

2024

Výkonové transformátory -  
Část 19-1: Pravidla pro stanovení nejistot  
při měření ztrát výkonových transformátorů

ČSN  
EN IEC 60076-19-1

35 1001

idt IEC 60076-19-1:2023

Power transformers -  
Part 19-1: Rules for the determination of uncertainties in the measurement of the losses of power  
transformers

Transformateurs de puissance -  
Partie 19-1: Regles pour la détermination des incertitudes de mesure des pertes des transformateurs  
de puissance

Leistungstransformatoren -  
Teil 19-1: Regeln für die Bestimmung von Unsicherheiten in der Messung der Verluste von  
Leistungstransformatoren  
und Drosselspulen

Tato norma je českou verzí evropské normy EN IEC 60076-19-1:2023. Překlad byl zajištěn Českou agenturou pro standardizaci. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the European Standard EN IEC 60076-19-1:2023. It was translated by the Czech Standardization Agency. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

S účinností od 2026-06-27 se nahrazuje ČSN EN 60076-19 (35 1001) z května 2016, 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 IEC 60076-19-1:2023 dovoleno do 2026-06-27 používat dosud platnou ČSN EN 60076-19 (35 1001) z května 2016.

Změny proti předchozí normě

Toto vydání obsahuje následující významné technické změny oproti předchozímu vydání:

a) Ztráty tlumivek nejsou předmětem tohoto dokumentu. Uvažuje se o samostatné části IEC 60076-19, která by se zabývala ztrátami tlumivek.

b) Byl odstraněn problém se symboly, kdy byl symbol pro napětí změněn z  $U$  na  $V$ , aby nedošlo k záměně s rozšířenou nejistotou. Nový symbol je přijat v IEC 60050-121:2002, 121-11-27 pro případ, kdy je příslušné elektrické pole nerotační (nerotující).

#### 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 60076-11:2018 zavedena v ČSN EN IEC 60076-11 ed. 2:2019 (35 1001) Výkonové transformátory – Část 11: Suché transformátory

#### Souvisící ČSN a TNI

ČSN EN 60060-2 ed. 2 (34 5640) Technika zkoušek vysokým napětím – Část 2: Měřicí systémy

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

ČSN EN 61869-1 (35 1350) Přístrojové transformátory – Část 1: Všeobecné požadavky

ČSN EN 61869-2 (35 1350) Přístrojové transformátory – Část 2: Dodatečné požadavky na transformátory proudu

ČSN EN 61869-3 (35 1350) Přístrojové transformátory – Část 3: Dodatečné požadavky pro induktivní transformátory napětí

ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 (01 5253) Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří

TNI 01 4109-3:2011 Nejistoty měření – Část 3: Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (GUM:1995) (Pokyn ISO/IEC 98-3)

TNI 01 0115:2009 Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)

#### Vysvětlivky k textu této normy

V případě nedatovaných odkazů na evropské/mezinárodní normy jsou ČSN uvedené v člácích „Informace o citovaných dokumentech“ a „Souvisící ČSN a TNI“ nejnovějšími vydáními, platnými v době schválení této normy. Při používání této normy je třeba vždy použít taková vydání ČSN, která přejímají nejnovější vydání nedatovaných evropských/mezinárodních norem (včetně všech změn).

#### Informativní údaje z IEC 60076-19-1:2023

IEC 60076-19-1 vypracovala technická komise IEC/TC 14 *Výkonové transformátory*. Je to mezinárodní norma.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

FDIS	Zpráva o hlasování
14/1105/FDIS	14/1107/RVD

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

Jazyk použitý při vypracování této mezinárodní normy je angličtina.

Tento dokument byl navržen v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 2, a byl vypracován v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 1, a se směrnicemi ISO/IEC, dodatkem IEC, dostupnými na [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Hlavní typy dokumentů vypracované v IEC jsou podrobněji popsány na [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Seznam všech částí souboru IEC 60076 se společným názvem *Výkonové transformátory* je možno nalézt na webových stránkách IEC.

Komise rozhodla, že obsah tohoto dokumentu zůstane nezměněn až do data příští prověrky (stability date) uvedeného na webových stránkách IEC (<http://webstore.iec.ch>) v údajích o tomto dokumentu. K tomuto datu bude dokument buď

- znovu potvrzen,
- zrušen,
- nahrazen revidovaným vydáním, nebo
- změněn.

