



Energetické výpočty – technická zpráva

Rudoltice v Čechách – Lanškroun

40446/2024-SŽ-GŘ-06

Datum vydání: 24.6.2024

Obsah

Seznam zkratk	3
1 Úvod	4
2 Podklady	4
2.1 Použité normy a předpisy	4
2.2 Model infrastruktury, jízdní řád a použitá hnací vozidla elektrické trakce	5
3 Vstupní data	5
3.1 Parametry DC sítě	5
3.2 Parametry trakčních napájecích stanic	5
3.3 Parametry trakčního vedení	6
3.3.1 Parametry trakčního vedení	6
3.4 Parametry hnacích vozidel	6
3.5 Sledované časové období	7
4 Metoda výpočtu	7
5 Výsledky simulace	8
5.1 Minimální napětí TV	8
5.2 Výkonové zatížení trakčního usměrňovače	9
5.3 Proudové zatížení trakčního usměrňovače	9
5.4 Napájení přípojníc usměrňovače	10
5.5 Energetický přehled	11
6 Závěr	12
Seznam příloh	13

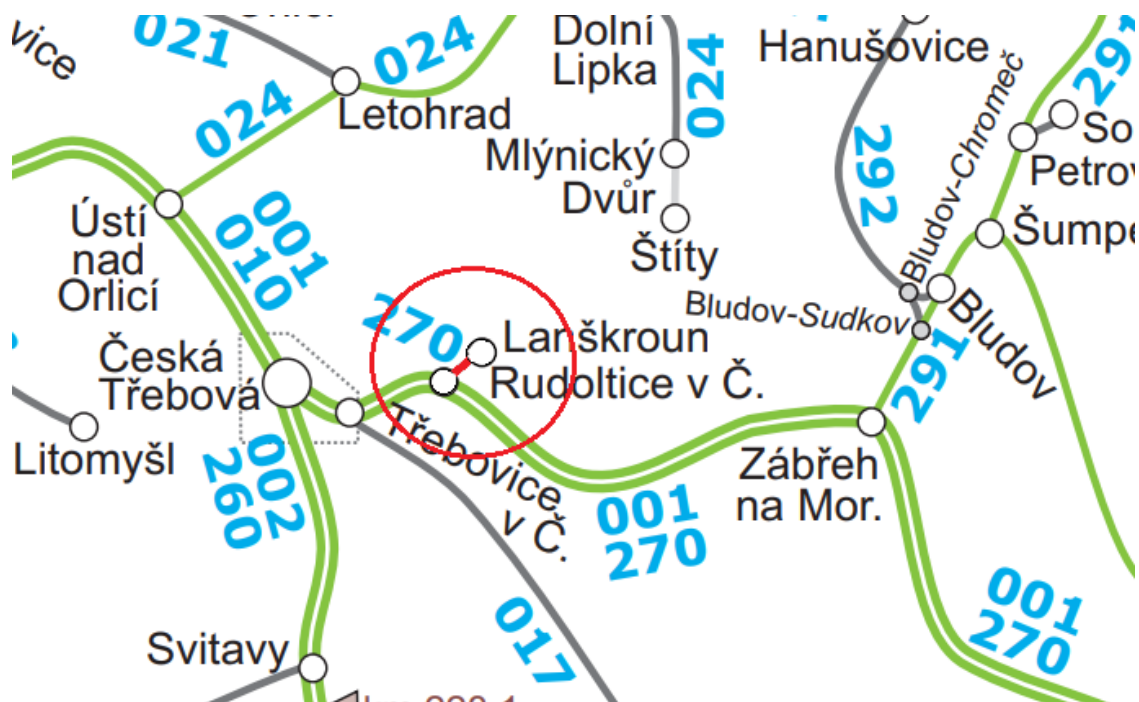
Seznam zkratek

TNS	Trakční napájecí stanice
TM	Trakční měnírna
EV	Energetické výpočty
TV	Trakční vedení
PSC	Výpočet napájení
ATM	Pokročilý model vlaku
JŘ	Jízdní řád
TZZ	Traťové zabezpečovací zařízení
SSZ	Staniční zabezpečovací zařízení
AH	Automatické hradlo
HV	Hnací vozidla
OT	OpenTrack
OPN	OpenPowerNet

1 Úvod

Tyto energetické výpočty řeší dimenzování trakčního vedení v úseku Rudoltice v Čechách – Lanškroun pro investiční akci s názvem „Prostá elektrizace vč. ETCS Rudoltice v Čechách – Lanškroun“. V modelu je zahrnuta pouze výše zmíněná oblast. Navrhovaný napájecí systém navazuje na napájecí systém trati Česká Třebová – Olomouc hl.n. a má napětí 3kV DC po celé délce sledovaného úseku s přípravou na přepnutí napájecím systémem 25kV 50 Hz. **Návrh napájení je založen na výhledovém stavu dopravy a dopravní infrastruktury.** Jako zdroj napájení je uvažována stávající TNS Rudoltice v Čechách 3 kV, která je již vybudována. Energetické výpočty (dále jen EV) byly provedeny pomocí simulace v programech OpenTrack (dále jen OT) a OpenPowerNet (dále jen OPN).

