

## **Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 3: Proudů během dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů a příspěvky zkratových proudů tekoucích zemí**

**ČSN**  
**EN 60909-3**  
ed. 2  
33 3022

idt IEC 60909-3:2009

Short-circuit currents in three-phase a.c. systems –

Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short-circuits and partial short-circuit currents flowing through earth

Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés a courant alternatif –

Partie 3: Courants durant deux court-circuits monophasés simultanés séparés a la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant a travers la terre

Kurzschlussströme in Drehstromnetzen –

Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60909-3:2010. 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 60909-3:2010. 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 2013-03-01 se nahrazuje ČSN EN 60909-3 (33 3022) ze srpna 2004, která do uvedeného data platí souběžně s touto normou.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Souběžně s touto normou se může do 2013-03-01 používat dosud platná ČSN EN 60909-3 (33 3022) ze srpna 2004, v souladu s předmluvou k EN 60909-3:2010.

Změny proti předchozím normám

Hlavní změny přijaté v této normě oproti normě předchozí jsou následující:

- Jsou zavedeny nové postupy výpočtu redukčních součinitelů plášťů nebo stínění a kromě toho rozdělení proudů protékajících zemí a pláště nebo stíněními trojžilových kabelů nebo tří jednožilových kabelů s kovovými nemagnetickými pláštěmi nebo stíněními uzemněnými na obou koncích;

- Jsou opraveny informace pro výpočet redukčních součinitelů venkovních vedení se zemnicími lany a tyto jsou uvedeny v nové kapitole 7;
- Zavádí se nová kapitola 8 pro výpočet rozdělení proudů a redukčního součinitele u trojžilových kabelů s kovovým pláštěm nebo stíněním uzemněným na obou koncích;
- Nové přílohy C a D poskytují příklady výpočtu redukčních součinitelů a rozdělení proudů v případě kabelů s kovovým pláštěm nebo stíněním uzemněným na obou koncích.

Informace o citovaných normativních dokumentech

IEC 60909-0:2001 zavedena v ČSN EN 60909-0:2002 (33 3022) Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – Část 0: Výpočet proudů (idt EN 60909-0:2001, idt IEC 60909-0:2001)

IEC/TR 60909-2:2008 nezavedena

Informativní údaje z IEC 60909-3:2009

Mezinárodní norma IEC 60909-3 byla vypracována technickou komisí IEC TC 73: Zkratové proudy.

Tato mezinárodní norma se má používat společně s IEC 60909-0.

Toto třetí vydání zrušuje a nahrazuje druhé vydání publikované v roce 2003. Toto vydání je technickou revizí.

Text této normy vychází z těchto dokumentů:

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| FDIS        | Zpráva o hlasování |
| 73/148/FDIS | 73/149/RVD         |

Úplné informace o hlasování při schvalování této normy je možné nalézt ve zprávě o hlasování uvedené v tabulce.

Tato norma byla vypracována podle Směrnic ISO/IEC, Část 2.

Seznam všech Částí souboru IEC 60909 lze nalézt na internetové adrese IEC pod společným názvem: *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách*.

Komise rozhodla, že obsah této publikace se nebude měnit až do konečného data vyznačeného na internetové adrese IEC „<http://webstore.iec.ch>“ v termínu příslušejícímu dané publikaci. Po tomto termínu bude publikace

- znovu potvrzena;
- zrušena;
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

Vypracování normy

Zpracovatel: ÚJV Řež a. s., divize Energoprojekt Praha, IČ 46356088, Ing. Jaroslav Mezera ČEPS, a. s., Ing. Jiří Novák

Technická normalizační komise: TNK 97 Elektroenergetika

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

**EVROPSKÁ NORMA EN 60909-3**  
**EUROPEAN STANDARD**  
**NORME EUROPÉENNE**  
**EUROPÄISCHE NORM** Březen 2010

ICS 17.220.01, 29.240.20 Nahrazuje EN 60909-3:2003

**Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách -**  
**Část 3: Proudů během dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů a příspěvky**  
**zkratových proudů tekoucích zemí**  
**(IEC 60909-3:2009)**

Short-circuit currents in three-phase a.c. systems -  
Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short-circuits  
and partial short-circuit currents flowing through earth  
(IEC 60909-3:2009)

Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés a courant  
alternatif -  
Partie 3: Courants durant deux court-circuits monophasés  
simultanés séparés a la terre et courants  
de court-circuit partiels s'écoulant a travers la terre  
(CEI 60909-3:2009)

