

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



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

OBJEDNAVATEL:	SŽDC, S.O., DLÁŽDĚNÁ 1003/7, 110 00 PRAHA 1 STAVEBNÍ SPRÁVA VÝCHOD (ORGANIZAČNÍ JEDNOTKA)			tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz
PROFESNÍ SKUPINA:		VEDOUcí PROF. SKUPINY	ŘEDITEL Ing. Kamil Chmela	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Kamil Chmela	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Jiří Podhradský	NAVRHL, VYPRACOVAL Jiří Podhradský	KONTRLOLOVAL Ing. Kamil Chmela	
KRAJ: MORAVSKOSLEZSKÝ A ZLÍNSKÝ	POVĚŘENÝ OÚ:			STUPEŇ: STUDIE PROVEDITELNOSTI
OSTRAVA - VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ, FRÝDEK-MÍSTEK - ČESKÝ TĚŠÍN/TRINEC, FRÝDLANT NAD OSTRAVICÍ - OSTRAVICE A STUDÉNKA - VEŘOVICE			ZAK. ČÍSLO 17062-01-0618	ARCH. ČÍSLO
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM:	8/2018
ENERGETICKÉ VÝPOČTY			ČÁST DOKUM. E.	PŘÍLOHA

Obsah

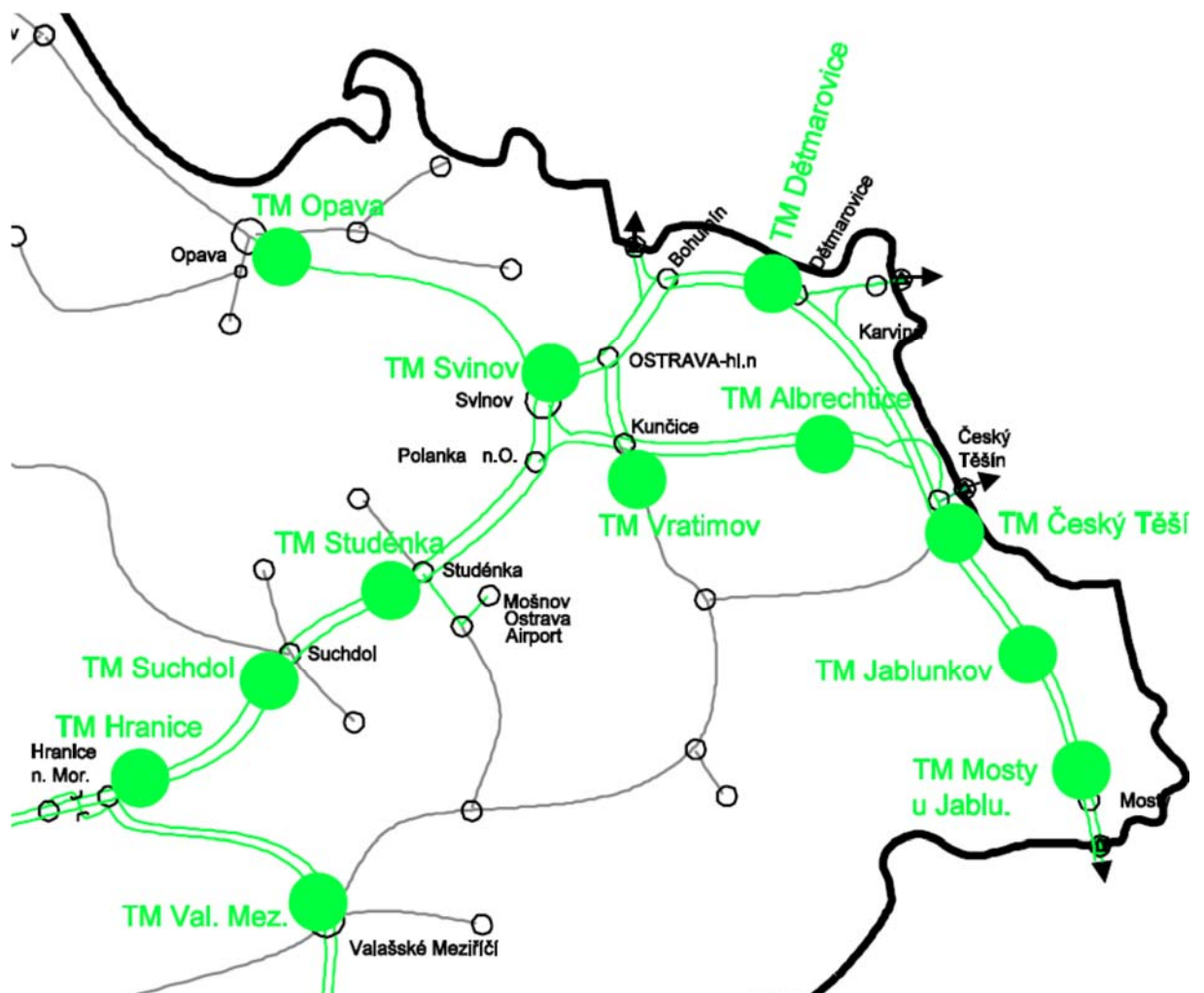
1. ÚVOD A POUŽITÉ PODKLADY	3
1.1. Podklady.....	4
2. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ A DOPRAVNÍ ÚDAJE O ŘEŠENÉ TRATI	5
2.1. Rozsah elektrizace a zdvoukolejnění ve variantě 323-4	5
2.2. Grafikon varianty 323-4.....	6
2.3. Popis výhledové dopravy	7
2.4. Popis linek	7
2.5. Trakční vedení.....	7
2.6. Spínací stanice	7
3. TRAKČNÍ A ENERGETICKÉ VÝPOČTY	8
3.1. Kontrola úbytků napětí	8
3.2. Kontrola proudové zatížitelnosti.....	10
3.3. Kontrola zkratových proudů	11
3.4. Výkon napájecí stanice	11
3.5. Rekuperace	11
4. ZÁVĚR.....	12

