

**Výkonové transformátory -
Část 14: Výkonové transformátory ponořené
do kapaliny používající vysokoteplotní izolační materiály**

ČSN
EN 60076-14
35 1001

idt IEC 60076-14:2013

Power transformers -

Part 14: Liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials

Transformateurs de puissance -

Partie 14: Transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux d'isolation haute température

Leistungstransformatoren -

Teil 14: Flüssigkeitsgefüllte Leistungstransformatoren mit Hochtemperatur-Isolierstoffen

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60076-14:2013. 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 60076-14:2013. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Informace o citovaných dokumentech

IEC 60076-1 zavedena v ČSN EN 60076-1 (35 1001) Výkonové transformátory - Část 1: Obecně

IEC 60076-2 zavedena v ČSN EN 60076-2 ed. 2 (35 1001) Výkonové transformátory - Část 2: Oteplení transformátorů ponořených do kapaliny

IEC 60076-5 zavedena v ČSN EN 60076-5 ed. 2 (35 1001) Výkonové transformátory - Část 5: Zkratová odolnost

IEC 60076-7 zavedena v ČSN IEC 60076-7 (35 1001) Výkonové transformátory - Část 7: Směrnice pro zatěžování olejových výkonových transformátorů

IEC 60076-16 zavedena v ČSN EN 60076-16 (35 1001) Výkonové transformátory - Část 16: Transformátory pro použití s větrnými turbínami

IEC 60085 zavedena v ČSN EN 60085 ed. 2 (33 0250) Elektrická izolace - Tepelné hodnocení a značení

IEC 60137 zavedena v ČSN EN 60137 ed. 3 (34 8043) Izolační průchodky pro střídavé napětí nad 1 000 V

IEC 60214-1 zavedena v ČSN EN 60214-1 (35 1451) Přepínače odboček – Část 1: Požadavky na provedení a metody zkoušek

IEC 60296 zavedena v ČSN EN 60296 ed. 2 (34 6738) Kapaliny pro elektrotechnické aplikace – Nepoužité minerální izolační oleje pro transformátory a vypínače

IEC 60836 zavedena v ČSN EN 60836 (34 6731) Specifikace nepoužitých silikonových izolačních kapalin pro elektrotechnické účely

IEC 61099 zavedena v ČSN EN 61099 ed. 2 (34 6732) Izolační kapaliny – Specifikace nepoužitých syntetických organických esterů pro elektrotechnické účely

IEC 61378-1 zavedena v ČSN EN 61378-1 ed. 2 (35 1175) Transformátory pro měniče – Část 1: Transformátory pro průmyslové použití

IEC 61378-2 zavedena v ČSN EN 61378-2 (35 1175) Transformátory pro měniče – Část 2: Transformátory pro použití ve vysokonapěťových stejnosměrných přenosových systémech (HVDC)

Informativní údaje z IEC 60076-14:2013

Mezinárodní normu IEC 60076-14 vypracovala technická komise IEC/TC 14 *Výkonové transformátory*.

Toto první vydání IEC 60076-14 je mezinárodní normou, která zrušuje a nahrazuje druhé vydání technické specifikace IEC/TS 60076-14:2009. Toto vydání je jeho technickou revizí.

Tato mezinárodní norma obsahuje následující významné technické změny proti technické specifikaci:

- a) nyní je definován vztah hot-spot k teplotní třídě;
- b) nově je definována teplotní třída 140;
- c) počet izolačních systémů je snížen pouze na tři: konvenční, hybridní a vysokoteplotní;
- d) homogenní vysokoteplotní izolační systém byl změněn na čistě vysokoteplotní izolační systém;
- e) byly zavedeny definice vinutí pro definování změn v hybridním izolačním systému;
- f) pro vyjasnění byly upraveny nákresy příkladu systému;
- g) všechny navrhované meze odpovídající návodu na zatížení v kapitole 7 byly definovány v podobném formátu;
- h) křivky vlhkostní rovnováhy pro vysokoteplotní materiály byly doplněny do přílohy pro vývoj vlhkosti a bublin;
- i) byla doplněna příloha týkající se konceptu zvýšení teplotní odolnosti celulózy pomocí esterů;
- j) některá informace, tak jako návrh mezí teplotního přetížení, byla zachována, ale většina jiných informativních textů byla přesunuta do informativních příloh.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

