

CEI EN 60252-1**2012-04**

La seguente Norma è identica a: EN 60252-1:2011-02.

*Titolo***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***Title*

AC motor capacitors

Part 1: General - Performance, testing and rating - Safety requirements - Guidance for installation and operation

Sommario

Questa parte della EN/IEC 60252 si applica ai condensatori per motori destinati ad essere collegati agli avvolgimenti dei motori asincroni, alimentati da un sistema monofase con frequenza non superiore a 100 Hz, e ai condensatori destinati ad essere collegati ai motori asincroni trifase per consentire a questi motori di essere alimentati da un sistema monofase. La Norma riguarda i condensatori impregnati o non impregnati, aventi un dielettrico di carta, film plastico, o una combinazione dei due, sia metallizzati, sia con armature a foglio metallico, con tensione nominale non superiore a 660 V.

La presente Norma supera la Norma CEI EN 60252-1:2002-06 che rimane applicabile fino al 02-01-2014. La presente Norma riporta il testo in inglese e italiano della EN 60252-1; rispetto al precedente fascicolo n. 11658E di dicembre 2011, essa contiene la traduzione completa della EN sopra indicata.



<i>Norma italiana</i>	CEI EN 60252-1
<i>Classificazione</i>	CEI 33-3
<i>Edizione</i>	

Nazionali

Europei (IDT) EN 60252-1:2011-02;

Internazionali (IDT) IEC 60252-1:2010-09;

Legislativi

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

Pubblicazione

Stato Edizione In vigore

Data validità 01-01-2012

Ambito validità Internazionale

Fascicolo 11890

Ed. Prec. Fasc. 6508:2002-06 che rimane applicabile fino al 02-01-2014

Comitato Tecnico CT 33-Condensatori di potenza e loro applicazioni

Approvata da Presidente del CEI

In data 21-11-2011

CENELEC

In data 02-01-2011

Sottoposta a Inchiesta pubblica come Documento originale

Chiusura in data 03-09-2010

ICS 31.060.30; 31.060.70;

Sostituisce la Norma EN 60252-1:2001

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**

AC motor capacitors

**Part 1: General - Performance, testing and rating - Safety requirements
- Guidance for installation and operation**

Condensateurs des moteurs à courant alternatif

**Partie 1: Généralités - Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs
assignées - Règles de sécurité - Lignes directrices pour l'installation et
l'utilisation**

Motorkondensatoren

**Teil 1: Allgemeines - Leistung, Prüfung und Bemessung -
Sicherheitsanforderungen - Leitfaden für die Installation und den Betrieb**

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 33/470/FDIS, futura seconda edizione della IEC 60252-1, preparato dal TC 33 IEC, Power capacitors, è stato sottoposto al voto parallelo IEC-CENELEC ed è stato approvato dal CENELEC come EN 60252-1 in data 02-01-2011.

La presente Norma europea sostituisce la EN 60252-1:2001.

La presente edizione della EN 60252-1:2011 include le seguenti modifiche tecniche significative rispetto alla EN 60252-1:2001:

- in 3.6 è stata aggiunta la definizione di “condensatori a film segmentato”;
- in 3.9 è stata chiarita la definizione di “classe di funzionamento”, con l’aggiunta del concetto di “durata probabile di vita” associato a riferimenti di natura statistica;
- in 6.1 è stata aggiunta la seguente frase “Il funzionamento al di sopra della tensione nominale ridurrà la vita prevista del condensatore”;
- all’articolo 8, Marcatura, sono stati aggiunti alcuni chiarimenti, principalmente relativi ai piccoli condensatori.

Si richiama l’attenzione sulla possibilità che alcuni elementi contenuti nel presente documento siano oggetto di brevetto. Il CEN ed il CENELEC non hanno alcuna responsabilità di identificare tutti o parte di tali diritti di proprietà intellettuale.

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) | 02-10-2011 |
| – data ultima entro la quale le Norme nazionali contrastanti con la EN devono essere ritirate | (dow) | 02-01-2014 |

L’Allegato ZA è stato aggiunto dal CENELEC.

AVVISO DI ADOZIONE

Il testo della Norma Internazionale IEC 60252-1:2010 è stato approvato dal CENELEC come Norma Europea senza alcuna modifica.

Nella versione ufficiale, per la Bibliografia, sono state aggiunte le seguenti Note per le Norme indicate:

IEC 60110-1:1998	NOTA	Armonizzata come EN 60110-1:1998 (non modificata).
IEC 60143-1:2004	NOTA	Armonizzata come EN 60143-1:2004 (non modificata).
IEC 60252-2	NOTA	Armonizzata come EN 60252-2.
IEC 60871-1:2005	NOTA	Armonizzata come EN 60871-1:2005 (non modificata).
IEC 60931-1:1996	NOTA	Armonizzata come EN 60931-1:1996 (non modificata).
IEC 61048:2006	NOTA	Armonizzata come EN 61048:2006 (non modificata).
IEC 61071:2007	NOTA	Armonizzata come EN 61071:2007 (non modificata).



INDICE

1	Campo di applicazione ed oggetto	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	Prescrizioni di qualità e prove	10
5.1	Prescrizioni di prova	10
5.2	Classificazione delle prove	10
5.3	Prove di tipo	10
5.4	Prove individuali	13
5.5	Tangente dell'angolo di perdita	13
5.6	Esame visivo	13
5.7	Prova di tensione tra i terminali	13
5.8	Prova di tensione tra i terminali e la custodia	14
5.9	Misura della capacità	14
5.10	Controllo delle dimensioni	14
5.11	Prove meccaniche	14
5.12	Prova di ermeticità	16
5.13	Prova di durata	17
5.14	Prova di caldo umido	18
5.15	Prova di autorigenerazione	18
5.16	Prova di distruzione	19
5.17	Resistenza al calore, al fuoco e alla scarica superficiale	21
6	Sovraccarichi ammissibili	22
6.1	Massima tensione ammissibile	22
6.2	Massima corrente ammissibile	22
6.3	Massima potenza reattiva ammissibile	22
7	Prescrizioni di sicurezza	23
7.1	Linee di fuga e distanze in aria	23
7.2	Terminali e conduttori di collegamento	23
7.3	Collegamenti a terra	23
7.4	Dispositivi di scarica	24
8	Marcatura	24
9	Guida per l'installazione e l'esercizio	25
9.1	Generalità	25
9.2	Scelta della tensione nominale	25
9.3	Controllo della temperatura del condensatore	26
9.4	Controllo dei transistori	26
9.5	Corrente di fuga	26
	Allegato A (normativo) Tensione di prova	27
	Bibliografia	28
	Allegato ZA (normativo) Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee	29



CONDENSATORI STATICI IN CORRENTE ALTERNATA –

Parte 1: Generalità - Prestazioni, prove e valori nominali – Prescrizioni di sicurezza – Guida per l'installazione e l'esercizio

1 Campo di applicazione e oggetto

La presente Parte della IEC 60252 si applica ai condensatori per motori destinati ad essere collegati agli avvolgimenti dei motori asincroni, alimentati da un sistema monofase con frequenza non superiore a 100 Hz e ai condensatori destinati ad essere collegati a motori asincroni trifase, per consentire a questi motori di essere alimentati da un sistema monofase.

La presente Norma riguarda i condensatori impregnati o non impregnati, aventi un dielettrico di carta, film plastico, o una combinazione dei due, sia metallizzati, sia con armature a foglio metallico, con tensione nominale non superiore a 660 V.

I condensatori di avviamento dei motori sono trattati nella IEC 60252-2.

NOTA I seguenti condensatori sono esclusi dalla presente Norma:

- condensatori shunt di potenza di tipo autorigenerante, per reti in corrente alternata con tensione nominale fino a 1 000 V inclusi (vedere la IEC 60831-1);
- condensatori shunt di potenza di tipo non autorigenerante, per reti in corrente alternata con tensione nominale fino a 1 000 V inclusi (vedere la IEC 60931-1);
- condensatori shunt di potenza per reti in corrente alternata, con tensione nominale superiore a 1 000 V (vedere la IEC 60871-1);
- condensatori per forni ad induzione, operanti a frequenze comprese tra 40 Hz e 24 000 Hz (vedere la IEC 60110-1);
- condensatori per l'inserzione in serie (vedere la IEC 60143);
- condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi (vedere la IEC 60358);
- condensatori destinati ad essere utilizzati in circuiti di elettronica di potenza (vedere la IEC 61071);
- piccoli condensatori in corrente alternata per impiego con lampade fluorescenti ed altre lampade a scarica (vedere la IEC 61048);
- condensatori per la soppressione di radio interferenze (pubblicazione IEC allo studio);
- condensatori destinati ad essere utilizzati in diversi tipi di apparecchiature elettriche e perciò considerati come componenti;
- condensatori destinati ad essere utilizzati con tensione continua sovrapposta ad una tensione alternata.

La presente Norma ha lo scopo di:

- a) fissare regole uniformi riguardanti le prestazioni, le prove e i valori di targa;
- b) fissare precise regole di sicurezza;
- c) fornire una guida per l'installazione e l'esercizio.

2 Riferimenti normativi

I documenti citati nel seguito(*) 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

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



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, stabilmente collegato all'avvolgimento del motore e rimane nel circuito durante il funzionamento del motore. All'avviamento, se è in parallelo con il condensatore d'avviamento, aiuta all'avviamento del motore.