1. Úvod a použité podklady

Aktualizace studie proveditelnosti navazuje na předchozí odevzdání studie a má za cíl navíc navrhnout střídavé napájení tratí č. 323 a 324. Jednotlivé varianty se liší v délce zatrolejovaného úseku:

- a. 323-2 Ostrava-Kunčice – Frýdlant nad Ostravicí – Ostravice
- b. 323-3 Ostrava-Kunčice – Frenštát p. R. město a Ostravice
- c. 323-4 Ostrava-Kunčice – Valašské Meziříčí a Ostravice

V současné době nejsou řešené tratě elektrizovány. Nejbližší elektrizované tratě jsou č. 321 (Kunčice - Český Těšín) a 280 (Hranice n. M. - Valašské Mez. - Horní Lideč), které jsou napájeny stejnosměrnou proudovou soustavou DC 3kV s napájecími body v Kunčicích (Vratimov) a ve Valašském Meziříčí.



Vzhledem k souvisejícím stavbám v řešeném území je již dána poloha nové napájecí stanice, která řešenou oblast bude napájet střídavou proudovou soustavou AC 25kV 50Hz. Nová TNS se bude nacházet v blízkosti energetické rozvodny ČEZu Lískovec.

V zadání je také požadavek investora na dimenzování nové napájecí stanice Lískovec tak, aby měla vnitřní redundanci $n-1$, což znamená, že bude mít dva trakční transformátory, kdy jeden bude sloužit jako plnohodnotná záloha.

Než dojde k přepnutí i navazujících tratí na střídavou proudovou soustavu, tak nebude zajištěno záložní napájení z jiné napájecí stanice.

Styk soustav je v maximální variantě 323-4 navržen na severu v úseku Lískovec – Vratimov a na jihu je navržen před žst. Valašské Meziříčí. Ostatní varianty se liší pouze tím, že elektrizace je na jihu kratší a styk soustav tak nevznikne. Severní poloha styku soustav je však ve všech variantách stejná.

Navržené technické řešení se liší podle variant. Nejnáročnější varianta z hlediska napájení je varianta 323-4, kde je navržena elektrizace celého úseku Ostrava-Kunčice – Valašské Meziříčí. Ostatní varianty jsou z hlediska napájení příznivější. Nejdříve tedy bude posouzena maximální varianta.

