


2004

	Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 1: Součinitele pro výpočet zkratových proudů podle IEC 60909-0	ČSN 33 3022-1
---	---	---------------

idt IEC TR 60909-1:2002

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

Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0

Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif -

Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909-0

Tato norma je českou verzí technické zprávy IEC TR 60909-1:2002. Technická zpráva IEC TR 60909-1:2002 má status české technické normy.

This standard is the Czech version of the Technical Report IEC TR 60909-1:2002. The Technical Report IEC TR 60909-1:2002 has the status of a Czech Standard.

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje ČSN IEC 909-1 (33 3023) z května 1997.

© Český normalizační institut,

2004

Podle zákona č. 22/1997 Sb. smějí být české technické normy rozmnožovány a rozšiřovány jen se souhlasem Českého normalizačního institutu.

70080

Předmluva

..... 6

1

Všeobecně

..... 8

1.1 Rozsah platnosti a předmět

normy..... 8

1.2 Normativní odkazy

..... 8

1.3 Použití součinitelů

..... 8

1.3.1 Součinitel

c

..... 8

1.3.2 Součinitele K_G a K_S nebo

K_{SO} 8

1.3.3 Součinitele $K_{G,S}$, $K_{T,S}$ nebo $K_{G,SO}$,

$K_{T,SO}$ 8

1.3.4 Součinitel

K_T

..... 8

1.3.5 Součinitel

k

..... 8

1.3.6 Součinitele m , l a

q

8

1.3.7 Součinitele m a

n

9

1.3.8 Příspěvek asynchronních motorů k počátečnímu souměrnému rázovému zkratovému proudu..... 9

1.4	Značky, dolní a horní indexy.....	9
1.4.1	Značky	9
1.4.2	Dolní indexy	9
1.4.3	Horní indexy	10
2	Součinitele používané v IEC 60909-0.....	10
2.1	Napě»ový součinitel c pro ekvivalentní napě»ový zdroj v místě zkratu.....	10
2.1.1	Všeobecně	10
2.1.2	Metody výpočtu	10
2.1.3	Ekvivalentní napě»ový zdroj v místě zkratu a napě»ový součinitel c	11
2.1.4	Jednoduchý model znázorňující význam napě»ového součinitele c	11
2.2	Impedanční korekční součinitele při výpočtu zkratových impedancí generátorů, blokových transformátorů a elektrárenských bloků.....	16
2.2.1	Všeobecně	16
2.2.2	Korekční součinitel K_G	17
2.2.3	Korekční součinitele pro elektrárenské bloky s přepínačem odboček pod	

zatížením.....	19
2.2.4 Korekční součinitele pro elektrárenské bloky bez přepínače odboček pod zatížením.....	28
2.2.5 Vliv impedančního korekčního součinitele elektrárenských bloků při výpočtu zkratových proudů v zasmyčkových sítích a maximální zkratové proudy v případě nejhorších podmínek v síti.....	32
2.3 Impedanční korekční součinitel K_T při výpočtu zkratových impedancí síťových transformátorů.....	34
2.3.1 Všeobecně	34
2.3.2 Příklad pro síťový transformátor $S_{rT} = 300$ MVA.....	36
2.3.3 Statistická analýza 150 síťových transformátorů.....	39
2.3.4 Korekční impedanční součinitele pro síťové transformátory v zasmyčkových sítích.....	41
2.4 Součinitel k pro výpočet nárazového zkratového proudu.....	42
2.4.1 Všeobecně	42
2.4.2 Součinitel k v sériových R-L obvodech.....	43
2.4.3 Součinitel k paralelních R-L-Z větví.....	45
2.4.4 Výpočet nárazového zkratového proudu i_p v zasmyčkových sítích.....	48

2.4.5 Příklad výpočtu k a i_p v zasmyčkových sítích.....	49
--	----

2.5 Součinitel m pro výpočet souměrného zkratového vypínacího	
--	--

proudu.....	51
2.5.1 Všeobecně	51
2.5.2 Základní koncepce	51
2.5.3 Výpočet souměrného zkratového vypínacího proudu I_b se součinitelem m	53
2.6 Součinitel k (I_{max} , I_{min}) pro výpočet ustáleného zkratového proudu.....	54
2.6.1 Všeobecně	54
2.6.2 Vliv nasycení železa	55
2.7 Součinitel q pro výpočet zkratového vypínacího proudu asynchronních motorů.....	58
2.7.1 Všeobecně	58
2.7.2 Odvození součinitele q	59
2.7.3 Zkratové vypínací proudy v případě nesouměrných zkratů.....	62
2.8 Součinitele m a n pro výpočet Jouleova integrálu nebo ekvivalentního oteplovacího zkratového proudu.....	63
2.8.1 Všeobecně	63
2.8.2 Časově závislý trojfázový zkratový proud.....	64
2.8.3 Součinitel m	

