso.

La massima tensione nominale del condensatore non dovrebbe essere inferiore a quella massima misurata ai terminali del condensatore durante il periodo di avviamento fino al momento in cui il condensatore è disinserito dal circuito. La tensione misurata non dovrebbe essere superiore a  $1,2 U_N$ .

NOTA La tensione ai terminali del condensatore, durante il periodo di avviamento, può essere stimata con la seguente formula:

$$U_C \approx U \times \sqrt{1 + n^2}$$

dove

$U_C$  è la tensione ai terminali del condensatore;

$U$  è la tensione di rete;

$n$  è il rapporto fra il numero di spire nell'avvolgimento ausiliario e quello nell'avvolgimento primario.

### 7.2.2 Influenza della capacità

Oltre che dalla tensione della rete di alimentazione e dall'accoppiamento induttivo tra l'avvolgimento primario e quello ausiliario del motore a condensatore, la tensione ai terminali del condensatore dipende anche dal valore stesso della capacità, specialmente quando il condensatore e l'avvolgimento ausiliario funzionano vicino al punto di risonanza. Questo aspetto dovrebbe essere tenuto in considerazione nella scelta della tensione nominale del condensatore e si dovrebbe inoltre prestare la dovuta attenzione alla corrente massima ammissibile del motore. Nella scelta della tensione nominale del condensatore, si dovrebbero tenere nella dovuta considerazione le misure di tensione specificate in 7.2.1, la possibile variazione della tensione di rete e l'effetto della tolleranza della capacità.

## 7.3 Controllo della temperatura del condensatore

### 7.3.1 Scelta della temperatura massima ammissibile del condensatore

Poiché molti fattori influenzano le condizioni di temperatura dei condensatori per motori, che non possono essere facilmente calcolati a priori (radiazione e conduzione del calore dal motore, alta temperatura ambiente, sfavorevoli condizioni di raffreddamento ecc.), il costruttore dell'apparecchiatura dovrebbe controllare la temperatura di funzionamento del condensatore in associazione con l'apparecchio in cui il condensatore è montato. Durante questa prova, dovrebbero essere realizzate le condizioni più sfavorevoli ammissibili di funzionamento applicabili a tale apparecchiatura. La temperatura del condensatore si dovrebbe misurare in queste condizioni. Il valore nominale della massima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore non deve essere inferiore al più alto valore di temperatura misurato durante la prova.

### 7.3.2 Scelta della minima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore

La minima temperatura nominale di funzionamento del condensatore non deve essere più elevata di quella minima dell'ambiente in cui il condensatore può funzionare. Questa temperatura deve essere quella prevalente prima che l'apparecchiatura sia messa in funzione, ovvero senza l'effetto del riscaldamento dovuto all'apparecchiatura stessa.



Nei condensatori elettrolitici si determina una perdita di capacità ed un aumento del fattore di potenza a temperature inferiori a 0 °C; queste variazioni tuttavia non influenzano seriamente la loro possibilità di avviare motori a temperature fino a -40 °C. L'aumento del fattore di potenza a questa temperatura produce una perdita che genera abbastanza calore interno in breve tempo, fino al punto che la capacità diviene sufficientemente alta ed il fattore di potenza sufficientemente basso, da permettere la partenza del motore.

#### **7.4 Controllo dei transitori**

In certe condizioni di inserzione o disinserzione dei motori, o di inserzione dei condensatori di avviamento, si possono produrre sovratensioni transitorie di valore fino a 10 volte la tensione nominale del condensatore nelle condizioni più sfavorevoli, a causa degli archi ripetitivi nei contatti dell'interruttore e all'induttanza dei circuiti del motore.

Nelle circostanze sopra descritte, si può verificare il cedimento prematuro dei condensatori. Il costruttore deve stabilire prove idonee per assicurare che le massime caratteristiche del condensatore non vengano superate.

#### **7.5 Immagazzinamento dei condensatori elettrolitici**

I condensatori elettrolitici mantenuti senza tensione per un lungo periodo di tempo possono deteriorarsi. I condensatori elettrolitici oggetto di questa norma devono essere messi in servizio entro 2 anni dalla data di costruzione. Dopo questo periodo di tempo, i condensatori dovrebbero essere controllati prima di essere messi in servizio.

Se non è disponibile un dispositivo di prova, il condensatore può essere "rigenerato" applicando la tensione nominale per 2 s o 3 s per volta. Questo procedimento può essere ripetuto 3 volte ma non si devono superare 10 s in totale. Se il condensatore è già collegato al motore, lo stesso effetto si può ottenere facendo partire il motore due o tre volte prima di inserire il carico.





## **Allegato A** (normativo)

### **Prova di tensione**

Le prove di tensione sono eseguite con un alimentatore in corrente alternata, come specificato nel capitolo relativo. L'alimentatore deve essere in grado di mantenere la tensione di prova prescritta per tutte le durate di prova specificate, con una tolleranza di  $\pm 2,5$  %, tranne per la prova di durata, per la quale è richiesta una tolleranza di  $\pm 2$  %.

Le prove di tensione in corrente alternata sono effettuate ad una frequenza di 50 Hz o 60 Hz, come appropriato, la forma d'onda della tensione deve essere sufficientemente libera da armoniche in modo che, quando applicata al condensatore, la corrente risultante non superi di oltre il 10 % il valore corrispondente a una forma d'onda di tensione sinusoidale.



## Allegato ZA (normativo)

### Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee

I documenti normativi sottoelencati sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. In caso di riferimenti datati, si applicano solo le edizioni citate. In caso di riferimenti non datati, si applica l'ultima edizione della Pubblicazione indicata (Modifiche incluse).

NOTA Quando la Pubblicazione Internazionale è stata modificata da modifiche comuni CENELEC, indicate con (mod), si applica la corrispondente EN/HD.

<u>Pubblicazione</u>	<u>Anno</u>	<u>Titolo</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Anno</u>	<u>Norma CEI</u>
IEC 60062	–	Codici per la marcatura di resistori e condensatori	EN 60062	–	40-11
IEC 60068-2	Serie	Prove ambientali- Parte 2: Prove	EN 60068-2	Serie	Vedi CT 104
IEC 60068-2-6		Prove ambientali - Parte 2-6: Prove - Prova Fc: Vibrazioni (sinusoidali)	EN 60068-2-6		104-40
IEC 60068-2-14	–	Prove ambientali - Parte 2-14: Prove - Prova N: Cambio di temperatura	EN 60068-2-14	–	104-9
IEC 60068-2-20	–	Prove Ambientali - Parte 2-20 Prove - Prova T: Metodi di prova per la saldabilità e per la resistenza al calore della saldatura dei dispositivi dotati di terminali	EN 60068-2-20	–	91-58
IEC 60068-2-21	–	Prove ambientali - Parte 2-21: Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda	EN 60068-2-21	–	91-40
IEC 60068-2-78	2001	Prove ambientali - Parte 2-78: Prove - Prova Cab: Caldo umido, regime stazionario	EN 60068-2-78	2001	104-28
IEC 60112	–	Metodo per la determinazione degli indici di resistenza e di tenuta alla traccia dei materiali isolanti solidi in condizioni umide	EN 60112	–	15-18
IEC 60309-1	1999	Spine e prese per uso industrial - Parte 1: Prescrizioni generali	EN 60309-1	1999	23-12
IEC 60529	–	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)	–	–	70-1



<u>Pubblicazione</u>	<u>Anno</u>	<u>Titolo</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Anno</u>	<u>Norma CEI</u>
IEC 60695-2-10	2000	Prove relative ai rischi di incendio - Parte 2-10: Metodi di prova al filo incandescente - Apparecchiatura di prova al filo incandescente e procedura comune di prova	EN 60695-2-10	2001	89-12
IEC 60695-2-11	2000	Prove relative ai rischi di incendio - Parte 2-11: Metodi di prova al filo incandescente - Metodi di prova dell'inflammabilità per prodotti finiti	EN 60695-2-11	2001	89-13
ISO 4046	—	<i>Paper, board, pulp and related terms - Vocabulary</i>	—	—	—





Versione originale documento



## FOREWORD

The text of document 33/476/FDIS, future edition 2 of IEC 60252-2, prepared by IEC TC 33, Power capacitors, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 60252-2 on 2011-01-19.

This European Standard supersedes EN 60252-2:2003.

The main changes with respect to EN 60252-2:2003 are listed below:

- definition of segmented film capacitors;
- clearer definition of the purpose of d.c. conditioning in destruction test.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN and CENELEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The following dates were fixed:

- |  |       |            |
|--|-------|------------|
| – latest date by which the EN has to be implemented at national level by publication of an identical national standard or by endorsement | (dop) | 2011-10-19 |
| – latest date by which the national standards conflicting with the EN have to be withdrawn   | (dow) | 2014-01-19 |

Annex ZA has been added by CENELEC.

## ENDORSEMENT NOTICE

The text of the International Standard IEC 60252-2:2010 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.