3.2

condensatore di avviamento

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

3.3

condensatore ad armatura 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 posto sul dielettrico

3.5

condensatore autorigenerabile

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 sul deposito metallico su almeno uno strato, previsto per isolare le sezioni del condensatore nel caso di guasti localizzati del dielettrico

3.7

dispositivo di scarica di un condensatore

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

3.8

servizio continuo

servizio senza limite di durata durante la vita normale del condensatore

3.9

classe di funzionamento

la probabile durata di vita totale minima per cui il condensatore è stato progettato in caso di funzionamento con ciclo, tensione, temperatura e frequenza nominali

NOTA 1 Sono state previste quattro classi:

Classe A – 30 000 h

Classe B – 10 000 h

Classe C – 3 000 h

Classe D – 1 000 h

Queste classi di funzionamento prevedono un tasso di guasto probabile non superiore al 3 % durante la vita del prodotto.

I guasti presi in considerazione sono: i cortocircuiti, le interruzioni, la perdita di liquido e le derive di capacità superiori al 10 % oltre i limiti nominali di tolleranza.

Un condensatore può avere più di una classe di funzionamento in corrispondenza di diverse tensioni nominali.

NOTA 2 Le classi di funzionamento rappresentano valori statistici (secondo la "legge dei grandi numeri"): non è possibile trasferire automaticamente i dati rilevati su un numero limitato di campioni all'intera popolazione o anche ad un lotto di condensatori. L'acquirente ed il costruttore dovrebbero raggiungere un accordo nel caso di un tasso di guasto effettivo superiore al 3 %.

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

la minima temperatura ammissibile sulla superficie esterna della custodia, al momento della messa sotto tensione del condensatore

3.11**massima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore** t_c

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

3.12**tensione nominale di un condensatore** U_N

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

3.13**frequenza nominale di un condensatore** f_N

il più alto valore di frequenza per cui il condensatore è stato progettato

3.14**capacità nominale di un condensatore** C_N

il valore della capacità per cui il condensatore è stato progettato

3.15**corrente nominale di un condensatore** I_N

il valore efficace della corrente alternata, alla tensione ed alla frequenza nominali per le quali il condensatore è stato progettato

3.16**potenza nominale di un condensatore** Q_N

la potenza reattiva che deriva dai valori nominali di capacità, frequenza e tensione (o corrente)

3.17**perdite di un condensatore**

la potenza attiva dissipata dal condensatore

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

3.18**tangente dell'angolo di perdita ($\tan \delta$)⁽¹⁾ di un condensatore**

il rapporto tra la resistenza equivalente serie e la reattanza capacitiva di un condensatore, ad una tensione alternata sinusoidale ed una frequenza specificate

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

corrente che attraversa un conduttore e 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

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



3.20

tipo di condensatore

i condensatori si considerano dello stesso tipo quando hanno una forma costruttiva simile, la stessa tecnologia di costruzione, la stessa tensione nominale, la stessa categoria climatica e svolgono lo stesso tipo di servizio. I condensatori dello stesso tipo possono differire soltanto per il valore della capacità nominale e per le dimensioni. Sono ammesse differenze secondarie tra i terminali ed il dispositivo di montaggio

NOTA La stessa costruzione comprende, per esempio, l'impiego dello stesso materiale dielettrico, lo stesso spessore del dielettrico ed il medesimo tipo di custodia (metallica o di plastica).

3.21

modello di condensatore

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

3.22

classe di protezione di sicurezza

il grado di protezione di sicurezza identificato da uno dei tre seguenti codici, che deve essere marcato sul condensatore

- (P2) indica che il tipo di condensatore è stato progettato per guastarsi unicamente con l'apertura di circuito ed è protetto contro il pericolo di incendio e di folgorazione. La conformità si verifica mediante la prova descritta in 5.16.
- (P1) indica che il tipo di condensatore può guastarsi con l'apertura del circuito o con il cortocircuito ed è protetto contro il pericolo di incendio e di folgorazione. La conformità si verifica mediante la prova descritta in 5.16.
- (P0) indica che il tipo di condensatore, in caso di guasto, non prevede alcuna particolare protezione.

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 deve essere superiore a 2 000 m;
- b) tensione residua al momento dell'energizzazione: non deve essere superiore al 10 % della tensione nominale (vedere la nota di 7.4);
- 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 di "leggermente inquinata". Quando questa definizione sarà stabilita dalla IEC, essa verrà incorporata nella presente Norma.

- d) temperatura di esercizio: compresa tra $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vedere 3.10 e 3.11).

Le temperature preferenziali di funzionamento dei condensatori minime e massime ammissibili 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 ad essere trasportati ed immagazzinati, senza che la loro qualità venga compromessa, ad una temperatura inferiore fino a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, o alla minima temperatura di esercizio, a seconda di quale sia quella più bassa;



e) severità della prova di caldo umido: tra 4 e 56 giorni. La severità preferenziale è 21 giorni.
(La severità della prova di caldo umido deve essere compresa nei valori indicati dalla IEC 60068-2-78, cioè: 4 giorni, 10 giorni, 21 giorni 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 caldo umido; per esempio 10/70/21 indica che le temperature di esercizio minima e massima ammissibili per il condensatore sono, rispettivamente, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ e che la severità della prova caldo umido è 21 giorni.

4.2 Tolleranze preferenziali sulla capacità

Le tolleranze di capacità preferenziali sono: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ e $\pm 15\%$.

Tolleranze asimmetriche sono ammesse, ma nessun valore di tolleranza deve essere superiore al 15% .

5 Prescrizioni di qualità e prove

5.1 Prescrizioni di prova

5.1.1 Generalità

Questo articolo fornisce le prescrizioni di prova per i condensatori.

5.1.2 Condizioni di prova

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

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

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

5.2 Classificazione delle prove

Le prove specificate sono di due specie:

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

5.2.1 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 di esercizio indicate nella presente Norma.

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

Le prove di tipo possono essere effettuate con la supervisione di un'idonea autorità, che rilascerà un certificato e/o un'approvazione di tipo.

5.2.2 Prove individuali

Le prove individuali devono essere effettuate dal costruttore su ciascun condensatore prima che venga consegnato. Se l'acquirente lo richiede, deve essergli fornito un certificato che attesti che le prove individuali sono state effettuate.

5.3 Prove di tipo

5.3.1 Procedura di prova

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



I condensatori che costituiscono il campione devono aver superato, con esito positivo, le prove individuali indicate in 5.4.1.

Ciascun gruppo 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 sottoposto a prova anche il condensatore con il valore massimo di capacità per unità di superficie esterna, se questo rapporto supera del 10 % e oltre quello del condensatore avente la massima capacità della gamma.

Similmente deve essere provato anche il condensatore con la minima capacità per unità di superficie esterna se il rapporto è inferiore del 10 % e oltre a quella del condensatore avente la minima capacità della gamma.

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

5.3.2 Estensione della qualificazione

5.3.2.1 Una prova di tipo condotta su un campione costituito da un solo modello qualifica soltanto il modello provato. Quando la prova di tipo è effettuata su due modelli del medesimo tipo e aventi valori differenti di capacità nominale, scelti secondo le regole di 5.3.1, la qualificazione è valida per tutti i modelli del medesimo tipo che abbiano un valore di capacità nominale compreso tra i due valori provati.

5.3.2.2 Le prove di qualificazione effettuate con esito positivo su un modello di condensatore avente una certa tolleranza di capacità, sono valide anche per condensatori dello stesso modello, ma aventi tolleranze di capacità differenti, fino a due volte i limiti della tolleranza dichiarata. Per esempio, il $\pm 5\%$ copre fino al $\pm 10\%$, mentre il $\pm 10\%$ copre fino al $\pm 20\%$. Una tolleranza minore di quella dichiarata non è consentita. Per esempio, un'accettazione di tipo per il $\pm 10\%$ non copre il $\pm 5\%$.

5.3.2.3 Occasionalmente, in pratica, sono richiesti condensatori con tolleranza di capacità che non sia simmetrica rispetto al valore nominale di capacità.

Quando una prova di tipo è effettuata con esito positivo su un modello di condensatore avente una tolleranza di capacità simmetrica, la relativa qualificazione è valida anche per i condensatori appartenenti allo stesso modello, aventi una tolleranza di capacità non simmetrica purché l'estensione totale della tolleranza non simmetrica sia:

- a) entro l'estensione totale di capacità consentita in 5.3.2.2,
- e
- b) maggiore di, o uguale a, quella del modello di condensatore provato. Per esempio, la qualificazione per ± 5 consente valori quali $\frac{+10}{-5}\%$, $\frac{+5}{-10}\%$, $\frac{+8}{-2}\%$, $\frac{+10}{0}\%$, ma non $\frac{+15}{-5}\%$.