Obrázek 1: Schéma řešeného úseku



2 Podklady

2.1 Použité normy a předpisy

- ČSN 34 1500 ed.2
- ČSN 34 1530 ed.2
- ČSN EN 50 119 ed.2
- ČSN EN 50 122-1 ed.3
- ČSN EN 50 122-2 ed.3
- ČSN EN 50 163 ed.2
- ČSN EN 50 388 ed.2
- Nařízení komise (EU) č. 1301/2014
- Předpis SŽDC (ČSD) SR34 s úpravou dle dopisu zn.: 21480/2017-SŽDC-014
- TSI ENE v posledním vydání roku 2023

2.2 Model infrastruktury, jízdní řád a použitá hnací vozidla elektrické trakce

- **Železniční svršek a spodek**

Niveleta koleje a GPK byla převzata z investiční akce „Prostá elektrizace vč. ETCS Rudoltice v Čechách – Lanškroun“. V simulačním modelu jsou použity kolejnice typu R 65 (současný stav). V celém úseku bude zřízena bezстыková kolej.

- **Jízdní řád**

Do modelu JŘ bylo vloženo 18 osobních vlaků v elektrické trakci. Nákladní doprava je vedena v nezávislé trakci, tudíž nevstupuje do EV.

- **Zabezpečovací zařízení**

Zabezpečovací zařízení bylo převzato z investiční akce „Prostá elektrizace vč. ETCS Rudoltice v Čechách – Lanškroun“. SSZ v Rudolticích v Čechách a v Lanškrouně je 3. kategorie, typu elektronické stavědlo. TTZ je 3. kategorie, typu integrované AH do SZZ.

- **Hnací vozidla**

V simulaci se uvažuje s typizovanými elektrickými jednotkami. U vlaků kategorie Os se uvažuje s elektrickou soupravou 650 RegioPanter, s regulací výkonu nebylo v EV uvažováno. Nákladní lokomotivy jsou nezávislé trakce, proto do EV nevstupují.

- **Napájecí stanice**

TM Rudoltice v Čechách v km 13,930. Je napájena z distribuční sítě 110kV. Jmenovitý trvalý výkon činí 12 500 kVA. Napětí z usměrňovače 3 300 V. Byla uvedena do provozu roku 1971, v roce 2003 byla rekonstruována.

- **Trakční vedení**

Sestava TV, včetně základního propojení, je převzata z investiční akce „Prostá elektrizace vč. ETCS Rudoltice v Čechách – Lanškroun“ a odpovídá typové sestavě TV (150 Cu – trolej + 120 Cu – nosné lano).

3 Vstupní data

Simulace byla kompletně provedena v programech OT a OPN, které spolu vzájemně spolupracují. Energetický model byl vytvořen v programu OPN, který zahrnuje model napájecích stanic, trakčního vedení, parametry elektrických lokomotiv a jednotek. Pro výpočty využívá OPN program OT, do kterého je zadána cílová dopravní infrastruktura po rekonstrukci (GPK, výhybek, polohy nástupišť, SZZ, TZZ atd.). V programu OT byly také zpracovány referenční soupravy typových vlaků, včetně lokomotiv a souprav, výhledový JŘ a oběhy souprav.

3.1 Parametry DC sítě

- Napětí 3 kV
- Nosné lano 120 Cu
- Trolej 150 Cu

3.2 Parametry trakčních napájecích stanic

- | | |
|--------------------------|--|
| • TM Rudoltice v Čechách | v km 13,930 (trati Česká Třebová – Přerov) |
| • Napětí nakrátko | 8,4-7,7/7,4 % |
| • Ztráty nakrátko | 34 034 W |
| • Ztráty naprázdno | 3 658 W |
| • Jmenovitý výkon | 5300/2650/2650 kVA |
| • Primární napětí | 23 000 V |
| • Sekundární napětí | 2 500 V |
| • Napětí z usměrňovače | 3 300 V |
| • Rekuperace | Ne |

- Příkony [15min] před projektem (MAX/MIN/AVG) - 6 450 kW/4 500 kW/5 231 kW
- Průměrná denní spotřeba před projektem: 36 MWh

3.3 Parametry trakčního vedení

Všechny vodiče včetně kolejnic a země jsou v modelu definovány svými fyzikálními, elektrickými a geometrickými vlastnostmi včetně kilometrických poloh.