## CONTENTS

1	Scope .....	48
2	Normative references .....	48
3	Terms and definitions .....	48
4	Service conditions .....	51
4.1	Normal service conditions .....	51
4.2	Preferred tolerances on capacitance .....	52
5	Self-healing motor start capacitors .....	52
5.1	Quality requirements and tests .....	52
5.2	Overloads .....	64
5.3	Safety requirements .....	65
5.4	Marking .....	67
6	Electrolytic motor start capacitors .....	67
6.1	Quality requirements and tests .....	67
6.2	Overloads .....	77
6.3	Safety requirements .....	78
6.4	Marking .....	80
7	Guidance for installation and operation .....	80
7.1	General .....	80
7.2	Choice of rated voltage .....	81
7.3	Checking capacitor temperature .....	81
7.4	Checking transients .....	82
7.5	Storage of electrolytic capacitors .....	82
	Annex A (normative) Test voltage .....	83
	Annex ZA (normative) Normative references to international publications with their corresponding European publications .....	84



## AC MOTOR CAPACITORS –

### Part 2: Motor start capacitors

#### 1 Scope

This part of IEC 60252 applies to motor start capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having the frequency of the mains.

This standard covers impregnated or unimpregnated metallized motor start capacitors having a dielectric of paper or plastic film, or a combination of both and electrolytic motor start capacitors with non-solid electrolyte, with rated voltages up to and including 660 V.

#### 2 Normative references

The following referenced documents<sup>(\*)</sup> 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.

#### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

##### 3.1

##### **motor running capacitor**

power capacitor which, when used in conjunction with an auxiliary winding of a motor, assists the motor to start and improves the torque under running conditions

NOTE The running capacitor is usually connected permanently to the motor winding and remains in circuit throughout the running period of the motor. During the starting period, if it is in parallel with the starting capacitor, it helps to start the motor.

##### 3.2

##### **motor starting capacitor**

power capacitor which provides a leading current to an auxiliary winding of a motor and which is switched out of circuit once the motor is running

##### 3.3

##### **metal foil capacitor**

capacitor, whose electrodes consist of metal foils or strips separated by a dielectric

##### 3.4

##### **metallized capacitor**

capacitor, in which the electrodes consist of a metallic deposit on the dielectric

##### 3.5

##### **self-healing capacitor**

capacitor, whose electrical properties, after local breakdown of the dielectric, are rapidly and essentially self-restored

##### 3.6

##### **segmented film capacitor**

metallised capacitor with a repeating pattern on the metallic deposit on at least one layer, designed to isolate sections of the capacitor in the event of localised faults occurring in the dielectric

---

(\*) **Editor's note:** For the list of Publications see Annex ZA.



**3.7****discharge device of a capacitor**

device which may be incorporated in a capacitor, capable of reducing the voltage between the terminals effectively to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network

**3.8****continuous operation**

operation with no time limit within the normal life of the capacitor

**3.9****intermittent operation**

operation in which periods with the capacitor energized are followed by intervals during which the capacitor is unenergized

**3.10****starting operation**

special type of intermittent operation in which the capacitor is energized for only a very short period while the motor is accelerating to rated speed

**3.11****rated duty cycle**

rated value indicating the rate of intermittent or starting duty for which a capacitor is suitable

NOTE It is specified by the duty cycle duration, in minutes, and the percentage of the time during which the capacitor is energized.

**3.12****duty cycle duration**

total time of one energized and one unenergized interval during the intermittent operation

**3.13****relative operation time**

percentage of the cycle duration in which the capacitor is energized

**3.14****capacitor for continuous and starting operation**

capacitor designed to operate at one voltage when in continuous operation and at a different (usually higher) voltage when in starting operation

**3.15****minimum permissible capacitor operating temperature**

minimum permissible temperature on the outside of the case at the moment of switching on the capacitor

**3.16****maximum permissible capacitor operating temperature**

$t_c$

maximum permissible temperature of the hottest area of the outside of the capacitor case during operation

**3.17****rated voltage of a capacitor**

$U_N$

r.m.s. value of the alternating voltage for which the capacitor has been designed

**3.18****maximum voltage**

maximum r.m.s. voltage permissible at the starting capacitor terminals between the point of starting and the instant at which the capacitor is disconnected

**3.19****rated frequency of a capacitor** $f_N$ 

highest frequency for which the capacitor has been designed

**3.20****rated capacitance of a capacitor** $C_N$ 

capacitance value for which the capacitor has been designed

**3.21****rated current of a capacitor** $I_N$ 

r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency

**3.22****rated output of a capacitor** $Q_N$ 

reactive power derived from the rated values of capacitance, frequency and voltage (or current)

**3.23****capacitor losses**

active power dissipated by a capacitor

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

**3.24****tangent of loss angle (tan delta) of a capacitor**

ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency

**3.25****power factor**

ratio between the active power and the apparent power of a capacitor

**3.26****capacitive leakage current (only for capacitors with a metal case)**

current flowing through a conductor connecting the metallic case to earth, when the capacitor is energized from an a.c. supply system with an earthed neutral

**3.27****type of capacitor**

capacitors are considered to be of the same type when of similar constructional form, the same constructional technology, same rated voltage, same climatic category and same kind of operation

NOTE 1 Capacitors of the same type can differ only in rated capacitance and size; minor differences between terminations and mounting devices are permitted.

NOTE 2 The same construction includes, for example, the same dielectric material, dielectric thickness and type of case (metal or plastic).



### 3.28

#### model of capacitor

capacitors are considered to be of the same model when they are of the same construction and have the same functional and dimensional characteristics within the tolerance limits and are consequently interchangeable

### 3.29

#### class of safety protection

degree of safety protection identified by one of three codes to be marked on the capacitor

- (P2) indicates that the capacitor type has been designed to fail in the open-circuit mode only and is protected against fire or shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.1.16
- (P1) indicates that the capacitor type may fail in the open-circuit or short-circuit mode and is protected against fire or shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.1.16
- (P0) indicates that the capacitor type has no specific failure protection

This subclause does not apply to electrolytic capacitors.

## 4 Service conditions

### 4.1 Normal service conditions

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

- a) altitude: not exceeding 2 000 m;
- b) residual voltage at energization: shall not exceed 10 % rated voltage (see notes to 5.3.4 and 6.3.4);
- c) pollution: capacitors included in the scope of this standard are designed for operation in lightly polluted atmospheres;

NOTE The IEC has not yet established a definition for "lightly polluted". When this definition is established by the IEC, it will be incorporated in this standard.

- d) operating temperature: between  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (see 3.15 and 3.16).

The preferred minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures are as follows:

- minimum temperatures:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- maximum temperatures:  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Capacitors shall be suitable for transport and storage at temperatures down to  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , or the minimum operating temperature, whichever is the lower, without adverse effect on their quality;

- e) damp heat severity: between 4 days and 56 days. The preferred severity is 21 days.

(The damp heat severity shall be selected from the values indicated by IEC 60068-2-78, i.e.: 4 days, 10 days, 21 days and 56 days.)

Capacitors are classified in climatic categories defined by the minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures and damp heat severity: i.e. 10/70/21 indicates that the minimum and the maximum permissible capacitor operating temperatures are  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  and the damp heat severity is 21 days.



## 4.2 Preferred tolerances on capacitance

Preferred tolerances are as follows:  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  and  $\pm 15\%$ .

Asymmetric tolerances are permitted but no tolerance shall exceed  $15\%$ .

## 5 Self-healing motor start capacitors

### 5.1 Quality requirements and tests

#### 5.1.1 Test requirements

##### 5.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for self-healing motor start capacitors.

##### 5.1.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

NOTE It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state at this ambient temperature for an adequate period, depending on the size of the capacitor.

#### 5.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

- a) type tests;
- b) routine tests.

##### 5.1.2.1 Type tests

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

Type tests are carried out by the manufacturer and/or the test authority if there is need for an approval.

These tests may be carried out under the supervision of a proper authority which will issue a certified record and/or type approval.

##### 5.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

### 5.1.3 Type tests

#### 5.1.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 1.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 5.1.4.

Each test group shall contain equal numbers of capacitors of the highest capacitance and the lowest capacitance in the range.

The manufacturer shall provide data on the ratio of capacitance per outer total surface area of the case of each capacitance value in the range.



The capacitor with the maximum capacitance per unit surface area shall also be tested if this ratio exceeds that of the maximum capacitance value in the range by 10 % or more.

Similarly, the capacitor with the minimum capacitance per unit area shall also be tested if the ratio is less than that of the minimum capacitance value in the range by 10 % or more.

“Area” denotes total outer surface area of the capacitor case with the exception of small protrusions, terminals and fixing studs.

#### **5.1.3.2 Extent of qualification**

**5.1.3.2.1** A type test on a single model qualifies only the model tested. When the type test is performed on two models of the same type but of different rated capacitance value, selected under the rules of 5.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

**5.1.3.2.2** The qualification tests carried out successfully on a capacitor model having a certain capacitance tolerance are valid also for capacitors of the same model but having a different capacitance tolerance of up to twice the limits of the declared tolerance. For example,  $\pm 5\%$  would cover up to  $\pm 10\%$ , and  $\pm 10\%$  would cover up to  $\pm 20\%$ . A smaller tolerance than the declared tolerance is not permitted. For example, a type approval for  $\pm 10\%$  would not cover  $\pm 5\%$ .

