

Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách -
Část 0: Výpočet proudů

ČSN
EN 60909-
ed. 2
33 3022

idt IEC 60909-0:2016

Short-circuit currents in three-phase a.c. systems -
Part 0: Calculation of currents

Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés a courant alternatif -
Partie 0: Calcul des courants

Kurzschlussströme in Drehstromnetzen -
Teil 0: Berechnung der Ströme

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60909-0:2016. 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 60909-0:2016. 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 2019-06-10 se nahrazuje ČSN EN 60909-0 (33 3022) z května 2002, která do uvedeného data platí souběžně s touto normou.

Národní předmluva

Upozornění na používání normy

Souběžně s touto normou je v souladu s předmluvou k EN 60909-0:2016 dovoleno do 2019-06-10 používat dosud platnou ČSN EN 60909-0 (33 3022) z května 2002.

Změny proti předchozí normě

Text technického porovnání věcných změn přijatých v této normě proti předchozímu vydání normy je uveden v kapitole Informativní údaje z IEC 60909-0:2016.

Související ČSN

ČSN EN 60038:2012 (33 0120) Jmenovitá napětí CENELEC

ČSN IEC 60050-131:2005 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Část 131: Teorie obvodů

ČSN IEC 60050-151:2001 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Část 151: Elektrická a magnetická zařízení

ČSN IEC 60050-195:2001 (33 0050) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Část 195: Uzemnění a ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN EN 60865-1 ed. 2 (33 3040) Zkratové proudy - Výpočet účinků - Část 1: Definice a výpočetní metody

ČSN EN 62428 (33 0111) Výkonová elektrotechnika - Složkové soustavy trojfázových sítí - Veličiny a jejich transformace

ČSN IEC 949 (34 7025) Výpočet dovolených zkratových proudů, který bere v úvahu neadiabatický ohřev

ČSN IEC 986 (34 7026) Pokyn pro teplotní meze při zkratu elektrických kabelů se jmenovitým napětím od 1,8/3 (3,6) kV do 18/30 (36) kV

ČSN 38 1754:1974 Dimenzování elektrického zařízení podle účinku zkratových proudů

Vysvětlivky k textu této normy

V případě nedatovaných odkazů na evropské/mezinárodní normy jsou ČSN uvedené v člancích „Informace

o citovaných dokumentech“ a „Souvisící ČSN“ nejnovějšími vydáními, platnými v době schválení této normy. Při používání této normy je třeba použít taková vydání ČSN, která přejímají nejnovější vydání nedatovaných evropských/ mezinárodních norem (včetně všech změn).

Informativní údaje z IEC 60909-0:2016

Mezinárodní normu IEC 60909-0 vypracovala technická komise IEC/TC 73 *Zkratové proudy*.

Toto druhé vydání zrušuje a nahrazuje první vydání z roku 2001. Toto vydání je jeho technickou revizí.

Toto vydání obsahuje následující důležité technické změny oproti předchozímu vydání:

- a. příspěvek větrných elektrárenských jednotek ke zkratovému proudu;
- b. příspěvek elektrárenských jednotek s plnovýkonovými měniči ke zkratovému proudu;
- c. nová struktura dokumentu.

Text této normy se zakládá na těchto dokumentech:

CDV
73/172/CDV

Zpráva o hlasování
73/175A/RVC

Úplnou informaci 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 60909 se společným názvem *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách* je možno nalézt na webových stránkách IEC.

Tato část IEC 60909 by se měla používat společně s dále uvedenými mezinárodními normami a technickými zprávami dále uvedenými:

- IEC TR 60909-1:2002, Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 1: Součinitelé pro výpočet zkratových proudů v trojfázových střídavých soustavách podle IEC 60909-0
- IEC TR 60909-2:2008, Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 2: Data elektrických zařízení pro výpočty zkratových proudů
- IEC 60909-3:2009, Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 3: Proudové procházející během dvou samostatných jednofázových zkratů v jednom okamžiku a dílčí zkratové proudy protékající zemí
- IEC TR 60909-4:2000, Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 4: Příklady výpočtů zkratových proudů

Komise rozhodla, že obsah základní publikace zůstane nezměněn až do data příští prověrky (stability date) 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.

Upozornění na národní poznámky

Do normy byly k článkům 4.3, obrázku 6a a 7.1.2 doplněny informativní národní poznámky.