.....	64
2.8.4 Součinitel n	
.....	65
2.8.5 Součinitel n v IEC 60909-0, obrázek 22.....	66
2.9 Určení příspěvku asynchronních motorů nebo skupin asynchronních motorů (ekvivalentních motorů) k počátečnímu souměrnému rázovému zkratovému proudu.....	67
2.9.1 Všeobecně	
.....	67
2.9.2 Zkrat na svorkách asynchronních motorů.....	67
2.9.3 Příspěvky zkratových proudů asynchronních motorů procházející přes transformátory.....	68
2.9.4 Součet příspěvků zkratových proudů několika skupin asynchronních motorů procházejících přes jednotlivé transformátory	
.....	69
Bibliografie	
.....	72
Obrázek 1 - Model pro určení vztahu mezi napěťovou odchylkou Du a odchylkou zkratového proudu $\Delta \dot{I}_k''$	12
Obrázek 2 - Výpočet $\Delta \dot{I}_k''$ podle rovnice (8) pro různé parametry.....	15
Obrázek 3 - Příspěvek zkratového proudu $\dot{I}_{kG(s)}''$ generátoru přímo připojeného k síti.....	17
Obrázek 4 - Výpočet $\dot{I}_{kG(s)}''$ použitím superpoziční metody.....	17
Obrázek 5 - Příspěvek souměrného zkratového proudu \dot{I}_{kS}'' elektrárenského bloku S , na straně vyššího napětí	

blokového transformátoru s přepínačem odboček pod zatížením.....	19
Obrázek 6 - Modelování bloku elektrárny s přepínačem odboček blokového transformátoru pod zatížením.....	20
Obrázek 7 - Příspěvek zkratového proudu elektrárenského bloku získaný superpoziční metodou.....	22
Obrázek 8 - Součtové četnosti H odchylek vypočtených z rovnice (33) [22] a [23].....	23
Obrázek 9 - Elektrárenský blok s přepínačem odboček blokového transformátoru pod zatížením a transformátorem vlastní spotřeby; F1, F2, F3: místa zkratu ($i''_{kMF1} = i''_{kMF2}$)	24
Obrázek 10 - Součtová četnost H odchylek $D_{G(n)}$ vypočtených z rovnice (39) pro příspěvky zkratových proudů generátorů u 47 elektrárenských bloků s přepínačem odboček blokového transformátoru pod zatížením [23]. Místo zkratu F1 na obrázku 9.....	25
Strana 4	
Strana	
Obrázek 11 - Součtová četnost H odchylek $D_{T(n)}$ vypočtených z rovnice (42) pro příspěvky zkratových proudů od blokových transformátorů u 47 elektrárenských bloků s přepínačem odboček blokového transformátoru pod zatížením [23] - Místo zkratu F1 na obrázku 9.....	26
Obrázek 12 - Součtová četnost H odchylek $D_{T(n)}$ podle rovnice (42), viz obrázek 11, pro výpočet $i''_{kT(S)}$ očekává-li se pouze provoz v přebuzeném stavu [23].....	27
Obrázek 13 - Součtová četnost H odchylek $D_{F2(n)}$ podle rovnice (46) pro příspěvek zkratového proudu i''_{kF2} (obrázek 9) pro případ provozu v přebuzeném nebo podbuzeném stavu před zkratem.....	28
Obrázek 14 - Součtová četnost H odchylek vypočtených z rovnice (50), [22] a [23].....	29
Obrázek 15 - Součtová četnost H odchylek vypočtených z rovnice (39) pro 27 případů generátorů elektrárenských bloků bez přepínače odboček pod zatížením.....	30
Obrázek 16 - Součtová četnost H odchylek vypočtených z rovnice (42) pro 27 případů blokových transformátorů elektrárenských bloků bez přepínače odboček pod zatížením.....	31