**5.1.3.2.3** Occasionally, in current practice, capacitors are required with a capacitance tolerance that is not symmetrical with respect to the rated capacitance value.

When a type test is carried out successfully on a capacitor model having a symmetrical capacitance tolerance, the relevant qualification is valid also for capacitors of the same model having a non-symmetrical capacitance provided that the total range of non-symmetrical tolerance is

- a) within the total range of capacitance allowed in 5.1.3.2.2,  
and
- b) greater than, or equal to, that of the tested capacitor model. For example, qualification for  $\pm 5$  would allow values such as  $^{+10}_{-5}\%$ ,  $^{+5}_{-10}\%$ ,  $^{+8}_{-2}\%$ ,  $^{+10}_0\%$  but not  $^{+15}_{-5}\%$ .

**Table 1 – Type test schedule**

Group	Tests	Subclause	Number of samples to be inspected <sup>(a)</sup>	Number of failures allowed in first test <sup>(b)</sup>	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.1.6 5.4 5.1.10 5.1.11 5.1.12	8 [4]	1 <sup>(c)</sup>	0
2	Endurance test	5.1.13	42 [21]	2 <sup>(d)</sup>	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.1.11.2 5.1.14 5.1.7 5.1.8	12 [6]	1 <sup>(c)</sup>	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.1.15	20 [10]	1 <sup>(c)</sup>	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.1.16	20 [10] 10 [5]	1 <sup>(e)</sup>	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.1.17	3 (terminal housing only) <sup>(f)</sup>	0	0

(a) The number of samples specified allows for retest if required. The number in square brackets indicates the actual number required for the test. All numbers indicate the sample quantity for each capacitance value tested. If a range is tested, then the quantity indicated in the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.1.3.1.

(b) A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor.

(c) For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests.

(d) For group 2, no retest is required with 1 failure. With two failures a retest is required, with no more failures allowed.

(e) For group 5, see 5.1.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure.

(f) Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 5.1.17.

One sample is required for the ball-pressure test (5.1.17.1), one for the glow-wire test (5.1.17.2) and one for the tracking test (5.1.17.3).

When the number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 1, the capacitor model shall be deemed to comply with this standard.

When a capacitor is designed to operate under two or more different conditions (rated voltages, classes, rated duty cycles, etc.), the following tests shall be performed, once only, at the highest test voltage:

- i) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- ii) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- iii) self-healing test (see 5.1.15).

The endurance test shall be performed for every voltage rating and under every operating condition marked on the capacitor. The number of samples to be inspected shall be calculated accordingly.



## 5.1.4 Routine tests

### 5.1.4.1 Test procedure

Capacitors shall be subjected to the following tests in the stated order:

- a) sealing test, if applicable (see 5.1.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- d) visual examination (see 5.1.6);
- e) capacitance measurement (see 5.1.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.1.5).

### 5.1.5 Tangent of the loss-angle measurement

The tangent of the loss-angle limit and the measuring frequency shall be defined by the manufacturer.

### 5.1.6 Visual examination

The condition, workmanship, marking and finish shall be satisfactory. The marking shall be legible during the life of the capacitor.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

### 5.1.7 Voltage test between the terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2. The test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage at the rated frequency. The test may be carried out at 50 Hz or 60 Hz.

A higher frequency may be used at the manufacturer's discretion.

**Table 2 – Test voltages**

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Self-healing capacitor	1,2	10	2

### 5.1.8 Voltage test between terminals and case

Capacitors shall be capable of withstanding without breakdown, for 60 s, a test between terminals (joined together) and the case, with a substantially sinusoidal voltage of a frequency as near as possible to the rated frequency and of the following r.m.s. value:

twice the rated voltage + 1 000 V but not less than 2 000 V.

If the capacitor case is of insulating material, in type tests the test voltage shall be applied between the terminals and the metal mountings, if any, or between the terminals and a metal foil wrapped tightly round the surface of the case. In routine tests the test voltage shall be applied between the terminals and a metal part, if any.

No routine test is required if the case is made entirely of insulating material.

During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.



### 5.1.9 Capacitance measurement

The capacitance shall be measured using a method which excludes errors due to harmonics.

The precision of measurement shall be better than 5 % of the total tolerance band. For type tests the absolute precision shall be 0,2 % maximum.

Type and routine testing shall be carried out at between 0,9 and 1,1 times the rated voltage and at the rated frequency.

Other measuring voltages and frequencies are permitted if it can be demonstrated that the capacitance measured does not deviate from the true value by more than 0,2 %.

### 5.1.10 Check of dimensions

Dimensions of the case, of the terminals and of the fixing arrangements shall comply with those indicated in the drawing, taking tolerances into account.

In addition, minimum creepage distances and clearances indicated in Table 4 shall be checked.

### 5.1.11 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

These tests are as follows:

- robustness of terminations: Test U, IEC 60068-2-21;
- soldering: Test T, IEC 60068-2-20;
- vibration (sinusoidal): Test Fc, IEC 60068-2-6.

#### 5.1.11.1 Robustness of terminations

The capacitor shall be subjected to tests Ua, Ub, Uc and Ud of IEC 60068-2-21, as applicable.

##### 5.1.11.1.1 Test Ua – Tensile

The load to be applied shall be 20 N for all types of terminations.

For external wire terminations, the cross-sectional area shall be at least 0,5 mm<sup>2</sup>.

##### 5.1.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two consecutive bends shall be applied.

##### 5.1.11.1.3 Test Uc – Torsion (other half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two successive rotations of 180° shall be applied.

##### 5.1.11.1.4 Test Ud – Torque (screw terminals)

This test shall be carried out on threaded terminations.

The nuts or screws shall be tightened to the torque specified in Table 3 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.



**Table 3 – Torque**

Thread diameter		Torque
mm	inches	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

**5.1.11.1.5 Visual examination**

After each of these tests the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

**5.1.11.2 Soldering**

This test shall be carried out only when terminals are designed for connection by soldering.

The capacitor shall then be subjected to Test T of IEC 60068-2-20 either using the solder bath method or the solder globule method.

When neither the solder bath method nor the solder globule method is applicable, the soldering iron test shall be used, with soldering iron size A.

Before and after the test the capacitance of the capacitor shall be measured by the method laid down in 5.1.9. No perceivable capacitance change is permitted.

When the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

**5.1.11.3 Vibration**

The capacitors shall be subjected to Test Fc of IEC 60068-2-6 using a mounting system similar to that which is to be used in practice. The severity of the test shall be as follows:

- $f = 10 \text{ Hz to } 55 \text{ Hz}$ ;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$ ;
- test duration per axis = 10 frequency cycles (3 axes offset from each other by  $90^\circ$ ), 1 octave per minute.

Before and after the test, the capacitance of the capacitors shall be measured by the method laid down in 5.1.9. No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.1.8. No dielectric breakdown or flashover shall occur.

When all the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted. No dielectric breakdown or interruption of the circuit of the capacitor shall occur.



#### 5.1.11.4 Fixing bolt or stud (if fitted)

Fixing threaded bolts and attachments to the capacitor body shall have adequate resistance to ageing deterioration in service.

The durability of the fixing bolt or stud shall be checked on four of the samples tested in 5.1.13 (endurance test) by the following method.

Four of the capacitors shall be mounted on a fixing plate in the endurance test chamber. The thickness of the fixing plate shall be  $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  and the diameter of the hole shall be the base bolt diameter of  $+0,5 \text{ mm}$  to  $+1,0 \text{ mm}$ .

Prior to commencement of the endurance test, torque values specified in Table 3 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of 50 % of the value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

#### 5.1.12 Sealing test

This test is not required if the manufacturer certifies that capacitors do not contain substances that are liquid at  $t_c + 10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature  $10 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  higher than the maximum permissible capacitor operating temperature for a time sufficient for all parts of the capacitor to reach this temperature.

The capacitor shall be maintained at this temperature for a further hour before cooling.

No leakage shall occur.

If the capacitor is intended to be supplied with a terminal cover, the sealing test should preferably be carried out before fastening the cover. The cover shall be fastened in such a manner that the sealing is not impaired.

After the sealing test, capacitors shall be inspected for liquid leakage and distorted case.

Liquids are allowed to wet the surface but not to form droplets.

For routine tests, other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

#### 5.1.13 Endurance test

This test is intended to prove the suitability of the capacitor design for the class of operation specified by the manufacturer.

For capacitors fitted with base bolts, refer also to 5.1.11.

The method indicated below is intended to ensure that the capacitor case temperature is as close as possible to the maximum permissible capacitor operating temperature.

##### 5.1.13.1 Testing in air with forced circulation

The capacitors shall be mounted in a test chamber in which the temperature of the air is constant within a tolerance of  $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .



The air in the test chamber shall be continuously agitated but not so vigorously as to cause undue cooling of the capacitors. The capacitors under test shall not be subjected to direct radiation from any heating elements in the chamber.

The sensitive element of the thermostat regulating the air temperature of the chamber shall be well within the stream of heated circulating air.

NOTE Heating of the air may take place in a separate chamber, from which the air can be admitted to the capacitor test chamber through a valve allowing good distribution of heated air over the capacitors.

The capacitors are mounted in a position most favourable to the leakage of impregnant or filling material.

The distance between cylindrical capacitors shall not be less than their diameter, and the distance between rectangular capacitors shall not be less than twice the shorter side of their base.

The temperature sensitive element of a temperature recording instrument shall be attached half-way up the side of the case of the capacitor with the lowest value of tangent of loss angle.

The thermostat shall be set to  $(t_c - 15\text{ }^{\circ}\text{C})$ , and capacitors are then energized according to the appropriate voltage and test cycle (see also Annex A). During the first 24 h, the difference between  $t_c$  and the indication of the temperature recording instrument shall be noted, and adjustments made to ensure the temperature of each capacitor case is at  $t_c \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The test is then continued to the end of the appropriate time without further adjustment of the thermostat, the time being measured from the first energization of the capacitors.

NOTE It is recommended that each test capacitor is individually protected by a circuit-breaker or fuse.

The capacitors shall be energized at the stated voltage and duty cycle.

#### 5.1.13.2 Test conditions

It is recommended that each test capacitor be individually protected by a fuse or a circuit-breaker.

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

The test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	$1,1\ U_N$
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz
Duty cycle:	according to the duty cycle marked on the capacitor
Test duration:	500 h

During the test no permanent breakdown, interruption or flashover shall occur.

After recovery, the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.



The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be  $\pm 10$  %.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty-cycle duration. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are also qualified for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON time of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify capacitors with a duty-cycle duration of 3 min and ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

#### 5.1.14 Damp heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.1.9).


This test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78. The severity indicated in the marking shall be employed. No voltage shall be applied to the samples and no measurement shall be taken during the test.

After the damp-heat period, the capacitors shall be stored under standard atmospheric conditions for recovery for not less than 1 h and not more than 2 h. Immediately after recovery, the capacitance shall be measured in accordance with 5.1.9.

Capacitance change shall be less than 0,5 % after the test.

#### 5.1.15 Self-healing test

Self-healing capacitors shall have adequate self-healing properties. Compliance is checked by the following test.

This test shall be applied only to capacitors marked  or SH.

The capacitors shall be subjected to the test described in 5.1.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than 5 self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until 5 clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of  $2,0 U_N$ .

The voltage shall then be decreased to 0,8 times the voltage at which the fifth clearing occurred or 0,8 times the maximum voltage and maintained for 10 s. One additional clearing in each capacitor shall be permitted during this period.

The capacitors shall be deemed to have passed the test if they meet both of the following requirements:

- a) change of capacitance  $< 0,5$  %;
- b) RC value is  $\geq 100$  s.

Self-healing breakdowns during the test may be detected by an oscilloscope or by acoustic or high-frequency test methods.



### 5.1.16 Destruction test

This test is optional.

A capacitor type which becomes open-circuit following this test shall be marked (P2). A capacitor type which may become either open- or short-circuit following this test shall be marked (P1).

NOTE The short-circuit failure mode is only permitted for capacitors marked (P1). Capacitors not subjected to this test are marked (P0).

#### 5.1.16.1 Test specimens

The test is to be carried out on 10 samples, with a similar specimen of 10 samples held in reserve for possible retest. Half the test specimens (5) shall have passed the test according to 5.1.4.1. The remaining 5 capacitors shall have passed the endurance test described in 5.1.13 (group 2).

#### 5.1.16.2 Test apparatus

##### 5.1.16.2.1 Test apparatus for d.c. conditioning

The apparatus for carrying out the d.c. conditioning is shown in Figure 1. The d.c. source shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to  $10 U_N$  and have a sustained short-circuit capability greater than 50 mA.

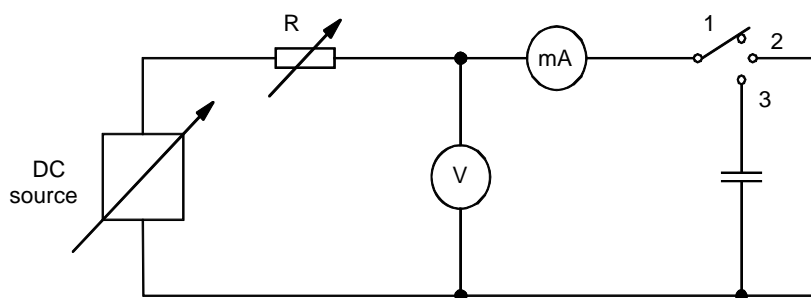


Figure 1 – Test apparatus for d.c. conditioning

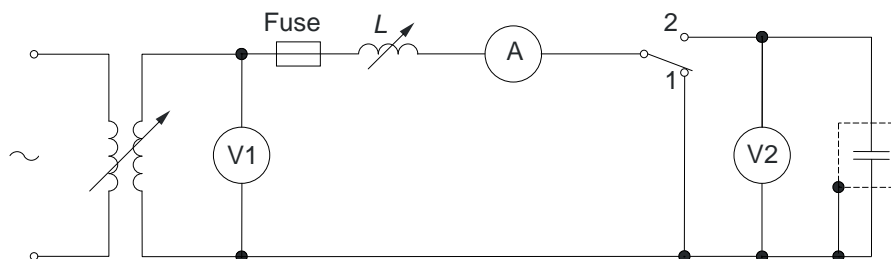
The d.c. source is adjusted to provide an open-circuit voltage equivalent to  $10 U_N$  with the switch in position 1.

A variable resistor R is adjusted to provide a current of 50 mA with the switch in position 2.

DC voltage is applied to the test capacitor with the switch in position 3.

##### 5.1.16.2.2 Test apparatus for a.c. destruction test

- The instantaneous short-circuit current of the a.c. supply shall be at least 300 A.
- A 25 A slow-blow fuse and adjustable inductance ( $L$ ) shall be inserted between the a.c. source and the capacitor (see Figure 2).

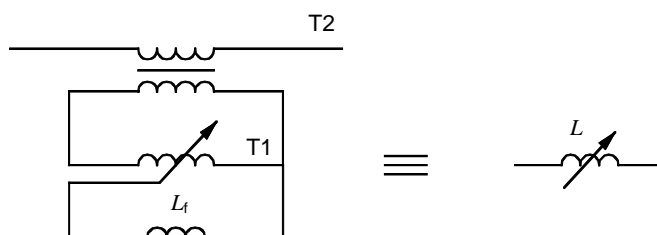


**Figure 2 – Test apparatus for a.c. destruction test**

The inductor shall be so adjusted that, with the switch in position 1 and a voltage of  $1,3 U_N$  applied across the voltmeter V1, a current equal to 1,3 times the capacitor rated current ( $I_N$ ) flows.

The capacitor is energized with the switch in position 2.

NOTE The variable inductor  $L$  in Figure 2 may be replaced by the arrangement shown in Figure 3 whereby T2 is a fixed ratio transformer and  $L_f$  is a fixed inductor. A variable ratio transformer T1 is used to adjust the inductive current.



**Figure 3 – Arrangement to produce the variable inductor  $L$  in Figure 2**

### 5.1.16.3 Test procedure

The test shall be conducted in four stages:

- preparation and pre-conditioning,
- d.c. conditioning,
- a.c. destruction test,
- evaluation of the failure.

NOTE The purpose of the d.c. conditioning is to produce a dielectric breakdown condition. It is not the intention that d.c. conditioning is used to create open-circuit capacitors.

#### 5.1.16.3.1 Preparation and pre-conditioning

All the test specimens shall be prepared and pre-conditioned as follows.

The capacitors shall be wrapped closely with cheese-cloth and mounted within an “air circulating” test chamber at  $t_c + 10\text{ °C}$ . The temperature deviation shall not exceed  $\pm 2\text{ °C}$ . In preparation for the destruction test, the specimens shall have rated voltage ( $U_N$ ) applied for 2 h at  $t_c + 10\text{ °C}$ . No open-circuit or short-circuit capacitors are permitted.



### 5.1.16.3.2 DC conditioning

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of  $t_c + 10\text{ °C}$  before d.c. conditioning. The remaining 5 capacitors, having passed the test in 5.1.4.1, shall be tested at room temperature.

The voltage of a d.c. source (see Figure 1) shall be raised from 0  $U_N$  to a maximum of 10  $U_N$  at a rate of approximately 200 V/min until a short circuit occurs or 10  $U_N$  has been reached.

Capacitors shall be removed from d.c. conditioning when the voltage indicated on the voltmeter is zero or 10  $U_N$  has been reached and maintained for a period of 5 min or other period as defined by the manufacturer.

A capacitor that becomes open-circuit after the d.c. conditioning shall be replaced by another sample and not counted.

