

# ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 17.220.99; 29.035.01 **Prosinec 2013**

## **Elektroizolační materiály - Vlastnosti tepelné odolnosti - Část 1: Proces stárnutí a vyhodnocení výsledků zkoušky**

**ČSN**  
**EN 60216-1**  
ed. 2  
34 6416

idt IEC 60216-1:2013

Electrical insulating materials - Thermal endurance properties -  
Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results

Matériaux isolants électriques - Propriétés d'endurance thermique -  
Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai

Elektroisolerstoffe - Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens -  
Teil 1: Warmlagerungsverfahren und Auswertung von Prüfergebnissen

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60216-1:2013. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the European Standard EN 60216-1:2013. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

S účinností od 2016-04-19 se touto normou spolu s ČSN EN 60216-8 (34 6416) z prosince 2013 nahrazuje ČSN EN 60216-1 (34 6416) ze srpna 2002, která do uvedeného data platí souběžně s těmito normami.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy.

Souběžně s touto normou spolu s ČSN EN 60216-8 (34 6416) z prosince 2013 je v souladu s předmluvou k EN 60216-1:2013 dovoleno do 2016-04-19 používat dosud platnou ČSN EN 60216-1 (34 6416) ze srpna 2002.

Změny proti předchozí normě

Toto vydání představuje revizi normy, kde zjednodušená metoda vyhodnocení výsledků zkoušek byla vyjmuta a tvoří nyní část 8 normy EN 60216. V normě jsou vynechány některé již zrušené pojmy jako RTI a některé zkratky. Naopak jsou doplněny definice pojmů jako koncový bod. Původní kapitola 4.2 byla vyjmuta.

## Informace o citovaných dokumentech

IEC 60212 zavedena v ČSN EN 60212 (34 6401) Standardní podmínky používané před zkoušením a během zkoušení pevných elektroizolačních materiálů

IEC 60216-2 zavedena v ČSN EN 60216-2 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 2: Určení vlastností tepelné odolnosti – Volba kritérií zkoušek

IEC 60216-3:2006 zavedena v ČSN EN 60216-3 ed. 2:2007 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 3: Předpisy pro výpočet charakteristik dlouhodobé tepelné odolnosti

IEC 60216-4 (soubor) zaveden v souboru ČSN EN 60216-4 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti

IEC 60216-4-1 zavedena v ČSN EN 60216-4-1 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 4-1: Pece na stárnutí – Jednokomorové pece

IEC 60216-8 zavedena v ČSN EN 60216-8 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 8: Pokyny pro výpočet charakteristik tepelné odolnosti s využitím zjednodušených postupů

IEC 60493-1 nezavedena

Informativní údaje z IEC 60216-1:2012

Mezinárodní normu IEC 60216-1 vypracovala technická komise IEC/TC 112 *Hodnocení a kvalifikace elektroizolačních materiálů a systémů*.

Toto šesté vydání zrušuje a nahrazuje páté vydání z roku 2001. Toto vydání představuje redakční úpravu, kde byly odstraněny zjednodušené metody. Ty tvoří Část 8 souboru norem IEC 60216: *Pokyny pro výpočet charakteristik tepelné odolnosti použitím zjednodušených postupů*.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

FDIS	Zpráva o hlasování
112/235/FDIS	112/243/RVD

Úplnou informaci o hlasování při schvalování této normy lze najít ve zprávě o hlasování ve výše uvedené tabulce.

Tato publikace byla vypracována v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 2.

Seznam všech částí souboru IEC 60216 se společným názvem *Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti* je možno nalézt na webových stránkách IEC.

