

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 29.180 **Květen 2012**

Transformátory pro měniče –
Část 1: Transformátory pro průmyslová použití

ČSN
EN 61378-1
ed. 2
35 1175

idt IEC 61378-1:2011 + IEC 61378-1:2011/Cor.1:2012-01

Converter transformers –
Part 1: Transformers for industrial applications

Transformateurs de conversion –
Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles

Stromrichtertransformatoren –
Teil 1: Transformatoren für industrielle Anwendungen

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 61378-1:2011. 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 61378-1:2011. It was translated by Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

S účinností od 2014-08-30 se nahrazuje ČSN EN 61378-1 (35 1175) z prosince 1999, která do uvedeného data platí souběžně s touto normou.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Souběžně s touto normou je v souladu s předmluvou k EN 61378-1:2011 dovoleno do 2014-08-30 používat dosud platnou ČSN EN 61378-1 (35 1175) z prosince 1999.

Změny proti předchozí normě

ČSN EN 61378-1:2011 obsahuje následující technické změny:

- dodatek spojení vinutí (lomená hvězda, rozšířený trojúhelník, apod.) s fázovým posunem ($< 30^\circ$);
- dodatek transformátorů s více než jednou aktivní částí ve stejné nádobě;
- změnu definice referenčního výkonu (nyní je založena na základní složce proudu);
- dodatek úvah pro směrnici volby přepínače odboček pod zatížením;
- dodatek týkající se regulačního transformátoru napájecího transformátor pro měniče;
- dodatek úvah o rozdělení proudů a teplotě hot-spot ve vinutí na velké proudy pro různě uspořádaná vinutí;

- dodatek týkající se transduktorů použitých pro regulaci stejnosměrným napětím společně s diodovými usměrňovači;
- vylepšení původních příloh s několika příklady výpočtu;
- doplnění nových příloh pro zvláštní případy měření.

Informace o citovaných dokumentech

IEC 60050-421:1990 zavedena v ČSN IEC 50(421):1997 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 421: Výkonové transformátory a tlumivky

IEC 60076 (soubor) zaveden v souboru ČSN EN 60076 (35 1001) Výkonové transformátory

IEC 60076-1:2011 zavedena v ČSN EN 60076-1 ed. 2:2012 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 1: Obecně

IEC 60076-2:2011 zavedena v ČSN EN 60076-2 ed. 2:2011 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 2: Oteplení transformátorů ponořených do kapaliny

IEC 60076-3:2000 zavedena v ČSN EN 60076-3:2001 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 3: Izolační hladiny, dielektrické zkoušky a vnější vzdušné vzdálenosti

IEC 60076-6:2007 zavedena v ČSN EN 60076-6:2009 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 6: Tlumivky

IEC 60076-8:1997 zavedena v ČSN IEC 60076-8:2000 (35 1008) Výkonové transformátory – Část 8: Pokyny pro použití

IEC 60076-11:2004 zavedena v ČSN EN 60076-11:2005 (35 1011) Výkonové transformátory – Část 11: Suché transformátory

IEC 60146 (soubor) zaveden v souboru ČSN EN 60146 (35 1530) Polovodičové měniče – Všeobecné požadavky a měniče se síťovou komutací

IEC 60146-1-1:2009 zavedena v ČSN EN 60146-1-1 ed. 2:2011 (35 1530) Polovodičové měniče – Všeobecné požadavky a měniče se síťovou komutací – Část 1-1: Stanovení základních požadavků

IEC/TR 60146-1-2:2011 nezavedena

IEC/TR 60616:1978 nezavedena

Informativní údaje z IEC 61378-1:2011

Tuto mezinárodní normu vypracovala technická komise IEC/TC 14 *Výkonové transformátory*.

Toto druhé vydání zrušuje a nahrazuje první vydání vydané v roce 1997. Toto vydání je jeho technickou revizí.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

FDIS
14/686/FDIS

Zpráva o hlasování
14/695/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 61378 se společným názvem *Transformátory pro měniče* je možno nalézt na webových stránkách IEC.