**UPOZORNĚNÍ** - Publikace obsahuje barevný tisk, který je považován za potřebný k porozumění jejímu obsahu. Uživatelé by proto měli pro tisk tohoto dokumentu použít barevnou tiskárnu.

EVROPSKÁ NORMA  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

EN IEC 60076-19-1

Červen 2023

ICS 29.180  
EN 60076-19:2015

Nahrazuje

Výkonové transformátory -  
Část 19-1: Pravidla pro stanovení nejistot při měření ztrát výkonových transformátorů  
(IEC 60076-19-1:2023)

Power transformers -  
Part 19-1: Rules for the determination of uncertainties in the measurement  
of the losses of power transformers  
(IEC 60076-19-1:2023)

Transformateurs de puissance -  
Partie 19-1: Règle pour la détermination  
des incertitudes de mesure des pertes  
des transformateurs de puissance  
(IEC 60076-19-1:2023)

Leistungstransformatoren -  
Teil 19-1: Regeln für die Bestimmung  
von Unsicherheiten in der Messung der Verluste  
von Leistungstranformatoren und Drosselspulen  
(IEC 60076-19-1:2023)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC dne 2023-06-27. 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, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Chorvatska, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Maltu, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Republiky Severní Makedonie, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Srbska, Španělska, Švédsko, Švýcarsko a Turecko.



**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: Rue de la Science 23, B-1040 Brusel**

© 2023 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoliv formě a jakýmikoliv prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.

Ref. č. EN IEC 60076-19-1:2023 E



## Evropská předmluva

Text dokumentu 14/1105/FDIS, budoucího prvního vydání IEC 60076-19-1, který vypracovala technická komise IEC/TC 14 *Výkonové transformátory*, byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN IEC 60076-19-1:2023.

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) 2024-03-27
- nejzazší datum zrušení národních norem,  
které jsou s dokumentem v rozporu (dow) 2026-06-27

Tento dokument nahrazuje EN 60076-19:2015 a všechny její změny a opravy (pokud existují).

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

Tento dokument byl vypracován na základě mandátu uděleného CENELEC Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu.

Jakákoli zpětná vazba a otázky týkající se tohoto dokumentu mají být adresovány národnímu normalizačnímu orgánu uživatele. Úplný seznam těchto orgánů lze nalézt na webových stránkách CENELEC.

## Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 60076-19-1:2023 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Úvod.....	10
<b>1.....</b> Rozsah platnosti.....	11
<b>2.....</b> Citované dokumenty.....	11
<b>3.....</b> Termíny a definice.....	11
<b>4.....</b> Značky.....	12
<b>4.1.....</b> Obecné značky.....	12
<b>4.2.....</b> Značky pro nejistotu.....	13
<b>4.2.1.....</b> Obecná označení.....	13
<b>4.2.2.....</b> Specifická označení.....	13
<b>5.....</b> Měření výkonu, systematická odchylka a nejistota.....	13
<b>5.1.....</b> Obecně.....	13
<b>5.2.....</b> Návaznost.....	14
<b>5.3.....</b> Modelová funkce.....	14
<b>5.4.....</b> Měřicí systémy.....	14
<b>6.....</b> Postupy při měření ztrát naprázdno.....	



.....	14
<b>6.1.....</b>	
Obecně.....	14
<b>6.2.....</b>	
Modelová funkce pro ztráty naprázdno při referenčních podmínkách.....	14
<b>6.3.....</b>	
Výpočet nejistoty pro ztráty naprázdno.....	15
<b>7.....</b>	
Postupy při měření ztrát nakrátko.....	16
<b>7.1.....</b>	
Obecně.....	16
<b>7.2.....</b>	
Modelová funkce pro měření ztrát nakrátko při jmenovitém proudu.....	16
<b>7.3.....</b>	
Modelová funkce pro ztráty nakrátko při jmenovitém proudu a referenční teplotě.....	17
<b>7.4.....</b>	
Rozpočet nejistoty při měření výkonu $P_2$ přepočtený ke jmenovitému proudu.....	17
<b>7.4.1.....</b>	
Obecně.....	17
<b>7.4.2.....</b>	
Nejistoty měřeného výkonu ztrát nakrátko $P_2$ při okolní teplotě $q_2$ .....	17
<b>7.5.....</b>	
Rozpočet nejistoty pro uváděné (udávané) ztráty nakrátko při referenční teplotě.....	17
<b>8.....</b>	
Trojfázové výpočty výkonu.....	18
<b>9.....</b>	
Vypracování zkušebního protokolu.....	19
<b>10.....</b>	
Odhad korekcí a nejistota příspěvků.....	19
<b>10.1.....</b>	
Přístrojové transformátory.....	19
<b>10.1.1...</b>	
Obecně.....	19
<b>10.1.2...</b>	
Chyba převodu přístrojových	

