

			ČÍSLO SOUPRAVY:
		PO PŘIPOMÍNKÁCH 02/2016	
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

 SUDOP BRNO			SUDOP BRNO, spol. s r.o. Kounicova 26 611 36 Brno	
OBJEDNAVATEL:		SŽDC, s.o., Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa východ (organizační jednotka)		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz
PROFESNÍ SKUPINA:	211 SDĚLOVAVACÍ TECHNIKA	VEDOUČÍ PROF. SKUPINY	Ing. Kamil Chmela	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Igor Kekely		ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO	NAVRHL, VYPRACOVAL Jiří Kučera IXPROJEKTA s.r.o.	ŘEDITEL Ing. Jiří Molák
KRAJ: Jihomoravský		POVĚŘENÝ OÚ: Židlochovice		KONTROLOVAL Ing. Jiří Šipr IXPROJEKTA s.r.o.
"Modernizace a elektrizace trati Hrušovany u Brna - Židlochovice" Odolnost a zabezpečení stavby			STUPEŇ: DÚR	
			ZAK. ČÍSLO 15016-01-1115	ARCH. ČÍSLO 2015110799
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ 8xA4
			DATUM: 04/2016	
Ochrana před nebezpečnými indukčními vlivy trakčního vedení			ČÁST DOKUM. B.4	PŘÍLOHA B.4.2

Výpočet a posouzení nebezpečných vlivů střídavé trakce SŽDC

**na navrhované stávající kabelizace
v okolí připravované elektrizace trati Hrušovany - Židlochovice**

OBSAH:

Technická zpráva

1. Úvod
2. Vlivy střídavé trakce
3. Meze nebezpečných vlivů trakce
4. Výpočet nebezpečných vlivů trakce
5. Zhodnocení výsledků a navržení ochran

Tabulky

Legenda k tabulkám

TABULKY Výpočet nebezpečných vlivů trakce SŽDC na kabely bez ochran

TECHNICKÁ ZPRÁVA

1. Úvod

Železniční trať SŽDC Hrušovany - Židlochovice, má být elektrifikována v celém úseku střídavou el. trakcí 25kV/50Hz. Úkolem této dokumentace je posouzení velikosti nebezpečných vlivů střídavé trakce dle ČSN 34 2040 a návržení ochrany nových vedení SŽDC a stávajících vedení Cetin a.s. (jiný telekomunikační operátor vlastní metalické kabely v dotčené oblasti není)

Podkladem pro zpracování výpočtů vlivů byly:

1. Informativní hodnoty zkratových proudů dle studie SŽDC
2. Informace o stávajících trasách a dimenzích kabelů dodaných CETIN a.s.
3. Hodnoty měrného zemního odporu

2. Vlivy střídavé trakce

Trakční vedení (TV) elektrifikovaných železničních tratí (jednofázový systém 25kV, 50Hz) vytváří ve svém okolí elektrická a elektromagnetická pole. Tato pole indukují v souběžných a křížujících vedeních napětí a proudy, které se mohou projevit jako nebezpečné a rušivé vlivy, které mohou ohrozit bezpečnost osob nebo činnost zařízení.

Induktivní vazba se projevuje na všech vedeních nadzemních i kabelových, do vzdálenosti asi 5km. Při malé vzdálenosti vzdušných vedení od troleje (cca do 50 m) se projevuje i kapacitní vazba. Na okruzích používajících země pro vedení zpětného proudu se projevuje galvanická vazba.

V tomto konkrétním případě budou stávající vedení ohrožována zejména nebezpečnými indukčními vlivy při zkratovém stavu, a při tzv. mimořádném stavu trakčního vedení. Všechna ostatní ovlivnění jsou oproti těmto zanedbatelná, to znamená, že pokud nebudou překročeny dovolené meze těchto vlivů, pak nebudou překročeny ani ostatní..

Zkratovým stavem TV se rozumí stav, kdy se např. přetrhne trolejové vedení a spadne na kolejnici. Takový stav trvá jen okamžik, než automatické ochrany v napájecí stanici toto vedení odpojí. Pro ovlivněné sdělovací kabely není tento stav ani tak nebezpečný z hlediska úrazu el. proudem, jako spíše z hlediska možného průrazu (zničení) připojených zařízení.