Komise rozhodla, že obsah této publikace se nebude měnit až do výsledného data aktualizace uvedeného na webových stránkách IEC (<http://webstore.iec.ch>) v údajích o této publikaci. K tomuto datu bude publikace buď

- znovu potvrzena;
- zrušena;

- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

## Souvisící ČSN

ČSN EN 60216-2:2006 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 2: Určení vlastností tepelné odolnosti – Volba kritérií zkoušek

ČSN EN 60216-3:2007 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 3: Předpisy pro výpočet charakteristik dlouhodobé tepelné odolnosti

ČSN EN 60216-6:2007 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 6: Určení indexů tepelné odolnosti (TI a RTE) izolačního materiálu metodou pevně stanovených časů

ČSN IEC 60050-212:2011 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 212: Tuhé, kapalné a plynné izolanty

ČSN EN ISO 291 (64 0204) Plasty – Standardní prostředí pro kondicionování a zkoušení

ČSN EN ISO 2578:1999 (64 0768) Plasty – Stanovení mezních hodnot čas-teplota po dlouhotrvajícím působení tepla

## Vypracování normy

Zpracovatel: ORGREZ a.s., IČ 46900829, doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D.

Technická normalizační komise: TNK 110 Elektroizolační materiály

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Milan Dian

## **EVROPSKÁ NORMA EN 60216-1** **EUROPEAN STANDARD** **NORME EUROPÉENNE** **EUROPÄISCHE NORM** Červenec 2013

ICS 17.220.99, 29.035.01 Nahrazuje EN 60216-1:2001 (částečně)

### **Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 1: Postupy (proces) stárnutí a vyhodnocení výsledků zkoušky (IEC 60216-1:2013)**

Electrical insulating materials – Thermal endurance properties –  
Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results  
(IEC 60216-1:2013)

Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance  
thermique –  
Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation  
des résultats d'essai  
(CEI 60216-1:2013)

Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich  
des thermischen Langzeitverhaltens –  
Teil 1: Warmlagerungsverfahren und Auswertung  
von Prüfergebnissen  
(IEC 60216-1:2013)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC dne 2013-04-19. Členové CENELEC jsou povinni splnit vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací uděluje status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze obdržet na vyžádání v Řídicím centru CEN-CENELEC nebo u kteréhokoliv člena CENELEC.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CENELEC do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Řídicímu centru CEN-CENELEC, má stejný status jako oficiální verze.

Členy CENELEC jsou národní elektrotechnické komitety Belgie, Bulharska, Bývalé jugoslávské republiky Makedonie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Chorvatska, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Španělska, Švédska, Švýcarska a Turecka.

## **CENELEC**

**Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice**  
**European Committee for Electrotechnical Standardization**  
**Comité Européen de Normalisation Electrotechnique**  
**Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung**  
**Řídicí centrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brusel**

© 2013 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmkoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.  
Ref. č. EN 60216-1:2013 E

### Předmluva

Text dokumentu 112/235/FDIS budoucího 6. vydání IEC 60216-1, vypracovaný technickou komisí IEC/TC 112 *Hodnocení a kvalifikace elektroizolačních materiálů a systémů*, byl předložen IEC-CENELEC k paralelnímu hlasování a schválen CENELEC jako EN 60216-1:2013.

Jsou stanovena tato data:

- nejzazší datum zavedení dokumentu na národní úrovni vydáním identické národní normy nebo vydáním oznámení o schválení k přímému používání jako normy národní (dop) 2014-01-19
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s dokumentem v rozporu (dow) 2016-04-19

Tento dokument nahrazuje EN 60216-1:2001 (část).

EN 60216-1:2013 zahrnuje následující významné změny s ohledem na EN 60216-1:2001:

Toto vydání představuje redakční úpravu, kde byla vyjmuta zjednodušená metoda a nyní tvoří část 8 souboru norem EN 60216: *Pokyny pro výpočet charakteristik tepelné odolnosti s využitím zjednodušených postupů*.

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. CENELEC [a/nebo] CEN nelze činit odpovědným za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 60216-1:2012 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez

jakýchkoliv modifikací.

