

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	Správa železnic, státní organizace, 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:	24 Silnoproud	VEDOUcí PROF. SKUPINY Ing. Jan Zářecký	GENERÁLNÍ ŘEDITEL Ing. Kamil Chmela	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Jan Zářecký <i>Galuf</i>	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Ing. Jan Zářecký <i>Galuf</i>	NAVRHL, VYPRACOVAL Ing. Vojtěch Popelář <i>Popelář</i>	KONTROLOVAL Ing. Jan Zářecký <i>Galuf</i>	
KRAJ: Jihomoravský	POVĚŘENÝ OÚ: Kuřim		STUPEŇ: DUSP+PDPS	
ZVÝŠENÍ TRAKČNÍHO VÝKONU TNS ČEBÍN SO 01-06-03 TNS Čebín, vnější uzemnění			ZAK. ČÍSLO 20047-01-1020	ARCH. ČÍSLO 2020240017
			MĚŘITKO	POČET FORMÁTŮ
Dimenzování zemnicí soustavy			DATUM: 10/2020	
			ČÁST DOKUM. D.2.3.4.1	PŘÍLOHA 9

SUDOP BRNO spol.s r.o.
KOUNICOVA 26
611 36 BRNO

SRPEN 2020

Dimenzování uzemňovací soustavy
Trakční napájecí stanice Čebín

SO 01-06-03 TNS Čebín, vnější uzemnění

Investor:	Správa železnic, státní organizace
Projektant:	Sudop Brno spol. s r.o.
Účel:	DUSP+PDPS
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Jan Zářecký
Odpovědný projektant objektu:	Ing. Petr Kortyš
Vypracoval:	Ing. Petr Kortyš

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	POUŽITÉ MATERIÁLY PRO NOVOU UZEMŇOVACÍ SOUSTAVU	3
3	DIMENZOVÁNÍ ZEMNÍČÍ SÍTĚ TNS	4
3.1	Dimenzování s ohledem na mechanickou pevnost a odolnost proti korozi	4
3.1.1	Zemniče	4
3.1.2	Uzemňovací přívody	4
3.2	Dimenzování s ohledem na tepelnou odolnost	4
3.2.1	Uzemňovací přívody a zemniče	4
3.3	Dimenzování s ohledem na dotyková a kroková napětí	5
4	VÝPOČET ODPORU ZEMNÍČÍ SOUSTAVY DLE ČSN EN 50522	8
5	PROTOKOL – MĚŘENÍ ZEMNÍHO ODPORU PŮDY	9

1 ÚVOD

Tato část projektové dokumentace řeší dimenzování nové uzemňovací soustavy trakční napájecí soustavy Čebín. Trakční napájecí stanice je napájena ze sběren stávající uzlové rozvodny EON D označených WA, WB a WC. Trakční napájecí stanice a uzlová rozvodna E.ON D jsou součástí jednoho velkého areálu. Obě stanice mají vzájemně propojenou zemní soustavu.

Trakční napájecí stanice se skládá z rozvodny 110 kV, rozvodny 25 kV a provozní budovy. Zemní síť trakční napájecí stanice bude vybudována kompletně nová. Zemní soustava TNS bude definovaně přes zemní jámy propojena se zemní soustavou uzlové rozvodny E.ON D.

V TNS bude uzemňovací soustava společná pro všechny napěťové hladiny, které se v ní vyskytují. Jedná se o soustavy 110 kV, 27 kV a 0,4 kV AC 50 Hz.

Pro všechny napěťové systémy musí uzemňovací soustava splnit tyto čtyři podmínky:

1. Zajistit mechanickou pevnost a odolnost proti korozi
2. Odolat z hlediska oteplení nejvyššímu poruchovému proudu
3. Zamezit poškození majetku a zařízení
4. Zjistit bezpečnost osob s ohledem na dotykové napětí, které se objeví při nejvyšším poruchovém proudu

Dimenzování uzemňovací soustavy z hlediska elektrických instalací nad 1000 V se provádí dle ČSN EN 50522, dimenzování uzemňovací soustavy z hlediska elektrických instalací nízkého napětí se provádí dle ČSN 33 2000-5-54 ed.3 a ČSN 33 2000-4-41, ed.3.

