



EURÓPSKA ÚNIA

Kohézny fond
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



MINISTERSTVO

DOPRAVY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

E

SO 301

SÚRADNICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK v realizácii JTSK

VÝŠKOVÝ SYSTÉM: Bpv

NÁZOV STAVBY

Trolejbusové trate v Bratislave, Nová trolejbusová trať Patrónka - Riviéra

STAVEBNÍK



Hlavné mesto Slovenskej republiky Bratislava
Primaciálne námestie č.1, 814 99 Bratislava

OBJEDNÁVATEĽ DOKUMENTÁCIE



DOPRAVNÝ PODNIK
BRATISLAVA

Dopravný podnik Bratislava, a.s.
Olejkárska č.1, 814 52 Bratislava

PROJEKTANT



DOPRAVOPROJEKT, a.s.

Komínarska 141/2,4
832 03 Bratislava – mestská časť Nové Mesto

HLAVNÝ INŽINIER PROJEKTU

Ing. Marta KODAJOVÁ

PODPIS

ČÍSLO ZÁKAZKY

7859-00

PROJEKTANT OBJEKTU



PRIVEL spol. s r.o., Palkovičova 4, 040 01 Košice

ZODPOVEDNÝ PROJEKTANT

Ing. Peter JACKO

PODPIS

VYPRACOVAL

Ing. Tomáš VASIL

PODPIS

KONTROLOVAL

Ing. Peter JACKO

PODPIS

IDENTIFIKAČNÉ ČÍSLO PRÍLOHY

TTPRB-DRS-C-E000-30100-911-X

KRAJ: BRATISLAVSKÝ

OKRES: Bratislava I, MČ – Staré Mesto
Bratislava IV, MČ – Karlova Ves

KATASTRÁLNE ÚZEMIE: Karlova Ves, Staré Mesto

DÁTUM

12. 2024

FORMÁT

NÁZOV ČASTI

MENIAREŇ KARLOVA VES

MIERKA

STUPEŇ PD

DRS

Č. ZÁKAZKY

2549/22

Technológia meniarne DC – výmena rozvádzačov – RNK, RSK –
ENERGETICKÝ PREPOČET

Č. SÚPRAVY

Č. PRÍLOHY

911

ENERGETICKÝ PREPOČET
ZHODNOTENIE ENRGETICKEJ DOSTATOČNOSTI
MENIAREŇ KARLOVA VES

OBSAH:

1. VYMEDZENIE ROZSAHU
2. VÝCHODZIE PODKLADY
 - 2.1. Údaje o trati
 - 2.2. Údaje o použitých vozidlách
 - 2.3. Údaje o doprave
 - 2.4. Údaje o meniarni
 - 2.5. Údaje o napájacej sieti
 - 2.6. Použitá literatúra
3. VÝPOČTOVÁ ČASŤ
 - 3.1. Pomocné vzťahy
 - 3.2. Výpočet efektívnych, stredných a maximálnych prúdov
 - 3.3. Výpočet úbytkov napätí
 - 3.4. Výpočet minimálnych skratových prúdov
4. VYHODNOTENIE

1.VYMEDZENIE ROZSAHU

Energetický výpočet je vypracovaný pre navrhovanú trolejbusovú trať Patrónka – Riviéra, ktorá bude napájaná z existujúcej meniarne Karlova Ves v zmysle platných ustanovení STN a smerníc pre energetický výpočet t.j. navrhované napájané úseky sú bilancované z hľadiska prúdových pomerov, dovolených úbytkov napätia a skratových prúdov.

2. VÝCHODZIE PODKLADY

2.1 Údaje o trati

Úsek	Názov	Dĺžka úseku (m)
N10	Botanická	1217
N11	Mlynská dolina (ZOO)	998
N12	Úsek trate od Mlynskej doliny (ZOO) – po ul. Valašskú	1114

Na riešených úsekoch dôjde k zahusteniu dopravy.