3.3.1 Parametry trakčního vedení

Pro simulaci v programu OPN výhledového provozu elektrické trakce byly použity implicitně nastavené hodnoty:

Vodiče

Nosné lano 120Cu

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| • Geometrická poloha [x; y] | [0; 6,6] |
| • Činný odpor při 20 °C | 0,150 Ω/km |
| • Teplotní součinitel | 0,004 °C ⁻¹ |
| • Uvažovaná teplota vodiče | 80 °C |

Trolej 150Cu

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| • Geometrická poloha [x; y] | [0; 5,6] |
| • Činný odpor při 20 °C | 0,120 Ω/km |
| • Teplotní součinitel | 0,00393 °C ⁻¹ |
| • Uvažovaná teplota vodiče | 80 °C |

Pravá kolejnice R 65

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| • Geometrická poloha [x; y] | [1; 0] |
| • Činný odpor při 20 °C | 0,0203 Ω/km |
| • Teplotní součinitel | 0,0047 °C ⁻¹ |
| • Uvažovaná teplota vodiče | 60 °C |

Levá kolejnice R 65

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| • Geometrická poloha [x; y] | [-0,750; 0] |
| • Činný odpor při 20 °C | 0,0203 Ω/km |
| • Teplotní součinitel | 0,0047 °C ⁻¹ |
| • Uvažovaná teplota vodiče | 60 °C |

Osová vzdálenost dvou kolejí 5 m

Země

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| • Geometrická poloha [x; y] | |
| • Činný odpor při 20 °C | 0,001 Ω/km |
| • Teplotní součinitel | 0 °C ⁻¹ |
| • Uvažovaná teplota | 20 °C |

Propojky

- | | |
|--|-----------|
| • Vzdálenost mezikolejnicových propojení jedné stopy | 1 km |
| • Propojení troleje a nosného lana | 1000 S/km |
| • Propojení kolejnice a země | 0,4 S/k |

3.4 Parametry hnacích vozidel

RegioPanter 650

- | | |
|---------------------------|----------|
| • Jízdní odpor | R |
| • Délka přes nárazníky | 26450 mm |
| • Hmotnost prázdného vozu | 54 t |
| • Hmotnost plného vozu | 62 t |
| • Maximální rychlost | 160 km/h |

Níže jsou uvedeny elektrické vlastnosti hnacích vozidel, které jsou zadány do programu OPN.

RegioPanter 650

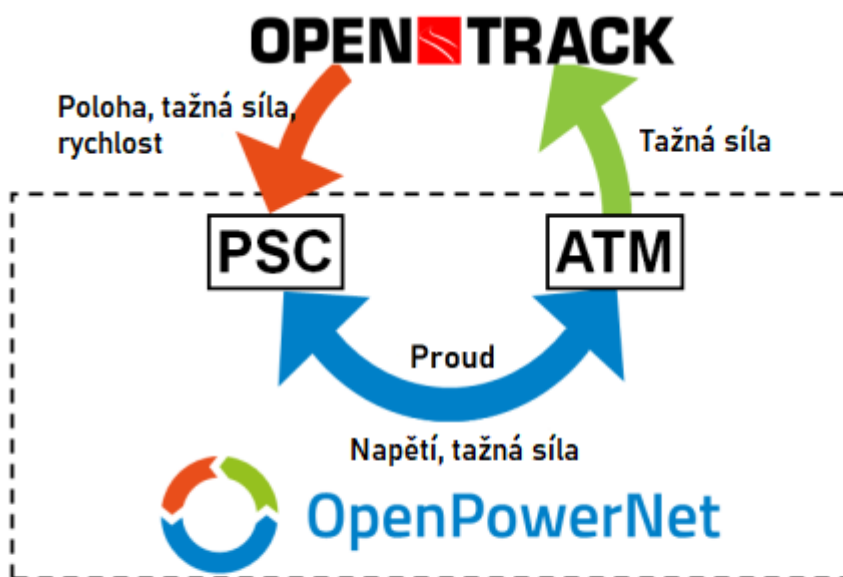
- | | |
|-----------------------------------|---------|
| • Maximální výkon | 1,36 MW |
| • Maximální tažná síla | 196 kN |
| • Maximální napětí při rekuperaci | 3,6 kV |
| • Skutečný účinník | 0,98 |
| • Regulace výkonu dle TSI ENE | ne |

3.5 Sledované časové období

- Simulace provozu elektrické trakce v programu OPN probíhala v čase od 00:00:00 do 09:37:52

4 Metoda výpočtu

Obrázek 2: Přehled spolu-simulace mezi OT a OPN



Simulace železničního dopravního provozu v programu OT je realizována pomocí výpočtu s konstantním časovým krokem.