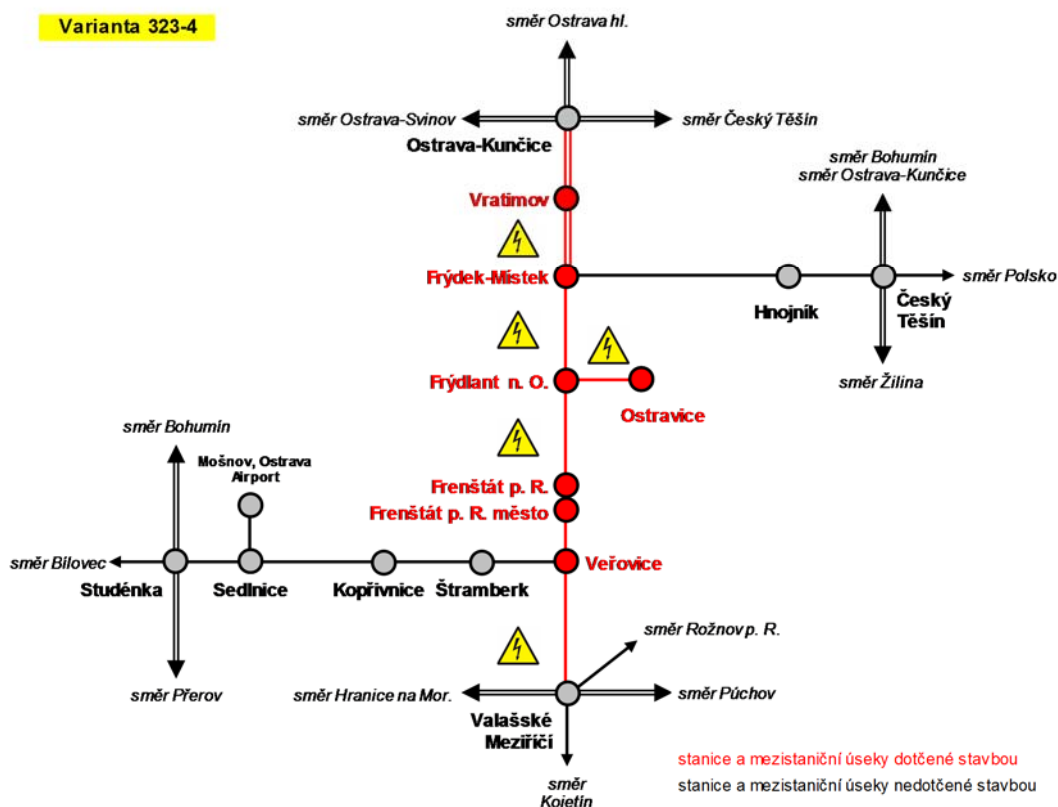
1.1. Podklady

- Dopravní technologie (v rámci studie)
- Kolejové řešení (v rámci studie)
- Redukovaný profil