Tabella 1 – Elenco delle prove di tipo

Gruppo	Prove	Paragrafo	Numero dei campioni da ispezionare (nota 1)	Numero dei guasti consentiti per la prima prova (nota 2)	Numero dei guasti consentiti per la riprova
1	Esame visivo Controllo delle marcature Controllo delle dimensioni Prove meccaniche (<i>esclusa saldatura a riporto</i>) Prova di ermeticità (<i>se applicabile</i>)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (nota 3)	0
2	Prova di durata	5.13	42 [21]	2 (nota 4)	0
3	Saldatura a riporto (<i>se applicabile</i>) Prova di caldo umido Prova di tensione tra i terminali Prova di tensione tra i terminali e la custodia	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (nota 3)	0
4	Prova di autorigenerazione (<i>se applicabile</i>)	5.15	20 [10]	1 (nota 3)	0
5	Prova di distruzione (<i>se marcata sul condensatore</i>)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (nota 5)	0
6	Resistenza al calore, al fuoco ed alla scarica superficiale (non applicabile ai condensatori con terminali isolati)	5.17	3 (Solamente per l'involucro dei terminali) (vedere la nota 6)	0	0
<p>NOTA 1 Il numero dei campioni specificato, permette la ripetizione della prova, se richiesto. Il numero tra parentesi quadre indica il numero effettivo specificato per la prova. Tutte le cifre indicano il numero dei campioni per ciascun valore di capacità provato. Se viene sottoposta a prova una gamma, il numero indicato in questa tabella si applica sia alla capacità più alta che a quella più bassa e a tutti gli altri valori intermedi necessari alle prove della gamma, secondo 5.3.1.</p> <p>NOTA 2 Un condensatore che fallisce in più di una prova è considerato un condensatore difettoso.</p> <p>NOTA 3 Per i gruppi 1, 3 e 4, è consentita una ripetizione della prova se vi è un solo guasto. Nessun guasto è consentito durante queste prove di conferma.</p> <p>NOTA 4 Per il gruppo 2, non è richiesta alcuna prova di conferma con 0 o 1 guasti. Con due guasti, è necessaria una ripetizione della prova e per questa non è consentito alcun guasto.</p> <p>NOTA 5 Per il gruppo 5, vedere 5.16, che consente una ripetizione della prova in condizioni particolari nel caso di un guasto singolo.</p> <p>NOTA 6 Sono necessari tre campioni del supporto dei terminali (le parti di materiale isolante che mantengono in posizione i terminali), per le prove descritte in 5.17.</p> <p>Un campione è richiesto per la prova della sfera (5.17.1), uno per prova con filo incandescente (5.17.2) ed uno per la prova di resistenza alla scarica superficiale (5.17.3).</p>					

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

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

- a) prova di tensione tra i terminali (vedere 5.7);
- b) prova di tensione tra i terminali e la custodia (vedere 5.8);
- c) prova di autorigenerazione (vedere 5.15).

La prova di durata deve essere effettuata per ciascun valore nominale di tensione e per ogni condizione di esercizio marcata sul condensatore. Il numero di campioni che deve essere provato deve essere determinato di conseguenza.



5.4 Prove individuali

5.4.1 Procedura di prova

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

- a) prova di ermeticità, se applicabile (vedere 5.12);
- b) prova di tensione tra i terminali (vedere 5.7);
- c) prova di tensione tra i terminali e la custodia (vedere 5.8);
- d) esame visivo (vedere 5.6);
- e) misura della capacità (vedere 5.9);
- f) tangente dell'angolo di perdita (vedere 5.5).

5.5 Tangente dell'angolo di perdita

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

5.6 Esame visivo

Le condizioni, la fabbricazione, la marcatura e la finitura devono essere soddisfacenti. La marcatura deve essere leggibile per tutta la durata della vita del condensatore.

5.7 Prova di tensione tra i terminali

Nelle prove di tipo, i condensatori devono essere sottoposti ad una prova di tensione in corrente alternata, secondo quanto specificato nella Tabella 2a o nella Tabella 2b. La prova deve essere effettuata con una tensione sostanzialmente sinusoidale alla frequenza nominale. La prova può essere eseguita a 50 Hz o a 60 Hz.

Può essere usata una frequenza superiore, a discrezione del costruttore.

NOTA IMPORTANTE

Tutti i Paesi europei e i Paesi non specificatamente nominati nel seguito richiedono che le prove siano effettuate in conformità con la Tabella 2a.

Canada, Giappone e USA richiedono che le prove siano effettuate in conformità con la Tabella 2b.

Tabella 2a – Tensioni di prova

Tipo di servizio	Tipo di condensatore	Rapporto tra la tensione di prova e la tensione alternata nominale	Durata della prova di tipo s
Continuo	Condensatore non autorigenerante	2,15	60
	Condensatore autorigenerante	2,0	60

Per le prove individuali, la durata indicata nella Tabella 2a può essere ridotta da 60 s a 2 s.

Tabella 2b – Tensioni di prova

Tipo di servizio	Tipo di condensatore	Rapporto tra la tensione di prova e la tensione alternata nominale	Durata della prova di tipo s
Continuo	Condensatore non autorigenerante	2,15	10
	Condensatore autorigenerante	1,75	10

Per le prove individuali, la durata indicata nella Tabella 2b può essere ridotta da 10 s a 1 s.

Non si devono verificare né scariche superficiali né perforazioni permanenti. Per i condensatori metallizzati sono ammesse scariche di autorigenerazione.

Quando il condensatore contiene più di una sezione, ciascuna sezione deve essere provata indipendentemente, secondo quanto specificato nella tabella sopra riportata.



5.8 Prova di tensione tra i terminali e la custodia

I condensatori devono essere in grado di sopportare, senza cedimenti, per 60 s, una prova tra i terminali (uniti insieme) e la custodia, con una tensione alternata sostanzialmente sinusoidale ad una frequenza, la più vicina possibile a quella nominale, ed il cui valore efficace deve essere uguale:

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

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

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

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

Per le prove individuali, la durata della prova può essere ridotta da 60 s a 2 s per Paesi che usano la Tabella 2a o a 1 s per Paesi che usano la Tabella 2b.

5.9 Misura della capacità

La capacità deve essere misurata usando un metodo che escluda gli errori introdotti dalle armoniche.

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

Le prove di tipo e quelle individuali devono essere effettuate ad un valore compreso tra 0,9 e 1,1 volte quello della tensione nominale ed alla frequenza nominale.

Altri valori di tensione e frequenza utilizzati per la misura sono consentiti, se può essere dimostrato che la capacità misurata non differisce dal valore effettivo di oltre lo 0,2 %.

5.10 Controllo delle dimensioni

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

Inoltre, devono essere verificati i valori minimi delle linee di fuga e delle distanze in aria indicati nella Tabella 5.

5.11 Prove meccaniche

Queste prove devono essere condotte in conformità con le relative prove della serie IEC 60068.

Queste prove sono:

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

5.11.1 Robustezza dei terminali

I condensatori devono essere sottoposti alle prove Ua, Ub, Uc e Ud della IEC 60068-2-21, a seconda di come applicabile.

**5.11.1.1 Prova Ua — Resistenza alla trazione**

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

Per i terminali a filo esterno, la sezione deve essere, come minimo, di 0,5 mm².

5.11.1.2 Prova Ub — Resistenza ai piegamenti (metà dei terminali)

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

5.11.1.3 Prova Uc — Resistenza alla torsione (l'altra metà dei terminali)

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

5.11.1.4 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 un coppia avente il valore specificato nella Tabella 3 e quindi 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 mm	Coppia N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Esame visivo

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

5.11.2 Saldatura a riporto

La prova deve essere effettuata soltanto quando i terminali sono destinati ad essere collegati mediante saldatura a riporto.

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

Quando non sono applicabili né il metodo del bagno di saldatura né quello della saldatura a goccia, si deve effettuare la prova di saldatura, con il saldatore di dimensioni A.

La capacità del condensatore deve essere misurata, prima e dopo la prova, mediante il metodo indicato in 5.9. Non è ammessa alcuna variazione percettibile della capacità.

Quando tutte le procedure di prova sono state effettuate, i condensatori devono essere esaminati visivamente. Non si devono rilevare danni evidenti.



5.11.3 Vibrazione

I condensatori devono essere sottoposti alla prova F_c della IEC 60068-2-6, usando un sistema di montaggio simile a quello che si deve usare in pratica. Il grado di severità della prova deve essere il 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.

La capacità dei condensatori deve essere misurata prima e dopo la prova mediante il metodo indicato in 5.9. Non è ammessa alcuna variazione percettibile della capacità.

Dopo la prova, il condensatore deve essere sottoposto alla prova di tensione tra i terminali e la custodia, secondo quanto indicato in 5.8. Non si devono verificare né perforazioni né scariche superficiali.

Quando tutte le procedure di prova sono state effettuate i condensatori devono essere esaminati visivamente. Non si devono rilevare danni evidenti.

5.11.4 Vite o codolo filettato di fissaggio (se presente)

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

La durata di vita del codolo filettato di fissaggio deve essere controllata sui quattro campioni provati in 5.13 (prova di durata) con il metodo che segue.

Quattro condensatori devono essere montati su una piastra di fissaggio all'interno della camera per la prova di durata. Lo spessore della piastra di fissaggio deve essere $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ ed il diametro del foro deve essere quello del codolo aumentato da $+0,5 \text{ mm}$ a $+1,0 \text{ mm}$.

Prima di cominciare la prova di durata, devono essere applicati i valori di coppia specificati nella Tabella 3. Al termine della prova di durata, deve essere applicata una coppia avente un valore uguale alla metà del valore corrispondente specificato nella Tabella 3.

Non sono ammessi guasti.

5.12 Prova di ermeticità

Questa prova non è richiesta se il costruttore certifica che i condensatori non contengono sostanze che sono liquide a $t_c + 10^\circ\text{C}$.