transformátorů.....	
....	19
<b>10.1.3...</b> Fázový posun přístrojových transformátorů.....	
.....	20
<b>10.2.....</b> Měření napětí a proudu.....	
.....	22
<b>10.3.....</b> Wattmetr.....	
.....	22
<b>10.4.....</b> Moderní systémy se specifikovanou nejistotou systému.....	22
<b>10.5.....</b> Korekce na sinusový tvar vlny.....	
.....	23
<b>10.6.....</b> Měření odporu vinutí.....	
.....	23
<b>10.7.....</b> Teplota vinutí při měření ztrát nakrátko.....	
....	24
<b>10.7.1...</b> Obecně.....	
.....	24
<b>10.7.2...</b> Stanovení $R_2$ a $q_2$ na základě měření teploty.....	24
<b>10.7.3...</b> Stanovení $R_2$ a $q_2$ na základě měření odporu.....	25

<b>Příloha A</b> (informativní) Příklad vyhodnocení nejistoty ztrát naprázdno – moderní měřicí systém.....	26
<b>A.1</b> ..... Obecně (příkladový záměr).....	26
<b>A.2</b> ..... Specifikace transformátoru.....	26
<b>A.3</b> ..... Měřicí systém.....	26
<b>A.4</b> ..... Měření.....	26
<b>A.5</b> ..... Korekce naměřených hodnot.....	27
<b>A.6</b> ..... Výpočet nejistoty.....	27
<b>A.7</b> ..... Vykázané ztráty a odhad nejistoty.....	28
<b>Příloha B</b> (informativní) Příklad vyhodnocení nejistoty ztrát naprázdno – postup založený na kalibraci.....	29
<b>B.1</b> ..... Obecně.....	29
<b>B.2</b> ..... Specifikace transformátoru.....	29
<b>B.3</b> ..... Měřicí systém.....	29
<b>B.4</b> ..... Měření.....	30
<b>B.5</b> ..... Korekce naměřených	

hodnot.....	30
<b>B.6.....</b> Výpočet nejistoty.....	31
<b>B.7.....</b> Vykázaná ztráta a odhad nejistoty.....	31
<b>Příloha C</b> (informativní) Příklad vyhodnocení nejistoty ztrát nakrátko – postup založený na indexu třídy.....	32
<b>C.1.....</b> Obecně.....	32
<b>C.2.....</b> Specifikace transformátoru.....	32
<b>C.3.....</b> Měřicí systém.....	32
<b>C.4.....</b> Měření.....	33
<b>C.5.....</b> Výpočet v souladu s IEC 60076-1.....	33
<b>C.6.....</b> Výpočet nejistoty.....	34
<b>C.7.....</b> Vykázané ztráty a odhad nejistoty.....	35
<b>Příloha D</b> (informativní) Stanovení exponentu $n$ ve výrazu pro ztráty naprázdno.....	36
<b>Příloha E</b> (informativní) Nejistota měření a výsledky zkoušek.....	37
<b>E.1.....</b> Obecně.....	37
<b>E.2.....</b> Výsledky zkoušek, záruky, tolerance, meze	