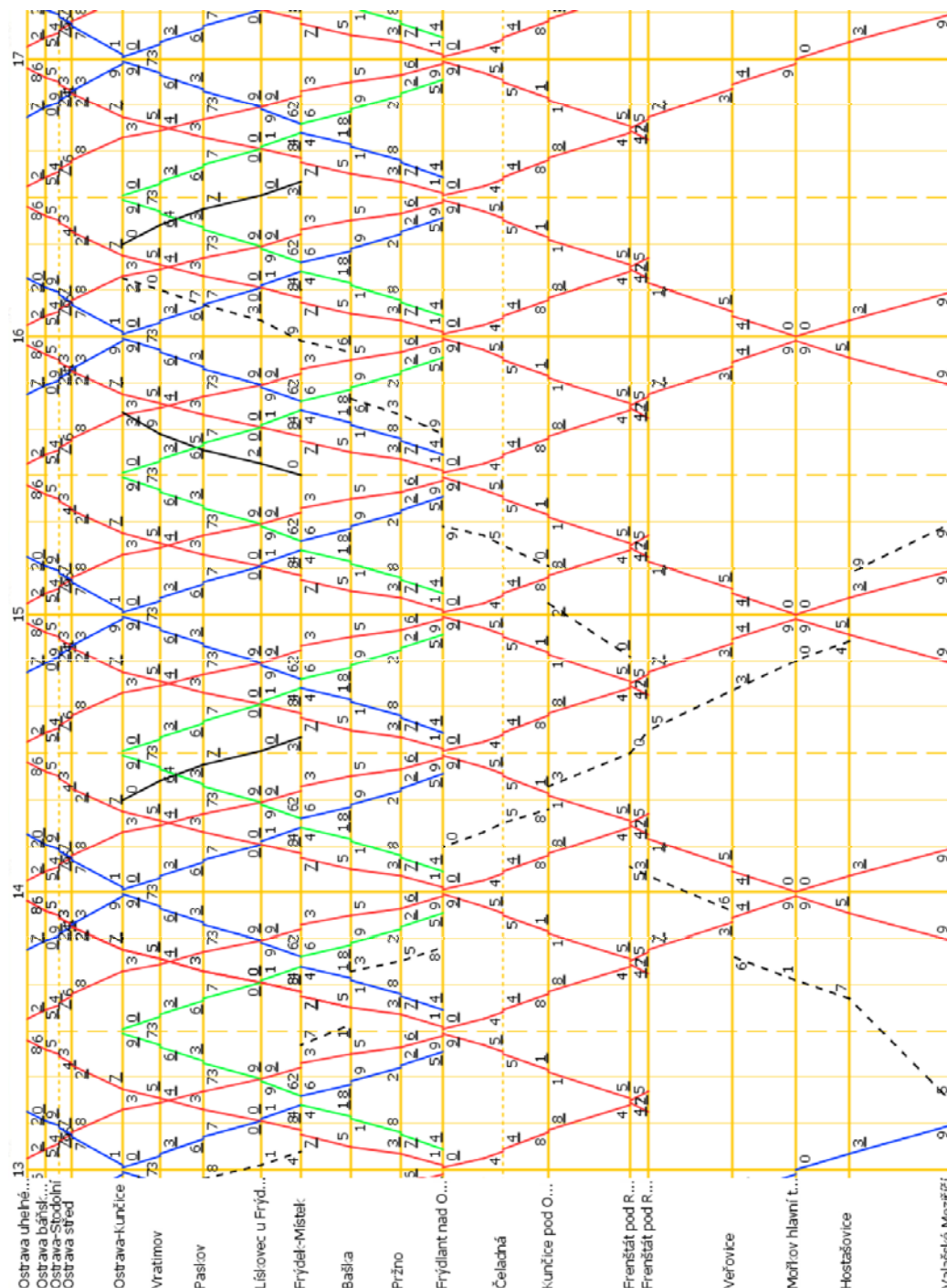
2. Základní technické a dopravní údaje o řešené trati

Následující informace se týkají pouze nejnáročnější varianty z hlediska napájení a to varianty 323-4.

2.1. Rozsah elektrizace a zdvoukolejnění ve variantě 323-4



2.2. Grafikon varianty 323-4



Legenda: ● linka R2, ● linka S6, ● linka S5, ● nákladní vlak (v závislé trakci)

2.3. Popis výhledové dopravy

Z dopravní technologie vyplývá, že nákladní doprava je v celém úseku minimální (pouze do Frýdku-Místku). Z hlediska napájení je tak nejdůležitější hlavně osobní doprava.

Nově elektrizovaná trať bude umožňovat za určitých okolností provést i odklonový vlak z hlavního koridoru Hranice n. M. – Ostrava, ale vzhledem k velkým stoupáním v úseku se s tímto stavem ve velké míře nepočítá. Systém napájení je tak navržen hlavně na dopravu uvedenou v grafikonu výše. S větším dopravním zatížením vlivem odklonové dopravy se neuvažuje.

2.4. Popis linek

- **Linka R2**
Hmotnost 160t
Maximální výkon 2 MW
- **Linka S6**
Hmotnost 320t
Maximální výkon 4 MW
- **Linka S5**
Hmotnost 160t
Maximální výkon 2 MW

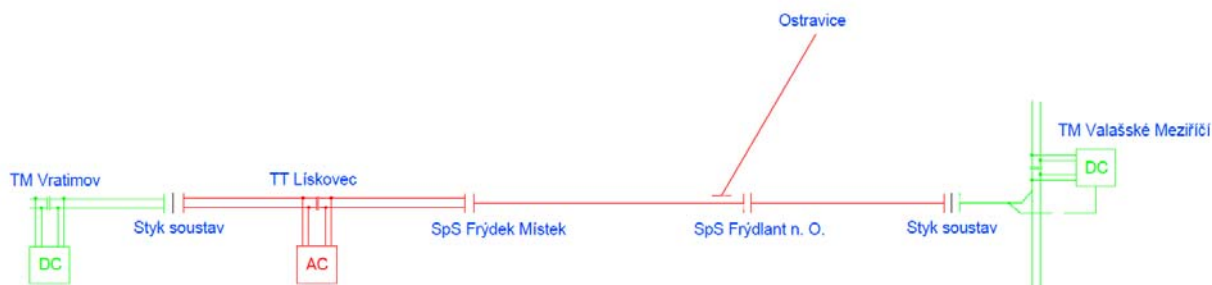
2.5. Trakční vedení

Ve studii se pro střídavé napájení navrhuje sestava trakčního vedení s trolejí 100mm² Cu a nosným lanem 50mm² Bz.