Komise rozhodla, že obsah základní publikace a jejích změn 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 60076-4 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 4: Průvodce zkouškami atmosférickým a spínacím impulsním napětím – Výkonové transformátory a tlumivky

ČSN EN 60076-5 ed.2 (35 1001) Výkonové transformátory a tlumivky – Část 5: Zkratová odolnost

ČSN EN 60076-7 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 7: Směrnice pro zatěžování olejových výkonových transformátorů

ČSN EN 60076-10 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 10: Stanovení hladin hluku

ČSN 60146-1-3 (35 1530) Polovodičové měniče – Všeobecné požadavky a měniče se síťovou komutací – Část 1-3: Transformátory a tlumivky

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

Vypracování normy

Zpracovatel: ORGREZ, a. s., IČ 469 00 829, Ing. Leoš Valenta, CSc., IČ 149 27 021

Technická normalizační komise: TNK 97 Elektroenergetika

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

EVROPSKÁ NORMA EN 61378-1

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM Listopad 2011

ICS 29.180 Nahrazuje EN 61378-1:1998 + opr. listopad 1998

Transformátory pro měniče –

Část 1: Transformátory pro průmyslová použití

(IEC 61378-1:2011)

Conventor transformers –

Part 1: Transformers for industrial applications
(IEC 61378-1:2011)

Transformateurs de conversion –
Partie 1: Transformateurs pour applications
industrielles
(CEI 61378-1:2011)

Stromrichtertransformatoren –
Teil 1: Transformatoren für industrielle
Anwendungen
(IEC 61378-1:2011)

Tato technická zpráva byla schválena CENELEC dne 2011-08-30. Členové CENELEC jsou povinni splnit vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se musí této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací dát 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 technická zpráva 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, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Chorvatska, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Maltý, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Španělska, Švédska a Švýcarska.

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

© 2011 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmikoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.
Ref. č. EN 61378-1:2011 E

Předmluva

Text dokumentu 14/686/FDIS budoucího druhého vydání IEC 61378-1, vypracovaný technickou komisí IEC/TC 14 *Výkonové transformátory* byl předložen IEC-CENELEC k paralelnímu hlasování a byl schválen CENELEC jako EN 61378-1:2011.

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) 2012-05-30

- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s dokumentem v rozporu

(dow) 2014-08-30

Tento dokument nahrazuje EN 61378-1:1998 + oprava listopad 1998.

EN 61378-1:2011 obsahuje následující podstatné technické změny vzhledem k EN 61378-1:1998 + oprava listopad 1998:

- dodatek spojení vinutí (lomená hvězda, rozšířený trojúhelník, apod.) s fázovým posunem ($< 30^\circ$);
- dodatek transformátorů s více než jednou aktivní částí ve stejné nádobě;
- změnu definice referenčního výkonu (nyní je založena na základní složce proudu);
- dodatek úvah pro směrnici volby přepínače odboček pod zatížením;
- dodatek týkající se regulačního transformátoru napájecího transformátor pro měniče;
- dodatek úvah o rozdělení proudů a teplotě hot-spot ve vinutí na velké proudy pro různě uspořádaná vinutí;
- dodatek týkající se transduktorů použitých pro regulaci stejnosměrným napětím společně s diodovými usměrňovači;
- vylepšení původních příloh s několika příklady výpočtu;
- doplnění nových příloh pro zvláštní případy měření.

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 61378-1:2011 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Obsah

Strana

1	Rozsah platnosti	10
2	Citované dokumenty	10
3	Termíny, definice a zkratky	11
3.1	Termíny a definice	11
3.2	Zkratky	12
4	Klasifikace	13
4.1	Obecně	13
4.2	Normální provozní podmínky	13
4.3	Opatření pro nenormální provozní podmínky	13
5	Jmenovité údaje	13
5.1	Obecně	13
5.2	Jmenovitý výkon při jmenovitém kmitočtu a zatížitelnost	13
5.3	Jmenovitá a provozní napětí	14
5.3.1	Transformátor napájený z energetické soustavy střídavého napětí	14
5.3.2	Transformátor napájený z měniče/střídačem s proměnným nebo bez proměnného kmitočtu	14
5.4	Jmenovitý proud	14