Parametre		
Prierez napájacích káblov	500	mm ²
Prierez spätných káblov	500	mm ²
Merný odpor Al	0,0588	Ohm/km
Merný odpor Cu 100	0,0179	Ohm/km
Menovité napätie siete U	660	V

2.2 Údaje o použitých vozidlách

Predpokladaný typ vozidla s ktorým uvažujeme pri výpočte: Škoda 31 Tr SOR (údaj DPB, a.s.):

TROLEJBUS TYPU: Škoda 31TR SOR

- hmotnosť prázdneho vozidla	17,4	[t]
- hmotnosť max. obsadeného vozidla	27,23	[t]
- dĺžka karosérie	18,75	[m]
- maximálny rozjazdový prúd	450	[A]
- počet trakčných motorov	1	[ks]
- výkon trakčných motorov	250	[kW]
- menovité napätie trakčnej sústavy	600	[V]
- dovoľená odchýlka napätia	+120	[V]
- dovoľená odchýlka napätia	-198	[V]
- regulácia pohonu	IGBT tranzistory	

2.3 Údaje o doprave

Predpokladaný interval spojov po zahájení prevádzky v dopravnej špičke:

Úsek	Dĺžka úseku (m)	Cestovná rýchlosť v_c (km/h)	Interval t (s)	Počet spojov za hodinu sp (spoj/h)
N10	1217	50	600	12
N11	998	50	600	12
N12	1114	50	600	12

t_1 – pôvodný interval

t_2 – nový predpokladaný interval

2.4 Údaje o meniarni Karlová Ves

Meniareň pozostáva z troch trakčných transformátorov o výkone 3x 1600kVA a troch usmerňovacích skupín. Menovité napätie meniarne je 660V a napätie naprázdno je 720V

2.5 Údaje o napájacej sieti

Menovité napätie: $U_n=600V$

2.6 Použitá literatúra

- [1] Metodický pokyn k STN 37 67 54 – smernica pre energetický prepočet, Č.J. SD/13 – 2846/81
- [2] STN 34 15 00 – Základné predpisy pre elektrické trakčné zariadenia
- [3] STN 34 15 30 – Predpisy pre elektrické trakčné napájacie a spínacie stanice
- [4] STN 37 67 50 – Trakčné meniarne pre električkové a trolejbusové dráhy
- [5] STN 37 67 54 – Projektovanie trakčného vedenia električkových a trolejbusových dráh
- [6] STN 33 35 16 – Predpisy pre trakčné vedenia električkových a trolejbusových dráh

3. VÝPOČTOVÁ ČASŤ

3.1 Všeobecné vzťahy

Merná spotreba elektrickej energie sa vypočíta zo vzťahu:

$$w = \frac{(w_o + w_z) \cdot m}{\dot{u}_r \cdot 1000} \quad [kWh \cdot vozokm] \quad (1)$$

alebo

$$w = w_o + w_z \quad \left[\frac{Wh}{t \cdot km} \right] \quad (2)$$

, kde jednotlivé výrazy znamenajú:

w_o - merná spotreba elektrickej energie pri rovnomernej jazde, vypočíta sa zo vzťahu:

$$w_o = \frac{2,72 \cdot (p_o + p_s)}{\dot{u}_{tp}} \quad \left[\frac{Wh}{t \cdot km} \right] \quad (3)$$

p_o - merný jazdný odpor vozidla, ktorý je daný tabuľkou č.4 smernice pre energetický
prepočet $\left[\frac{N}{kN} \right]$

p_s - odpor stúpania trate v ‰

\dot{u}_{tp} - účinnosť trakčného pohonu – 0,8

w_z - merná spotreba elektrickej energie pri rozjazde, vypočíta sa zo vzťahu:

$$w_z = \frac{1,072 \cdot a \cdot v_b^2}{\dot{u}_s \cdot l \cdot 10^2} \quad \left[\frac{Wh}{t \cdot km} \right] \quad (4)$$

a – súčiniteľ rotujúcich hmôt – 1,2

v_b - brzdná rýchlosť t.j. uvažujeme so 75% dosiahnutej rýchlosti medzi

stanicami $\left[\frac{km}{h} \right]$

\dot{u}_s - účinnosť spúšťacieho pochodu

l – vzdialenosť staníc alebo dopravných prekážok, vzdialenosť úplných
rozjazdov $[km]$