Mimořádný stav TV nastává tehdy, když v napájecím úseku žel. trati je současně zapnuto tolik spotřebičů (lokomotiv), že ochrany v napájecí stanici jsou na hranici před vypnutím. Tento stav může trvat delší dobu a pro sděl. kabely je nebezpečný z hlediska úrazu pracovníka obsluhy nebo údržby zařízení indukovaným el. napětím.

3. Meze nebezpečných vlivů dle ČSN 34 2040 ed. 2

		stav trakč. vedení	
		mimořádný	zkratový
nadzemní vedení s dřev. stožáry	bez translátorů	60V	430V
	s translátory	150V	650V
nadzemní vedení jiné stožáry	bez translátorů	60V	150V
	s translátory	150V	430V
kabely místní	bez translátorů	60V	180V
	s translátory	60V	180V

4. Výpočet nebezpečných vlivů trakce SŽDC

Obecný souběh kabelu s žel. tratí je třeba pro účely výpočtu rozdělit na kratší úseky, které je možné nahradit úsečkami. Při této činnosti je třeba dodržet zásady stanovené ČSN 34 2040. Pro výpočet je použito schéma ve kterém je pro zjednodušení diagramu žel. trať linearizovaná. V obloucích je tedy kabelová trasa nespojitá. Vlastní výpočet je dokladován pomocí tabulek, které jsou přiloženy hned za technickou zprávou.

Zkratový stav

Velikost nebezpečných vlivů pro zkratový stav se vypočítá podle vztahu :

$$E_z = 2p f M I_z l_e r$$

kde E_z je indukovaná podélná elektromag. síla (V)

f kmitočet trakčního proudu (Hz)

M vzájemná indukčnost mezi trolejí a vodičem sděl. vedení ve výpočetním úseku (H/km)

I_z zkratový proud v trakčním vedení (A)

l_e délka úseku (km)

r výsledný redukční činitel

$$r = r_k r_{2k} r_{pl}$$

kde r_k redukč. činitel kolejí

r_{2k} redukč. činitel vedle loženého kabelu

r_{pl} redukč. činitel pláště kabelu

Použité hodnoty :

Frekvence trakčního proudu je 50Hz. Hodnotu M získáme z obr.č. 7 v normě ČSN 34 2040 v závislosti na vzdálenosti kabelu a trakč. vedení a a měrném zemním odporu (50 až 100 ohmů.). Hodnoty zkratových proudů vychází z výhledové dokumentace SŽDC. V tomto případě byla použita hodnota 1913A, i když skutečná hodnota bude pravděpodobně nižší. Redukční činitel kolejí je určen z tabulky č.5 v normě. Jeho hodnota je 0,6. Redukční činitel pláště je určen z katalogu kabelů v závislosti na provedení a profilu kabelu.

Mimořádný stav

Velikost nebezpečných vlivů pro mimořádný stav se vypočítá podle vztahu:

$$E_z = 2 p f M I_{ekv} l_e r$$

kde I_{ekv} je ekvivalentní trakční proud tj. proud, který má stejný indukční účinek, jako proudy rozdělené v trakčním vedení podle skutečného zatížení (A). Z výhledových materiálů SŽDC vyplývá, že hodnota tohoto proudu je očekávaná maximálně 700A. Ostatní proměnné a konstanty jsou určeny stejně jako při výpočtu zkratového stavu.

5. Zhodnocení výsledků a navržené ochrany

Nová kabelizace SŽDC s.o.

V rámci této stavby bude položen nový traťový kabel mezi ŽST Hrušovany a ŽST Židlochovice. Protože kabel vede v celé délce podél trati, mohou se na něm naindukovat nebezpečné napětí a proudy. Aby se těmto nebezpečným vlivům zabránilo, bude kabel v celé délce v provedení EZE.

Stávající kabelizace CETIN a.s.