OT a OPN spolupracují v rámci tak zvané spolu-simulace. To znamená, že oba programy spolu během simulace komunikují a vzájemně spolu intereagují. Každý program, respektive modul, má jasně vymezenou úlohu. OT simuluje řízení provozu, dopravní infrastrukturu (vyjma elektrické) a jízdní dynamiku. Modul OPN PSC simuluje energetickou dopravní infrastrukturu a napětí elektrické sítě s ohledem na aktuální odběr proudu v reálném čase a v dané poloze vozidla na dopravní infrastrukturu. Modul simulace pohonné jednotky OPN ATM simuluje požadovaný proud a dosaženou sílu v závislosti na dostupném napětí sítě v poloze na trati.

Sekvence simulace začíná v OT. Nejprve se odešle požadavek na spuštění do ostatních modulů a zorganizují se některé úvodní úlohy. Vytvoří se matice představující elektrickou síť a vypočítá se napětí sítě bez zatížení. Po inicializaci se z OT odešle do modulu PSC v časovém kroku 0 první

požadovaná tažná nebo brzdná síla. Napětí trolejového vedení v úseku odpovídající poloze na trati, vypočítané v počáteční fázi, se odešle do modulu ATM, kde se vypočítá dosažená síla a odešle zpět do OT. Pokud je více úseků, výpočet sil dalších úseků probíhá paralelně v čase na stejném principu.

Následuje sekvence pro časový krok 1. První požadavek na sílu v časovém kroku 1 spustí výpočet sítě se všemi známými úseky z časového kroku 0. Dále se napětí trolejového vedení v poloze na trati předá do modulu ATM, vypočítá a odešle se do OT dosažená síla. Všechny ostatní úseky následují stejný postup jako úsek 1, ale nebude probíhat žádný výpočet sítě.

Obecně lze konstatovat, že se na začátku každého časového kroku vypočítá napětí elektrické sítě se známými polohami úseků a požadovanými silami z předchozího časového kroku. Probíhá iterace mezi moduly ATM a PSC. Modul ATM vypočítá proud podle napětí sítě simulovaného modulem PSC a PSC vypočítá napětí sítě s ohledem na proudy odebíraných úseků. Každý úsek je v elektrické síti považován za zdroj proudu.