FDIS
14/755/FDIS

Zpráva o hlasování
14/759/RVD

Úplné informace o hlasování 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 60076 se společným názvem *Výkonové transformátory* 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 (<http://webstore.iec.ch>) v údajích o této publikaci. V tomto roce bude publikace buď

- znovu schválena,
- zrušena,
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

Souvisící ČSN

ČSN IEC 60050 (33 0050) soubor Mezinárodní elektrotechnický slovník

ČSN EN 60076-4 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 4: Průvodce zkouškami atmosférickým a spínacím impulzním napětím – Výkonové transformátory a tlumivky

ČSN IEC 60076-8 (35 1001) Výkonové transformátory – Pokyny pro použití

ČSN EN 60216-1 ed. 2 (34 6416) Elektroizolační materiály – Vlastnosti tepelné odolnosti – Část 1: Proces stárnutí a vyhodnocení výsledků zkoušky

ČSN EN 60317 (34 7307) soubor Specifikace jednotlivých typů vodičů pro vinutí

ČSN EN 60422 ed. 2 (34 6739) Minerální izolační oleje v elektrických zařízeních – Návod pro kontrolu a údržbu

ČSN EN 60505 ed. 3 (34 6205) Hodnocení a třídění elektroizolačních systémů

ČSN IEC 554-3-1 (34 6560) Specifikace celulózových papírů pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů – List 1: Elektrotechnický papír pro všeobecné účely

ČSN EN 60567 ed. 3 (34 6725) Olejem plněná elektrická zařízení – Odběr vzorků plynů a analýza volných a rozpuštěných plynů – Návod

ČSN EN 60599 (34 6726) Elektrická zařízení v provozu plněná izolačním olejem – Pokyn pro interpretaci výsledků analýz rozpuštěných a volných plynů

ČSN EN 60641-3 (34 6564) soubor Lesklá lepenka a obyčejná lepenka pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů

ČSN EN 60674-3 (34 6573) soubor Plastové fólie pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů

ČSN EN 60819-3 (34 6570) soubor Necelulóзовé papíry pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů

ČSN EN 60851-4 (34 7308) Vodiče pro vinutí – Zkušební metody – Část 4: Chemické vlastnosti

ČSN EN 60867 (34 6033) Izolační kapaliny Specifikace nepoužitých kapalin na bázi syntetických aromatických uhlovodíků

ČSN EN 60893-3 (34 6572) soubor Izolační materiály – Technické neohebné laminátové desky na bázi teplem tvrditelných pryskyřic pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů

ČSN EN 60970 (34 6720) Izolační kapaliny – Metody pro počítání a určování velikosti částic

ČSN EN 61039 (34 6700) Klasifikace izolačních kapalin

ČSN EN 61100 (34 6701) Klasifikace izolačních kapalin podle bodu hoření a výhřevnosti

ČSN EN 61203 (34 6734) Syntetické organické estery pro elektrotechnické účely – Návod na úpravu transformátorových esterů v zařízení

ČSN EN 61212-3 (34 6520) soubor Izolační materiály – Průmyslové vrstvené tuhé kruhové trubky a tyče z teplem tvrditelných pryskyřic pro elektrotechnické účely – Část 3: Specifikace jednotlivých materiálů

ČSN EN 61629-1 (34 6566) Aramidová lesklá lepenka pro elektrotechnické účely – Část 1: Definice, značení a všeobecné požadavky

Vypracování normy

Zpracovatel: ORGREZ, a. s., IČ 46900829, Ing. Leoš Valenta, CSc., IČ 14927021

Technická normalizační komise: TNK 97 Elektroenergetika

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Jiří Holub

EVROPSKÁ NORMA EN 60076-14

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM Říjen 2013

ICS 29.180

Výkonové transformátory -

**Část 14: Výkonové transformátory ponořené do kapaliny
používající vysokoteplotní izolační materiály**

(IEC 60076-14:2013)

Power transformers -

Part 14: Liquid-immersed power transformers using high-temperature
insulation materials

(IEC 60076-14:2013)

Transformateurs de puissance –
Partie 14: Transformateurs de puissance
immergé dans du liquide utilisant des matériaux d'isolation haute
température
(CEI 60076-14:2013)

Leistungstransformatoren –
Teil 14: Flüssigkeitsgefüllte Leistungstransformatoren mit
Hochtemperatur-Isolierstoffen
(IEC 60076-14:2013)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC dne 2013-10-21. 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 CEN-CENELEC: Avenue Marnix 17, B-1000 Brusel

© 2013 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmikoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.