### 5.1.16.3.3 AC destruction test

With the capacitors maintained at the d.c. conditioning temperature, they shall then have applied an a.c. voltage of 1,3  $U_N$ .

If the capacitor clears (becomes operative) or becomes open-circuit, the voltage shall be maintained for 5 min.

If the capacitor becomes short-circuit, then the test shall be maintained for 8 h. If the capacitor is still operative after 5 min then the d.c. conditioning shall be repeated.

### 5.1.16.4 Evaluation of the failure

After completion of the test, the cheese-cloth shall not have burnt on any test specimen; however, it may be discoloured by escaping substances.

Each capacitor shall meet the following:

- a) escaping liquid material may wet the outer surface of the capacitor, but not fall away in drops;
- b) internal live parts shall not be accessible to the standard test finger (see Figure 1 of IEC 60529);
- c) burning or scorching of the cheese-cloth shall not be evident, since this would indicate that flames or fiery particles have been emitted from the openings;
- d) the capacitor shall withstand the test of 5.1.8 with the voltage being reduced to 0,8 times the value indicated.

The test is concluded when 10 capacitors have become inoperative.

If one of the test specimens does not satisfy the criteria according to a) or d) above, the test may be repeated once on a further 10 samples. However, all capacitors shall pass the repeat test.

If more than one capacitor does not satisfy the criteria according to a) or d), then the test shall be regarded as failed. All capacitors must satisfy the requirements of b) and c).

For capacitors with a metal case, this shall be connected to one pole of the voltage source. If a distinction can be made between the capacitor terminals, the group shall be subdivided into two subgroups. The first subgroup shall have terminal A connected to the case, the second subgroup shall have terminal B connected to the case.



### 5.1.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

#### 5.1.17.1 Ball-pressure test

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be sufficiently resistant to heat.

For materials other than ceramic, compliance is checked by subjecting the parts to the ball-pressure test in accordance with 27.3 of IEC 60309-1 at 125 °C or at  $t_c + 40$  °C, whichever is the higher.

#### 5.1.17.2 Glow-wire test

For materials other than ceramic, compliance is also checked by the following test.

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be subjected to the glow-wire test in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11, subject to the following details:

- the test sample comprises one set of individual components forming the terminal assembly;
- the temperature of the tip of the glow-wire is 550 °C for  $I_n \leq 0,5$  A and 850 °C for  $I_n > 0,5$  A;
- any flame or glowing of the specimen shall extinguish within 30 s of withdrawing the glow-wire, and any flaming drops shall not ignite a piece of 5-layer wrapping tissue, as defined in ISO 4046, spread out horizontally at a distance of  $200 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  below the place where the glow-wire is applied to the specimen.

#### 5.1.17.3 Tracking test

Outer insulating parts of capacitors which retain live parts in position or are in contact with such terminals shall be of material resistant to tracking.

Compliance is checked by carrying out the tracking test specified in IEC 60112 at 250 V on relevant parts according to solution A.

## 5.2 Overloads

### 5.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed  $1,2 U_N$ .

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

### 5.2.2 Maximum permissible current

Capacitors shall be suitable for operation at an r.m.s. current not exceeding 1,30 times the current which occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency excluding transients.

Taking into account the capacitance tolerance, the maximum permissible current can be up to 1,30 times the rated current increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

### 5.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 5.2.1 and 5.2.2) shall not exceed 1,35 times the rated output.





Taking into account the capacitance tolerance the maximum permissible output can be up to 1,35 times the rated output increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

NOTE It should be noted that operation of capacitors with overload, even within the limit indicated above, may adversely affect the life duration of these capacitors.

### **5.3 Safety requirements**

#### **5.3.1 Creepage distances and clearances**

The creepage distances over external surfaces of terminal insulation and the clearances between the exterior parts of terminal connections or between such live parts and the metal case of the capacitor, if any, shall be not less than the minimum values given in Table 4.

These minimum distances shall apply to the terminals with or without the external wiring connected. They are not intended to apply to internal creepage distances and clearances.

The requirements for specific applications shall be satisfied.

The contribution to the creepage distances of any groove less than 1 mm wide shall be limited to its width.

Any air-gap of less than 1 mm shall be ignored in calculating the total air path.

Creepage distances are distances in air, measured along the surface of insulating material.

#### **5.3.2 Terminals and connecting cables**

Terminals and undetachable connecting cables shall have a conductor cross-section which can safely carry the current of the capacitor and shall have sufficient mechanical strength. The minimum cross-sectional area of the conductor shall be 0,5 mm<sup>2</sup>. Insulated cables shall conform to the voltage and temperature ratings of the capacitor.

Manufacturers shall provide evidence that the cable supplied with the capacitor shall adequately carry the current over the full capacitance/temperature/voltage range specified.

#### **5.3.3 Earth connections**

If the metal case of the capacitor is intended to be connected to earth or to a neutral conductor, means shall be provided to enable an effective connection to be made. This may be achieved by supplying the capacitor in an unpainted metal case or by provision of an earth terminal, an earth conductor, or a metal bracket with sound electrical connection to the case.

Whichever the type of connection used, it shall be clearly marked by the symbol  $\perp$  as the earth connection.

When the metal case is provided with a threaded stud and the capacitor is securely fixed to the metal frame by means of this stud without interposed insulating material and the frame is securely connected to earth, the stud shall be considered as an effective connection to earth.

**Table 4 – Minimum creepage distances and clearances**

Rated voltage	Up to and including 24 V mm	Above 24 V up to and including 250 V mm	Above 250 V up to and including 500 V mm	Above 500 V up to and including 1 000 V mm
Creepage distances				
1 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
2 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
Clearances				
3 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
4 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
5 Between live parts and a flat supporting surface or a loose metal cover, if any, if the construction does not ensure that the values under item 4 above are maintained under the most unfavourable conditions (for information only)	2	6	10	12
NOTE The values in brackets apply to creepage distances and clearances protected against dirt. For permanently sealed-off or compound-filled cases, creepage distances and clearances are not checked. Item 5 has been included for guidance only to indicate requirements for the capacitor in the application.				
(*) For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

### 5.3.4 Discharge devices

In many cases, discharge devices are not required; namely, when the capacitor is connected permanently to the motor winding, or when placed in an inaccessible position.

When a discharge device is specified, it must reduce the voltage at the terminals from the peak of the rated voltage to a value of 50 V or less in the time of 1 min from the moment the capacitor is switched off.

NOTE A discharge device may sometimes be specified, not for safety reasons, but to prevent electrical overstress on the capacitor. This may occur when a disconnected capacitor still charged is reconnected across another capacitor of different polarity.



### 5.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.



## 5.4 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- a) manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- b) manufacturer's type designation;
- c) rated capacitance ( $C_N$ ) in microfarads and tolerance as a percentage;
- d) rated voltage ( $U_N$ ) in volts;
- e) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor;
- f) rated frequency  $f_N$  in hertz, if other than 50 Hz;
- g) climatic category, for example 25/85/21 (see 4.1);
- h) date of manufacture (a code may be used);
- i)  or SH for self-healing capacitors;
- j) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol .
- k) class of safety protection, for example P0, P1, P2;
- l) approval marks;
- m) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- n) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and l) shall be marked and other items can be omitted.

Furthermore, item c) may be marked by the standard code according to IEC 60062 but, if there is enough space available the rated capacitance and the capacitance tolerance shall be marked in clear text.

Information omitted on the capacitor shall be indicated on the packaging or on the accompanying notice.

## 6 Electrolytic motor start capacitors

### 6.1 Quality requirements and tests

#### 6.1.1 Test requirements

##### 6.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for electrolytic motor start capacitors.

##### 6.1.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range of +15 °C to +35 °C and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be +20 °C.

NOTE It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state at this ambient temperature for an adequate period, depending on the size of the capacitor.

##### 6.1.1.3 Recovery conditions

Unless otherwise specified for a particular test, the recovery time for electrolytic capacitors shall be 16 h.



### 6.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

- a) type tests;
- b) routine tests.

#### 6.1.2.1 Type tests

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

Type tests are carried out by the manufacturer and/or the test authority if there is need for approval.

These tests may be carried out under the supervision of a proper authority which will issue a certified record and/or type approval.

#### 6.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

### 6.1.3 Type tests

#### 6.1.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 5.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 6.1.4.1.

Each test group shall contain equal numbers of capacitors of the highest capacitance and the lowest capacitance in the range.

The manufacturer shall provide data on the ratio of capacitance per outer total surface area of the case of each capacitance value in the range.

The capacitor with the maximum capacitance per unit surface area shall also be tested if this ratio exceeds that of the maximum capacitance value in the range by 10 % or more.

Similarly, the capacitor with the minimum capacitance per unit area shall also be tested if the ratio is less than that of the minimum capacitance value in the range by 10 % or more.

“Area” denotes total outer surface area of the capacitor case with the exception of small protrusions, terminals and fixing studs.