Kurzschlussströme in Drehstromnetzen -  
Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss  
und Teilkurzschlussströme über Erde  
(IEC 60909-3:2009)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC 2010-03-01. 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 Ústředním sekretariátu 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 Ústřednímu sekretariátu, 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**  
**Ústřední sekretariát: Avenue Marnix 17, B-1000 Brusel**

© 2010 CENELEC Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a jakýmkoli prostředky  
jsou celosvětově vyhrazena členům CENELEC.  
Ref. č. EN 60909-3:2010 E

Předmluva

Text dokumentu 73/148/FDIS, budoucího 3. vydání IEC 60909-3, vypracovaný v technické komisi

IEC TC 73 Zkratové proudy, byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN 60909-3 dne 2010-03-01.

Tato norma se má používat společně s EN 60909-0:2001.

Tato evropská norma nahrazuje EN 60909-3:2003.

Hlavní změny oproti EN 60909-3:2003 jsou uvedeny dále:

- Jsou zavedeny nové postupy výpočtu redukčních součinitelů plášťů nebo stíněních a kromě toho rozdělení proudů protékajících zemí a pláště nebo stíněními trojžilových kabelů nebo tří jednožilových kabelů s kovovými nemagnetickými pláštěmi nebo stíněními uzemněnými na obou koncích;
- Jsou opraveny informace pro výpočet redukčních součinitelů venkovních vedení se zemnicími lany a tyto jsou uvedeny v nové kapitole 7;
- Zavádí se nová kapitola 8 pro výpočet rozdělení proudů a redukčního součinitele u trojžilových kabelů s kovovým pláštěm nebo stíněním uzemněným na obou koncích;
- Nové přílohy C a D poskytují příklady výpočtu redukčních součinitelů a rozdělení proudů v případě kabelů s kovovým pláštěm nebo stíněním uzemněným na obou koncích.

Je nutno věnovat pozornost tomu, že některé prvky tohoto dokumentu mohou podléhat patentovým právům. CEN ani CENELEC nenese odpovědnost za identifikaci některého či všech takovýchto patentových práv.

Byla stanovena tato data:

- nejzazší datum zavedení EN na národní úrovni vydáním identické národní normy nebo vydáním oznámení o schválení EN k přímému používání jako normy národní
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s EN v rozporu

(dop) 2010-12-01

(dow) 2013-03-01

Přílohu ZA doplnil CENELEC.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 60909-3:2009 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Obsah

Strana

**1** Rozsah platnosti a předmět normy 7

**2** Citované normativní dokumenty 7

**3** Termíny a definice 7

**4** Značky 10

**5** Výpočet proudů při dvou nesoumísných současných jednofázových zkratech 11

**5.1** Počáteční souměrný rázový zkratový proud 11

**5.1.1** Stanovení  $\underline{M}_{(1)}$  a  $\underline{M}_{(2)}$  12

- 5.1.2** Jednoduché případy dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů 12
- 5.2** Nárazový zkratový proud, souměrný vypínací zkratový proud a ustálený zkratový proud 12
- 5.3** Rozdělení proudů během dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů 13
- 6** Výpočet příspěvků zkratových proudů tekoucích zemí v případě nesouměrného zkratu 13
- 6.1** Všeobecně 13
- 6.2** Jednofázový zkrat ve stanici 13
- 6.3** Jednofázový zkrat daleko mimo stanici 15
- 6.4** Jednofázový zkrat v blízkosti stanice 16
- 6.4.1** Zemní potenciál  $U_{ETn}$  stožáru  $n$  vně stanice B 17
- 6.4.2** Zemní potenciál stanice B při jednofázovém zkratu na stožáru  $n$  17
- 7** Redukční součinitel pro venkovní vedení se zemnicími lany 17
- 8** Výpočet rozdělení proudů a redukčního součinitele v případě kabelů s kovovým pláštěm nebo stíněním uzemněným na obou koncích 19
- 8.1** Přehled 19
- 8.2** Trojžilový kabel 19
- 8.2.1** Jednofázový zkrat ve stanici B 19
- 8.2.2** Jednofázový zkrat na kabelu mezi stanicemi A a B 21
- 8.3** Tři jednožilové kabely 22
- 8.3.1** Jednofázový zkrat ve stanici B 22
- 8.3.2** Jednofázový zkrat na kabelu mezi stanicí A a stanicí B 23
- Příloha A** (informativní) Příklad výpočtu proudů při dvou nesoumísných současných jednofázových zkratech 26
- Příloha B** (informativní) Příklady výpočtu příspěvků zkratových proudů tekoucích zemí 28
- Příloha C** (informativní) Příklad výpočtu redukčního součinitele  $r_1$  a rozdělení proudu protékajícího zemí v případě trojžilového kabelu 36
- Příloha D** (informativní) Příklad výpočtu redukčního součinitele  $r_3$  a rozdělení proudu v zemi v případě tří jednožilových kabelů 40
- Příloha ZA** (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace 47