5.5	Fázové posunutí a identifikace svorek pro trojfázový transformátor	14
5.6	Štítek	14
5.7	Jednotky s terciárními zatíženými vinutími s filtry a kompenzací	15
5.8	Přepínače odboček při zatížení	15
6	Ztráty nakrátko a úbytek napětí v transformátorech a tlumivkách	15
6.1	Obecně	15
6.2	Stanovení ztrát nakrátko transformátoru při deformovaném zatěžovacím proudu	16
6.3	Dělení proudu, ztráty a hot-spot ve vinutích na velké proudy	19
6.4	Vliv geometrického uspořádání vinutí a magnetické vazby mezi vinutími na jejich ztráty vířivými proudy v důsledku harmonických v transformátorech se třemi a více vinutími navinutými na stejném sloupci jádra transformátoru	19
6.5	Ztráty v sacích tlumivkách, tlumivkách vyrovnávajících proud, sériových vyhlazovacích tlumivkách a v transduktorech	25
6.5.1	Obecně	25
6.5.2	Sací tlumivky	25
6.5.3	Tlumivky vyrovnávající proud	25
6.5.4	Sériové vyhlazovací tlumivky	25
6.5.5	Transduktory	25
6.6	Úbytky napětí v transformátorech a tlumivkách	26
6.6.1	Obecně	26
6.6.2	Transduktory	26
7	Zkoušky transformátorů pro měniče	28
7.1	Obecně	28
7.2	Měření komutující reaktance a stanovení induktivního úbytku napětí	28
7.2.1	Komutující reaktance	28
7.2.2	Induktivní úbytek napětí	28
7.3	Měření převodu napětí a fázového posunutí	29

7.4 Dielektrické zkoušky 29

7.4.1 Obecně 29

7.4.2 Dielektrická zkouška mezi prokládanými ventilovými vinutími 29

7.5 Zkouška ztrát nakrátko 29

7.5.1 Obecně 29

7.5.2 Měření ztrát nakrátko v usměrňovacích transformátorech s transduktory ve stejné nádobě 30

7.5.3 Zkouška uspořádání přípojníc pro zkrat ventilových vinutí na velké proudy 30

7.6 Oteplovací zkoušky 30

7.6.1 Obecně 30

7.6.2 Vytvoření celkových ztrát 30

7.6.3 Vytvoření jmenovitých ztrát nakrátko 31

7.6.4 Zkouška oteplení na suchých transformátorech 32

8 Hladina hluku při zatížení s transduktory a/nebo mezifázovým transformátorem 32

Příloha A (informativní) Stanovení provozních ztrát nakrátko transformátoru při jmenovitém nesinusovém proudu
měniče z měření při jmenovitém proudu transformátoru se základním kmitočtem 35

Příloha B (informativní) Proud y při zkoušce nakrátko a ztráty nakrátko v transformátorech pro jednocestné měniče
(vytváření celkových ztrát) 50

Příloha C (informativní) Měření podílu proudu ve ventilových vinutích pro vysoké proudy 51

Příloha D (informativní) Příklady cyklů zatížení 57

Příloha E (informativní) Návod pro revizi projektu 58

Příloha F (informativní) Stanovení ztrát v nádobě transformátoru způsobených magnetickým polem. Simulace 3D
a návod na vyhodnocení ztrát v nádobě a na výpočet hot-spot nádoby 60

Příloha G (informativní) Měření nakrátko transformátorů pro usměrňovače vybavené vestavěnými transduktory 61

Příloha H (informativní) Stanovení napěťového převodu transformátoru a fázového posunutí měřením poměru závitů 63

Příloha I (informativní) Zapojení fázového posunu a označení svorek transformátorů pro měniče 66

Příloha J (normativní) Vztah mezi jmenovitými hodnotami podle IEC 61378-1 a IEC 60146-1-1 71

Příloha ZA (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace 80

Obrázek 1 – B6U nebo DB 6pulzní zapojení do dvojitého můstku 12

Obrázek 2 – DSS 6pulzní zapojení 12

Obrázek 3 – Rozptylová pole pro trojvinuťový transformátor s těsnou vazbou vinutí na straně ventilů 21

Obrázek 4 – Rozptylová pole pro trojvinuťový transformátor s oddělenými vinutími na straně ventilů 22