#### 6.1.3.2 Extent of qualification

**6.1.3.2.1** A type test on a single model qualifies only the model tested. When the type test is performed on two models of the same type, and of different rated capacitance value, selected under the rules of 6.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

**6.1.3.2.2** The qualification tests carried out successfully on a capacitor model having a certain capacitance tolerance are valid also for capacitors of the same model but having a different capacitance tolerance of up to twice the limits of the declared tolerance. For example,  $\pm 5\%$  would cover up to  $\pm 10\%$ , and  $\pm 10\%$  would cover up to  $\pm 20\%$ . A smaller tolerance than the declared tolerance is not permitted. For example, a type approval for  $\pm 10\%$  would not cover  $\pm 5\%$ .



**6.1.3.2.3** Occasionally, in current practice, capacitors are required with a capacitance tolerance that is not symmetrical with respect to the rated capacitance value.

When a type test is carried out successfully on a capacitor model having a symmetrical capacitance tolerance, the relevant qualification is valid also for capacitors of the same model having a non-symmetrical capacitance provided that the total range of non-symmetrical tolerance is

- a) within the total range of capacitance allowed in 6.1.3.2.2, and
- b) greater than, or equal to, that of the tested capacitor model. For example, qualification for  $\pm 5$  would allow values such as  $+10\%$ ,  $+5\%$ ,  $+8\%$ ,  $+10\%$ , but not  $+15\%$ .

**Table 5 – Type test schedule**

Group	Tests	Clause	Number of samples to be inspected (a)	Number of failures allowed in first test (b)	Number of failure allowed in retest
1	Visual examination Check of marking Check of dimensions Capacitance and power factor measurement Mechanical tests (excluding soldering) Sealing test	6.1.5 6.4 6.1.9 6.1.8 6.1.10 6.1.11	8 [4]	1 <sup>(c)</sup>	0
2	Endurance test	6.1.12	42 [21]	2 <sup>(d)</sup>	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between the terminals Voltage test between terminals and case	6.1.10.2 6.1.13 6.1.6 6.1.7	12 [6]	1 <sup>(c)</sup>	0
4	Pressure relief test	6.1.14	20 [10] 10 [5] <sup>(e)</sup>	1 <sup>(c)</sup>	0
5	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	6.1.15	3 (Terminal housing only) <sup>(f)</sup>	0	0
<p>(a) The number of samples specified allows for retest if required. The number in square brackets indicates the actual number required for the test. All numbers indicate the sample quantity for each capacitance value tested. If a range is tested, then the quantity indicated in the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 6.1.3.1.</p> <p>(b) A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor.</p> <p>(c) For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests.</p> <p>(d) For group 2 no retest is required with 1 failure. With 2 failures a retest is required, with no more failures allowed.</p> <p>(e) Half of the samples shall be "new", half shall have passed the endurance test.</p> <p>(f) Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 6.1.15.</p> <p>One sample is required for the ball-pressure test (6.1.15.1), 1 for the glow-wire test (6.1.15.2) and 1 for the tracking test (6.1.15.3).</p>					

When a number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 5, the capacitor model (or range) shall be deemed to comply with this standard.



When a capacitor is designed to operate under two or more different conditions (rated voltages, rated duty cycles, etc.), the following tests shall be performed, once only, at the highest voltage:

- i) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- ii) voltage test between terminals and case (see 6.1.7).

The endurance test shall be carried out for every voltage rating and under every operating condition marked on the capacitor. The number of samples inspected shall be calculated accordingly.

#### **6.1.4 Routine tests**

##### **6.1.4.1 Test procedure**

Capacitors shall be subjected to the following tests:

- a) sealing test (see 6.1.11);
- b) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- c) voltage test between terminals and case (see 6.1.7);
- d) visual examination (see 6.1.5);
- e) capacitance and power factor measurement (see 6.1.8).

##### **6.1.5 Visual examination**

The condition, workmanship, marking and finish shall be satisfactory. The marking shall be legible during the life of the capacitor.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

##### **6.1.6 Voltage test between the terminals**

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 6. The test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage at the rated frequency. The test may be carried out at 50 Hz or 60 Hz.

A higher frequency may be used at the manufacturer's discretion.

**Table 6 – Test voltages**

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Electrolytic capacitor	1,2	10	2

##### **6.1.7 Voltage test between terminals and case**

Capacitors shall be capable of withstanding without breakdown, for 60 s, a test between terminals (joined together) and the case, with a substantially sinusoidal a.c. voltage of a frequency as near as possible to the rated frequency and of the following r.m.s. value:

twice the rated voltage + 1 000 V, but not less than 2000 V.

If the capacitor case is of insulating material, in type tests the test voltage shall be applied between the terminals and the metal mountings, if any, or between the terminals and a metal foil wrapped tightly round the surface of the case. In routine tests the test voltage shall be applied between the terminals and a metal part, if any.



No routine test is required if the case is made entirely of insulating material.

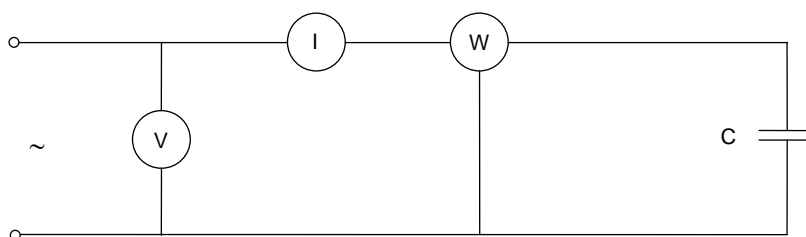
During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.

#### 6.1.8 Capacitance and power factor measurement

The capacitance shall be determined by measuring the current through the capacitor at the rated voltage and the rated frequency of the capacitor.

The applied voltage shall be sinusoidal, and attention should be given to possible inaccuracy of measurement due to harmonics. The rated voltage shall not be applied for more than 4 s.

The measurement circuit shall be as shown in Figure 4.



V voltmeter

I ammeter

W wattmeter designed to operate accurately at  $\cos \varphi = 0,1$

C capacitor under test

**Figure 4 – Test circuit for measurement of capacitance and power factor**

The voltmeter shall be read within 2 s, the ammeter within 3 s and the wattmeter within 4 s after application of the test voltage.

The capacitance shall be calculated as follows:

$$C = \frac{10^6 I}{2\pi f U}$$

where

$f$  is the frequency, in hertz;

$C$  is the capacitance, in microfarads;

$I$  is the r.m.s. value of current, in amperes;

$U$  is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

NOTE Strictly speaking, this method of measurement determines the impedance and not the capacitance but can be used to determine the capacitance where the power factor does not exceed 0,2. However, values of the power factor exceeding this limit may be encountered at low temperature.

The measured capacitance value shall be within the tolerance marked on the capacitor.



The power factor shall be measured in accordance with Figure 4 and calculated from the readings taken at the same time for the measurement of capacitance, as follows:

$$\cos \varphi = P / U I$$

where

$P$  is the value of active power, in watts;

$I$  is the r.m.s. value of current, in amperes;

$U$  is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

The power factor shall not exceed 0,1.

#### 6.1.9 Check of dimensions

Dimensions of the case, of the terminals and of the fixing arrangements shall comply with those indicated in the drawing, taking tolerances into account.

In addition, minimum creepage distances and clearances indicated in Table 8 shall be checked.

#### 6.1.10 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

These tests are as follows:

- robustness of terminations: Test U, IEC 60068-2-21;
- soldering: Test T, IEC 60068-2-20;
- vibration (sinusoidal): Test Fc, IEC 60068-2-6;
- change of temperature: Test Na, IEC 60068-2-14.

##### 6.1.10.1 Robustness of terminations

The capacitor shall be subjected to tests Ua, Ub, Uc and Ud of IEC 60068-2-21, as applicable.

###### 6.1.10.1.1 Test Ua – Tensile

The load to be applied shall be 20 N for all types of terminations.

For external wire terminations, the cross-sectional area shall be at least 0,5 mm<sup>2</sup>.

###### 6.1.10.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two consecutive bends shall be applied.

###### 6.1.10.1.3 Test Uc – Torsion (other half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two successive rotations of 180° shall be applied.

###### 6.1.10.1.4 Test Ud – Torque (screw terminals)

This test shall be carried out on threaded terminations.

The nuts or screws shall be tightened to the torque specified in Table 7 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.



**Table 7 – Torque**

Thread diameter		Torque
mm	in	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

**6.1.10.1.5 Visual examination**

After each of these tests the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

**6.1.10.2 Soldering**

This test shall be carried out only when terminals are designed for connection by soldering.

The capacitor shall then be subjected to Test T of IEC 60068-2-20 either using the solder bath method or the solder globule method.

When neither the solder bath method nor the solder globule method is applicable, the soldering iron test shall be used, with soldering iron size A.

Before and after the test, the capacitance of the capacitor shall be measured by the method laid down in 6.1.8. No perceivable capacitance change is permitted.

When the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

**6.1.10.3 Vibration**

The capacitors shall be subjected to Test Fc of IEC 60068-2-6 using a mounting system similar to that which is to be used in practice. The severity of the test shall be as follows:

- $f = 10 \text{ Hz to } 55 \text{ Hz}$ ;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$ ;
- test duration per axis = 10 frequency cycles (3 axes offset from each other by  $90^\circ$ ), 1 octave per minute.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 6.1.7. No dielectric breakdown or flashover shall occur.