Obrázek 1 – Vstupní impedance  $Z_p$  nekonečného řetězce složená z impedance zemnicího lana  $Z_Q = Z_{Q0}$

$d_T$

a zemnicího odporu  $R_T$  stožárů, se stejnými vzdálenostmi  $d_T$  mezi stožáry 9

Obrázek 2 – Vstupní impedance  $Z_{pn}$  konečného řetězce s  $n$  stožáry složená z impedance zemnicího lana,

$Z_Q = Z_Q d_T$ , zemnicího odporu  $R_T$  stožárů se stejnými vzdálenostmi  $d_T$  mezi stožáry a zemnicí impedance  $Z_{EB}$  stanice B z rovnice (29) 9

Obrázek 3 – Znázornění dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů a zkratových proudů  $I''_{KEE}$  11

Obrázek 4 – Příspěvky zkratových proudů při jednofázovém zkratu uvnitř stanice B 13

Obrázek 5 – Příspěvky zkratových proudů v případě jednofázového zkratu na stožáru T venkovního vedení 15

Obrázek 6 – Rozdělení celkového zemního proudu  $I_{ETtot}$  15

Obrázek 7 – Příspěvky zkratových proudů v případě jednofázového zkratu na stožáru  $n$  venkovního vedení v blízkosti stanice B 16

Obrázek 8 – Redukční součinitel  $r$  venkovních vedení s nemagnetickými zemnicími lany v závislosti na měrném odporu půdy  $r$  19

Obrázek 9 – Redukční součinitel trojžilových silových kabelů 20

Obrázek 10 – Redukční součinitele pro tři jednožilové silové kabely 24

Obrázek A.1 – Dva nesoumísné současné jednofázové zkraty na jednostranně napájeném vedení (viz tabulka 1) 26

Obrázek B.1 – Jednofázový zkrat uvnitř stanice B – Schéma stanic A, B a C 29

Obrázek B.2 – Jednofázový zkrat uvnitř stanice B – Sousledná, zpětná a netočivá složková soustava s propojeními v místě zkratu F uvnitř stanice B 29

Obrázek B.3 – Jednofázový zkrat mezi stanicemi B a C na stožáru T venkovního vedení – Schéma stanic A, B a C 31

Obrázek B.4 – Jednofázový zkrat mezi stanicemi B a C na stožáru T venkovního vedení – Sousledná, zpětná a netočivá složková soustava s propojeními v místě zkratu F 31

Obrázek B.5 – Zemní potenciály  $u_{ETn} = U_{Etn} / U_{ET}$  při  $U_{ET} = 1,912$  kV a  $u_{EBn} = U_{Ebn} / U_{EB}$  při  $U_{EB} = 0,972$  kV, jestliže nastane jednofázový zkrat na stožárech  $n = 1, 2, 3, \dots$  v blízkosti stanice B 35

Obrázek C.1 – Příklad výpočtu redukčního součinitele kabelu a rozdělení proudu tekoucího zemí v síti 10 kV,  
 $U_n = 10$  kV;  $c = 1,1$ ;  $f = 50$  Hz 37

Obrázek C.2 – Zkratové proudy a příspěvky zkratových proudů tekoucích zemí u příkladu v obrázku C.1 38

Obrázek C.3 – Příklad výpočtu rozdělení proudu v síti 10 kV při zkratu na kabelu mezi A a B (data jsou uvedena v C.2.1 a obrázku C.1) 38

Obrázek C.4 – Jednofázové zkratové proudy, příspěvky proudů ve stínění a příspěvky proudů tekoucí zemí 39

Obrázek D.1 – Příklad výpočtu redukčního součinitele a rozdělení proudů v případě tří jednožilových kabelů a jednofázového zkratu ve stanici B 41

Obrázek D.2 – Sousedná, zpětná a netočivá složková soustava sítě v obrázku D.1 s propojeními v místě zkratu (stanice B) 41