2.6. Spínací stanice

Ve Frýdku-Místku je v místě přechodu z dvoukolejné trati na jednokolejnou navržena spínací stanice. Další spínací stanice je navržena ve Frýdlantu n. O. pro oddělení trati Frýdlant n. O. – Ostravice z pohledu zkratových ochran od tratě č. 323 (na Valašské Meziříčí).

Následující obrázek ukazuje schéma napájení ve variantě 323-4:



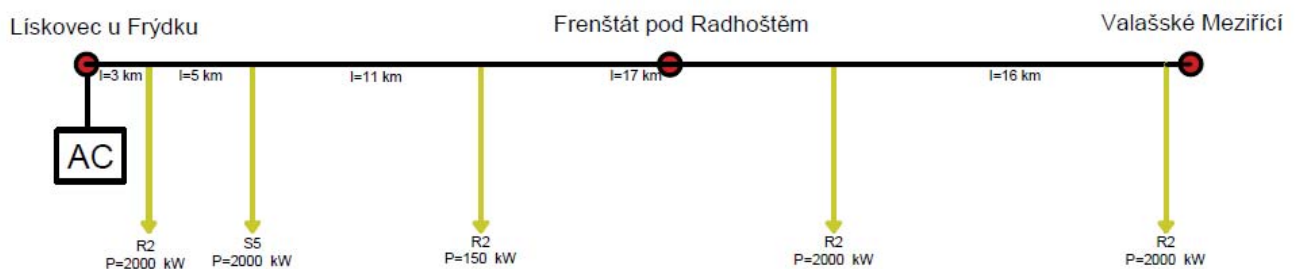
3. Trakční a energetické výpočty

Vzhledem k tomu, že místo nové trakční napájecí stanice již bylo dané (vlivem souvisejících staveb), tak zbývalo prověřit, zda je potřeba v některé variantě další napájecí bod.

Vzhledem k charakteru dopravy (nižší rychlosti, pouze částečná nákladní doprava, lehké osobní vlaky) budou pro napájení rozhodující hlavně maximální úbytky napětí v troleji vyvolané využitím maximálních výkonů při rozjezdech či ve stoupání a zkratové poměry.