Vypracování normy

Zpracovatel: ČEPS, a. s., IČ 25702556, Ing. Jiří Majkus

Technická normalizační komise: TNK 97 Elektroenergetika

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Miroslav Urban

EVROPSKÁ NORMA EN 60909-
EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM Červen 2016

ICS 17.220.01; 29.240.20 Nahrazuje EN 60909-0:2001

Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách -
Část 0: Výpočet proudů
(IEC 60909-0:2016)

Short-circuit currents in three-phase AC systems -
Part 0: Calculation of currents
(IEC 60909-0:2016)

Courants de court-circuit dans les réseaux
triphases a courant alternatif -
Partie 0: Calcul des courants
(IEC 60909-0:2016)

Kurzschlussströme in Drehstromnetzen -
Teil 0: Berechnung der Ströme
(IEC 60909-0:2016)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC dne 2016-03-03. 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.



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

© 2016 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmikoli prostředky jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.
Ref. č. EN 60909-0:2016 E

Evropská předmluva

Text dokumentu (73/172/CDV), budoucího druhého vydání IEC 60909-0, který vypracovala technická komise IEC/TC 73 *Zkratové proudy*, byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN 60909-0:2016.

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) 2016-12-10
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s dokumentem v rozporu (dow) 2019-06-10

Tento dokument nahrazuje EN 60909-0:2001.

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 60909-0:2016 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Obsah

Strana

1	Rozsah platnosti	10
2	Citované dokumenty	10
3	Termíny a definice	11
4	Značky, dolní a horní indexy	15
4.1	Obecně	15
4.2	Značky	15
4.3	Dolní indexy	17
4.4	Horní indexy	18
5	Charakteristiky zkratových proudů: výpočetní metoda	19
5.1	Obecně	19
5.2	Předpoklady výpočtu	21
5.3	Metoda výpočtu	22
5.3.1	Ekvivalentní zdroj napětí v místě zkratu	22
5.3.2	Souměrné složky	23
6	Zkratové impedance elektrických zařízení	24

- 6.1** Obecně 24
 - 6.2** Síťové napáječe 24
 - 6.3** Transformátory 25
 - 6.3.1** Dvouvinuťové transformátory 25
 - 6.3.2** Trojvinuťové transformátory 26
 - 6.3.3** Korekční součinitele pro impedance dvou- a trojvinuťových síťových transformátorů 27
 - 6.4** Venkovní vedení a kabely 28
 - 6.5** Reaktory omezující zkratový proud 29
 - 6.6** Synchronní stroje 29
 - 6.6.1** Synchronní generátory 29
 - 6.6.2** Synchronní kompenzátory a motory 30
 - 6.7** Elektrárenské bloky 30
 - 6.7.1** Elektrárenský blok s přepínačem odboček při zatížení 30
 - 6.7.2** Elektrárenský blok bez přepínače odboček při zatížení 31
 - 6.8** Větrné elektrárenské bloky 31
 - 6.8.1** Obecně 31
 - 6.8.2** Větrné elektrárenské bloky s asynchronními generátory 32
 - 6.8.3** Větrné elektrárenské bloky s asynchronním generátorem s dvojím napájením 32
 - 6.9** Elektrárenské bloky s plnovýkonovým měničem 33
 - 6.10** Asynchronní motory 33
 - 6.11** Pohony napájené statickými měniči 33
 - 6.12** Kondenzátory a netočivé zátěže 34
- 7** Výpočet počátečního rázového zkratového proudu 34
- 7.1** Obecně 34
 - 7.1.1** Přehled 34
 - 7.1.2** Maximální a minimální zkratové proudy 39
 - 7.1.3** Příspěvek zkratových proudů od asynchronních motorů 39