Obrázek D.3 – Rozdělení proudů pro síť na obrázku D.1 v závislosti na délce  $l$  jednožilových kabelů mezi stanicemi A a B 42

Obrázek D.4 – Příklad výpočtu redukčních součinitelů  $r_3$  a rozdělení proudů v případě tří jednožilových kabelů a jednofázového zkratu mezi stanicemi A a B 43

Obrázek D.5 – Sousedná, zpětná a netočivá složková soustava sítě podle obrázku D.4 s propojeními v místě zkratu (kdekoli mezi stanicemi A a B) 43

Obrázek D.6 – Rozdělení proudu pro kabel na obrázku D.4 v závislosti na  $I_A$ ,  $R_{EF}$  ® Y 45

Obrázek D.7 – Rozdělení proudu u kabelu na obrázku D.4 v závislosti na  $I_A$ ,  $R_{EF} = 5 \text{ W}$  46

Tabulka 1 – Výpočet počátečních rázových jednofázových zkratových proudů v jednoduchých případech 12

Tabulka 2 – Měrný odpor půdy a ekvivalentní hloubka průniku do země 18

Tabulka C.1 – Výsledky příkladu z obrázku C.1 38

Tabulka C.2 – Výsledky příkladu na obrázku C.3,  $l = 5 \text{ km}$  39

Tabulka C.3 – Výsledky příkladu na obrázku C.3,  $l = 10 \text{ km}$  39

## 1 Rozsah platnosti a předmět normy

Tato Část IEC 60909 uvádí postupy výpočtu předpokládaných zkratových proudů při nesouměrném zkratu v trojfázových střídavých sítích velmi vysokého napětí provozovaných se jmenovitým kmitočtem 50 Hz nebo 60 Hz, tj.:

- proudů během dvou nesouměrných současných jednofázových zkratů v sítích s izolovaným středním bodem nebo s rezonančně uzemněným středním bodem;
- příspěvků zkratových proudů tekoucích zemí v případě samostatného jednofázového zkratu v sítích s účinně uzemněným nebo přes nízkou impedanci uzemněným středním bodem.

Proudy vypočtené pomocí těchto postupů se užívají při stanovení indukovaných, dotykových nebo krokových napětí, nárůstu zemního potenciálu ve stanici (elektrárně nebo rozvodně) a na sloupech

venkovních vedení.

Postupy jsou určeny pro výpočet redukčních součinitelů venkovních vedení s jedním nebo se dvěma zemnicími lany.

Tato norma nezahrnuje:

- a. zkratové proudy záměrně vytvářené v řízených podmínkách, například ve zkratovnách, nebo
- b. zkratové proudy v elektrických instalacích na palubách lodí nebo letadel, nebo
- c. jednotlivé jednofázové zkratové proudy v izolovaných nebo rezonančně uzemněných sítích.

Cílem této normy je stanovit praktické a jednoduché postupy výpočtu jednofázových zkratových proudů během dvou nesoumísných současných jednofázových zkratů a příspěvků zkratových proudů tekoucích zemí, zemnicími lany venkovních vedení a plášti nebo stíněními kabelů, které vedou k dostatečně přesným výsledkům na straně bezpečnosti. Pro tento účel se zkratové proudy určují s uvažováním ekvivalentního napěťového zdroje umístěného v místě zkratu, přičemž všechny ostatní napěťové zdroje mají nulovou hodnotu. Odpory zemnicích mříží ve stanicích nebo zemnicí odpory stožárů venkovních vedení jsou při výpočtu zkratových proudů v místě zkratu zanedbány.

Tato norma doplňuje IEC 60909-0. Obecné definice, značky a předpoklady výpočtů uvádí tato publikace. V této normě jsou uvedeny či definovány pouze speciální položky.

Výpočty zkratových proudů založené na jmenovitých hodnotách elektrického vybavení a na topologickém uspořádání sítě mají tu výhodu, že je možné je použít jak pro stávající sítě, tak pro sítě ve stádiu projektu. Tento postup je vhodný pro ruční způsoby výpočtu nebo pro numerický výpočet. To však nevylučuje užití speciálních metod, například metody superpozice nastavené pro konkrétní poměry, pokud dávají výsledky s alespoň stejnou přesností.

Jak je uvedeno v IEC 60909-0, zkratové proudy a jejich parametry mohou být také určeny pomocí zkoušek v síti.

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