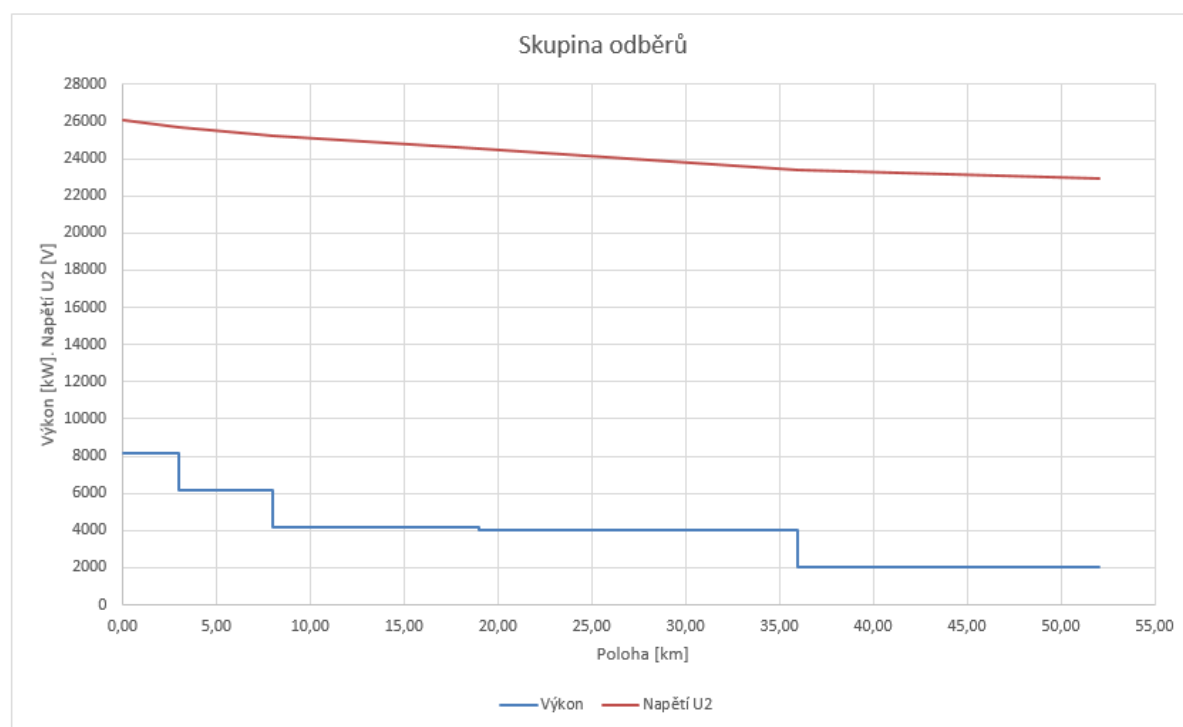
3.1. Kontrola úbytků napětí

V úseku Lískovec – Valašské Meziříčí je v uvedeném grafikonu maximálně 5 vlaků. Jejich nejnejpříznivější rozložení je při rozjezdu linky R2 z Valašského Meziříčí do stoupání směrem na Frenštát (cca v 13:52). V tomto rozložení jsou 4 z 5 vlaků ve stoupání nebo se rozjíždí. Jeden vlak je v klesání. Ve výpočtech bylo uvažováno u těchto 4 vlaků s maximálním výkonem 2 MW, i když reálně bude výkon s ohledem na nižší rychlosti menší (do stoupání od Valaš. Meziříčí postačuje 1,5MW). Rekuperace pro výpočet úbytků napětí nebyla uvažována.



Výpočet při uvažovaném napájení pouze z TNS Lískovec:

N-odběr		TNS	R2	S5	R2	R2	R2	R2
Výkon	P	kW	2000	2000	150	2000	2000	2000
Celkový výkon	P _{celk}	kW	8150	8150	6150	6150	4150	4150
Střední napětí	U _{stř}	V	23000	23000	23000	23000	23000	23000
Proud	I	A	86,96	86,96	6,52	86,96	86,96	86,96
Celkový proud	I _{celk}	A	354,35	354,35	267,39	180,43	173,91	86,96
Poloha	-	km	0,00	3,00	3,00	8,00	8,00	19,00
Rozestup	L	km	3,00	5,00	11,00	17,00	16,00	16,00
Rezistance	R	Ω	0,34	0,75	1,25	2,75	4,25	4,00
Reaktance	X	Ω	6,26	1,20	2,00	4,40	6,80	6,40
Impedance	Z	Ω	6,27	1,42	2,36	5,19	8,02	7,55
Účinník PTZ	cos φ _{PTZ}	rad	0,05	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Úhel PTZ	φ _{PTZ}	°	86,86	57,99	57,99	57,99	57,99	57,99
Účinník vozidla	cos φ _{voz}	rad	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Úhel vozidla	φ _{voz}	°	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19
Napětí na začátku	U ₁	V	27000	26112	25725	25237	24511	23423
Úbytek napětí	ΔU	V	2223	501	631	936	1395	656
Výsledný účinník	φ	°	69	40	40	40	40	40
Napětí na konci	U ₂	V	26112	25725	25237	25237	24511	23423