Il condensatore deve essere montato in una posizione tale che le eventuali perdite possano essere messe facilmente in evidenza ad una temperatura di $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ più alta della massima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore, per un tempo sufficiente affinché tutte le parti del condensatore raggiungano questa temperatura.

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

Non si devono verificare perdite.

Se il condensatore è destinato ad essere fornito con un copri-terminale, la prova di ermeticità dovrebbe essere effettuata, preferibilmente, prima che il copri-terminale venga posizionato. Il copri-terminale deve essere posizionato in modo tale che l'ermeticità non venga compromessa.

Dopo la prova di ermeticità, i condensatori devono essere esaminati per verificare se vi siano perdite di liquido o deformazioni della custodia.

È ammesso che il liquido inumidisca la superficie, ma non devono formarsi delle gocce.



5.13 Prova di durata

Questa prova ha lo scopo di dimostrare che il progetto del condensatore è adeguato alla classe di funzionamento specificata dal costruttore.

Per condensatori dotati di codolo filettato, vedere anche 5.11.

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

5.13.1 Prove in aria con ventilazione forzata

I condensatori devono essere montati in una camera di prova in cui la temperatura dell'aria sia costante, con una tolleranza di ± 2 °C.

L'aria nella camera di prova deve essere continuamente mossa, ma non così energicamente da causare un improprio raffreddamento dei condensatori. I condensatori in prova non devono essere esposti alla radiazione diretta proveniente dagli elementi riscaldanti posti nella camera.

L'elemento sensibile alla temperatura del termostato, che regola la temperatura dell'aria della camera, deve essere direttamente investito dalla corrente dell'aria riscaldata che circola nella camera.

NOTA Il riscaldamento dell'aria può essere effettuato in un ambiente separato, da cui l'aria può essere introdotta nella camera di prova dei condensatori attraverso una valvola che consenta una buona distribuzione dell'aria riscaldata sopra i condensatori.

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

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

L'elemento sensibile alla temperatura di un registratore di temperatura deve essere fissato a metà altezza della custodia del condensatore che ha il più basso valore di tangente dell'angolo di perdita.

Il termostato deve essere regolato alla temperatura ($t_c - 15$ °C), e quindi i condensatori vengono messi sotto tensione con il valore di tensione ed il ciclo di prova appropriati (vedere anche l'Allegato A). Durante le prime 24 h, viene annotata la differenza tra t_c e la temperatura indicata dal registratore e vengono effettuate le eventuali regolazioni affinché la temperatura della custodia di ciascun condensatore sia uguale a $t_c \pm 2$ °C. La prova viene quindi proseguita fino allo scadere del tempo stabilito, senza che vengano effettuate ulteriori regolazioni del termostato, il tempo viene misurato dal momento della messa sotto tensione dei condensatori.

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

5.13.2 Procedimento della prova di durata

I condensatori devono essere provati secondo la classe opportuna indicata nella Tabella 4.

Tabella 4 – Condizioni della prova di durata

Durata di vita prevista	30 000 h (classe A)	10 000 h (classe B)	3 000 h (classe C)	1 000 h (classe D)
Condizioni di prova	6 000 h a 1,25 U_N continui o 3 000 h a 1,35 U_N continui	2 000 h a 1,25 U_N continui o 1 000 h a 1,35 U_N continui	600 h a 1,25 U_N continui	200 h a 1,25 U_N continui
Variazione di capacità ammessa	3 %	3 %	3 %	3 %



Sono ammesse classi di durata di vita superiori a 30 000 h, applicando il seguente calcolo:

Durata della prova = 10 % della vita a $1,35 U_N$ e 20 % della vita a $1,25 U_N$.

I tempi di prova indicati nella Tabella 4 si riferiscono agli effettivi periodi di energizzazione.

NOTA La relazione che intercorre tra l'attesa di vita e la lunghezza della prova di durata si basa sull'esperienza e su statistiche, e non ha un valore assoluto.

5.13.3 Condizioni di conformità

Durante la prova non si devono verificare perforazioni permanenti, interruzioni o scariche superficiali.

I condensatori, tenuti per 10 min al limite superiore della temperatura nella posizione più sfavorevole, non devono presentare perdite sotto forma di gocce.

Al termine della prova i condensatori devono essere lasciati raffreddare liberamente alla temperatura ambiente e quindi deve essere misurata la capacità (vedere 5.9).

Sono permesse misure intermedie durante la prova.

5.14 Prova di caldo umido

La capacità deve essere misurata prima della prova (vedere 5.9).

Questa prova deve essere effettuata conformemente alla IEC 60068-2-78.


Deve essere utilizzato il grado di severità indicato sulla marcatura. Nessuna tensione deve essere applicata ai campioni e nessuna misura deve essere effettuata durante la prova.

Dopo l'esposizione al caldo umido, i condensatori devono essere immagazzinati per l'assestamento nelle condizioni atmosferiche normalizzate per non meno di 1 h, ma per non più di 2 h. Immediatamente dopo l'immagazzinamento, deve essere misurata la capacità con le modalità indicate in 5.9.

Dopo la prova la variazione della capacità deve essere inferiore allo 0,5 %.

5.15 Prova di autorigenerazione

I condensatori autorigenerabili devono possedere adeguate proprietà di autorigenerazione. La conformità si verifica mediante la seguente prova.

La presente prova deve essere effettuata soltanto su condensatori marcati  o SH.

I condensatori devono essere sottoposti alla prova descritta in 5.7 per il tempo indicato nella tabella appropriata.

Se, durante questo tempo, si verificano meno di 5 scariche autorigeneranti, la tensione deve essere aumentata, con un incremento non superiore a 200 V/min, fino a che si verifichino 5 scariche autorigeneranti dall'inizio della prova o finché la tensione abbia raggiunto un valore massimo di $3,5 U_N$.

La tensione deve quindi essere diminuita sino a 0,8 volte la tensione alla quale si è verificata la quinta scarica autorigenerante o a 0,8 volte la tensione massima e deve essere mantenuta a questo livello per 10 s. Durante questo periodo è ammessa un'altra scarica autorigenerante in ciascun condensatore.

Si reputa che i condensatori abbiano superato la prova se soddisfano entrambe le seguenti prescrizioni:

- a) la variazione della capacità è $< 0,5 \%$;
- b) il valore RC è ≥ 100 s.

Le scariche autorigeneranti durante la prova possono essere rilevate mediante un oscilloscopio o con metodi di prova acustici o in alta frequenza.



5.16 Prova di distruzione

Questa prova è facoltativa

Un tipo di condensatore che presenti il circuito interno aperto a seguito di questa prova, deve essere marcato (P2). Un tipo di condensatore che, a seguito di questa prova, può presentarsi in circuito aperto o in cortocircuito, deve essere marcato (P1).

NOTA 1 Il cedimento con cortocircuito è permesso solo ai condensatori marcati (P1). I condensatori non sottoposti a questa prova devono essere marcati (P0).

NOTA 2 La prova di distruzione per i condensatori a film segmentato è allo studio.

5.16.1 Campioni di prova

La prova deve essere effettuata su 10 campioni, mentre altri 10 campioni simili sono tenuti di riserva per un'eventuale ripetizione della prova. Metà dei campioni (5) devono avere superato la prova indicata in 5.4.1. I rimanenti cinque condensatori devono aver superato la prova di durata descritta in 5.13 (gruppo 2).

Per i condensatori con custodia metallica, questa deve essere collegata ad un polo dell'alimentatore di tensione. Se è possibile distinguere tra i terminali del condensatore, il gruppo deve essere suddiviso in due sottogruppi. Il primo dei quali deve avere il morsetto A collegato alla custodia, il secondo gruppo deve avere il morsetto B collegato alla custodia.

5.16.2 Apparecchiatura di prova

5.16.2.1 Apparecchiatura di prova per il condizionamento in corrente continua

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

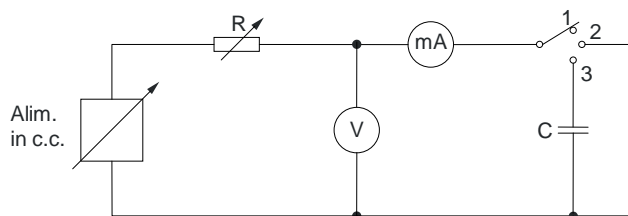


Figura 1 – Apparecchiatura di prova per il condizionamento in corrente continua

L'alimentazione in corrente continua viene regolata in modo da fornire, in condizioni di circuito aperto, una tensione equivalente a $10 U_N$ con il commutatore nella posizione 1.

Un resistore variabile R è regolato in modo che, con il commutatore nella posizione 2, circoli una corrente di 50 mA.

Si applica la tensione continua al condensatore in prova, con il commutatore nella posizione 3.



5.16.2.2 Apparecchiatura di prova per la prova di distruzione in corrente alternata

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

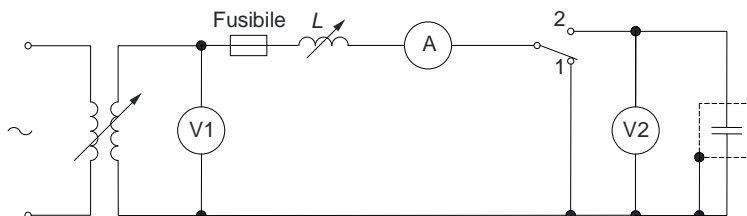


Figura 2 – Apparecchiatura di prova per la prova di distruzione in corrente alternata

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

Il condensatore viene energizzato con il commutatore nella posizione 2.