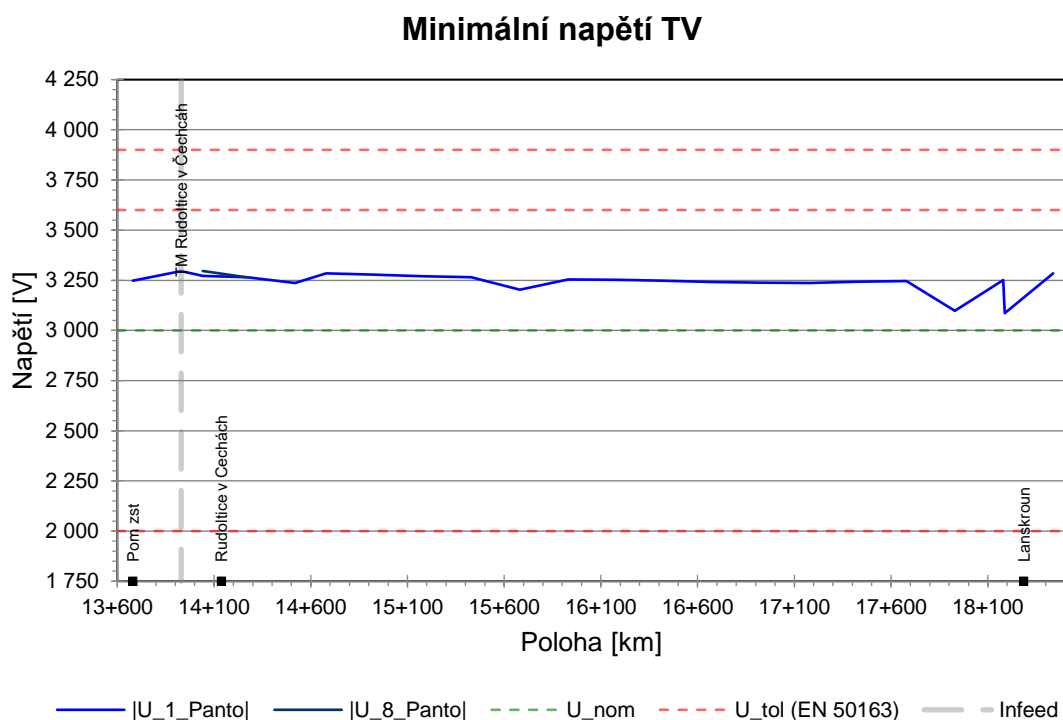
5 Výsledky simulace

Při výpočtu byla pro stejnosměrnou napájecí soustavu 3kV uvažována trakční sestava 150Cu + 120Cu. Kompletní napájení trati Rudoltice v Čechách – Lanškroun zajišťuje stávající TNS Rudoltice v Čechách. Byla provedena série několika simulací a výsledky prokázaly schopnost navrženého trakčního vedení přenést potřebný výkon v rámci celé řešené oblasti.

5.1 Minimální napětí TV

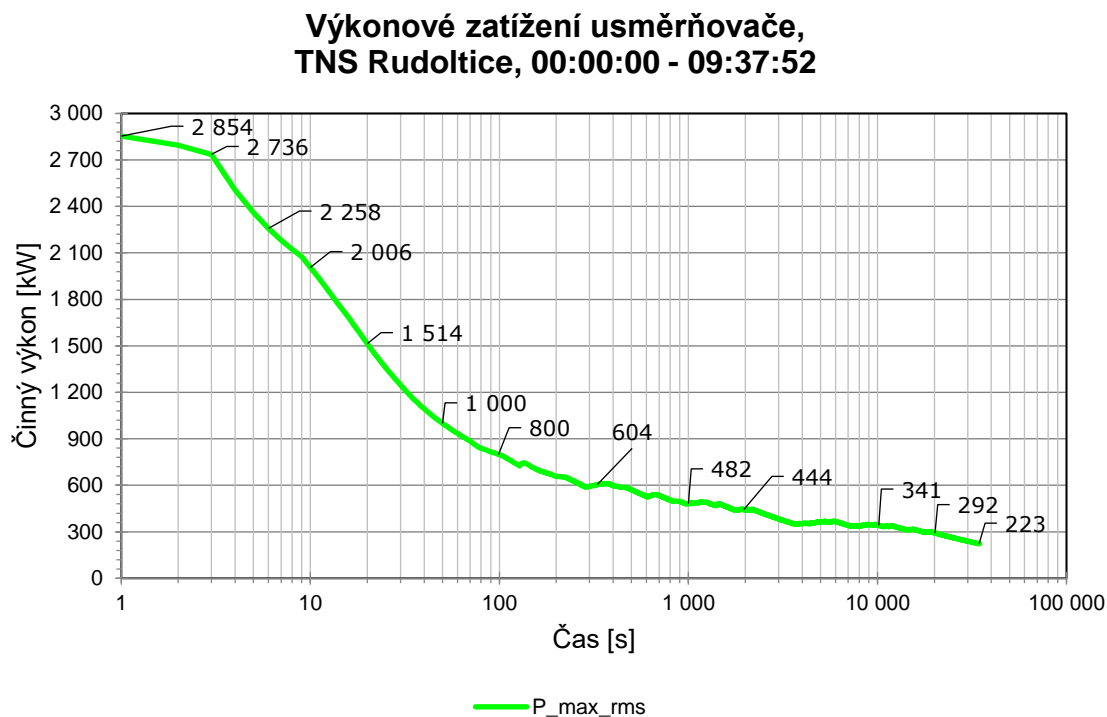
Minimální napětí této konfigurace trakční sestavy nekleslo pod 2kV. **Vyhoví požadavkům TSI ENE** z roku 2014, včetně pozdějšího doplnění z roku 2023.