Počet spojov za hodinu v oboch smeroch vypočítame z dopravného intervalu:

$$s_p = \frac{2 \cdot 3600}{d} \quad \left[\frac{spoj}{h} \right] \quad (6)$$

d – dopravný interval $[s]$

Počet súprav alebo vozidiel súčasne v úseku sa určí zo vzťahu:

$$n = \frac{l \cdot s_p}{v_c} \quad (7)$$

l - dĺžka úseku $[km]$

s_p - počet spojov v oboch smeroch za hodinu $\left[\frac{spoj}{h} \right]$

v_c - cestovná rýchlosť $[km/h]$

Pre výpočet efektívneho prúdu v úseku platí vzťah:

$$I_{ef} = l \cdot s_p \cdot (c_e \cdot \frac{m}{U} \cdot w) \quad [A] \quad (8)$$

c_e - koeficient efektívneho prúdu, ktorý je udaný v tab. č.1 [5]

m - hmotnosť súpravy alebo vozidla $[t]$

w - merná spotreba el. energie podľa vzťahu (2)

v_c - cestovná rýchlosť v úseku $[km/h]$

U - menovité napätie trakčnej siete $[V]$

Pre výpočet stredného prúdu v úseku platí vzťah:

$$I_a = \frac{I_{ef}}{c_e} \quad [A] \quad (9)$$

Pre výpočet maximálneho prúdu v úseku platí vzťah:

$$I_{\max} = c_{\max} \cdot \frac{m}{U} \cdot w \cdot l \cdot s_p \quad [A] \quad (10)$$

, kde

c_{\max} - súčiniteľ maximálneho prúdu je udaný v tabuľke č.6 [1]

$$c_{\max} = \frac{6}{n \cdot c_t} + 1,8 \quad [A] \quad (10A)$$

c_t - pomerná doba jazdy pod prúdom

Merný prúd úseku sa vypočíta zo vzťahu:

$$i = \frac{I_{ef}}{l} \quad [A/m] \quad (11)$$

I_{ef} - efektívny prúd úseku $[A]$

l - dĺžka úseku $[m]$

Výpočet úbytkov napätia:

R_{nk} - odpor napájacích káblov

R_{sk} - odpor spätných káblov

R_{tr} - odpor časti úseku troleja

Horeuvedené odpory sa vypočítajú podľa vzťahov:

$$R_{nk}(R_{sk}) = \frac{r_{al} \cdot l}{S} \quad [\Omega] \quad (12)$$

r_{al} - špec. merný odpor hliníka – 29,4 $\left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{km} \right]$

l - dĺžky napájacích káblov $[km]$

S - prierez napájacích káblov $[mm^2]$ - volíme jednotný prierez káblov ($500mm^2$)

$$R_{tr} = r_{trol} \cdot l \quad [\Omega] \quad (13)$$

r_{trol} - odpor trolejového vedenia $\left[\frac{\Omega}{km} \right]$

l - dĺžky trolejového vedenia $[km]$

Celkový úbytok napätia sa vypočíta:

$$U_{max} = U_{nap} + U_{spät} \quad [V] \quad (14)$$

v zmysle STN 34 15 00, tab. č. 1, je daná prípustná najnižšia hodnota napätia trakčného vedenia:

- 400 $[V]$ - z toho vyplýva, že dovolený úbytok napätia môže byť max. 260 $[V]$

Keďže podľa STN EN 50163 trvanie napätia medzi U_{min1} (400V) a U_{min2} (400V) nesmie prekročiť dve minúty, úbytky napätia stačí počítať z efektívnych prúdov.

Pre výpočet minimálneho skratového prúdu platí vzťah:

$$I_{k \min} = \frac{0,8 \cdot U_0}{R_{\max}} \quad [A] \quad (16)$$

, kde

U_0 - napätie meniarne naprázdno – 720 [V],

R_{\max} - max. odpor skratového obvodu [Ω]

Maximálny odpor R_{\max} sa vypočíta:

$$R_{\max} = R_m + R_{nk} + R_{tv} + R_{sk} \quad [\Omega] \quad (17)$$

, kde jednotlivé odpory znamenajú:

R_m - náhradný odpor meniarne, ktorý sa určí zo vzťahu:

$$R_m = \frac{(U_0 - U_n)}{I_n} \quad [\Omega] \quad (18)$$

U_n - menovité napätie meniarne – 660 [V]

U_0 - napätie naprázdno meniarne – 720 [V]

I_n - menovitý prúd najmenej usmerňovacej skupiny [A]

R_{nk} - súčet odporov napájacích káblov [Ω]

R_{tv} - súčet odporov trolejového vedenia [Ω]

R_{zk} - súčet odporov spätných káblov [Ω]