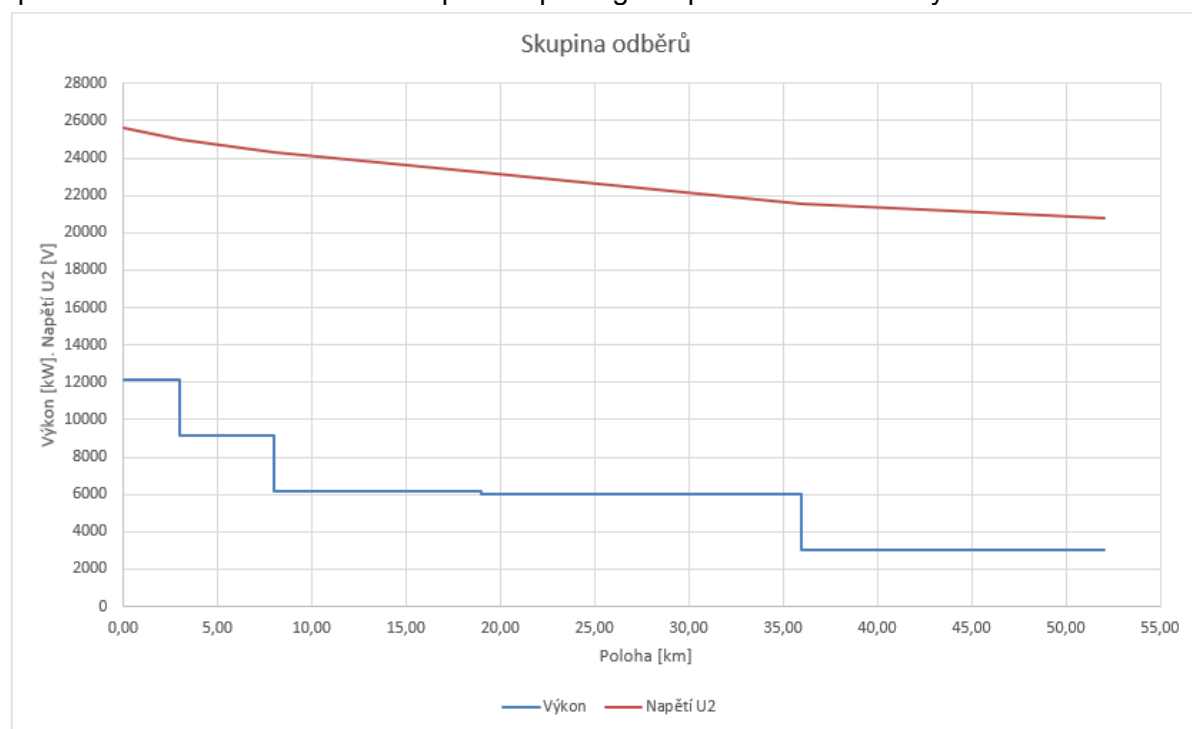


Výsledné napětí na nejvzdálenějším sběrači je 22,9 kV. Tento stav vyhovuje a úbytky napětí tak nejsou omezující při takto dlouhém jednostranném napájení.

Za jistých okolností mohou být na tuto trať nasazeny místo elektrických souprav také klasické lokomotivy s vagony. V tomto případě se předpokládá maximální výkon jedné lokomotivy 3MW a výpočet úbytků napětí pro tento případ je vidět níže.

N-odběr		TNS	R2	S5	R2	R2	R2	R2	R2
Výkon	P	kW	3000	3000	150	3000	3000	3000	3000
Celkový výkon	P _{celk}	kW	12150	12150	9150	9150	6150	6150	6000
Střední napětí	U _{stř}	V	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
Proud	I	A	130,43	130,43	6,52	130,43	130,43	130,43	130,43
Celkový proud	I _{celk}	A	528,26	528,26	397,83	267,39	260,87	130,43	130,43
Poloha	-	km	0,00	3,00	3,00	8,00	8,00	19,00	19,00
Rozestup	L	km	3,00	5,00	11,00	17,00	16,00	16,00	16,00
Rezistance	R	Ω	0,34	0,75	1,25	2,75	4,25	4,00	4,00
Reaktance	X	Ω	6,26	1,20	2,00	4,40	6,80	6,40	6,40
Impedance	Z	Ω	6,27	1,42	2,36	5,19	8,02	7,55	7,55
Účinník PTZ	cos φ _{PTZ}	rad	0,05	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Úhel PTZ	φ _{PTZ}	°	86,86	57,99	57,99	57,99	57,99	57,99	57,99
Účinník vozidla	cos φ _{voz}	rad	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Úhel vozidla	φ _{voz}	°	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19
Napětí na začátku	U ₁	V	27000	25618	25039	24311	23229	21583	21583
Úbytek napětí	ΔU	V	3313	748	938	1387	2092	984	984
Výsledný účinník	φ	°	69	40	40	40	40	40	40
Napětí na konci	U ₂	V	25618	25039	25039	24311	23229	23229	21583

I při této mimořádné konstelaci napětí na pantografu posledního vlaku vyhoví.



3.2. Kontrola proudové zatížitelnosti

I kdyby se naráz rozjelo všech pět vlaků v úseku, tak by vyvolaly maximální proud $5 \times 87\text{A} = 435\text{A}$. Maximální proudové zatížení sestavy 100Cu + 50Bz je 760A. Navržená sestava trakčního vedení tak vyhoví i s ohledem na maximální proudové zatížení.