Graf 1: Minimální napětí TV



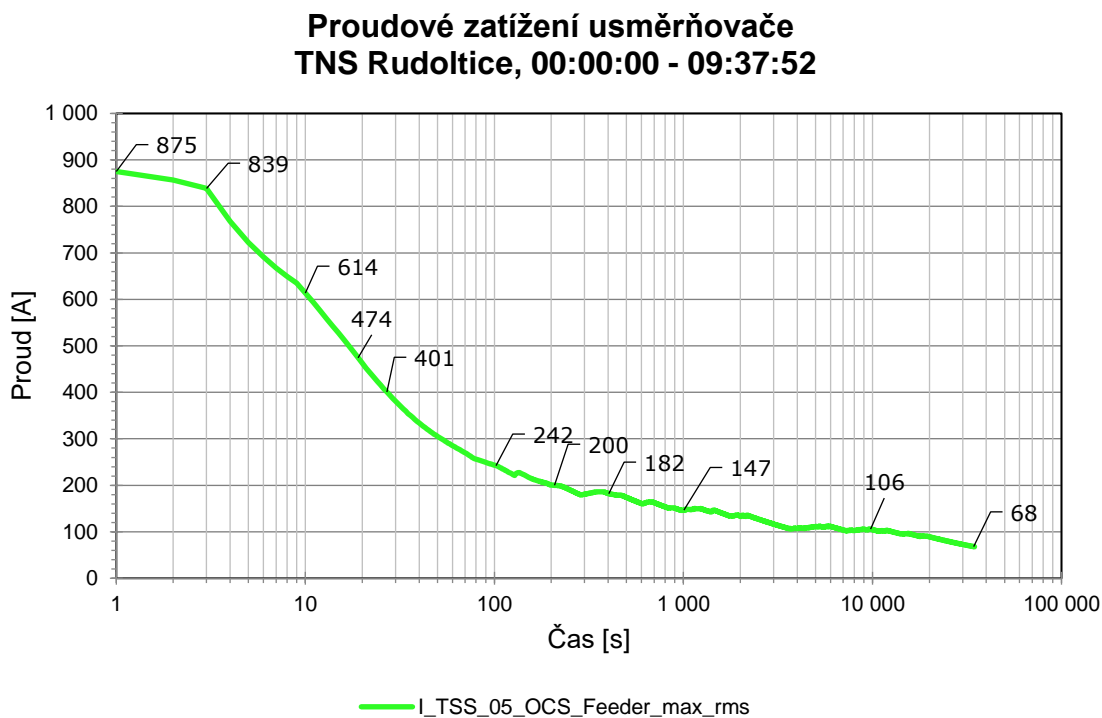
5.2 Výkonové zatížení trakčního usměrňovače

Graf 2: Výkonové zatížení usměrňovače – TNS Rudoltice v čase 00:00:00 – 09:37:52



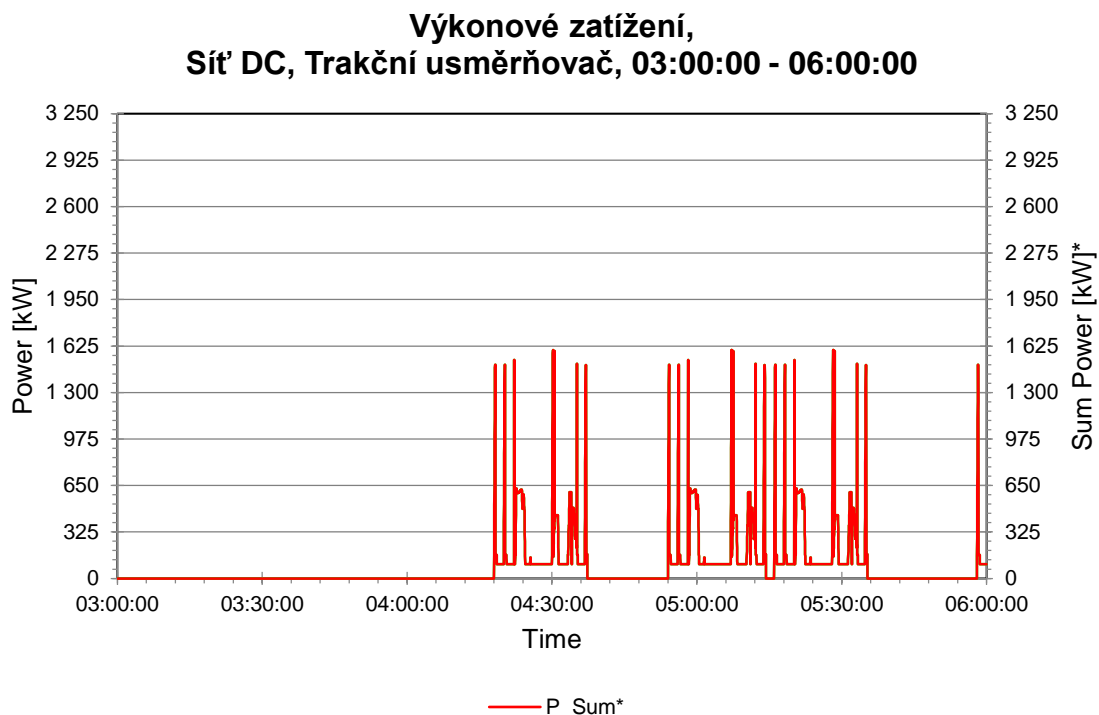
5.3 Proudové zatížení trakčního usměrňovače