Nadprúdové ochrany rýchlovypínačov, resp. výkonové poistky sa nastavujú v zmysle STN 37 67 50 čl. 54, tak aby platila nerovnosť:

$$1,1 \cdot I_{\max} \leq I_{nast} \leq 1,25 \cdot I_{\max} \quad (19)$$

$$I_{nast} \leq 0,8 \cdot I_{k \min} \quad (20)$$

3.2 Výpočet efektívnych, stredných a maximálnych prúdov

Napájací úsek	Efektívny prúd I_{ef} (A)	Stredný prúd I_a (A)	Maximálny prúd I_{max} (A)	Merný prúd i (A/m)	Počet napájacích káblov (ks)	Počet spätných káblov (ks)	Počet prepo- jovacích káblov (ks)
N10	54,01	43,21	1926,98	0,04	2	2	2
N11	49,94	39,95	2156,7	0,05	2	2	2
N12	45,84	36,67	1780,60	0,04	2	2	2
Suma	149,79	119,83					

Kábel 6-AYKCY 1x500/35:

659A – prúdová zaťažiteľnosť v zemi do línie

544A – prúdová zaťažiteľnosť v zemi do trojuholníka

3.3 Výpočet úbytkov napätia

- napájacie vedenie

$$\Delta U_{nap} = \Delta U_1 + \Delta U_2$$

- spätné vedenie

$$\Delta U_{spät} = \Delta U_1 + \Delta U_2$$

Celkový úbytok napätia sa vypočíta:

$$\Delta U_{max} = \Delta U_{nap} + \Delta U_{spät}$$

Výpočet úbytkov napätí:

Úsek	ΔU_{nap} (V)	$\Delta U_{spät}$ (V)	ΔU (V)
N10	1,71	0,85	2,56
N11	3,39	1,70	1,70
N12	5,85	2,93	2,93

Keďže podľa STN EN 50163 trvanie napätia medzi U_{min1} (400V) a U_{min2} (400V) nesmie prekročiť dve minúty, úbytky napätia stačí počítať z efektívnych prúdov.

3.4 Výpočet minimálnych skratových prúdov

Napájací úsek	Maximálny prúd I_{\max} (A)	$1,1 \cdot I_{\max}$ (A)	$1,25 \cdot I_{\max}$ (A)	$I_{k\min}$ (A)	$0,8 \cdot I_{k\min}$ (A)
N10	1926,98	2119,68	2408,73	6022,78	4818,23
N11	2156,7	2372,37	2695,88	4587,95	3670,36
N12	1780,60	1958,65	2225,65	3047,16	2437,73

Menovitý prúd najmenšej usmerňovacej skupiny: $I_n=2250A$

Náhradný odpor meniarne: $R_m=0,02667\Omega$

Keďže platí podmienka (19) a (20), tak naprúdové ochrany rýchlovypínačov v zmysle STN 37 67 50 čl. 54 sa nastavujú tak aby platilo:

$$1,1 \cdot I_{\max} \leq I_{nast} \leq 1,25 \cdot I_{\max}$$

$$I_{nast} \leq 0,8 \cdot I_{k\min}$$

Tieto podmienky sú splnené v každom napájacom úseku.

4. VYHODNOTENIE

Na základe energetického výpočtu, t.j. výpočtu efektívnych, stredných a maximálnych prúdov v úseku a následne úbytkov napätí vyplývajú nasledujúce počty napájacích a spätných káblov (viď výsledná tabuľka). Meniaren „Karlova Ves“ pozostávajúca z troch trakčných transformátoroch o výkone 3x 1600kVA a troch usmerňovacích skupín s menovitým prúdom $I_n = 2250A$ je vyhovujúca. V prípade akýchkoľvek zmien východných podkladov, t.j. zmien frekvencie dopravy, modernizácie vozového parku, využívania iných typov trolejbusov bude potrebné vykonať energetický prepočet.