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

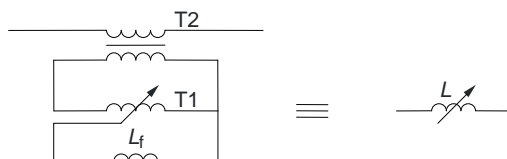


Figura 3 – Circuito per realizzare l'induttore variabile L della Figura 2

5.16.3 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 perforazione del dielettrico. Non è previsto che il condizionamento in corrente continua venga applicato per interrompere i condensatori.

5.16.3.1 Preparazione e preconditionamento

Tutti i campioni di prova devono essere preparati e preconditionati come segue:

I condensatori devono essere strettamente avvolti con garza di cotone e montati all'interno di una camera di prova a circolazione d'aria, alla temperatura $t_c + 10 \text{ }^\circ\text{C}$. La differenza di temperatura non deve superare $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Durante la predisposizione della prova di distruzione, deve essere applicata ai campioni, per 2 h, la tensione nominale (U_N) a $t_c + 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Non sono ammesse interruzioni o cortocircuiti dei condensatori.



5.16.3.2 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 cinque condensatori che hanno superato la prova descritta in 5.4.1 devono essere provati a temperatura ambiente.

La tensione di un alimentatore in corrente continua (vedere la Figura 1) deve essere aumentata da zero fino ad un massimo di $10 U_N$, con un incremento approssimativo di 200 V/min, fino a che si verifichi un cortocircuito, oppure venga raggiunta la tensione $10 U_N$.

I condensatori devono essere tolti dal condizionamento in corrente continua quando la tensione indicata dal voltmetro è zero oppure ha raggiunto i $10 U_N$ e si è mantenuta per un periodo di 5 min, o per una durata diversa stabilita dal costruttore.

Un condensatore che va in circuito aperto dopo il condizionamento in corrente continua, deve essere sostituito da un altro campione e non conteggiato nei risultati.

5.16.3.3 Prova di distruzione in corrente alternata

Ai condensatori, mantenuti alla temperatura di condizionamento in corrente continua, deve essere applicata una tensione alternata uguale a $1,3 U_N$. Se il condensatore si rigenera (ritorna funzionante) o si interrompe, la tensione deve essere mantenuta per 5 min.

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

5.16.4 Valutazione del guasto

Al termine della prova la garza di cotone non deve essere bruciata su nessuno dei campioni; tuttavia essa può essere scolorita a causa delle sostanze fuoriuscite.

Ciascun condensatore deve soddisfare le seguenti condizioni:

- a) il materiale liquido fuoriuscito può inumidire la superficie esterna del condensatore, ma non deve cadere sotto forma di gocce;
- b) le parti interne sotto tensione non devono essere accessibili al dito di prova normalizzato (vedere la Figura 1 della IEC 60529);
- c) le bruciature o gli imbrunimenti della garza non devono essere evidenti, poiché questo significherebbe che fiamme o particelle incandescenti sono state emesse dalle aperture;
- d) il condensatore deve superare la prova indicata in 5.8, effettuata con un valore di tensione ridotto a 0,8 volte il valore specificato.

La prova si conclude quando i 10 condensatori sono diventati non operativi.

Se uno dei campioni di prova non ha soddisfatto le condizioni sopraindicate in a) o d), la prova può essere ripetuta un'altra volta su altri 10 campioni. In ogni caso tutti i condensatori devono superare la prova ripetuta.

Se più di un condensatore non soddisfa le condizioni indicate in a) o d), il risultato della prova deve essere considerato negativo. Tutti i condensatori debbono soddisfare le condizioni specificate in b) ed in c).

5.17 Resistenza al calore, al fuoco e alla scarica superficiale

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

5.17.1 Prova della sfera

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



Per materiali diversi dalla ceramica, la verifica viene fatta sottomettendo le parti alla prova della sfera come indicato in 27.3 della IEC 60309-1 a 125 °C o a $t_c + 40$ °C, scegliendo il più elevato dei due valori.

5.17.2 Prova con filo incandescente

Per materiali diversi dalla ceramica, la verifica viene eseguita con la prova seguente.

Le parti esterne del materiale isolante che mantengono i terminali in posizione devono essere sottoposte alla prova del filo incandescente, secondo la IEC 60695-2-10 e la IEC 60695-2-11, tenendo conto dei seguenti dettagli:

- il campione da provare comprende una serie di componenti individuali che formano l'insieme del terminale;
- la temperatura dell'estremità del filo incandescente è di 550 °C per $I_N \leq 0,5$ A e 850 °C per $I_N > 0,5$ A;
- tutte le fiamme o le incandescenze del campione si devono estinguere entro 30 s dal ritiro del filo incandescente, e le eventuali gocce infiammate non devono incendiare il tessuto di carta velina a cinque strati, definito nella 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.

5.17.3 Prova di resistenza alla scarica superficiale

Le parti isolanti esterne dei condensatori che trattengono le parti in tensione in posizione o sono in contatto con tali terminali, devono essere di materiale resistente alla scarica superficiale.

La conformità si verifica eseguendo le prove di resistenza alla scarica superficiale indicata nella IEC 60112, con una tensione di 250 V applicata alle corrispondenti parti, secondo la soluzione A.

6 Sovraccarichi ammissibili

6.1 Massima tensione ammissibile

Indipendentemente dal tipo di servizio, i condensatori con armatura in foglio metallico e metallizzati devono essere idonei per funzionare in condizioni anormali per periodi prolungati, ad un valore efficace di tensione ai morsetti non superiore a 1,10 volte la tensione nominale, escludendo i transitori causati dall'inserzione e dalla disinserzione dei condensatori nel circuito (vedere 9.2, 9.3 e 9.5), ma includendo gli effetti delle armoniche e delle variazioni della tensione di alimentazione.

Il funzionamento al di sopra della tensione nominale ridurrà la vita prevista del condensatore.

6.2 Massima corrente ammissibile

I condensatori devono essere idonei a funzionare con un valore efficace di corrente non superiore a 1,30 volte la corrente che si verifica alla tensione sinusoidale nominale ed alla frequenza nominale, escludendo i transitori.

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

6.3 Massima potenza reattiva ammissibile

Il sovraccarico risultante dal funzionamento a tensione e corrente superiori ai valori nominali (comunque entro i limiti indicati in 6.1 e 6.2) non deve superare 1,35 volte il valore della potenza nominale.



Tenendo conto della tolleranza di capacità, la massima potenza ammissibile può raggiungere il valore di 1,35 volte la potenza nominale in uscita, aumentata in proporzione all'effettivo valore di capacità rispetto al valore nominale.

NOTA Deve essere tenuto presente che il funzionamento dei condensatori in condizioni di sovraccarico, anche entro i limiti sopra indicati, può avere un'influenza negativa sulla durata di vita di questi condensatori.

7 Prescrizioni di sicurezza

7.1 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 tra tali parti sotto tensione e la custodia metallica del condensatore, se presente, non devono essere inferiori ai valori minimi indicati nella Tabella 5.

Queste distanze minime devono essere applicate ai terminali con o senza i collegamenti esterni. Questi valori non vengono applicati alle linee di fuga e alle distanze in aria interne.

Devono essere rispettate le prescrizioni relative alle particolari applicazioni.

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

Gli spazi d'aria inferiori a 1 mm devono essere ignorati nel calcolo del percorso totale in aria.

Le linee di fuga sono le distanze in aria misurate lungo la superficie dei materiali isolanti.


7.2 Terminali e conduttori di collegamento

I terminali ed i conduttori di collegamento non disinseribili devono avere una sezione che possa condurre con sicurezza la corrente del condensatore e devono avere una resistenza meccanica sufficiente. La sezione minima del conduttore deve essere 0,5 mm². I cavi isolati devono essere adatti ai valori nominali di tensione e di temperatura del condensatore.

I costruttori devono certificare che i conduttori, forniti con i condensatori siano adatti a condurre adeguatamente la corrente nell'intera gamma specificata di capacità/temperatura/tensione.

7.3 Collegamenti a terra

Se è previsto che la custodia metallica del condensatore debba essere collegata a terra o a un conduttore di neutro, devono essere forniti gli accessori che consentano la realizzazione di un collegamento sicuro. Ciò può essere ottenuto fornendo il condensatore all'interno di una custodia di metallo non verniciata o provvisto di un terminale di terra, di un conduttore di terra o di una staffa metallica con un sicuro collegamento elettrico alla custodia.

Qualsiasi sia il tipo di collegamento utilizzato, esso deve essere chiaramente marcato mediante il simbolo  che indica che è destinato ad essere collegato a terra.

Quando la custodia metallica è dotata di un codolo filettato e il condensatore è solidamente fissato ad una struttura metallica per mezzo di questo codolo senza l'interposizione di materiale isolante e la struttura è sicuramente collegata a terra, il codolo deve essere considerato un collegamento a terra sicuro.