Obrázek 17 - Součtová četnost H odchylek vypočtených z rovnice (46) pro příspěvek zkratového proudu i_{kF2}'' (obrázek 9) u elektrárenských bloků bez přepínače odboček pod zatížením.....	32
Obrázek 18 - Křivky součtové četnosti H odchylek D [13].....	34
Obrázek 19 - Výpočet $i_{kT(s)}'' = i_{-}'' + i_{kTU}''$ superpoziční metodou [19] a [25].....	35
Obrázek 20 - Zkratové proudy $i_{kT(s)}''$ v závislosti na t , U^b a S_{k0}'' pro síťový transformátor $S_{rT} = 300$ MVA (data viz text).....	37
Obrázek 21 - Odchyly D_{NT} vypočtené z rovnice (64) pro transformátor $S_{rT} = 300$ MVA.....	39
Obrázek 22 - Součtová četnost H odchylek D_{NT} vypočtených podle vztahu (64) 1: $K_T = 1,0$; 2: K_T podle vztahu (63), při $i_T^b / I_{rT} = 1$	41
Obrázek 23 - Výpočet součinitele k v případě jednoduchého napájení trojfázového zkratu (sériový R-L obvod).....	44
Obrázek 24 - Součinitel k a t_p ($f = 50$ Hz) jako funkce R/X nebo X/R	45
Obrázek 25 - Náhradní schéma zapojení pro výpočet k v případě dvou paralelních větví (sousedná složka).....	46
Obrázek 26 - Součinitel k pro výpočet $i_p = \kappa \sqrt{2} i''$ pro případ dvou paralelních větví jak je zobrazeno na obrázku 25, se $Z_I = Z_{II}$, $0,005 \leq R_I / X_I \leq 10$, $0,005 \leq R_{II} / X_{II} \leq 100$	47
Obrázek 27 - Odchyly Dk_a , $D(1,15k_b)$ a Dk_c od přesných hodnot k s $0,005 \leq Z_I / Z_{II} \leq 10$ pro konfiguraci na obrázku 25.....	48
Obrázek 28 - Příklad pro výpočet k a i_p metodami a), b) a c) (IEC 60909-0, 4.3.1.2).....	50
Obrázek 29 - Schéma sítě (jednoduše napájený zkrat) a nezbytné údaje k demonstraci zániku souměrné střídavé složky zkratu elektricky blízkého od generátoru.....	52

Obrázek 30 - Zánik souměrného zkratového proudu (součinitel m) na základě zkušebních měření a výpočtů [5]..... 54

Obrázek 31 - Metoda charakteristické křivky nasycení k určení Potierovy reaktance X_p podle [4]..... 56

Obrázek 32 - Náhradní obvod se zdrojem napětí $E_0(I_f)$ a Potierovou reaktancí X_p 57

Obrázek 33 - Součinitel q z naměřených a vypočítaných hodnot $i_{bM} = \mu q i_{kM}''$, rovnice (91), při rozdílných hodnotách t_{min} v porovnání s $q = q_{IEC}$ (IEC 60909-0, obrázek 17)..... 59

Obrázek 34 - Časové průběhy m , q , $m q$ a $e^{-t/T_{AC}}$ pro výpočet souměrného zkratového vypínacího proudu

$i_{bM} = \mu q i_{kM}''$ případě zkratu na svorkách asynchronního motoru..... 60

Obrázek 35 - Skutečné časové konstanty T_{AC} pro určení souměrného zkratového vypínacího proudu

i_{bM} a ve srovnání s $T_{\mu q} = -t_{min} / \ln(\mu q)$ IEC (čísla motorů viz tabulka 4)..... 62

Strana 5

Strana

Obrázek 36 - Časová závislost i_{bM} / i_{kM}'' případě souměrného zkratu (i_{b3M} / i_{kM}'') a mezifázového zkratu (i_{b2M} / i_{kM}'') na svorkách asynchronního motoru (příklad: Motor č. 28 v tabulce 4)..... 63

Obrázek 37 - Příspěvek jednoho asynchronního motoru nebo skupiny asynchronních motorů k počátečnímu

souměrnému rázovému zkratovému proudu $i_{k}'' = i_{kQ}'' + i_{kM}''$ 68

Obrázek 38 - Příklad pro odhad příspěvku zkratového proudu i_{kM}'' napájeného samostatným asynchronním

motorem nebo ekvivalentním motorem..... 68

Obrázek 39 - Příspěvky zkratových proudů od několika skupin asynchronních motorů napájených přes jednotlivé transformátory (viz text omezujících

podmínek)..... 70

Obrázek 40 - Analýza levé a pravé strany rovnice (118) k určení odchylky D podle rovnice (120):

$u_{kr} = 0,06$ þ 6 %, $I_{LR} / I_{rM} = 5$ pro transformátory i skupiny motorů..... 71

Tabulka 1 - Napětí a proudy před zkratem na straně nižšího napětí síťových transformátorů..... 40

Tabulka 2 - Výsledky výpočtů v zasmyčkových sítích vvn s korekčními impedančními součiniteli pro elektrárenské bloky a s K_T podle vztahu (65), pro odchylky D ze vztahu (66) [19]..... 42

Tabulka 3 - Hodnoty k pro příklad na obrázku 28..... 50

Tabulka 4 - Údaje nn a vn asynchronních motorů (50 Hz) a vypočítané hodnoty..... 61

Tabulka 5 - Data modelového generátoru [15]..... 66

Strana 6

Předmluva

Tato norma obsahuje informativní dokument přijatý v souladu se směrnicí ISO/IEC, Část 1, jako technická zpráva (TR) s označením IEC TR 60909-1.