V současném stavu jsou dvě oblasti, ve kterých kabely firmy CETIN a.s. vedou v souběhu s tratí u které se připravuje elektrifikace. Jedná část je konec obce Hustopeče (žkm cca 0,8 – 1,1) a druhá oblast je v okolí ŽST Židlochovice (žkm cca 1,8 – 2,7). Ostatní trasy trať kříží a nebezpečné vlivy se od této trati neprojeví.

Část kabelizace na konci obce Hustopeče (žkm cca 0,8 – 1,1)

V této části jsou v souběhu cca 300m kabely 35XN až 5XN v provedení TCEPKPFLE. Tento souběh je krátký a proto se u něj nebezpečné vlivy střídavé trakce SŽDC neprojeví – viz tabulka č.1

Část kabelizace v okolí ŽST Židlochovice (žkm cca 1,8 – 2,7)

První trasa metalických kabelů, které jsou v souběhu s tratí a vedou od žkm cca 2,5 – 2,7 po levé straně (ve směru staničení). I zde se jedná o krátký úsek a navíc je na konci napájecího úseku trakčního vedení, kde je zkratový proud nejnižší, a proto se nebezpečné vlivy neprojeví – viz tabulka č.2 a č.3

Další trasa vede z Židlochovic do průmyslového areálu na konci obce. Tato trasa je vedena po pravé straně tratě od žkm cca 2,1 – 2,7. Zpočátku vede rovnoběžně, pak se oddaluje a nakonec se přibližuje, překračuje koleje a je ukončena v budově průmyslového areálu. Přesto že je trasa poměrně dlouhá, tak se nebezpečné vlivy neprojeví z důvodu, že trasa je vedena z větší části ve značné vzdálenosti od koleje a navíc je také na konci napájecího úseku TV – viz tabulka č. 4

Trasa optického kabelu Židlochovice – Žabčice vede částečně kolmo a částečně v souběhu s železniční tratí.

V optickém kabelu je vyhledávací CU pár. Vzhledem k průběhu vedení se ale nebezpečné vlivy neprojeví – viz tabulka č. 5

Legenda k tabulce vlivů SŽDC:

Velikost nebezpečných vlivů pro zkratový a mimořádný stav se vypočítá podle vztahu :

$$E_{\Sigma} = 2 \cdot p \cdot f \cdot M \cdot I \cdot l \cdot e \cdot r$$

kde E_{Σ} je indukovaná podélná elektromotorická síla na žilách kabelu (V),
 f je kmitočet 50 Hz.

V následujících tabulkách značí:

- úsek - číslo výpočetního úseku viz schéma nav.č.1
- a - střední vzdálenost trasy kabelu od troleje v daném výpočetním úseku (km)
- odpor - měrný odpor půdy - max. roční hodnota (ohmmetr) viz ČSN 33 2160
- M - vzájemná induktance troleje a kabelu - z grafu dle ČSN 34 2040 (uH/km)
- I_z - zkratový proud trakčního vedení (kA) V každé tabulce se uvažuje s nejnepříznivějším vznikem zkratu, to je tehdy, když zkrat vznikne v takovém místě, že bude ovlivňovat celý telefonní kabel od začátku souběhu do konce. Např. vznikne-li zkrat blíže k napájecí stanici, bude I_z větší, avšak E bude menší, protože zkrat bude působit jen na menší část délky souběžného kabelu. (1913A)
- l_e - ekvivalentní (linearizovaná) délka souběhu v daném výpočetním úseku (km)
- E_{pl} - indukovaná elektromotorická síla na plášti kabelu (V/km).
- r_{pl} - redukční činitel pláště kabelu při sycení odpovídajícím zkratovému stavu TV
- E_{Σ} - indukovaná elektromotorická síla na žilách kabelu (u celoplastových kab. $E_{\Sigma} = E_{pl}$).
- $I_{ekv.}$ - ekvivalentní proud v trakčním vedení v daném výpočetním úseku při mimořádném stavu trakčního vedení (700A)
- r_{pl1} - redukční činitel pláště kabelu při sycení odpovídajícím mimořádnému stavu TV

Celkový redukční činitel ve vzorci pro výpočet naindukovaného napětí je součinem

$$r = r_k r_{2k} r_{pl}$$

kde: r_k je redukč. činitel kolejí - pro tyto výpočty použito $r_k = 0,6$, dle tab.5 v ČSN 34 2040
 r_{2k} je redukč. činitel vedle ložených kabelů - pokud je uvažován, je u tabulky poznámka
 r_{pl} redukč. činitel pláště kabelu - uveden v tabulce.
 r_{vk} je redukční činitel vedle ložených kabelů

Tabulka výpočtů nebezpečných vlivů výhledové trakce SŽDC na vedení CETIN a.s.