2 POUŽITÉ MATERIÁLY PRO NOVOU UZEMŇOVACÍ SOUSTAVU

Pro uzemnění trakční napájecí stanice Čebín budou použity tyto materiály:

Rozvodna 110 kV a ostatní prostory TNS

- zemniče:

pásek ocelový - žárově pozinkovaný 3x FeZn 30x4 mm, S= 360mm²

pásek ocelový - žárově pozinkovaný 1x FeZn 30x4 mm, S=120mm²

- uzemňovací přívody:

pásek ocelový - žárově pozinkovaný 3x FeZn 30x4 mm, S= 360mm²

pásek ocelový - žárově pozinkovaný 1x FeZn 40x5 mm, S= 200mm²

pásek nerezový - 2x V2A 30x3,5 mm, S= 210mm²

3 DIMENZOVÁNÍ ZEMNÍČÍ SÍTĚ TNS

3.1 Dimenzování s ohledem na mechanickou pevnost a odolnost proti korozi

3.1.1 Zemniče

Pro materiál ocelového zemniče žárově pozinkovaného jsou minimální rozměry zajišťující mechanickou pevnost a odolnost proti korozi dle přílohy C ČSN EN 50 522:

- Jádru – průřez 90mm²
- Tloušťka 3mm
- Tloušťka povlaku/pláště – jednotlivé hodnoty 63 μm
- Tloušťka povlaku/pláště – průměrné hodnoty 70 μm

Pásek 3x FeZn 30x4mm vyhovuje výše uvedeným požadavkům

3.1.2 Uzemňovací přívody

Minimální průřezy s ohledem na mechanickou a korozivní odolnost jsou dle 5.2.2 ČSN EN 50522

- Ocel 50 mm²

Pásek 3x FeZn 30x4mm, 1x FeZn 40x5mm a 2x V2A 30x3,5mm vyhovuje výše uvedeným požadavkům

3.2 Dimenzování s ohledem na tepelnou odolnost

Dimenzování zemničí soustavy z hlediska tepelné odolnosti je provedeno dle ČSN EN 50522 příloha D. Výchozím parametrem pro výpočet dovoleného průřezu uzemňovacích přívodů a zemničů je typ energetické sítě, kterým je trakční napájecí stanice napájena. TNS Čebín je napájena z energetické sítě 110 kV s nízkoohmovým uzemněním uzlu. U tohoto typu sítě je dle tab. 1 ČSN EN 50522 určující hodnotou pro výpočet dovoleného průřezu symetrický zkratový proud jednopólového zkratu $I''k_1$.

Počáteční výhledový symetrický zkratový proud jednopólového zkratu $I''k_1$ je dle distributora el. energie E.ON Distribuce v TNS Čebín roven:

Počáteční výhledový symetrický zkratový proud jednopólového zkratu $I''k_1 = 30,2$ kA

3.2.1 Uzemňovací přívody a zemniče

Protože je uvažována síť vvn s rychlým vypnutím poruchy od zdroje v čase do 1s, kdy musí být tento poruchový proud v čase do 1s vypnut ochranou, pak pro minimální průřez platí dle přílohy D ČSN EN 50522:

Pro ocel uvažujeme počáteční teplotu 20°C a koncovou teplotu 300°C. Vypnutí poruchy uvažujeme do 0,3s.

$$A = \frac{I}{K} \cdot \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}} = \frac{30,2}{78} \cdot \sqrt{\frac{0,3}{\ln \frac{300 + 202}{20 + 202}}} = 234 \text{ mm}^2$$

Z výše uvedeného výpočtu vyplývá, že pro zemnicí síť TNS je nutné použít trojitý zemnicí pásek o celkovém průřezu 360 mm².

Pásek 3x FeZn 30x4mm hlavní sítě a přívodů k transformátorům vyhovuje výše uvedeným požadavkům.

Uzemňovací přívod do provozní budovy bude proveden trojitým zemnicím páskem FeZn 30x4mm.

Zemnicí přívody provedené páskem 2x FeZn 40x5mm vyhovují výše uvedeným požadavkům.

3.3 Dimenzování s ohledem na dotyková a kroková napětí

Dle tabulky B.3 ČSN EN 50522 nesmí dovolené dotykové napětí U_{TP} překročit pro dobu trvání poruchového proudu do 0,3s hodnotu 400V. Současně nesmí nárůst potenciálu zemniče překročit dvojnásobek hodnoty dovoleného dotykového napětí. Výpočtem je nutné posoudit, zda návrh zemnicí soustavy splňuje uvedené požadavky a případně provést příslušná opatření specifikované v příloze E ČSN EN 50522.