Graf 4: Proudové zatížení usměrňovače – TNS Rudoltice v čase 00:00:00 – 09:37:52

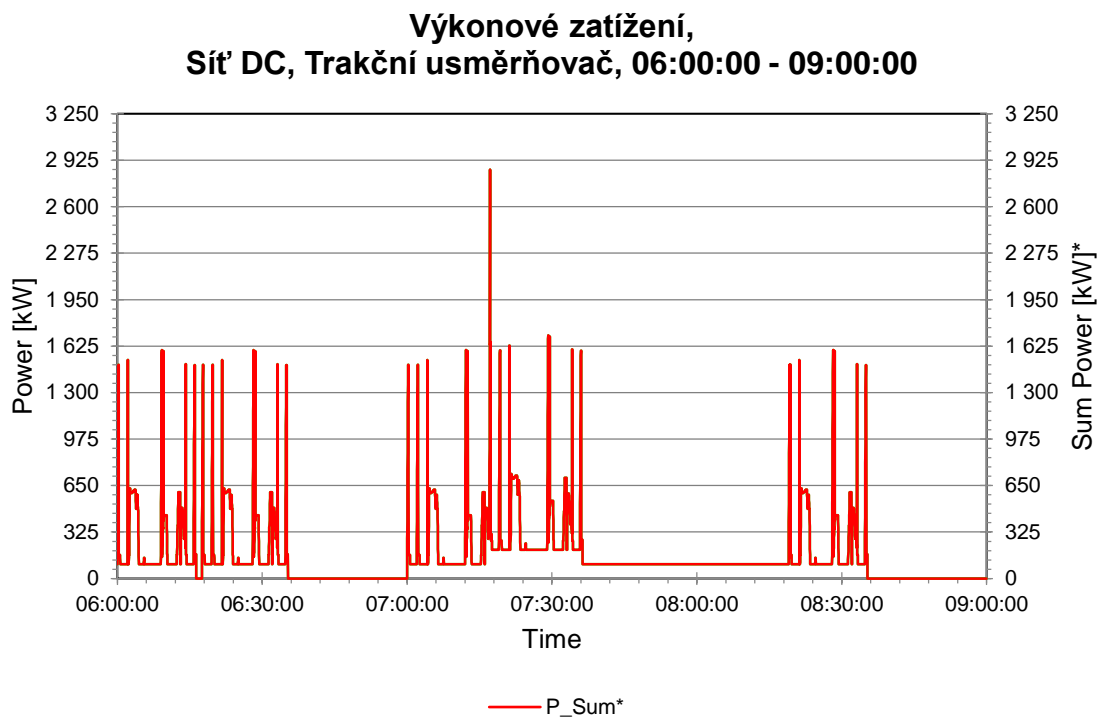


5.4 Napájení přípojnic usměrňovače

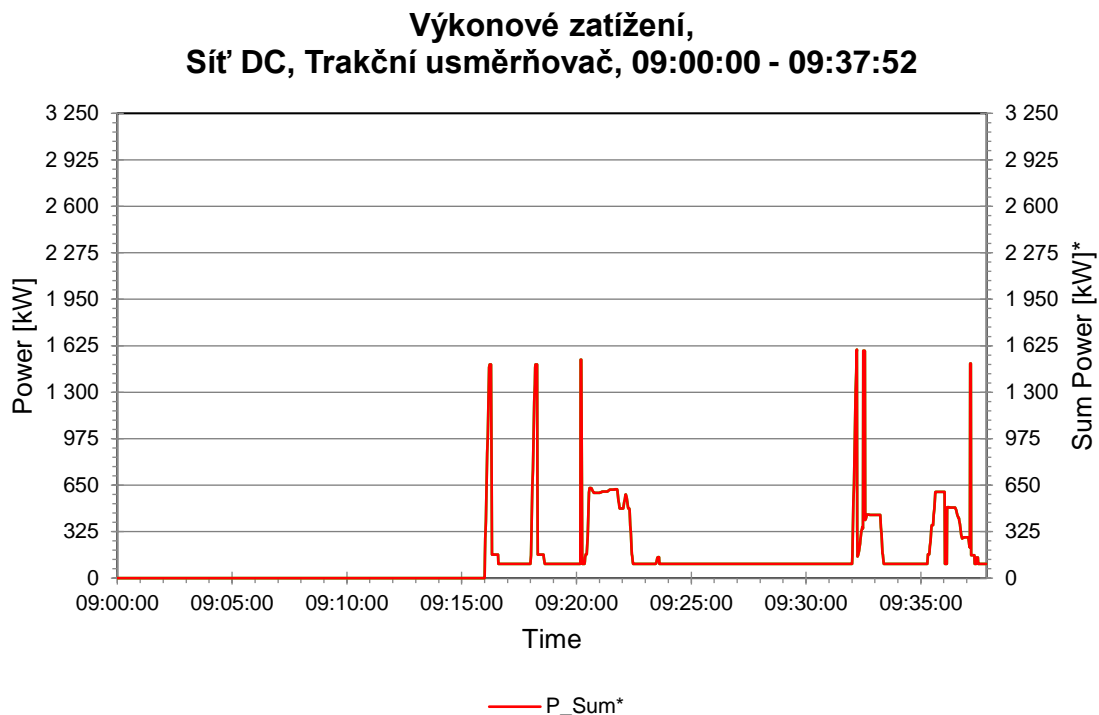
Graf 3: Výkonové zatížení usměrňovače – TNS Rudoltice v čase 03:00:00 – 06:00:00



Graf 4: Výkonové zatížení usměrňovače – TNS Rudoltice v čase 06:00:00 – 09:00:00



Graf 5: Výkonové zatížení usměrňovače – TNS Rudoltice v čase 09:00:00 - 09:37:52



5.5 Energetický přehled

Časové období simulace provozu v elektrické trakci

00:00:00 - 09:37:52

Napájecí systém

3kV DC

Celková energie v trakčním napájecím zdroji

842 kWh

Energie z trakčního napájení trakčního systému

842 kWh

Energie z trakčního vedení do trakčních napájecích zdrojů