Obrázek 5 – Rozptylová pole pro trojvinuťový transformátor s volnou vazbou dvojité koncentrických vinutí na straně ventilů 23

Obrázek 6 – Rozptylová pole pro trojvinuťový transformátor s volnou vazbou dvojité koncentrických vinutí s axiálním posunutím na straně ventilů 24

Obrázek 7 – Typická regulační křivka transduktoru (s maximálním úbytkem napětí v nule řídicího proudu) a toleranční rozsah 27

Obrázek A.1 – Průřez pramene vinutí 36

Obrázek A.2 – Značení svorek pro zapojení vinutí Y y0y6 38

Obrázek A.3 – Značení svorek pro zapojení vinutí D d0y1 41

Obrázek A.4 – Proud ventilu ve spojení DB, obdélníkový tvar, kladná polarita 42

Obrázek A.5 – Proud ventilu ve spojení DB, obdélníkový tvar, kladná a záporná polarita 43

Obrázek A.6 – Proud ventilu ve spojení DSS, obdélníkový tvar 46

Obrázek C.1 – Příklad ventilového vinutí pro vysoké proudy a sestava měření 51

Obrázek C.2 – Uspořádání transformátorových vinutí 52

Strana

Obrázek C.3 – Měřicí obvod pro měření ve fázi 53

Obrázek C.4 – Měřicí obvod pro měření v protifázi 53

Obrázek C.5 – Měření a porovnání se simulacemi prováděnými SW metodou konečných prvků pro rozložení proudu ve fázi 55

Obrázek C.6 – Měření a porovnání se simulacemi prováděnými SW metodou konečných prvků pro

rozložení proudu v protifázi 56

Obrázek H.1 – Spojení Yd1 63

Obrázek H.2 – Spojení Yd11 64

Obrázek H.3 – Spojení Pd0+7,5 64

Obrázek H.4 – Zapojení oscilografu 65

Obrázek H.5 – Oscilogramy s fází B + 7,5° ve zpoždění vzhledem k fázi A 65

Obrázek H.6 – Oscilogramy s fází B - 7,5° v předstihu vzhledem k fázi A 65

Obrázek I.1 – Levotočivé posunutí fáze 66

Obrázek I.2 – Spojení Yd11 66

Obrázek I.3 – Spojení Yd1 66

Obrázek I.4 – Příklad I.1 fázového posunutí 67

Obrázek I.5 – Příklad I.2 fázového posunutí 67

Obrázek J.1 – Zapojení do dvojitého můstku pro ideální obdélníkové proudové bloky 71

Obrázek J.2 – DSS zapojení pro obdélníkové proudové bloky 72

Tabulka 1 – Zapojení a činitelé pro výpočet 33

Tabulka A.1 – Stanovené proudy harmonických a fázový posun ve ventilových vinutích 37

Tabulka A.2 – Měření odporu při teplotě vinutí 20 °C 38

Tabulka A.3 – Stanovené proudy harmonických a fázový posun v síťových a ventilových vinutích 40

Tabulka A.4 – Měření ze zkušebního protokolu 41

Tabulka A.5 – Výsledné harmonické proudy 42

Tabulka A.6 – Výsledné harmonické proudy 43

Tabulka A.7 – Výsledné harmonické proudy 44

Tabulka A.8 – Podrobné ztráty transformátoru nakrátko při jmenovité poloze odbočky s terciárem naprázdno 45

Tabulka A.9 – Výsledné harmonické proudy 46

Tabulka A.10 – Specifické proudy harmonických a fázový posun ve vinutích na straně ventilů a sítě 47

Tabulka A.11 – Výsledné harmonické proudy 48

Tabulka A.12 – Podrobné ztráty nakrátko transformátoru při jmenovité poloze odbočky, s terciárem naprázdno 49

Tabulka C.1 – Měření a porovnání se simulací prováděnou SW metodou konečných prvků pro rozložení proudů ve fázi 54

Tabulka C.2 – Měření a porovnání se simulací prováděnou SW metodou konečných prvků pro rozložení proudu ve fázi 55