Tabulka č.1

Hustopeče, kabel 35XN - 5XN
v provedení TCEPKPFLE

úsek	a	odpor	M	Ik	le	Epl	r _k [-]	rpl	Ež	lekv	Epl	r _k [-]	rpl1	Ež	
1	218	100	810,3	1913	0,06	292,2	0,6	1	17,5	700	106,9	0,6	1	6,4	
2	327	100	701,7	1913	0,00	253,0	0,6	1	-0,5	700	92,6	0,6	1	-0,2	
3	367	100	572,8	1913	0,229	206,6	0,6	1	47,3	700	75,6	0,6	1	17,3	
celkem	zkratový stav									64,3	mimořadný stav				23,5

Tabulka č.2

Židlochovice, kabel 20XN-5XN
v provedení TCEPKPFLE

úsek	a	odpor	M	Ik	le	Epl	r _k [-]	rpl	Ež	lekv	Epl	r _k [-]	rpl1	Ež	
1	27	100	729,1	1913	0,03	262,9	0,6	1	8,7	700	96,2	0,6	1	3,2	
2	26	100	736,6	1913	0,02	265,6	0,6	1	6,4	700	97,2	0,6	1	2,3	
3	25	100	740,5	1913	0,009	267,0	0,6	1	2,4	700	97,7	0,6	1	0,9	
4	24	100	748,5	1913	0,03	269,9	0,6	1	8,9	700	98,8	0,6	1	3,3	
5	21	100	774,6	1913	0,03	279,3	0,6	1	8,9	700	102,2	0,6	1	3,3	
6	19	100	799,4	1913	0,00	288,3	0,6	1	1,2	700	105,5	0,6	1	0,4	
celkem	zkratový stav									36,5	mimořadný stav				13,3

Tabulka č.3

Židlochovice, kabel 20XN - 3XN
v provedení TCEPKPFLE

úsek	a	odpor	M	Ik	le	Epl	r _k [-]	rpl	Ež	lekv	Epl	r _k [-]	rpl1	Ež	
1	27	100	729,1	1913	0,03	262,9	0,6	1	8,7	700	96,2	0,6	1	3,2	
2	26	100	736,6	1913	0,02	265,6	0,6	1	6,4	700	97,2	0,6	1	2,3	
3	33	100	686,3	1913	0,01	247,5	0,6	1	2,2	700	90,6	0,6	1	0,8	
4	48	100	615,6	1913	0,06	222,0	0,6	1	12,4	700	81,2	0,6	1	4,5	
5	80	100	516,1	1913	0,055	186,1	0,6	1	10,2	700	68,1	0,6	1	3,7	
celkem	zkratový stav									39,9	mimořadný stav				14,6