When all the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted.

Before and after the test, the capacitance of the capacitor shall be measured according to 6.1.8. A maximum capacitance change of 3 % is allowed.



#### **6.1.10.4 Fixing bolt or stud (if fitted)**

Fixing threaded bolts and attachments to the capacitor body shall have adequate resistance to ageing deterioration in service.

The durability of the fixing bolt or stud shall be checked on four of the samples tested in 6.1.12 (endurance test) by the following method.

Four of the capacitors shall be mounted on a fixing plate in the endurance test chamber. The thickness of the fixing plate shall be  $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  and the diameter of the hole shall be the base bolt diameter  $+0,5 \text{ mm}$  to  $+1,0 \text{ mm}$ .

Prior to commencement of the endurance test, torque values specified in Table 7 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of 50 % of the value specified in Table 7 shall be applied.

No failures are permitted.

#### **6.1.10.5 Rapid change of temperature**

The capacitors shall be subjected to Test Na of IEC 60068-2-14 for 5 cycles. The duration of exposure at each temperature limit shall be 3 h.

After recovery, the capacitors shall be visually examined and measured. There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. The change of capacitance from the initial measurement shall be less or equal to 5 %.

#### **6.1.11 Sealing test**

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature  $10 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  higher than the maximum permissible capacitor operating temperature for a time sufficient for all parts of the capacitor to reach this temperature.

The capacitor shall be maintained at this temperature for a further hour before cooling.

No leakage shall occur.

If the capacitor is intended to be supplied with a terminal cover, the sealing test should preferably be carried out before fastening the cover. The cover shall be fastened in such a manner that the sealing is not impaired.

After the sealing test, capacitors shall be inspected for liquid leakage and distorted case.

Liquids are allowed to wet the surface but not to form droplets.

For routine tests other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

#### **6.1.12 Endurance test**

The test is intended to prove the suitability of the capacitors for the operation under rated conditions.

During the test, the capacitors shall be separated from each other by at least 25 mm.

##### **6.1.12.1 Conditioning**

Two alternative methods (see 6.1.12.1.1 and 6.1.12.1.2) of obtaining test temperature conditions are valid, the choice of the method depending on the availability of equipment. The two methods are considered as being equivalent.



#### 6.1.12.1.1 Testing in air with forced circulation

The capacitors shall be mounted in a test chamber in which the temperature of the air is constant within a tolerance of  $\pm 2$  °C.

The air in the test chamber shall be continuously agitated but not so vigorously as to cause undue cooling of the capacitors. The capacitors under test shall not be subjected to direct radiation from any heating elements in the chamber.

The sensitive element of the thermostat regulating the air temperature of the chamber shall be well within the stream of heated circulating air.

NOTE Heating of the air may take place in a separate chamber, from which the air can be admitted to the capacitor test chamber through a valve allowing good distribution of heated air over the capacitors.

The capacitors are mounted in a position most favourable to the leakage of impregnant or filling material.

After 24 h, the difference between the maximum permissible operating temperature recorded on the selected capacitor shall be noted. Then the thermostat shall be adjusted to ensure that the recorded temperature would be at the permissible maximum with a tolerance of  $\pm 2$  °C.

The test is continued to the end of the prescribed duration without further adjustments to the thermostat. The test time is computed from the first energization of the capacitors.

#### 6.1.12.1.2 Testing in a liquid bath

The capacitors shall be placed in a container filled with a liquid which by additional heating shall be maintained at the maximum operating temperature of the capacitor for the duration of the test. The permitted temperature tolerance shall be within  $\pm 2$  °C. The container shall be totally enclosed as a safety precaution against fire hazard.

The level of the liquid shall be such that no more than 20 % of the height of the capacitor or 15 mm shall protrude from the liquid.

#### 6.1.12.2 Test conditions

It is recommended that each test capacitor be individually protected by a fuse or a circuit-breaker.

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

For both methods the test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	$1,1 U_N$
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz
Duty cycle:	according to the duty cycle marked on the capacitor
Duration:	500 h

During the test no permanent breakdown, interruption or flashover shall occur.



After recovery ( $\geq 16$  h), the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.

The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be  $\pm 10$  %.

The maximum permitted  $\cos \varphi$  value is 0,2.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time also qualified is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty cycle duration. For example, an approval obtained with a duty cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 3 min and an ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

#### **6.1.13 Damp heat test**

Capacitance shall be measured before the test (see 6.1.8).

This test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78.

The severity indicated in the marking shall be employed. No voltage shall be applied to the samples and no measurement shall be taken during the test.

After the damp heat period, the capacitors shall be stored under standard atmospheric conditions for recovery for not less than 1 h and not more than 2 h. Immediately after recovery, the capacitance shall be measured in accordance with 6.1.8.

No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

#### **6.1.14 Pressure relief test**

Capacitors shall be subjected to the continuous application of the rated voltage at the rated frequency at room temperature, for a period of 30 min to ensure security of product.

Where a pressure relief device is incorporated in the encapsulation, it shall operate in a harmless way; there shall be no disruption of the case or danger of fire.

In the absence of a pressure relief device, partial opening of the encapsulation as a means of relieving pressure is permitted, provided there is no further disruption of the case or danger of fire.

With double-cased capacitors, the outer casing shall suffer no disruption during the test.

NOTE 1 During this test some expulsion of impregnant or filling material from inside the capacitor casing may occur. Precautions need to be taken to prevent the impregnant or filling material affecting the operator or the environment.

NOTE 2 This test is a destructive test for electrolytic capacitors.



### 6.1.15 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

#### 6.1.15.1 Ball-pressure test

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be sufficiently resistant to heat.

For materials other than ceramic, compliance is checked by subjecting the parts to the ball-pressure test in accordance with 27.3 of IEC 60309-1 at 125 °C or at  $t_c + 40$  °C, whichever is the higher.

#### 6.1.15.2 Glow-wire test

For materials other than ceramic, compliance is also checked by the following test.

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be subjected to the glow-wire test in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11, subject to the following details:

- the test sample comprises 1 set of individual components forming the terminal assembly;
- the temperature of the tip of the glow-wire is 550 °C for  $I_n \leq 0,5$  A and 850 °C for  $I_n > 0,5$  A;
- any flame or glowing of the specimen shall extinguish within 30 s of withdrawing the glow-wire, and any flaming drops shall not ignite a piece of 5-layer wrapping tissue, as defined in ISO 4046, spread out horizontally at a distance of  $200 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  below the place where the glow-wire is applied to the specimen.

#### 6.1.15.3 Tracking test

Outer insulating parts of capacitors which retain live parts in position or are in contact with such terminals shall be of material resistant to tracking.

Compliance is checked by carrying out the tracking test specified in IEC 60112 at 250 V on relevant parts according to solution A.

## 6.2 Overloads

### 6.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed  $1,2 U_n$ .

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

### 6.2.2 Maximum permissible current

Capacitors shall be suitable for operation at an r.m.s. current not exceeding 1,30 times the current which occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency excluding transients.

Taking into account the capacitance tolerance, the maximum permissible current can be up to 1,30 times the rated current increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

### 6.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.2.1 and 6.2.2) shall not exceed 1,35 times the rated output.



Taking into account the capacitance tolerance, the maximum permissible output can be up to 1,35 times the rated output increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

NOTE It should be noted that operation of capacitors with overload, even within the limit indicated above, may adversely affect the life duration of these capacitors.

### **6.3 Safety requirements**

#### **6.3.1 Creepage distances and clearances**

The creepage distances over external surfaces of terminal insulation and the clearances between the exterior parts of terminal connections or between such live parts and the metal case of the capacitor, if any, shall be not less than the minimum values given in Table 8.

These minimum distances shall apply to the terminals with or without the external wiring connected. They are not intended to apply to internal creepage distances and clearances.

The requirements for specific applications shall be satisfied.

The contribution to the creepage distances of any groove less than 1 mm wide shall be limited to its width.

Any air-gap of less than 1 mm shall be ignored in calculating the total air path.

Creepage distances are distances in air, measured along the surface of insulating material.

#### **6.3.2 Terminals and connecting cables**

Terminals and undetachable connecting cables shall have a conductor cross-section which can safely carry the current of the capacitor and shall have sufficient mechanical strength. The minimum cross-sectional area of the conductor shall be 0,5 mm<sup>2</sup>. Insulated cables shall conform to the voltage and temperature ratings of the capacitor.

Manufacturers shall provide evidence that the cable supplied with the capacitor shall adequately carry the current over the full capacitance/temperature/voltage range specified.

#### **6.3.3 Earth connections**

If the metal case of the capacitor is intended to be connected to earth or to a neutral conductor, means shall be provided to enable an effective connection to be made. This may be achieved by supplying the capacitor in an unpainted metal case or by provision of an earth terminal, an earth conductor, or a metal bracket with sound electrical connection to the case.