Obsah

Strana

Předmluva 6

Úvod 9

**1** Rozsah platnosti 10

**2** Citované dokumenty 10

**3** Termíny, definice, značky a zkratky 10

**3.1** Termíny a definice 10

**3.2** Značky a zkratky 13

**4** Přehled pracovních postupů – celé postupy 13

**5** Podrobné experimentální postupy 14

**5.1** Volba zkušebních postupů 14

**5.1.1** Obecné úvahy 14

**5.1.2** Specifické pokyny pro stanovení TI 14

**5.1.3** Stanovení TI pro doby jiné než 20 000 h 14

**5.2** Výběr koncových bodů 14

**5.3** Příprava a počet zkušebních vzorků 14

**5.3.1** Příprava 14

**5.3.2** Počet vzorků 15

**5.4** Stanovení výchozí hodnoty vlastnosti 15

**5.5** Teploty a doby expozice 16

**5.6** Pece pro stárnutí 16

**5.7** Podmínky okolního prostředí 16

**5.7.1** Obecně 16

**5.7.2** Atmosférické podmínky během stárnutí 16

**5.7.3** Podmínky pro měření vlastností 16

**5.8** Postup stárnutí 16

<b>5.8.1</b>	Obecně	16
<b>5.8.2</b>	Postup používající nedestruktivní zkoušku	17
<b>5.8.3</b>	Postup používající zkoušku odolnosti	17
<b>5.8.4</b>	Postup používající destruktivní zkoušku	17
<b>6</b>	Vyhodnocení	17
<b>6.1</b>	Numerická analýza zkušebních dat	17
<b>6.2</b>	Charakteristiky tepelné odolnosti a jejich formulace	18
<b>6.3</b>	Doby pro dosažení koncového bodu, hodnoty $x$ a $y$	19
<b>6.3.1</b>	Obecně	19
<b>6.3.2</b>	Nedestruktivní zkoušky	19
<b>6.3.3</b>	Zkoušky odolnosti	20
<b>6.3.4</b>	Destruktivní zkoušky	20
<b>6.4</b>	Střední hodnoty a výběrové rozptyly	22
<b>6.4.1</b>	Úplná data	22
<b>6.4.2</b>	Neúplná (cenzorovaná) data	22
<b>6.5</b>	Vážený průměr, výběrové rozptyly a regresní analýza	23
<b>6.6</b>	Statistické testy a požadavky na data	23
<b>6.6.1</b>	Obecně	23
<b>6.6.2</b>	Data všech typů	23
<b>6.6.3</b>	Zkoušky odolnosti	24
<b>6.6.4</b>	Destruktivní zkoušky	24
<b>6.7</b>	Graf tepelné odolnosti a charakteristiky tepelné odolnosti	24
<b>6.8</b>	Protokol o zkoušce	24
<b>Příloha A</b>	(informativní) Rozptyl a nelinearita	26
<b>Příloha B</b>	(informativní) Teploty a doby expozice	27
<b>Příloha C</b>	(informativní) Pojmy v dřívějších vydáních	29
	Bibliografie	31

**Příloha ZA** (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace 32

Obrázek 1 – Graf tepelné odolnosti 18

Obrázek 2 – Vlastnosti výběrového rozptylu – Určení doby pro dosažení koncového bodu při každé teplotě (destruktivní a nedestruktivní zkoušky) 20

Obrázek 3 – Určení dob pro dosažení koncového bodu – hodnota vlastnosti (svislá souřadnice osa y, libovolné jednotky) versus doba (vodorovná osa x úsečka, logaritmická stupnice, libovolné jednotky) 21

Obrázek 4 – Destruktivní zkoušky – Určení doby dosažení koncového bodu 22

Obrázek C.1 – Relativní teplotní index 30

Tabulka 1 – Navržené teploty a doby expozice 25

Tabulka B.1 – Skupiny 28

## Úvod

Seznamy tepelných schopností elektroizolačních materiálů, založené na zkušenostech z provozu, se ukázaly jako nepraktické vinou rychlého rozvoje technologií výroby polymerů a izolací a dlouhého času potřebného k získání patřičných zkušeností z provozu. K získání nezbytných informací proto byly třeba procesy zrychleného stárnutí a zkušební postupy. K formulování a interpretaci výsledků těchto procesů byl vypracován soubor norem IEC 60216.