- 7.2** Trojfázový počáteční rázový zkratový proud 40
 - 7.2.1** Obecně 40
 - 7.2.2** Zkratové proudy uvnitř elektrárenského bloku s přepínačem odboček při zatížení 40
 - 7.2.3** Zkratové proudy uvnitř elektrárenského bloku bez přepínače odboček bez zatížení 42
- 7.3** Dvoufázový zkrat 42
- 7.4** Dvoufázový zkrat se zemním spojením 43
- 7.5** Jednofázový zkrat 44
- 8** Výpočet nárazového zkratového proudu 45
 - 8.1** Trojfázový zkrat 45
 - 8.1.1** Zkrat napájený z jednoho zdroje a zkrat napájený z nezauzlené sítě 45
 - 8.1.2** Zkrat napájený z mřížové sítě 46
 - 8.2** Dvoufázový zkrat 47
 - 8.3** Dvoufázový zemní zkrat 47
 - 8.4** Jednofázový zkrat 47
- 9** Výpočet souměrného vypínacího proudu 47
 - 9.1** Trojfázový zkrat 47
 - 9.1.1** Souměrný vypínací proud synchronních strojů 47
 - 9.1.2** Souměrný vypínací proud asynchronních strojů 49
 - 9.1.3** Souměrný vypínací proud elektrárenských bloků s asynchronním motorem s dvojitým napájením 50
 - 9.1.4** Souměrný vypínací proud elektrárenských bloků s plnovýkonovým měničem 50
 - 9.1.5** Souměrný vypínací proud síťového napáječe 50
 - 9.1.6** Souměrný vypínací proud v případě zkratů napájených z nezauzlené sítě 50
 - 9.1.7** Souměrný vypínací proud v případě zkratů napájených z mřížové sítě 50
 - 9.2** Nesouměrné zkraty 51
- 10** Stejnosečná složka zkratového proudu 51
- 11** Výpočet ustáleného zkratového proudu 52
 - 11.1** Obecně 52

11.2 Trojfázový zkrat 52

11.2.1 Ustálený zkratový proud jednoho synchronního generátoru nebo jednoho elektrárenského bloku 52

11.2.2 Ustálený zkratový proud asynchronního motoru nebo generátoru 54

11.2.3 Ustálený zkratový proud větrného elektrárenského bloku s asynchronním generátorem s dvojím napájením 54

11.2.4 Ustálený zkratový proud větrného elektrárenského bloku s plnovýkonovým měničem 54

11.2.5 Ustálený zkratový proud síťového napáječe 54

11.2.6 Ustálený zkratový proud v případě zkratů napájených z nezauzlené sítě 54

11.2.7 Souměrný zkratový proud v případě zkratů napájených z mřížové sítě 54

11.3 Nesouměrné zkraty 55

12 Zkraty na straně nižšího napětí transformátorů, pokud je jeden vodič na straně vyššího napětí transformátoru přerušen 55

13 Zkrat na svorkách asynchronních motorů 56

14 Jouleův integrál a ekvivalentní oteplovací zkratový proud 57

Příloha A (normativní) Vzorce pro výpočet činitelů m a n 60

Příloha B (informativní) Uzlová admitanční matice a uzlová impedanční matice 61

Bibliografie 64


Příloha ZA (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a jim odpovídající evropské publikace 65

Strana

Obrázek 1 - Zkratový proud elektricky vzdáleného zkratu s konstantní střídavou složkou (schématický diagram) 19

Obrázek 2 - Zkratový proud elektricky blízkého zkratu s klesající střídavou složkou (schématický diagram) 20

Obrázek 3 - Charakteristiky zkratů a jejich proudů 21

Obrázek 4 - Ilustrace výpočtu počátečního rázového zkratového proudu  využívající ekvivalentní napěťový zdroj 22

Obrázek 5 - Schéma soustavy a ekvivalentní náhradní schéma pro síťové napáječe 24

Obrázek 6 - Trojvínutový transformátor (příklad) 27

Obrázek 7 - Diagram k určení typu zkratu (obrázek 3) dávajícího nejvyšší počáteční zkratový proud

vztažený

k počátečnímu trojfázovému zkratovému proudu, pokud jsou impedanční úhly složkových impedancí

$Z_{(1)}$

a $Z_{(2)}$, $Z_{(0)}$ totožné 35

Obrázek 8 - Případy zkratů napájených z jednoho zdroje 37

Obrázek 9 - Příklad zkratu napájeného z neuzavřené sítě 37

Obrázek 10 - Příklad zkratu napájeného z mřížové sítě 38

Obrázek 11 - Zkratové proudy a dílčí zkratové proudy při trojfázových zkratech mezi generátorem a blokovým transformátorem (s přepínačem odboček při zatížení nebo bez něj), v přívodu k odbočkovému transformátoru

vlastní spotřeby a na přípojnicí vlastní spotřeby A 41

Obrázek 12 - Součinitel k pro sériové obvody jako funkce poměru R/X nebo X/R 45

Obrázek 13 - Součinitel m pro výpočet zkratového vypínacího proudu I_b 48

Obrázek 13 - Součinitel m pro výpočet zkratového vypínacího proudu I_b 48

Obrázek 14 - Součinitel q pro výpočet souměrného zkratového vypínacího proudu asynchronních motorů 49