UPOZORNĚNÍ: Převzetí TR do národních norem členů ISO/IEC není povinné a tato TR nemusí být na národní úrovni převzata jako normativní dokument.

Změny proti předchozí normě

Tato technická zpráva je revizí technické zprávy IEC TR 909-1:1991, která vycházela ze zrušené IEC 909:1988. Rozpracovává metody nově vydané IEC 60909-0:2001 ve výpočtech zkratových proudů a uvádí příklady výpočtů s uvažováním moderních metod.

Citované normy

IEC 60038:1983 zavedena v ČSN 33 0120:2001 Elektrotechnické předpisy - Normalizovaná napětí IEC (neq IEC 38:1983), nahrazena IEC 60038 ed. 6.2:2002 dosud nezavedenou

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, idt 60909-0/Cor.1:2002)

IEC/TR 60909-2:1992 zavedena v ČSN IEC 909-2:1997 (33 3024) Data pro výpočty zkratových proudů v souladu s IEC 909:1988 (idt IEC 909-2:1992)

IEC/TR 60909-4:2000 dosud nezavedena

Obdobné mezinárodní normy

IEC TR 60909-1:2002 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0
(Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 1: Součinitele pro výpočet zkratových

proudů podle IEC 60909-0)

Informativní údaje z IEC TR 60909-1:2002

Hlavním úkolem technických komisí IEC je připravovat mezinárodní normy. Technická komise však může navrhnout zveřejnění technické zprávy, pokud tato technická komise shromáždila údaje jiného druhu než ty, které jsou normálně publikovány jako mezinárodní norma, například „informace o stavu techniky“.

Technické zprávy nemusí být nezbytně přezkoumávány až do doby, kdy tým prověřující normy považuje již tyto obsažené údaje za neplatné nebo nepoužitelné.

IEC 60909-1, která je technickou zprávou, byla připravena technickou komisí IEC TC 73: Zkratové proudy.

Tato technická zpráva musí být používána zároveň s IEC 60909-0.

Text této technické zprávy vychází z těchto dokumentů:

Dotazníkový návrh	Zpráva o hlasování
73/120/DTR	73/125/RVC

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

Tato publikace byla zpracována podle Směrnic ISO/IEC, Část 3.

Tato zpráva je výhradně informativní a nelze ji považovat za mezinárodní normu.

Komise rozhodla, že obsah této publikace nebude měněn do roku 2010. Po tomto termínu bude publikace

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

Strana 7

Upozornění na národní poznámky

Do normy byly k obrázku 1b), vzorcům 56b a 64 a k článku 2.7.2 doplněny informativní národní poznámky.

Vypracování normy

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

1 Všeobecně

1.1 Rozsah platnosti a předmět normy

Tato Část IEC 60909 je technická zpráva zabývající se zkratovými proudy v trojfázových střídavých soustavách. Tato technická zpráva se zaměřuje, v rámci potřeby, na podstatu a aplikaci součinitelů používaných ke splnění požadavků na technickou přesnost a jednoduchost výpočtů zkratových proudů podle IEC 60909-0.

Tato technická zpráva tedy doplňuje technickou normu IEC 60909-0. Zpráva však nemění zásady pro normalizovaný výpočetní postup uvedený v IEC 60909-0.

POZNÁMKA Pro hlubší porozumění jsou v některých případech uvedeny další odborné zdroje, které však nemění postup stanovený v této normě.

1.2 Normativní odkazy

IEC 60038:1983 Normalizovaná napětí IEC

(IEC standard voltages)

IEC 60909-0:2001 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů

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

IEC/TR 60909-2:1992 Elektrické zařízení - Data pro výpočty zkratových proudů v souladu s IEC 60909 (1988)

(Electrical equipment - Data for short-circuit current calculations in accordance to IEC 60909 (1988))

IEC/TR 60909-4:2000 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 4: Příklady výpočtu zkratových proudů

(Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents)

-- Vynechaný text --