Ref. č. EN 60076-14:2013 E

Předmluva

Text dokumentu 14/755/FDIS, budoucího prvního vydání IEC 60076-14, vypracovaný technickou komisí IEC/TC 14 *Výkonové transformátory*, byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN 60076-14:2013.

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) 2014-07-21
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s dokumentem v rozporu (dow) 2016-10-21

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 60076-14:2013 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 a definice 11

4 Izolační systémy 13

4.1 Obecně 13

4.2 Typy izolace vinutí 13

4.2.1 Obecně 13

4.2.2 Přehled typů izolace vinutí/systému 14

4.2.3 Typy hybridních vinutí 15

4.2.4 Vysokoteplotní izolace vinutí 18

5 Meze oteplení 18

5.1 Obecně 18

5.2 Tepelně upravený papír (TUP) 20

5.3 Celulóza použitá v esterových kapalinách 20

6 Komponenty a materiály 20

6.1 Obecně 20

6.2 Vodiče a kabely 20

7 Zvláštní požadavky na konstrukci 20

7.1 Požadavky na zkratovou odolnost 20

7.2 Dielektrické požadavky 20

7.3 Teplotní požadavky 21

7.4 Přetížení 22

8 Požadované informace 23

8.1	Informace poskytnuté zákazníkem	23
8.1.1	Okolní teploty a zatěžovací cyklus	23
8.1.2	Jiné neobvyklé provozní podmínky	23
8.2	Informace poskytnuté výrobcem	23
8.2.1	Teplotní charakteristiky	23
8.2.2	Garance	23
9	Štítek a dodatečné informace	23
9.1	Štítek	23
9.2	Transformátorová příručka	23
10	Zkušební požadavky	24
10.1	Výrobní kusové, typové a zvláštní zkoušky	24
10.2	Analýza rozpuštěných plynů	24
10.3	Kompaktní transformátory s chlazením OD	24
10.4	Vyhodnocení oteplovacích zkoušek pro vinutí s vícenásobnými hot-spoty	24
10.5	Dielektrické typové zkoušky	25
11	Kontrola, diagnostika a údržba	26
11.1	Obecně	26

Strana

11.2	Transformátory plněné minerálním izolačním olejem	26
11.3	Transformátory plněné vysokoteplotní izolační kapalinou	26
Příloha A	(informativní) Izolační materiály	27
Příloha B	(informativní) Rychlý nárůst teploty a vytváření bublin	33
Příloha C	(informativní) Esterová kapalina a celulóza	36
Příloha D	(normativní) Označení izolačního systému	49

Bibliografie 51

Příloha ZA (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace 54

Obrázek 1 - Příklad polohybridní izolace vinutí 15

- Obrázek 2 - Příklad smíšené hybridní izolace vinutí 16
- Obrázek 3 - Příklad plné hybridní izolace vinutí 17
- Obrázek 4 - Příklad vysokoteplotního izolačního systému 18
- Obrázek 5 - Teplotní gradient vodič-kapalina 21
- Obrázek 6 - Modifikovaný teplotní diagram pro vinutí se smíšeným hybridním izolačním systémem 25
- Obrázek A.1 - Příklad grafu tepelné odolnosti 28
- Obrázek B.1 - Teplotní graf vývoje bublin 34
- Obrázek C.1 - Výsledky vlivu stárnutí na pevnost v tahu TUP v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 37
- Obrázek C.2 - Celkové výsledky stárnutí podle pevnosti v tahu TUP v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 38
- Obrázek C.3 - Výsledky vlivu stárnutí na DP TUP v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 39
- Obrázek C.4 - Celkové výsledky stárnutí na DP TUP v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 40
- Obrázek C.5 - Výsledky vlivu stárnutí na pevnost v tahu kraft papíru v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 40
- Obrázek C.6 - Celkové výsledky stárnutí na pevnost v tahu kraftového papíru v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 41
- Obrázek C.7 - Výsledky vlivu stárnutí na DP kraftového papíru v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 41
- Obrázek C.8 - Celkové výsledky stárnutí na DP kraftového papíru v minerálním oleji a v přírodní esterové kapalině 42
- Obrázek C.9 - Infračervené spektrum kraft papíru stárnutého v kapalině při 110 °C 175 dní 44
- Obrázek C.10 - Životnost jednotky a teplota - údaje stárnutí TUP (metoda nejmenších čtverců) 45
- Obrázek C.11 - Životnost jednotky a teplota - údaje stárnutí kraft papíru (metoda nejmenších čtverců) 46
- Tabulka 1 - Prioritní teplotní třídy izolačního systému 13
- Tabulka 2 - Porovnání izolací vinutí/systému 14
- Tabulka 3 - Maximální meze nepřetržitého oteplení pro transformátory s hybridními izolačními systémy 19
- Tabulka 4 - Maximální meze nepřetržitého oteplení pro transformátory s vysokoteplotními izolačními systémy 19