Obrázek 15 - Součinitele I_{\min} a I_{\max} pro stroje s hladkým rotorem 53

Obrázek 16 - Součinitele I_{\min} a I_{\max} pro stroje s vyniklými póly 53

Obrázek 17 - Zkraty na sekundární straně transformátoru Dyn5 při vypnutí jedné pojistky na straně vyššího napětí 55

Obrázek 18 - Součinitel m pro tepelný účinek stejnosměrné složky zkratového proudu (pro programování je rovnice pro m uvedena v příloze A) 58

Obrázek 19 - Součinitel n pro tepelný účinek střídavé složky zkratového proudu (pro programování, je rovnice pro n uvedena v příloze A) 58

Obrázek B.1 - Vyjádření uzlové admitanční matice 61

Obrázek B.2 - Příklad 62

Tabulka 1 - Napěťový součinitel c 23

Tabulka 2 - Důležitost zkratových proudů 34

Tabulka 3 - Součinitele a a b pro výpočet zkratových proudů ve vzorci (90) Jmenovitý převod transformátoru

$t_r = U_{rTHV}/U_{rTLV}$ 56

Tabulka 4 - Výpočet zkratových proudů asynchronních motorů v případě zkratu na svorkách 56

Tabulka B.1 - Impedance elektrických zařízení vztažené na stranu 110 kV 62

1 Rozsah platnosti

Tato část IEC 60909 platí pro výpočet zkratových proudů:

- v trojfázových střídavých soustavách nízkého napětí, a
- v trojfázových střídavých soustavách vysokého, velmi vysokého a zvláště vysokého napětí

provozovaných se jmenovitým kmitočtem 50 Hz nebo 60 Hz.

Soustavy s nejvyššími napětími 550 kV a vyššími s dlouhými přenosovými vedeními potřebují zvláštní úvahu.

Tato část IEC 60909 stanovuje základní, použitelné a stručné postupy vedoucí k výsledkům, které jsou s přijatelnou přesností. Pro tuto výpočetní metodu se v místě zkratu uvažuje ekvivalentní napěťový zdroj. Přitom se nevylučuje použití speciálních metod, například metody superpozice přizpůsobené konkrétním podmínkám, jestliže zajišťují minimálně tutéž přesnost. Metoda superpozice udává zkratový proud vztahující se k jednomu předpokládanému toku výkonů. Metoda tudíž nemusí nutně vést k určení maximálního zkratového proudu.

Tato část IEC 60909 se zabývá výpočtem zkratových proudů v případě souměrných a nesouměrných zkratů.

Jednoduché jednofázové zemní spojení v soustavách s izolovaným uzlem se v této normě neuvažuje.

Pro proudy během dvou současných jednofázových zemních spojení v různých místech v systémech s izolovaným středem (uzlem) nebo v systémech, kdy je neutrální bod připojen přes rezonanční cívku, řeší IEC 60909-3.

Zkratové proudy a zkratové impedance se mohou určit pomocí zkoušek, měřením na síťovém analyzátoru nebo pomocí počítače. V současných nn soustavách je možné určit zkratové impedance na základě měření v místě očekávaného zkratu.

Výpočet zkratových impedancí vychází ze jmenovitých údajů elektrických zařízení a topologického uspořádání soustavy a má tu výhodu, že se může použít jak pro stávající tak pro navrhované soustavy.

Výpočtem se zjišťují dva různé zkratové proudy, které se liší svou velikostí:

- maximální zkratový proud, který určuje zkratovou odolnost nebo jmenovité hodnoty elektrického zařízení; a
- minimální zkratový proud, který může být základem, například, pro volbu pojistek, nastavení ochran a pro kontrolu rozběhu motorů.

POZNÁMKA Proud při trojfázovém zkratu je předpokládán současně ve všech pólech. Výzkumy nesoučasných zkratů, které mohou vést k vyšším aperiodickým složkám zkratového proudu, jsou mimo předmět této části normy IEC 60909.

Tato část normy neplatí pro zkratové proudy záměrně vytvářené v řízených podmínkách (zkratové zkušební).

Tato část IEC 60909-0 nezahrnuje výpočet zkratových proudů v instalacích na lodích a v letadlech.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.