Výchozím parametrem pro kontrolu dodržení dovoleného dotykového napětí je typ energetické sítě, kterým je trakční napájecí stanice napájena. TNS Čebín je napájena z energetické sítě 110 kV s nízkoohmovým uzemněním uzlu. U tohoto typu sítě je dle tab. 1 ČSN EN 50522 určující hodnotou pro kontrolu dodržení dovoleného dotykového napětí symetrický zkratový proud jednopólového zkratu $I''k_1$.

$$I''k_1 = 30,20 \text{ kA}$$

Zemní proud I_E , který je určující pro nárůst potenciálu a dotykového napětí se pro síť s nízkoohmovým uzemněním uzlu vypočítá následujícím způsobem,

$$I_E = r * I''k_1$$

Kde r vyjadřuje redukční činitel zemnicího lana venkovního napájecího vedení 110 kV, které je v tomto případě provedeno z AlFe 240 mm². Redukční činitel vyjadřuje odlehčení uzemňovacího systému zařízení vysokého napětí postiženého od zemního poruchového proudu, jehož část přebírá zemní lano. Pro uvedené napájení vedení a jeho konfiguraci typu soudek je redukční činitel dle tabulky P6 PNE 330000-4 roven 0,6. Zemní proud je pak roven.

$$I_E = 0,6 * 30,2 = 18,12 \text{ kA}$$

Pro určení dovoleného dotykového napětí je nutno nejdříve vypočítat nárůst potenciálu zemniče U_E v případě poruchy dle vztahu,

$$U_E = Z_E * I_E$$

Kde Z_E značí zemní odpor uzemňovací soustavy TNS, který je dle protokolu přiloženého na konci této zprávy $0,1 \Omega$. Nárůst potenciálu zemniče je pak roven

$$U_E = 0,2 * 18120 = 3624V$$

Mez nárůstu potenciálu zemniče musí být dle ČSN EN 50522 menší než dvojnásobek dovoleného dotykového napětí U_{TP} . Protože je uvažována síť vvn s rychlým vypnutím poruchy od zdroje v čase do 0,3s je předpokládané dotykové napětí U_{TP} stanoveno dle tabulky B.3 na:

$$U_{TP0,3} = 400V$$

Z výše uvedených vztahů je pak možno ověřit zda mez nárůstu potenciálu zemniče je menší než dvojnásobek dovoleného dotykového napětí

$$U_E \leq 2 * U_{TP} \rightarrow 3624 \leq 2 * 400$$

Vzhledem k tomu, že nárůst potenciálu je větší než dvojnásobek dovoleného dotykového napětí je nutné postupovat dle obr. 5 normy ČSN EN 50522. Nejprve bude posouzeno, jestli je možné provést doporučená opatření M z přílohy E normy ČSN EN 50522. Opatření jsou dostatečná, pokud nárůst potenciálu je větší než čtyřnásobek dovoleného dotykového napětí:

$$U_E \leq 4 * U_{TP} \rightarrow 3624 \leq 4 * 400 = 3624 \leq 1600$$

Vzhledem k tomu, že nárůst potenciálu je větší, než čtyřnásobek dotykového napětí musí být dle přílohy E normy ČSN EN 50522 provedeny následující opatření pro vnější stěny, vnější oplocení, vnitřní a vnější zařízení. Zároveň musí být po realizaci zemnicí sítě provedeno měření dotkových napětí a skutečné hodnoty musí být vyhodnoceny.

Vnější stěny budov s vnitřním zařízením:

- Řízení potenciálu vodorovnými zemniči spojenými s uzemňovací soustavou ve vzdálenosti max. 1m od vnější stěny budovy a v max. hloubce 0,5m.
- Izolace stanoviště obsluhy štěrkovou vrstvou o tloušťce alespoň 100 mm

Vnější oplocení:

- Řízení potenciálu vodorovnými zemniči spojenými s uzemňovací soustavou ve vzdálenosti max. 1m na obě strany od vnějšího oplocení a v max. hloubce 0,5m.
- Řízení potenciálu vodorovnými zemniči spojenými s uzemňovací soustavou ve vzdálenosti max. 1m na obě strany od vrat a v max. hloubce 0,5m.

Vnitřní zařízení:

- Vyrovnání potenciálu pomocí vodorovného zemniče vloženého do základů budovy spojeného s uzemňovací soustavou.

Vnější zařízení:

- Řízení potenciálu vodorovnými zemniči spojenými s uzemňovací soustavou ve vzdálenosti max. 1m od obsluhovaného zařízení a v max. hloubce 0,5m.

Po vybudování zemnicí sítě je nutné měřením prověřit zda byla dodržena dovolená hodnota dotykového napětí. V případě, že hodnota dotykového napětí bude větší než dovolená, je nutné provést dodatečná opatření. Metody měření dovolených dotkových napětí jsou uvedeny v příloze H ČSN EN 50 522.