Tabulka 5 – Doporučené maximální meze teplot při přetížení pro transformátory s hybridními izolačními systémy 22

Tabulka 6 – Doporučené maximální meze teplot při přetížení pro transformátory s vysokoteplotními izolačními systémy 22

Tabulka A.1 – Typické vlastnosti pevných izolačních materiálů 30

Tabulka A.2 – Typické smalty pro izolaci vodičů 31

Tabulka A.3 – Typické charakteristiky nepoužitých izolačních kapalin 32

Tabulka C.1 – Vliv mezí rozpustnosti vlhkosti na snížení vlhkosti v celulóze 43

Tabulka C.2 – Srovnání výsledků stárnutí 45

Tabulka C.3 – Maximální oteplení pro izolační systém esterová kapalina/celulóza 46

Tabulka C.4 – Doporučené maximální meze teplot při přetížení pro izolační systémy esterová kapalina/celulóza 46

Úvod

Tato část IEC 60076 normalizuje transformátory ponořené do kapaliny, které používají vysokoteplotní izolaci. Jako systém může pevná izolace obsahovat široký rozsah materiálů s rozdílnými stupni teplotní kvalifikace. Izolační a chladicí kapaliny jsou také značně rozdílné, od minerálních olejů k mnoha kapalinám, které rovněž budou mít velký rozsah teplotní způsobilosti.

Tato mezinárodní norma není samostatným dokumentem, ale vychází z informací a návodů obsažených v jiných částech souboru IEC 60076. Tento dokument vychází ze dvou hledisek. Tím prvním je skutečnost, že transformátory ponořené do kapaliny jsou dobře známy a jsou dobře definovány v jiných částech tohoto souboru; z tohoto důvodu podrobnosti o těchto transformátorech se v této mezinárodní normě neopakují s výjimkou míst, kde příslušné reference mají význam nebo kde opakování se považuje za vhodné za účelem zdůraznění nebo porovnání.

Druhým hlediskem je, že s materiály používanými v normálních transformátorech ponořených do kapaliny, jako je kraftový papír, lepenka, dřevo, minerální olej, barvy a laky, které jsou provozovány v teplotních mezích stanovených v IEC 60076-2, jsou dobré zkušenosti a jsou proto považovány za běžné nebo konvenční. Všechny ostatní izolační materiály, pevné nebo kapalné, které mají teplotní kapacitu vyšší, než materiály používané v těchto známých izolačních systémech, se považují za vysokoteplotní materiály. Následkem toho se v této normě standardní nebo normální izolační systém definuje jako „konvenční“ izolační systém za účelem porovnání; odpovídající normální teplotní meze jsou zde uváděny jako referenční pro vysvětlení rozdílů mezi dalšími vysokoteplotními systémy.

Tato mezinárodní norma je stejným způsobem zaměřena na zatěžování, přetěžování, zkoušky a na příslušenství. Pro porovnání jsou uvedeny pouze vybrané informace týkající se „konvenčních“ transformátorů. Všechny ostatní reference jsou směřovány na příslušné dokumenty IEC.

1 Rozsah platnosti

Tato část IEC 60076 se vztahuje na výkonové transformátory ponořené do kapaliny, které využívají buď vysokoteplotní izolaci, nebo kombinaci vysokoteplotní a konvenční izolace a pracují při teplotách nad konvenční limity.

Vztahuje se na:

- výkonové transformátory podle IEC 60076-1;
- transformátory pro měniče podle souboru norem IEC 61378;
- transformátory pro použití s větrnými turbínami v souladu s IEC 60076-16;
- transformátory pro obloukové pece;
- tlumivky podle IEC 60076-6.

Tuto část IEC 60076 lze použít jako referenci při použití vysokoteplotních izolačních materiálů v jiných typech transformátorů a tlumivek.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.