**Tabella 5 – Linee di fuga e distanze in aria minime**

Tensione nominale	Fino a 24 V compresi mm	Oltre 24 V fino a 250V compresi mm	Oltre 250 V fino a 500V compresi mm	Oltre 500 V fino a 1 000V compresi mm
Linee di fuga				
1 Tra le parti in tensione di polarità diversa	2	3 (2)	5	6
2 Tra le parti in tensione e le parti accessibili metalliche che sono permanentemente fissate al condensatore, comprese le viti o i dispositivi che servono al fissaggio dei coperchi o del condensatore al proprio supporto	2	4 (2) 3 ^(a)	6 3 ^(a)	7
Distanze in aria				
3 Tra le parti in tensione di diversa polarità	2	3 (2)	5	6
4 Tra le parti in tensione e le parti accessibili metalliche che sono permanentemente fissate al condensatore, comprese le viti o i dispositivi che servono al fissaggio dei coperchi o del condensatore al proprio supporto	2	4 (2) 3 ^(a)	6 3 ^(a)	7
5 Tra le parti in tensione e la superficie piatta di un supporto o un coperchio metallico allentato, quando presente, se la costruzione non assicura che i valori del punto 4 di cui sopra, siano mantenuti nella condizioni più sfavorevoli (solo per informazione)	2	6	10	12
NOTA I valori tra parentesi si applicano alle linee di fuga ed alle distanze in aria protette dalla sporcizia. Per le custodie sigillate o riempite di materiale composito in modo permanente, non è necessario controllare le linee di fuga e le distanze in aria.				
Il punto 5 è stato inserito come guida, solo per indicare le prescrizioni per i condensatori nell'applicazione.				
(a) Per il vetro o altri isolanti con qualità di resistenza alla scarica superficiale equivalenti.				

7.4 Dispositivi di scarica

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

Quando è previsto un dispositivo di scarica, esso deve ridurre la tensione ai terminali del condensatore dal valore di picco della tensione nominale al valore di 50 V, o meno, nell'intervallo di 1 min dal momento in cui il condensatore viene scollegato dall'alimentazione.



NOTA A volte un dispositivo di scarica può essere specificato, non per ragioni di sicurezza, ma per evitare sovrassollecitazioni elettriche sul condensatore. Questo può verificarsi quando un condensatore disinserito ancora carico viene ricollegato a un altro condensatore di differente polarità.

8 Marcatura

Sul condensatore devono essere marcate le seguenti informazioni:

- nome del costruttore, nome abbreviato o marchio di fabbrica;
- designazione di tipo del costruttore;
- capacità nominale (C_N) in microfarad e tolleranza espressa come percentuale;
- tensione nominale (U_N) in volt;
- disponibile;



- f) frequenza nominale f_N in hertz, se diversa da 50 Hz;
- g) categoria climatica, per esempio 25/85/21 (vedere 4.1);
- h) data di fabbricazione (può essere usato un codice);
- i)  o SH per i condensatori autorigenerabili;
- j) Il dispositivo di scarica, se presente, deve essere indicato per esteso o mediante il simbolo ;
- k) classe della protezione di sicurezza, per esempio, P0, P1, P2;
- l) marchi di approvazione;
- m) materiale di riempimento. Il riferimento al liquido utilizzato (non necessario per i condensatori secchi);
- n) classe di funzionamento o durata della vita. Deve essere posta vicina al valore della tensione;
- o) numero della specifica (Norma).

Se il condensatore è di piccole dimensioni e non ha spazio sufficiente per riportare le marcature, devono essere marcati solo gli elementi a), b), c), d), g), h), i), k), l), n), mentre gli altri possono essere omessi. Inoltre, il dato al punto c) deve essere marcato con il codice normalizzato conforme alla IEC 60062, ma, se vi è spazio a sufficienza, il valore della capacità nominale e della sua tolleranza devono essere marcati per esteso.

Le informazioni non riportate sul condensatore devono essere indicate sull'imballaggio o su un'avvertenza allegata.

9 Guida per l'installazione e l'esercizio

9.1 Generalità

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 energizzati e dalle parti in ferro sotto tensione. Inoltre, altre sorgenti di calore, come il riscaldamento di una lavabiancheria elettrica, possono aumentare la temperatura del condensatore.

La maggior parte dei motori con condensatore, e conseguentemente i condensatori stessi, vengono inseriti e disinseriti molto frequentemente. Nelle prove di inserzione è stato riscontrato che elevate sovratensioni transitorie si manifestano sovente ai terminali sia dei condensatori permanenti, sia dei condensatori di avviamento. Per sopportare questi transitori, bisognerebbe accertarsi che i valori nominali dichiarati dal costruttore non vengano superati.

9.2 Scelta della tensione nominale

9.2.1 Misure della tensione di funzionamento

Ai valori massimi della tensione di rete, dell'induttanza del motore e della capacità (tenendo conto delle tolleranze e dei carichi del motore nelle condizioni più sfavorevoli), la tensione ai morsetti del condensatore non deve superare del 10 % il suo valore nominale.



9.2.2 Influenza della capacità

Oltre che dalla tensione della rete di alimentazione e dall'accoppiamento induttivo tra l'avvolgimento principale e l'avvolgimento ausiliario del motore a condensatore, la tensione ai morsetti del condensatore dipende anche dal valore stesso della capacità, specie quando il condensatore e l'avvolgimento ausiliario funzionano vicino al punto di risonanza. Questo fatto dovrebbe essere tenuto in considerazione quando si sceglie la tensione nominale del condensatore, e si dovrebbe prestare la dovuta attenzione alla massima corrente ammissibile del motore.

Nella scelta della tensione nominale del condensatore si dovrebbero tenere nella dovuta considerazione le misure di tensione specificate in 9.2.1, la possibile variazione della tensione della rete di alimentazione e l'effetto della tolleranza sulla capacità.

9.3 Controllo della temperatura del condensatore

9.3.1 Scelta della massima temperatura di funzionamento 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.), l'utilizzatore dovrebbe controllare la temperatura di funzionamento del condensatore insieme a quelle dell'apparecchio in cui il condensatore è montato. Durante questa prova, dovrebbero essere realizzate le condizioni più sfavorevoli ammissibili di funzionamento applicabili a tale apparato.

La temperatura del condensatore dovrebbe essere misurata in queste condizioni. Il valore nominale della massima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore non dovrebbe essere inferiore al più alto valore di temperatura misurato durante la prova.

Questa prova deve essere ripetuta prima di cambiare il tipo di condensatore.

9.3.2 Scelta della minima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore

Il valore nominale della minima temperatura di funzionamento ammissibile del condensatore non deve essere superiore alla più bassa temperatura ambiente a cui il condensatore può funzionare.

9.4 Controllo dei transitori

In certe condizioni di inserzione o disinserzione dei motori, o di inserzione di condensatori di avviamento, sui condensatori permanenti si possono verificare alti picchi di corrente o sovratensioni transitorie. Per prevenire il cedimento prematuro del condensatore, l'utilizzatore deve stabilire, mediante prove idonee, che la massima tensione transitoria e il massimo dv/dt dichiarati dal costruttore non vengano superati. In alcune circostanze, per limitare i picchi di tensione e di corrente può essere necessario inserire nei circuiti del motore resistori di scarica o resistenze in serie.

In alcuni casi può essere necessario aggiungere resistenze per far rientrare il picco di corrente entro i limiti del progetto del condensatore.

9.5 Corrente di fuga

La corrente di fuga capacitiva non è normalmente significativa nelle applicazioni per motori. Tuttavia, quando l'applicazione necessita di una bassa corrente di fuga verso terra, questo dovrebbe essere espressamente richiesto dall'utilizzatore.



Allegato A (normativo)

Tensione di prova

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 ± 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.



Bibliografia

Ulteriori informazioni si possono trovare nelle seguenti Norme.

IEC 60110-1:1998, *Power capacitors for induction heating installations – Part 1: General*

IEC 60143-1: 2004: *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60252-2⁽¹⁾, *AC motor capacitors – Motor start capacitors*

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60831-1:2002, *Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 60871-1:2005, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General*

IEC 60931-1:1996, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 61048: 2006, *Auxiliaries for lamps – Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – General and safety requirements*

IEC 61071:2007, *Power electronic capacitors*

(1) Di prossima pubblicazione.



Allegato ZA (normativo)

Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee

I seguenti documenti di riferimento sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. In caso di riferimenti datati, si applica solo l'edizione indicata. In caso di documenti non datati, si applica l'ultima edizione (incluse eventuali Modifiche) della Pubblicazione indicata.

NOTA Quando la Pubblicazione Internazionale è stata modificata da modifiche comuni CEI, 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	–	40-1
IEC 60068	Serie	Prove ambientali	EN 60068	Serie	vedi CT 48
IEC 60068-2-6	–	Prove ambientali - Parte 2-6: Prove - Prova Fc: Vibrazioni (sinusoidali)	EN 60068-2-6	–	104-40
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	–	Prove ambientali - Parte 2-78: Prove - Prova Cab: Caldo umido, regime stazionario	EN 60068-2-78	–	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	–	Spine e prese per uso industriale - Parte 1: Prescrizioni generali	EN 60309-1	–	23-12/1
IEC 60529	–	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)	–	–	70-1
IEC 60695-2-10	–	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	–	89-12



<u>Pubblicazione</u>	<u>Anno</u>	<u>Titolo</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Anno</u>	<u>Norma CEI</u>
IEC 60695-2-11	–	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	–	89-13
ISO 4046	–	<i>Paper, board, pulp and related terms - Vocabulary</i>	–	–	–



Versione originale documento



FOREWORD

The text of document 33/470/FDIS, future edition 2 of IEC 60252-1, prepared by IEC TC 33, Power capacitors, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 60252-1 on 2011-01-02.