nejistoty.....	37
<b>E.3.....</b> Návaznost jako nástroj pro zajištění kvality.....	37
<b>E.4.....</b> Prostředky a metody prokazování tvrzení o nejistotě a návaznosti.....	37
<b>E.4.1.....</b> Kalibrace.....	37
<b>E.4.2.....</b> Pokyny k rozsahu kalibrace.....	39
<b>Příloha F</b> (normativní) Výpočet nejistoty ztrát s různou referenční teplotou a/nebo materiálem vinutí.....	40
Bibliografie.....	41
<b>Příloha ZA</b> (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a jim odpovídající evropské publikace.....	42
 Obrázek D.1 - Vyhodnocení exponentu $n$ z údajů v tabulce D.1.....	36
 Tabulka 1 - Měřené nejistoty ztrát naprázdno.....	16
Tabulka 2 - Měřené nejistoty ztrát nakrátko při okolní teplotě.....	17
Tabulka 3 - Absolutní nejistota ztrát nakrátko PLL uváděných (udávaných) při referenční teplotě $q_r$ .....	18
Tabulka 4 - Měřené nejistoty ztrát naprázdno, moderní systém.....	23
Tabulka 5 - Měřené nejistoty ztrát nakrátko při okolní teplotě, moderní systém.....	23

Tabulka A.1 - Trojfázový olejem plněný transformátor.....	26
Tabulka A.2 - Specifikace nejistoty měřicího systému výkonu.....	26
Tabulka A.3 - Naměřené údaje.....	27
Tabulka A.4 - Korigované hodnoty.....	27
Tabulka A.5 - Nejistota ztrát naprázdno (podle tabulky 1).....	27
Tabulka B.1 - Trojfázový olejem plněný transformátor.....	29
Tabulka B.2 - Nejistoty snímačů proudu a napětí měřicího systému.....	29
Tabulka B.3 - Nejistoty wattmetru.....	30
Tabulka B.4 - Naměřené údaje.....	30
Tabulka B.5 - Korigované hodnoty.....	30
Tabulka B.7 - Nejistota ztrát naprázdno (podle tabulky 1).....	31
Tabulka C.1 - Trojfázový suchý transformátor.....	32
Tabulka C.2 - Nejistoty snímačů proudu a napětí měřicího systému.....	32
Tabulka C.3 - Naměřené údaje.....	33

Tabulka C.4 - Výsledky na základě naměřených údajů.....	33
Tabulka C.5 - Odvození standardních příspěvků nejistoty.....	34
Tabulka C.6 - Rozdělení nejistoty pro měřené ztráty nakrátko při okolní teplotě (Tabulka 2).....	34
Tabulka C.7 - Rozdělení nejistoty pro absolutní nejistotu ztrát naprázdno zaznamenaný při referenční teplotě (Tabulka 3).....	35
Tabulka D.1 - Příklad měřených ztrát naprázdno ve srovnání s přiloženým napětím.....	36

# Úvod

Ztráty výkonových transformátorů (ztráty naprázdno a ztráty při/pod zatížením) jsou předmětem záruky a penále ve většině kontraktů a hrají důležitou roli ve vyhodnocení celkových (provozních) nákladů, a proto jsou zahrnuty do investic. Kromě toho mohou regionální předpisy, jako například směrnice Evropské unie pro ekodesign (směrnice 2009/125/ES), rovněž klást požadavky na ustanovení spolehlivých hodnot ztrát.

Podle ISO/IEC 17025 a Pokynu ISO/IEC 98-3 by měl být výsledek jakéhokoliv měření posouzen s vyhodnocením jeho nejistoty. Dalším požadavkem těchto dokumentů je, aby byly známé korekce použity před vyhodnocením nejistoty. Tato ustanovení byla použita v tomto dokumentu.

Korekce a nejistoty jsou rovněž vzaty do úvahy v IEC 60076-8, kde jsou uvedena některá obecná upozornění pro jejich stanovení.

Tento dokument pojednává o měření ztrát, které z hlediska měření sestává z odhadu měřené hodnoty a vyhodnocení nejistoty, která má vliv na samotnou měřenou hodnotu. Postupy mohou být aplikovány i na měření ztrát výkonových transformátorů:

- jako vyhodnocení úspěšného provedení zkušebního zařízení během předkvalifikačních procesů,
- jako odhady přijatelné nejistoty ve fázi poptávky zakázky nebo před začátkem závěrečných zkoušek ve výrobních prostorách u výrobce; a pro
- vyhodnocování měření dozoru nad trhem.