Tabulka D.1 – Příklady zatěžovacích cyklů pro různé aplikace 57

Tabulka H.1 – Jednofázové měření převodu 63

Tabulka J.1 – Obsah harmonických do 25. harmonické ve dvojitým můstku 6pulsního zapojení (ideální obdélníkový tvar proudové vlny) 72

Tabulka J.2 – Obsah harmonických do 25. harmonické v DSS 6pulsního zapojení (ideální obdélníkový tvar proudové vlny) 73

Tabulka J.3 – Příklad srovnání výpočtu činitelů 75

Tabulka J.4 – Příklad srovnání výpočtu obecných činitelů 76

1 Rozsah platnosti

Tato část IEC 61378 se zabývá specifikací, konstrukcí a zkoušením výkonových transformátorů a tlumivek, které jsou určeny pro začlenění do polovodičových měnících; obecně není použitelná pro transformátory konstruované pro průmyslový nebo veřejný rozvod elektrické energie.

Platnost této mezinárodní normy je omezena na použití výkonových měničů s libovolným jmenovitým výkonem. Typickými aplikacemi jsou: tyristorové usměrňovače pro elektrolýzy, diodové usměrňovače pro elektrolýzu, tyristorové usměrňovače pro velké pohony, tyristorové usměrňovače pro tavicí pece v železárnách a diodové usměrňovače pro napájení střídačů pro pohony s proměnnou rychlostí. Tato norma rovněž zahrnuje regulační jednotku používanou v takových aplikacích jako regulační snižovací transformátory nebo autotransformátory s vinutím pro ventily s nejvyšším napětím pro zařízení nepřevyšujícím 36 kV.

Tato norma není použitelná pro transformátory pro přenos výkonu vysokým stejnosměrným napětím. To jsou transformátory vysokého napětí a ty se podrobují zkouškám stejnosměrným napětím.

Normy pro kompletní měření (soubor norem IEC 60146 nebo jiné publikace zaměřené na zvláštní oblasti použití) mohou obsahovat požadavky na záruky a zkoušky (například izolace a ztráty výkonu) pro celou stanici včetně transformátorů a zařízení tlumivek. To nebrání použití požadavků této normy týkajících se záruk a zkoušek vztahujících se na tyto transformátory pro měniče jako na samotné části před jejich namontováním do měniče.

Záruky, provozní a typové zkoušky definované v této normě platí stejně pro transformátory tvořící část celé dodávky s měniči jako pro transformátory objednané odděleně, avšak určené pro zařízení s měniči. Jakákoliv další záruka nebo zvláštní ověření musí být zvlášť dohodnuty v kontraktu na transformátory.

Transformátory pro měniče zahrnuté do této normy mohou být olejové nebo suché. Pokud nejsou v této normě uvedeny zvláštní výjimky, požaduje se, aby transformátory vyhovovaly souboru IEC 60076 pro olejové transformátory a IEC 60076-11 pro suché transformátory.

POZNÁMKA Pro některá použití s měniči je možné použít obyčejné distribuční transformátory normálního provedení. Použití takových normálních transformátorů ve speciálních zařízeních s měniči může vyžadovat snížení jmenovitých údajů. Tato záležitost není obsahem této normy, pojednává o požadavcích kladených na jednotky se zvláštní konstrukcí. Toto snížení údajů může být odhadnuto pomocí vzorců uvedených v 5.1 a rovněž v IEC 60076-8:1997, kapitola 9.

Tato norma se zabývá transformátory s jednou nebo více aktivními částmi instalovanými ve stejné nádobě jako jsou regulační (auto)transformátory a jeden nebo dva usměrňovací transformátory. Rovněž se zabývá transformátory s transduktory a/nebo jedním nebo více mezifázovými transformátory.

Pro jakékoliv kombinace neuvedené výše je třeba dohoda mezi zákazníkem a výrobcem pokud se týká stanovení a měření celkových ztrát.

Tato norma se zabývá transformátory se zapojením ve hvězdě Y a v trojúhelníku Δ a jinými zapojeními pro posun fáze (jako zapojení do lomené hvězdy, rozšířeného zapojení do trojúhelníku, polygonu apod.). Vínutí pro posun fáze může být umístěno buď na transformátoru regulačním nebo napájecím usměrňovač.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.