This European Standard supersedes EN 60252-1:2001.

This EN 60252-1:2011 includes the following significant technical changes with respect to EN 60252-1:2001:

- the definition of “segmented capacitors” has been added, in 3.6;
- the definition of “classes of operation” has been clarified, with the addition of the concept of “probable life” with reference to statistics, in 3.9;
- the following wording “Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor” has been introduced in 6.1;
- some clarifications have been added to Clause 8, Marking, mainly for small capacitors.

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) | 2011-10-02 |
| – latest date by which the national standards conflicting with the EN have to be withdrawn | (dow) | 2014-01-02 |

Annex ZA has been added by CENELEC.

ENDORSEMENT NOTICE

The text of the International Standard IEC 60252-1:2010 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

In the official version, for Bibliography, the following notes have to be added for the standards indicated:

IEC 60110-1:1998	NOTE	Harmonized as EN 60110-1:1998 (not modified).
IEC 60143-1:2004	NOTE	Harmonized as EN 60143-1:2004 (not modified).
IEC 60252-2	NOTE	Harmonized as EN 60252-2.
IEC 60871-1:2005	NOTE	Harmonized as EN 60871-1:2005 (not modified).
IEC 60931-1:1996	NOTE	Harmonized as EN 60931-1:1996 (not modified).
IEC 61048:2006	NOTE	Harmonized as EN 61048:2006 (not modified).
IEC 61071:2007	NOTE	Harmonized as EN 61071:2007 (not modified).



CONTENTS

1	Scope and object.....	34
2	Normative references	34
3	Terms and definitions	34
4	Service conditions	37
4.1	Normal service conditions	37
4.2	Preferred tolerances on capacitance	38
5	Quality requirements and tests.....	38
5.1	Test requirements.....	38
5.2	Nature of tests.....	38
5.3	Type tests	38
5.4	Routine tests	41
5.5	Tangent of loss angle	41
5.6	Visual examination	41
5.7	Voltage test between terminals	41
5.8	Voltage test between terminals and case.....	42
5.9	Capacitance measurement.....	42
5.10	Check of dimensions	42
5.11	Mechanical tests.....	42
5.12	Sealing test	44
5.13	Endurance test	45
5.14	Damp-heat test.....	46
5.15	Self-healing test	46
5.16	Destruction test	47
5.17	Resistance to heat, fire and tracking	49
6	Permissible overloads.....	50
6.1	Maximum permissible voltage	50
6.2	Maximum permissible current.....	50
6.3	Maximum permissible reactive output.....	50
7	Safety requirements	51
7.1	Creepage distances and clearances.....	51
7.2	Terminals and connecting cables	51
7.3	Earth connections.....	51
7.4	Discharge devices	52
8	Marking	52
9	Guidance for installation and operation	53
9.1	General	53
9.2	Choice of rated voltage	53
9.3	Checking capacitor temperature	54
9.4	Checking transients	54
9.5	Leakage current	54
	Annex A (normative) Test voltage.....	55
	Bibliography	56
	Annex ZA (normative) Normative references to international publications with their corresponding European publications	57



AC MOTOR CAPACITORS –

Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guidance for installation and operation

1 Scope and object

This part of IEC 60252 applies to motor capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having a frequency up to and including 100 Hz, and to capacitors to be connected to three-phase asynchronous motors so that these motors may be supplied from a single-phase system.

This standard covers impregnated or unimpregnated capacitors having a dielectric of paper, plastic film, or a combination of both, either metallized or with metal-foil electrodes, with rated voltages up to and including 660 V.

Motor start capacitors are covered by IEC 60252-2.

NOTE The following are excluded from this standard:

- shunt capacitors of the self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60831-1);
- shunt capacitors of non-self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60931-1);
- shunt capacitors for a.c. power systems having a nominal voltage above 1 000 V (see IEC 60871-1);
- capacitors for induction heat-generating plants, operating at frequencies between 40 Hz and 24 000 Hz (see IEC 60110-1);
- series capacitors (see IEC 60143);
- coupling capacitors and capacitor dividers (see IEC 60358);
- capacitors to be used in power electronic circuits (see IEC 61071);
- small a.c. capacitors to be used for fluorescent and discharge lamps (see IEC 61048);
- capacitors for suppression of radio interference (IEC publication under consideration);
- capacitors intended to be used in various types of electrical equipment and thus considered as components;
- capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on a.c. voltage.

The object of this standard is

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

2 Normative references

The following referenced documents^(*) are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

3 Terms and definitions

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

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



3.1

motor running capacitor

a 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

a 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

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

3.4

metallized capacitor

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

3.5

self-healing capacitor

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

3.6

segmented film capacitor

a 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

3.7

discharge device of a capacitor

a 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

class of operation

the minimum probable total life for which the capacitor has been designed at rated duty, voltage, temperature and frequency

NOTE 1 Four classes have been foreseen

Class A – 30 000 h

Class B – 10 000 h

Class C – 3 000 h

Class D – 1 000 h

These classes of operation are intended to represent a probable failure rate not exceeding 3 % during the life of the product.

Failures considered are: short-circuits, interruptions, leakage of liquid, capacitance drifts exceeding 10 % out of the rated tolerance limits

A capacitor may have more than one class with corresponding voltages.

NOTE 2 Classes of operation have a statistical value (the “law of big numbers”): it is not possible to transfer automatically data coming from a limited quantity to a whole population or even to a batch of capacitors. The purchaser and the manufacturer should agree upon to confront the case of a true failure rate larger than 3 %.

**3.10****minimum permissible capacitor operating temperature**

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

3.11**maximum permissible capacitor operating temperature**

t_c

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

3.12**rated voltage of a capacitor**

U_N

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

3.13**rated frequency of a capacitor**

f_N

highest frequency for which the capacitor has been designed

3.14**rated capacitance of a capacitor**

C_N

capacitance value for which the capacitor has been designed

3.15**rated current of a capacitor**

I_N

r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency for which the capacitor has been designed

3.16**rated output of a capacitor**

Q_N

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

3.17**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.

3.18**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

3.19**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



3.20

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

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

3.21

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

3.22

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 5.16.
- (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 5.16.
- (P0) indicates that the capacitor type has no specific failure protection

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 7.4, note);
- 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 3.10 and 3.11).

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°C and 70°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 Quality requirements and tests

5.1 Test requirements

5.1.1 General

This clause gives the test requirements for capacitors.

5.1.2 Test conditions

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

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

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.

5.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

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

5.2.1 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.

5.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. If the purchaser so requests, he shall be supplied with a certificate stating that routine tests have been carried out.

5.3 Type tests

5.3.1 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 5.4.1.

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.

5.3.2 Extent of qualification

5.3.2.1 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 5.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

5.3.2.2 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, ± 5 % would cover up to ± 10 %, and ± 10 % would cover up to ± 20 %. A smaller tolerance than the declared tolerance is not permitted. For example, a type approval for ± 10 % would not cover ± 5 %.

5.3.2.3 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 5.3.2.2,
and
- b) greater than, or equal to, that of the tested capacitor model. For example, qualification for ± 5 would allow values such as $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +8 \\ -2 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %, but not $\begin{smallmatrix} +15 \\ -5 \end{smallmatrix}$ %.

**Table 1 – Type test schedule**

Group	Tests	Subclause	Number of samples to be inspected (note 1)	Number of failures allowed in first test (note 2)	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (note 3)	0
2	Endurance test	5.13	42 [21]	2 (note 4)	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (note 3)	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.15	20 [10]	1 (note 3)	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (note 5)	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.17	3 (Terminal housing only) (see note 6)	0	0
<p>NOTE 1 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 this table will apply to both the highest capacitance and the lowest capacitance and to any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.3.1.</p> <p>NOTE 2 A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor.</p> <p>NOTE 3 For groups 1, 3 and 4, a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests.</p> <p>NOTE 4 For group 2, no retest is required with 0 or 1 failure. With two failures, a retest is required with no failure allowed in this retest.</p> <p>NOTE 5 For group 5, see 5.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure.</p> <p>NOTE 6 Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described on 5.17</p> <p>One sample is required for the ball-pressure test (5.17.1) one for the glow-wire test (5.17.2) and one for the tracking test (5.17.3).</p>					

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:

- a) voltage test between terminals (see 5.7);
- b) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- c) self-healing test (see 5.15).

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.



5.4 Routine tests

5.4.1 Test procedure

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

- a) sealing test, if applicable (see 5.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- d) visual examination (see 5.6);
- e) capacitance measurement (see 5.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.5).

5.5 Tangent of loss angle

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

5.6 Visual examination

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

5.7 Voltage test between terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2a or Table 2b. 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.

IMPORTANT NOTE

All European countries and countries not specifically named below require tests to be carried out in accordance with Table 2a.

Canada, Japan and USA require that tests are carried out in accordance with Table 2b.

Table 2a – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	60
	Self-healing capacitor	2,0	60

For routine tests, the test time in Table 2a may be reduced from 60 s to 2 s.