Whichever the type of connection used, it shall be clearly marked by the symbol  $\perp$  as the earth connection.

When the metal case is provided with a threaded stud and the capacitor is securely fixed to the metal frame by means of this stud without interposed insulating material and the frame is securely connected to earth, the stud shall be considered as an effective connection to earth.

**Table 8 – Minimum creepage distances and clearances**

Rated voltage	Up to and including 24 V mm	Above 24 V up to and including 250 V mm	Above 250 V up to and including 500 V mm	Above 500 V up to and including 1 000 V mm
Creepage distances				
1 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
2 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
Clearances				
3 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
4 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 <sup>(*)</sup>	6 3 <sup>(*)</sup>	7
5 Between live parts and a flat supporting surface or a loose metal cover, if any, if the construction does not ensure that the values under item 4 above are maintained under the most unfavourable conditions (for information only)	2	6	10	12
NOTE The values in brackets apply to creepage distances and clearances protected against dirt. For permanently sealed-off or compound-filled cases, creepage distances and clearances are not checked. Item 5 has been included for guidance only to indicate requirements for the capacitor in the application.				
(*) For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

### 6.3.4 Discharge devices

In many cases, discharge devices are not required; namely, when the capacitor is connected permanently to the motor winding or when placed in an inaccessible position.

When a discharge device is specified, it must reduce the voltage at the terminals from the peak of the rated voltage to a value of 50 V or less in the time of 1 min from the moment the capacitor is switched off.

NOTE A discharge device may sometimes be specified, not for safety reasons, but to prevent electrical overstress on the capacitor. This may occur when a disconnected capacitor still charged is reconnected across another capacitor of different polarity.


### 6.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.



## 6.4 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- a) manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- b) manufacturer's type designation;
- c) rated capacitance ( $C_N$ ) in microfarads and tolerance as a percentage;
- d) rated voltage ( $U_N$ ) in volts;
- e) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor.
- f) rated frequency  $f_N$  in hertz, if other than 50 Hz;
- g) climatic category, for example 25/85/21 (see 4.1);
- h) date of manufacture (a code may be used);
- i) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol ;
- j) approval marks;
- k) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- l) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and j) shall be marked and other items can be omitted.

Furthermore, item c) may be marked by the standard code according to IEC 60062 but, if there is enough space available the rated capacitance and the capacitance tolerance shall be marked in clear text.

Information omitted on the capacitor shall be indicated on the packaging or on the accompanying notice.

## 7 Guidance for installation and operation

### 7.1 General

This guidance is intended mainly for manufacturers of motors and complete apparatus containing the capacitors specified in this standard. However, reference in it is made to installation and operating instructions, and, where necessary, the manufacturer of the motor apparatus should ensure that these instructions are passed on to the ultimate user as installation instructions and any necessary warning should be displayed on the apparatus.

Unlike most electrical apparatus, motor capacitors are not connected to power systems as independent apparatus. In each case, the capacitor is connected in series with an inductive winding on the motor and may also be in physical contact with the motor or other apparatus. The characteristics of the motor and such other apparatus exert a strong influence on the operating conditions of the capacitor.

The most important influences on motor capacitors are the following:

- where a motor capacitor is connected in series with the auxiliary winding of a single-phase induction motor, the voltage at the terminals of the capacitor at operating speed is generally considerably higher than the mains voltage;
- when in physical contact with the motor, the capacitor is not only stressed by vibration of the motor but also by the heat transferred from the energized windings and the active iron. Also, other sources of heating associated with the apparatus may raise the temperature of the capacitor.





## 7.2 Choice of rated voltage

### 7.2.1 Measurement of working voltage

The rated voltage required for a motor start capacitor should be determined by a measurement of the voltage on the capacitor when it is operating in connection with the associated motor. The motor should be run at maximum mains voltage using the correct value of capacitance and at a load which is varied from the lowest practicable to the highest permissible load.

The maximum voltage rating of the capacitor should not be less than the highest voltage measured at the terminals of the capacitor during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of circuit. This measured voltage should not be greater than  $1,2 U_N$ .

NOTE The voltage at the terminals of the capacitor during the starting period can be estimated from the relationship:

$$U_c \approx U \times \sqrt{1 + n^2}$$

where

$U_c$  is the voltage at the capacitor terminals;

$U$  is the mains voltage;

$n$  is the ratio of the number of turns in the auxiliary winding to the turns in the main winding.

### 7.2.2 Influence of capacitance

Apart from the supply system voltage and the inductive coupling between the main winding and the auxiliary winding of the capacitor motor, the voltage at the terminals of the capacitor depends on the value of the capacitance itself, especially when the capacitor and the auxiliary winding operate near the resonance point. This fact should be taken into account when choosing the rated voltage of the capacitor and due attention should also be paid to the maximum permissible motor current. In choosing the rated voltage of the capacitor, due attention should be paid to the voltage measurements specified in 7.2.1 to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

## 7.3 Checking capacitor temperature

### 7.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot be easily calculated (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the manufacturer of the apparatus should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During the test, the most unfavourable permissible conditions of operation applicable to the apparatus should be attained. Under these conditions, the capacitor temperature should be measured. The rated maximum permissible capacitor operating temperature shall not be less than the highest temperature measured during the test.

### 7.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest temperature at which the capacitor may be operated. This temperature shall be that prevailing before the equipment is operated i.e. without the effect of heating from the equipment.



Electrolytic capacitors lose capacitance and increase in power factor at temperatures below 0 °C; these changes, however, do not seriously affect their ability to start motors at temperatures as low as –40 °C. The higher power factor at this temperature represents a loss, generating enough internal heat in a short period of time to the point that the capacitance is sufficiently high and the power factor is low enough for the motor to start.

#### **7.4 Checking transients**

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors, transient overvoltages up to 10 times the rated capacitor voltage may be produced under the most unfavourable conditions by the repeated arcing at the switch contacts and the inductance of the connected motor-circuits.

Under the circumstances described above, premature failure of the capacitors can occur. The manufacturer shall establish appropriate tests to ensure that the maximum capacitor ratings are not exceeded.

#### **7.5 Storage of electrolytic capacitors**

Electrolytic capacitors stored over a prolonged period of time can suffer some deterioration. Electrolytic capacitors covered by this standard are intended to be placed in service within 2 years of the date of manufacture. After this period, capacitors should be checked before being placed in service.

If test gear is not available, the capacitor can be “reformed” by applying the rated voltage for 2 s or 3 s at a time. This can be repeated 3 times but a total of 10 s shall not be exceeded. If the capacitor is already connected to the motor, the same effect can be obtained by switching on the motor 2 or 3 times before the load is connected.



## **Annex A**

(normative)

### **Test voltage**

Voltage tests are carried out with an a.c. source as specified in the relevant clause. The source shall be adequate to maintain, over any specified test period, the test voltage required, subject to a tolerance of  $\pm 2,5\%$ , but  $\pm 2\%$  for the endurance test.

AC voltage tests are made using a 50 Hz or 60 Hz frequency, as appropriate, whose voltage waveform is sufficiently free from harmonics to ensure that, when applied to the capacitor, the resulting current does not exceed the value corresponding to a sinusoidal voltage waveform by more than 10 %.



## Annex ZA (normative)

### Normative references to international publications with their corresponding European publications

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.

NOTE Where an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60062	–	Marking codes for resistors and capacitors	EN 60062	–
IEC 60068-2	Series	Environmental testing - Part 2: Tests	EN 60068-2	Series
IEC 60068-2-6		Environmental testing - Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal)	EN 60068-2-6	
IEC 60068-2-14	–	Environmental testing - Part 2-14: Tests - Test N: Change of temperature	EN 60068-2-14	–
IEC 60068-2-20	–	Environmental testing - Part 2-20: Tests - Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads	EN 60068-2-20	–
IEC 60068-2-21	–	Environmental testing - Part 2-21: Tests - Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices	EN 60068-2-21	–
IEC 60068-2-78	2001	Environmental testing - Part 2-78: Tests - Test Cab: Damp heat, steady state	EN 60068-2-78	2001
IEC 60112	–	Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials	EN 60112	–
IEC 60309-1	1999	Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes - Part 1: General requirements	EN 60309-1	1999
IEC 60529	–	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	–	–



<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60695-2-10	2000	Fire hazard testing - Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire apparatus and common test procedure	EN 60695-2-10	2001
IEC 60695-2-11	2000	Fire hazard testing - Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end-products	EN 60695-2-11	2001
ISO 4046	–	Paper, board, pulp and related terms - Vocabulary	–	–



La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.

Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio

Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956

*Responsabile:* Ing. R. Bacci

Comitato Tecnico Elaboratore  
**CT 33-Condensatori di potenza e loro applicazioni**

Altre Norme di possibile interesse sull'argomento

**CEI EN 60252-1** (CEI 33-3)

Condensatori statici per motori in corrente alternata - Parte 1: Generalità - Prestazioni, prove e valori nominali -  
Prescrizioni di sicurezza - Guida per l'installazione e l'esercizio