3.3. Kontrola zkratových proudů

Minimální zkratový proud vznikne v případě poruchy v místě styku soustav před žst. Valašské Meziříčí. Zkrat ve vzdálenosti 54km vychází:

$$I_{z, \min.} = 747A$$

V tomto případě by se mohla nadproudová ochrana nastavit maximálně na 575A a předpokládaný maximální provozní proud by měl být nejvýše 479A. Tato hodnota je už blízko předpokládanému maximálnímu proudu v napájecí vypočtenému výše. Z tohoto důvodu se využijí dvě navržené spínací stanice k rozdělení napájeného úseku z hlediska selektivity ochran na tři úseky:

- Lískovec – Frýdek-Místek
- Frýdek-Místek – Frýdlant n. O.
- Frýdlant n. O. – Valašské Meziříčí

Nastavení ochran v jednotlivých úsecích by potom bylo:

Lískovec – Frýdek-Místek

Tento úsek bude chráněn nadproudovou ochranou v TNS Lískovec pro případ zkratu u SpS Frýdek-Místek (4km od TNS), který vychází 2518A. Maximální uvažovaný proud se předpokládá 435A. Prostor pro nastavení ochran je tak více než dostatečný.

Frýdek-Místek – Frýdlant n. O.

Tento úsek bude chráněn nadproudovou ochranou v SpS Frýdek-Místek pro případ zkratu u SpS Frýdlant n. O. (14km od TNS), který vychází 1730A. Prostor pro nastavení ochran je tak více než dostatečný.

Frýdlant n. O. – Valašské Meziříčí

Tento úsek bude chráněn nadproudovou ochranou v SpS Frýdlant n. O. pro případ zkratu v místě styku soustav u Valašského Meziříčí (54km od TNS), který vychází 747A. V tomto úseku jsou dle grafikonu maximálně tři vlaky. Maximální uvažovaný proud se tedy předpokládá $3 \times 87A = 261A$. Prostor pro nastavení ochran je tak dostatečný.

Řešená oblast vyhovuje i po kontrole zkratových poměrů. Pro spolehlivé napájení je ale potřeba, aby spínací stanice ve Frýdlantu n. O. měla tři vypínače.

3.4. Výkon napájecí stanice

Rozhodujícím parametrem pro návrh napájecí stanice je předpokládaný rezervovaný příkon. Výpočet zatížení napájecí stanice vychází ze zadaného grafikonu a bylo při něm uvažováno s celou oblastí napájenou střídavou proudovou soustavou AC 25kV 50Hz. Zde už vstoupila do výpočtu také nákladní doprava.

Pro prověření několika stavů zatížení, vychází předpokládaný rezervovaný příkon 6-7MW. Maximální výkon TNS se potom předpokládá 13MW.

Z důvodu univerzálnosti a dostupnosti náhradních dílů se navrhuje dva standardní trakční transformátory o jmenovitém výkonu 12,5MW. Jeden transformátor bude vždy sloužit jako záloha. Tyto transformátory vyhoví předpokládanému zatížení.

3.5. Rekuperace

Trakční vedení stejně jako napájecí stanice bude umožňovat rekuperaci mezi vozidly v rámci oblasti napájené střídavou soustavou AC 25kV 50Hz. V dalším stupni bude nicméně

potřeba projednat s distributorem elektrické energie možnosti dodávky energie zpět do distribuční soustavy.

4. Závěr

Ačkoliv se jedná o dlouhý úsek, tak vzhledem k charakteru dopravy (prakticky bez nákladní dopravy a těžkých rychlíků, pouze lehké osobní elektrické jednotky) **systém napájení vyhoví i s jednou napájecí stanicí TNS Lískovec**, která je schopna napájet úsek dlouhý až do Valašského Meziříčí.

Napájecí stanice musí být navržena tak, aby plánované údržby TNS neomezili provoz. Takto navržený systém je levnější, ale nevýhodou je to, že jakákoliv porucha trakčního vedení vyřadí provoz od místa poruchy až do Valašského Meziříčí, protože není zajištěno napájení z druhé strany. Předpokládá se, ale že tento stav bude pouze dočasný, než se na střídavé napájení přepne také žst. Valašské Meziříčí.

Vypracoval:

Jiří Podhradský