Table 2b – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	10
	Self-healing capacitor	1,75	10

For routine tests, the test time in Table 2b may be reduced from 10 s to 1 s.

No flashover or permanent breakdown shall occur. For metallized capacitors, self-healing may occur.

When the capacitor comprises more than one section, each section shall be tested independently in accordance with the above table.



5.8 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 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 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.

For routine tests, the duration may be reduced from 60 s to 2 s for countries using Table 2a or 1 s for countries using Table 2b.

5.9 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 %.

5.10 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 5 shall be checked.

5.11 Mechanical tests

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

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.

5.11.1 Robustness of terminations

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



5.11.1.1 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 mm².

5.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

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

5.11.1.3 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.

5.11.1.4 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 mm	Torque N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Visual examination

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

5.11.2 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 5.9. 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.



5.11.3 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°), 1 octave per minute.

Before and after the test, the capacitance of the capacitors shall be measured by the method laid down in 5.9. No perceivable capacitance change is permitted.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.8. 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.

5.11.4 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 5.13 (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 $+0,5 \text{ mm to } +1,0 \text{ mm}$.

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 one-half the appropriate value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

5.12 Sealing test

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

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 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.



5.13 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 5.11.

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.

5.13.1 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 ± 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.

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 $(t_c - 15$ °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 $t_c \pm 2$ °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.

5.13.2 Endurance test procedure

Capacitors shall be tested according to the appropriate class indicated in Table 4.

Table 4 – Endurance test conditions

Life expectancy	30 000 h (class A)	10 000 h (class B)	3 000 h (class C)	1 000 h (class D)
Test conditions	6 000 h at 1,25 U_N continuous or 3 000 h at 1,35 U_N continuous	2 000 h at 1,25 U_N continuous or 1 000 h at 1,35 U_N continuous	600 h at 1,25 U_N continuous	200 h at 1,25 U_N continuous
Permitted capacitance change	3 %	3 %	3 %	3 %



Life expectancy classes over 30 000 h are permitted by using the following calculation:

test duration = 10 % of life at 1,35 U_N and 20 % of life at 1,25 U_N .

The test times given in Table 4 refer to periods of actual energization.

NOTE The relationship between life expectancy and the endurance test duration is based on experience and on statistics, it does not have an absolute value.

5.13.3 Conditions of compliance

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

No leak should be apparent which forms droplets within 10 min when kept at the upper temperature limit in the most unfavourable position.

At the end of the test, the capacitors shall cool down freely to the ambient temperature and the capacitance shall then be measured (see 5.9).

Intermediate test measurements are permitted.

5.14 Damp-heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.9).

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 5.9.

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

5.15 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 5.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than five self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until five clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of 3,5 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 is < 0,5 %;
- b) RC value is ≥ 100 s.

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



5.16 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 1 The short-circuit failure mode is only permitted for capacitors marked (P1). Capacitors not subjected to this test are marked (P0).

NOTE 2 A destruction test for segmented film capacitors is under consideration.

5.16.1 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 5.4.1. The remaining five capacitors shall have passed the endurance test described in 5.13 (group 2).

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.

5.16.2 Test apparatus

5.16.2.1 Test apparatus for d.c. conditioning

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.

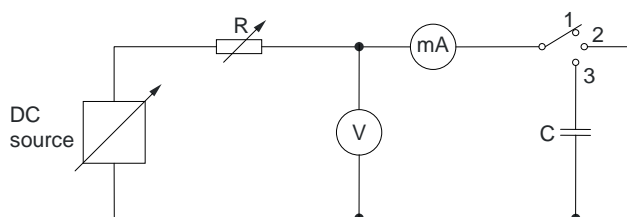


Figure 1 – Test apparatus for d.c. conditioning

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.

5.16.2.2 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).

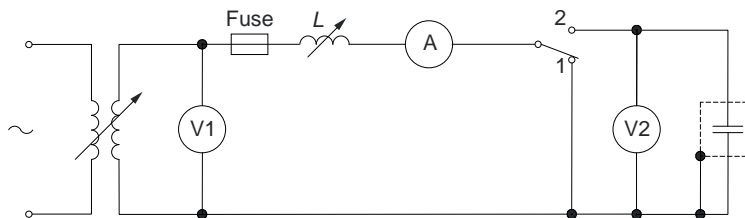


Figure 2 – Test apparatus for a.c. destruction test

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.

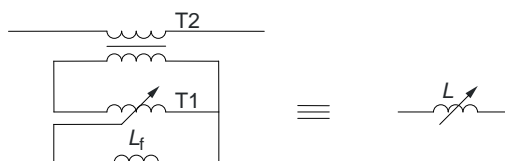


Figure 3 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 2

5.16.3 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.

5.16.3.1 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 $t_c + 10$ °C. The temperature deviation shall not exceed ± 2 °C. In preparation for the destruction test, the specimens shall have rated voltage (U_N) applied for 2 h at $t_c + 10$ °C. No open-circuit or short-circuit capacitors are permitted.



5.16.3.2 DC conditioning

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ before d.c. conditioning. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.4.1 shall be tested at room temperature.

The voltage of a d.c. source (see Figure 1) shall be raised from zero 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.

5.16.3.3 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.

5.16.4 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 5.8 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).

5.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

5.17.1 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.

5.17.2 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 five-layer wrapping tissue, as defined in ISO 4046, spread out horizontally at a distance of 200 mm \pm 5 mm below the place where the glow-wire is applied to the specimen.

5.17.3 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.

6 Permissible overloads

6.1 Maximum permissible voltage

Irrespective of their type of operation, metal-foil and metallized capacitors shall be suitable for operation under abnormal conditions for prolonged periods at an r.m.s. voltage between terminals not exceeding 1,10 times the rated voltage, excluding transients caused by switching the capacitors in and out of circuit (see 9.2, 9.3 and 9.5) but including the effects of harmonics and supply voltage variations.

Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor.

6.2 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.

6.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.1 and 6.2) 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.

7 Safety requirements

7.1 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 5.

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.

7.2 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 mm². 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.

7.3 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 must 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 5 – 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 ^(a)	6 3 ^(a)	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 ^(a)	6 3 ^(a)	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.				
(a) For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

7.4 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.

8 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- manufacturer's type designation;
- rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- rated voltage (U_N) in volts;
- spare;



- f) rated frequency f_N , in hertz, if other than 50 Hz;
- e) climatic category, for example 25/85/21 (see 4.1);
- f) 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) class of operation or life duration. To be positioned adjacent to the voltage;
- o) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), g), h), i), k), l), n) 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.

9 Guidance for installation and operation

9.1 General

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 capacitors.

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 heat such as the heating of an electric washing machine may raise the temperature of the capacitor.

Most capacitor motors, and consequently the capacitors also, are switched on and off frequently. In switching tests, it has been found that high transients often occur at the terminals of both the running and starting capacitors. To withstand these transients, care should be exercised to ensure that the manufacturer's declared ratings are not exceeded.

9.2 Choice of rated voltage

9.2.1 Measurements of working voltage

With maximum mains voltage, motor inductance and capacitance (taking into account tolerances and motor loads for worst conditions), the voltage across the capacitor shall not exceed 10 % above the capacitor rated voltage.



9.2.2 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 9.2.1, to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

9.3 Checking capacitor temperature

9.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot easily be calculated beforehand (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the user should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During this 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 should be not less than the highest temperature measured during this test.

Before changing the capacitor type, this test shall be repeated.

9.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum permissible capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest ambient temperature at which the capacitor may be operated.

9.4 Checking transients

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors across run capacitors, high current surges or transient overvoltages may occur. To prevent premature capacitor failure, the user shall establish by appropriate tests, that the manufacturer's declared value of maximum transient voltage and maximum dv/dt are not exceeded. Under some circumstances, discharge resistors or series resistance may need to be considered in the motor circuit to limit voltage and current surges.

In some circumstances it may be necessary to add resistance to reduce the peak current to within the capacitor's design ratings.

9.5 Leakage current

Capacitive leakage current is not normally significant for motor applications. However, where the application requires low leakage to earth, this should be specifically requested by the user.



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, the voltage waveform of which is sufficiently free from harmonics as 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 %.



Bibliography

Additional useful information may be found in the following standards:

IEC 60110-1:1998, *Power capacitors for induction heating installations – Part 1: General*

IEC 60143-1: 2004: *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60252-2⁽¹⁾, *AC motor capacitors – Motor start capacitors*

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60831-1:2002, *Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 60871-1:2005, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General*

IEC 60931-1:1996, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 61048: 2006, *Auxiliaries for lamps – Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – General and safety requirements*

IEC 61071:2007, *Power electronic capacitors*

(1) To be published.



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	Series	Environmental testing	EN 60068	Series
IEC 60068-2-6	–	Environmental testing - Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal)	EN 60068-2-6	–
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	–	Environmental testing - Part 2-78: Tests - Test Cab: Damp heat, steady state	EN 60068-2-78	–
IEC 60112	–	Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials	EN 60112	–
IEC 60309-1	–	Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes - Part 1: General requirements	EN 60309-1	–
IEC 60529	–	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	–	–
IEC 60695-2-10	–	Fire hazard testing - Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire apparatus and common test procedure	EN 60695-2-10	–



<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60695-2-11	–	Fire hazard testing - Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end-products	EN 60695-2-11	–
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 60252-2 (CEI 33-22)

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