Vyhodnocení nejistoty při zkoušení je často charakterizováno jako „top-down“ (shora-dolů) nebo „bottom-up“ (zdola-nahoru), přičemž první z nich se opírá o mezilaboratorní porovnání cirkulujících zkušebních objektů pro ocenění rozptylu, a tudíž nejistoty. Druhá metoda se naopak opírá o přípravu modelové funkce, kde je výsledek zkoušky  $y$  vyjádřen jako funkce vstupních veličin. Tato funkce je často vzorcem použitým pro výpočet výsledku. V tomto dokumentu je použita metoda „bottom-up“.

Rozsah nejistoty závisí na kvalitě zkušebního zařízení a měřicího systému, na kvalifikaci personálu a na vnitřních obtížích měření způsobených zkoušenými objekty.

Postupy pro vyhodnocení nejistoty měření vypracované v tomto dokumentu slouží jako nástroj pro posouzení správnosti (spolehlivosti) výsledků měření ztrát. Nejistota je chápána jako „parametr spojený s výsledkem měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být rozumně přisouzeny měřené veličině“ [ZDROJ: IEV 311-01-02].

V případech, kdy se požaduje, aby ztráty vyhověly stanoveným mezím tolerance, doporučuje se, aby měřicí systémy byly takové kvality, že jejich odhadovaná nejistota je menší než mez tolerance. (Jako příklad lze uvést, že měření s nejistotou 5 % při zkoušce, kde je toleranční mez 5 % je přijatelné, pokud naměřená hodnota leží uvnitř toleranční meze). Tato situace může nastat například při činnostech dozoru nad trhem. Lze poznamenat (konstatovat), že nejistota 3 % je považována za v současnosti běžnou hodnotu pro nejistotu ztrát.

Zpracování výsledku měření je definováno v IEC 60076-8:1997, 10.1 následovně: „Předkládaný výsledek zkoušky musí obsahovat nejsprávnější možné ocenění založené na provedených měřeních. Hodnota musí být přijata taková, jaká je. Rozpětí nejistoty nesmí být zahrnuto do posuzování splnění podmínek pro záruky se žádnou kladnou tolerancí nebo rozsahem tolerancí pro údaje o funkci zkoušeného předmětu“.



V příloze A až C tohoto dokumentu jsou uvedeny příklady výpočtů nejistot měření ztrát naprázdno a nakrátko velkých výkonových a distribučních transformátorů. Příloha D obsahuje informace o stanovení exponentu pro použité napětí při měření ztrát naprázdno. Příloha E obsahuje informace o nejistotě měření. Příloha F obsahuje informace o výpočtu nejistoty ztrát při různých referenčních teplotách a/nebo materiálu vinutí.

Mezinárodní normy, technické zprávy a příručky, které jsou zmíněny v textu tohoto dokumentu, ale nejsou nezbytné pro jeho použití, jsou uvedeny v bibliografii na konci tohoto dokumentu.

Ztráty tlumivek nejsou předmětem tohoto dokumentu. Uvažuje se o samostatné části IEC 60076-19, která by se zabývala ztrátami tlumivek.

Byl odstraněn problém se značkami, kdy byla značka pro napětí změněna z  $U$  na  $V$ , aby nedošlo k záměně s rozšířenou nejistotou. Nová značka je přijata v IEC 60050-121:2002, 121-11-27 pro případ, kdy je příslušné elektrické pole nerotační (nerotující).

# 1 Rozsah platnosti

Tato část IEC 60076 definuje postupy, které se používají pro vyhodnocování nejistoty ovlivňující měření ztrát naprázdno a nakrátko během výrobních kusových zkoušek výkonových transformátorů.

Tento dokument se zaměřuje na měřicí systémy využívající digitální přístroje, i když postupy mohou být přizpůsobeny pro hodnocení systémů s analogovými přístroji, kde je potřeba zohlednit další zdroje nejistoty.

Tento dokument specifikuje, jak stanovit nejistotu měření a jak použít korekce na známé chyby v měřicím řetězci. Informace týkající se posuzování a návaznosti jsou uvedeny v IEC 60076-8:1997, 10.1 a 10.2.

**Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.**