Tabulka č.4

Židlochovice, kabel 100XN0,4 - 5XN0,4
v provedení TCEPKPFLE

úsek	a	odpor	M	Ik	le	Epl	r _k [-]	rpl	Ež	lekv	Epl	r _k [-]	rpl1	Ež	
1	29	100	714,9	1913	0,03	257,8	0,6	1	8,5	700	94,3	0,6	1	3,1	
2	23	100	756,8	1913	0,03	272,9	0,6	1	9,0	700	99,9	0,6	1	3,3	
3	26	100	732,8	1913	0,034	264,3	0,6	1	9,0	700	96,7	0,6	1	3,3	
4	27	100	725,5	1913	0,03	261,6	0,6	1	8,9	700	95,7	0,6	1	3,3	
5	26	100	736,6	1913	0,03	265,6	0,6	1	9,0	700	97,2	0,6	1	3,3	
6	28	100	718,4	1913	0,03	259,0	0,6	1	8,3	700	94,8	0,6	1	3,0	
7	27	100	725,5	1913	0,00	261,6	0,6	1	0,8	700	95,7	0,6	1	0,3	
8	24	100	748,5	1913	0,01	269,9	0,6	1	1,9	700	98,8	0,6	1	0,7	
9	21	100	779,3	1913	0,01	281,0	0,6	1	2,0	700	102,8	0,6	1	0,7	
10	22	100	770	1913	0,02	277,7	0,6	1	4,7	700	101,6	0,6	1	1,7	
11	52	100	598,8	1913	0,05	215,9	0,6	1	9,9	700	79,0	0,6	1	3,6	
12	93	100	487,5	1913	0,06	175,8	0,6	1	10,5	700	64,3	0,6	1	3,9	
13	124	100	433,4	1913	0,02	156,3	0,6	1	3,1	700	57,2	0,6	1	1,1	
14	163	100	382,1	1913	0,06	137,8	0,6	1	8,8	700	50,4	0,6	1	3,2	
15	181	100	362,8	1913	0,02	130,8	0,6	1	2,1	700	47,9	0,6	1	0,8	
16	136	100	415,8	1913	0,05	149,9	0,6	1	7,8	700	54,9	0,6	1	2,9	
17	64	100	560,3	1913	0,08	202,1	0,6	1	15,4	700	73,9	0,6	1	5,6	
18	33	100	686,3	1913	0,02	247,5	0,6	1	4,2	700	90,6	0,6	1	1,5	
celkem	zkratový stav									124,0	mimořadný stav				45,4

Židlochovice, CU pár v optickém kabelu

úsek	a	odpor	M	lk	le	Epl	r _k [-]	rpl	Ež	lekv	Epl	r _k [-]	rpl1	Ež	
1	580	100	164,9	1913	0,02	59,5	0,6	1	1,1	700	21,8	0,6	1	0,4	
2	481	100	194	1913	0,06	69,9	0,6	1	4,0	700	25,6	0,6	1	1,5	
3	367	100	238,2	1913	0,051	85,9	0,6	1	4,4	700	31,4	0,6	1	1,6	
4	327	100	257,7	1913	0,08	92,9	0,6	1	7,1	700	34,0	0,6	1	2,6	
5	218	100	328,6	1913	0,07	118,5	0,6	1	8,1	700	43,4	0,6	1	2,9	
6	181	100	362,8	1913	-0,02	130,8	0,6	1	-2,1	700	47,9	0,6	1	-0,8	
7	136	100	415,8	1913	-0,05	149,9	0,6	1	-7,8	700	54,9	0,6	1	-2,9	
8	64	100	560,3	1913	-0,08	202,1	0,6	1	-15,4	700	73,9	0,6	1	-5,6	
9	33	100	686,3	1913	-0,02	247,5	0,6	1	-4,2	700	90,6	0,6	1	-1,5	
10	18	100	804,8	1913	-0,03	290,2	0,6	1	-9,6	700	106,2	0,6	1	-3,5	
11	45	100	626,1	1913	-0,02	225,8	0,6	1	-3,8	700	82,6	0,6	1	-1,4	
12	77	100	524,7	1913	-0,01	189,2	0,6	1	-2,6	700	69,2	0,6	1	-1,0	
13	117	100	444,3	1913	-0,03	160,2	0,6	1	-4,2	700	58,6	0,6	1	-1,5	
14	168	100	376	1913	-0,10	135,6	0,6	1	-13,6	700	49,6	0,6	1	-5,0	
15	351	100	245,7	1913	-0,20	88,6	0,6	1	-17,7	700	32,4	0,6	1	-6,5	
16	549	100	173,4	1913	-0,13	62,5	0,6	1	-8,1	700	22,9	0,6	1	-3,0	
17	756	100	126,7	1913	0,31	45,7	0,6	1	14,2	700	16,7	0,6	1	5,2	
18	876	100	107,2	1913	0,19	38,7	0,6	1	7,4	700	14,1	0,6	1	2,7	
celkem	zkratový stav									42,8	mimořadný stav				15,7