Pro kroková napětí není nutné stanovit dovolené hodnoty - dovolené hodnoty krokových napětí jsou poněkud vyšší než u dotkových napětí; proto pokud nějaký uzemňovací systém splňuje požadavky na dotková napětí, lze předpokládat, že se obecně nevyskytnou žádná nebezpečná kroková napětí.

4 VÝPOČET ODPORU ZEMNÍCÍ SOUSTAVY DLE ČSN EN 50522

Pro střídavou napájecí stanici je dle ČSN 341500 ed.2 čl. 6.5.2 požadována hodnota zemního odporu 1 Ω. Tato hodnota vyhovuje i pro ostatní napěťové soustavy použité v napájecí stanici. Zemní soustava se skládá z trojitého páskového zemniče FeZn 30x4mm. Do výpočtu není započítána zemní soustava E.ON.

Výpočet odporu páskového zemniče:

$$R_{P1} = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{2l}{d} = \frac{43}{2\pi 1570} \cdot \ln \frac{2 \cdot 1570}{0,45}$$

kde : R_{P1}zemní odpor páskového zemniče
 ρ rezistivita půdy
 lcelková délka drátového zemniče
 dprůměr páskového zemniče
 $d = b/2 = 0,03/2 = 0,015$ (0,45 – 3xFeZn 30x4mm)

Výpočet celkového odporu zemnicí soustavy :

$$R_C = \frac{1}{\frac{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot n}{R_T} + \frac{1}{R_{P1}} + \frac{1}{R_{P2}}}$$

kde : R_C celkový zemní odpor soustavy
 R_T zemní odpor jednoho tyčového zemniče 2m
 R_Pzemní odpor páskového a lanového zemniče
 η_1 činitel účinnosti tyčí – volíme 0,68
 η_2 činitel vzájemného působení soustavy tyčí a pásku – volíme 0,9
 l délka tyčového zemniče
 n počet tyčových zemničů

Přehled výchozích a vypočtených parametrů:

	Jednotka	Konstanta	Hodnota
Rezistivita půdy - ρ	Ω . m		43
Materiál páskového zemniče			3x pásek FeZn30x4mm
Délka páskového zemniče – l (R110+TNS)	m		1570
Průměr páskového zemniče - d	m		0,45
Zemnicí odpor páskového zemniče	$R_{P1} = 0,38 \Omega$		
Celkový odpor zemnicí soustavy bez započítání uzemnění rozvodny E.ON	$R_C = 0,38 \Omega$		

5 PROTOKOL – MĚŘENÍ ZEMNÍHO ODPORU PŮDY

NÁZEV AKCE: Zvýšení trakčního výkonu TNS Čebín

SO 01-06-03 TNS Čebín, vnější uzemnění

PODKLADY POUŽITÉ PRO VYPRACOVÁNÍ PROTOKOLU:

- ČSN 33 2000-5-54 ed.3 a ČSN EN 50522

Zhotovitel: SUDOP Brno, spol. s r.o.
Místo měření: TNS Čebín
Datum měření: 1. 8. 2020
Teplota: 25°C
Počasí: Oblačno
Stav půdy: Vlhká
Měřicí přístroj: PU 183
Metoda měření: dle Wennera
Měření provedl: JEKU

NAMĚŘENÉ HODNOTY A MĚRNÝ ZEMNÍ ODPOR:

Pořadí měření	Naměřený odpor $R (\Omega)$	Vzdálenost elektrod b (m)	Měrný zemní odpor ρ ($\Omega \cdot m$)	Redukovaný měrný zemní odpor ρ_k ($\Omega \cdot m$)
1.	6,99	1	43,9	70,3
2.	5,32	1	33,4	53,5
3.	4,72	1	29,6	47,5
4.	3,99	1	25	40,1
5.	1,63	1	10,2	16,3
6.	2,71	1	17	27,2
7.	8,93	1	56,1	89,8
8.	3,01	1	18,9	30,2
9.	1,32	1	8,29	13,3

Pro stanovení měrného zemního odporu platí :

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot b$$

resp.

$$\rho_k = K \cdot \rho$$

kde :

ρ měrný zemní přechodový odpor
 ρ_k měrný zemní přechodový odpor redukovaný součinitelem
závislosti na ročním období (K)
K..... redukční činitel (uvažujeme K = 1,6 – srpen, mokro)
R..... odpor zjištěný při měření
b..... vzdálenost mezi elektrodami

Pro výpočet odporu zemnicích soustav použijeme hodnotu:

$$\rho_k = 43 \Omega \cdot m$$

Protokol vypracoval: Sudop Brno, spol. s r.o.

SUDOP Brno

Technická zpráva

strana 9