Výsledná tabuľka:

Úsek	Názov	Dĺžka úseku (m)	Efektívny prúd I_{ef} (A)	ΔU (V)	Počet napájacích káblov (ks)	Počet spätných káblov (ks)
N10	Botanická	1217	54,01	2,56	2	2
N11	Mlynská dolina (ZOO)	998	49,94	1,70	2	2
N12	Úsek trate od Mlynskej doliny (ZOO) – po ul. Valašskú	1114	45,84	2,93	2	2

LEGENDA:

- Projektované trolejové vedenie trolejbusov 2x Cu100
- Projektované napájacie vedenie mínusovej a plusovej polarity z meniarne Karlová Ves
- Napájací bod trolejového vedenia (+pól) - súčasť trolejového vedenia
- Napájací bod trolejového vedenia (-pól) - súčasť trolejového vedenia
- Úsekový delič - súčasť trolejového vedenia

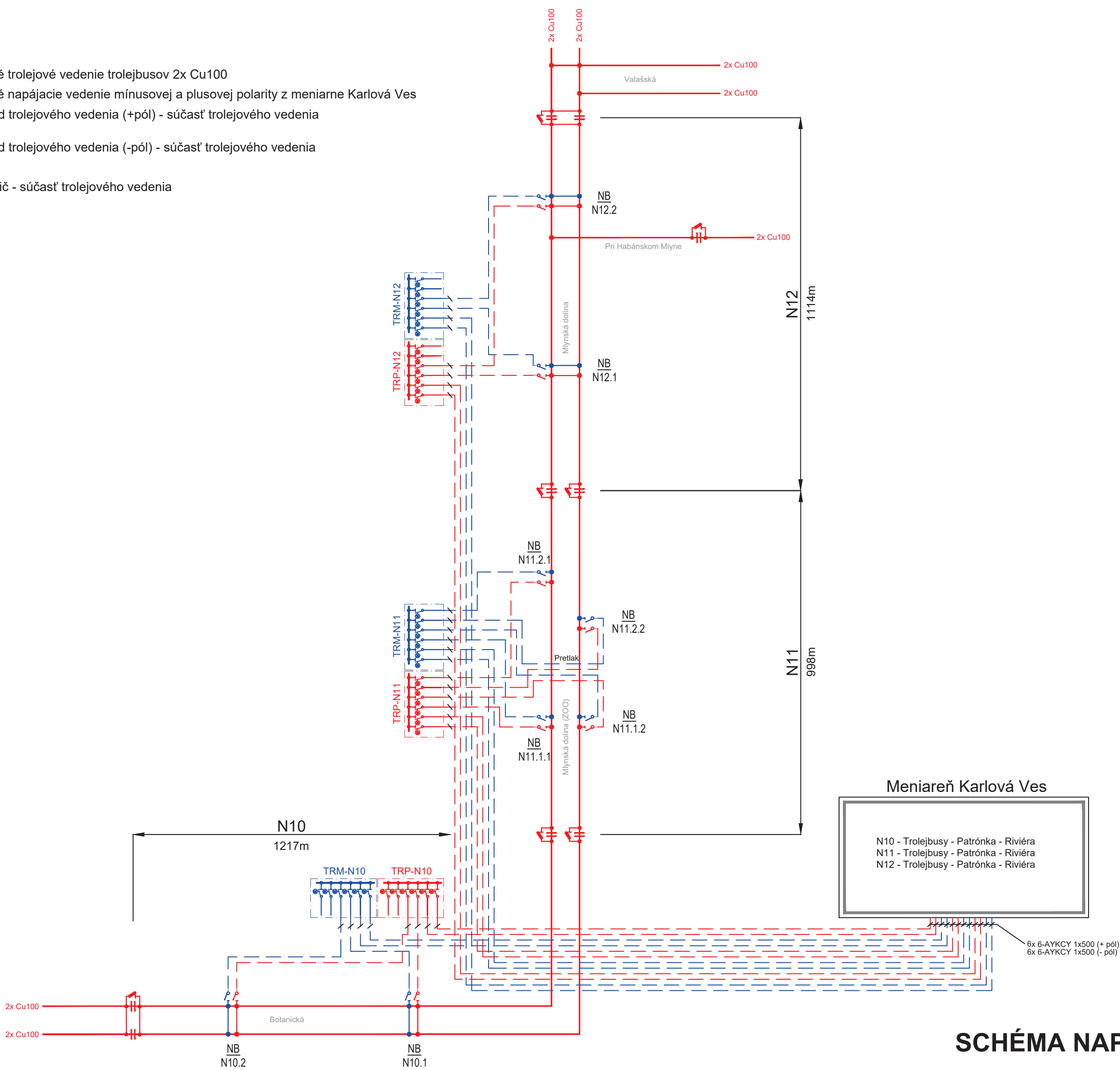


SCHÉMA NAPÁJANIA