Fyzikálně-chemické modely vypracované pro procesy stárnutí vedly k takřka univerzálnímu přijetí Arrheniova modelu k popisu rychlosti stárnutí. Z toho vyplývá pojem teplotního indexu (TI) jako jednobodové charakteristiky založené na údajích zrychleného stárnutí. Je to numerická hodnota teploty ve °C, při které dosáhne vybraná vlastnost hodnoty koncového bodu za definovaný čas (obvykle 20 000 h).

**POZNÁMKA** Termín Arrhenius je široce používán (a chápán) pro vyjádření lineárního vztahu mezi logaritmem času a převrácenou hodnotou termodynamické teploty (absolutní nebo v kelvinech). Správné použití je omezeno na takový vztah mezi konstantou rychlosti reakce a termodynamickou teplotou. V této normě se jedná o běžné použití.

Zjištěný velký statistický rozptyl zkušebních dat společně s častým výskytem podstatných odchylek od ideálního chování prokázal potřebu zkoušek pro posouzení platnosti základního fyzikálně-chemického modelu. Aplikace konvenčních statistických testů, jak je stanovena v IEC 60493-1, splňovala tento požadavek, a vyústila v „konfidenční mez“, (TC) z TI, ale jednoduchý jednobodový TI byl shledán neodpovídajícím k popisu schopnosti materiálu. To vedlo k pojmu „Profil tepelné odolnosti“ (TEP), který zahrnoval teplotní index, k jeho změnám během stanovené doby stárnutí, a k jeho konfidenční mezi.

Faktorem komplikujícím zkoušky je to, že vlastnosti materiálu podrobeného procesu tepelného stárnutí se nemusí zhoršovat stejnou rychlostí, a že pro různé aplikace mohou platit různé koncové

body. Z toho plyne, že materiál může mít více než jeden teplotní index, odvozený například z měření různých vlastností a použití různých koncových bodů.

Dále bylo zjištěno, že statistický index spolehlivosti zahrnutý v TEP nebyl široce pochopen ani používán. Nicméně statistické testy byly považovány za nezbytné, zejména po malých modifikacích, které zlepšily praktické okolnosti: byl zaveden pojem půlicí interval (HIC), který indikuje rychlost změn při stárnutí s teplotou. TEP byl pak opuštěn s tím, že TI a HIC jsou zaznamenávány způsobem, který indikuje, zda statistické testy byly zcela splněny. Zároveň byly zdokonaleny metody výpočtů, aby umožňovaly statistické testy dat a diagnostických vlastností jakéhokoliv typu, včetně výpočtů z neúplných dat. Současně s vývojem souboru IEC 60216 byly vyvíjeny i jiné normy v ISO, zabývající se podobnými požadavky pro plasty a pryže. Jsou to normy ISO 2578 a ISO 11346, které používají méně přesné statistické metody a omezenější experimentální techniky. Zjednodušené postupy výpočtů jsou popsány v IEC 60216-8.

## 1 Rozsah platnosti

Tato norma specifikuje obecné podmínky stárnutí a používané postupy pro odvozování charakteristik tepelné odolnosti a dává návod k používání podrobných instrukcí a směrnic v dalších částech normy.

I když byly postupy původně vyvinuty pro elektroizolační materiály, mají obecnou platnost a jsou běžně používány pro hodnocení materiálů, které nejsou určeny pro použití ve smyslu elektrické izolace.

Aplikace této normy předpokládá, že existuje prakticky lineární závislost mezi logaritmem času potřebného ke změně vybrané vlastnosti a převrácenou hodnotou odpovídající absolutní teploty (Arrheniův model).

Pro platnou aplikaci normy by neměly nastávat ve studovaném teplotním rozsahu jednotlivé teplotní změny, zejména žádné změny prvního řádu.

V této normě se termínem „izolační materiály“ vždy rozumí „izolační materiály a jednoduché kombinace takových materiálů“.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.