0 kWh

Celková energie v energetické síti

844 kWh

Celková energie na pantografech vozidel

834 kWh

Energie z trakčního vedení do sběračů vozidel

834 kWh

Energie z pantografů vozidel do trakčního vedení

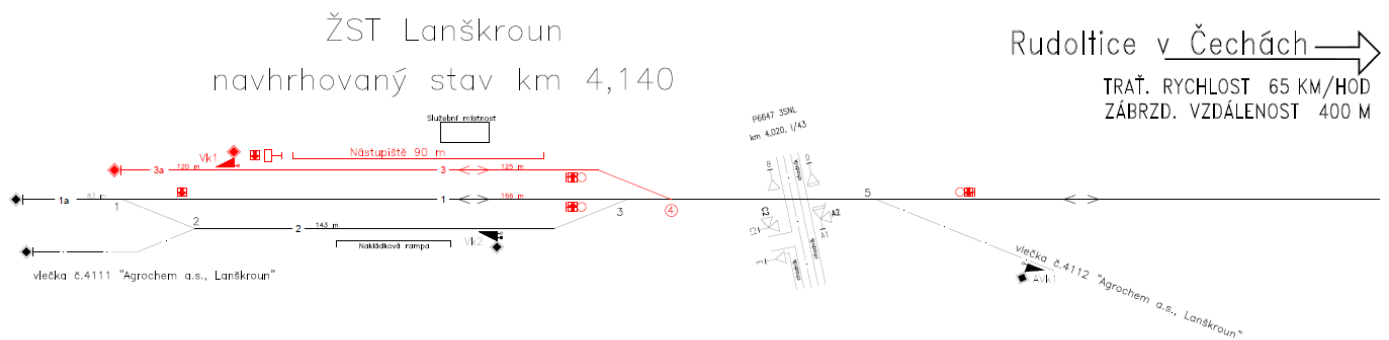
0 kWh

6 Závěr

Provedená simulace výhledového provozu v elektrické trakci prokázala dostatečné dimenzování trakční napájecí soustavy 3kV DC ze stávající TNS Rudoltice v Čechách. Všechny podstatné hodnoty sledovaných parametrů splňují podmínky TSI ENE.

Zpracoval:
Jan Ziman, DiS.
Správa Železnic
GŘ O6

Příloha 1: Výhledový nákresný JŘ



Správa železnic, státní organizace
Název organizační jednotky
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

© 2024

Datum tisku
2024-06-24