

Simulácia maximálneho zaťaženia trakčných napájacích staníc

Jedným z mnohých súčasných prevádzkových problémov, s ktorými zápasí odvetvie elektrotechniky a energetiky, je problematika dodržiavania, resp. neprekročenia dohodnutých objemov technických maxim odoberaného výkonu na strane odberateľa (železnice) vo vzťahu k dodávateľovi elektrickej energie - energetickým rozvodným závodom.

Charakter železničnej prevádzky na elektrifikovaných tratiach sa vyznačuje určitými špecifikami (kumulácia dopravy, nerovnomernosť odberu a podobne), v dôsledku čoho môže dôjsť k prípadnému prekročeniu závazne zmluvne dohodnutých kvantitatívnych parametrov (technické kW - maximum) a následnej penalizácii železníc zo strany energetických rozvodných závodov.

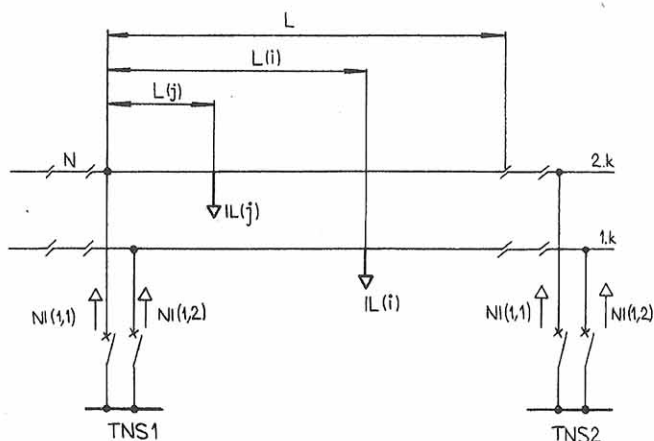
Tento článok sa zaoberá dielčím problémom, ktorý súvisí s problematikou maximálneho zaťaženia trakčných napájacích staníc jednofázovej prúdovej sústavy za použitia simulačnej metódy.

Pre simuláciu zaťaženia bol vybraný úsek Bratislava - Vinohrady - Zohor a uvažovalo sa s dvoma alternatívami napájania:

- jednostranné napájanie z trakčnej napájacej stanice (TNS) Bratislava - Vinohrady po TNS Zohor.
- jednostranné napájanie z TNS Vinohrady po spínaciu stanicu (SS) Lamač so zapnutým priečnym spínačom (pozn. pozdĺžny spínač rozpojený).

Matematický model zaťaženia TNS pri jednostrannom napájaní

Predpokladá sa všeobecné rozloženie prúdových odberov na danom traťovom úseku.



Obr. 1

Schéma jednostranného napájania bez spínacej stanice

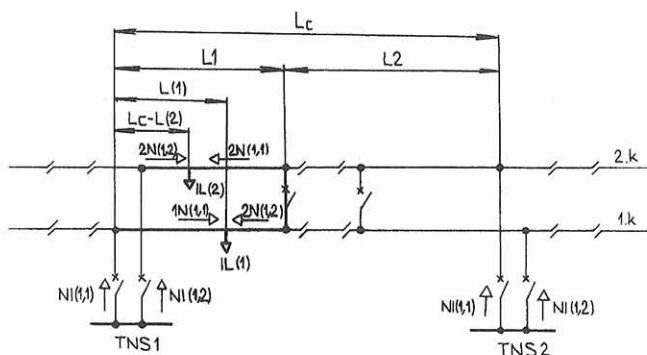
Ing. Gabriela Lanáková, CSc., Vysoká škola dopravy a spojov Žilina, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektrickej trakcie a energetiky, Veľký Diel, OIO 26 Žilina

- $IL(i)$ - prúd odoberaný i -tou lokomotívou na 1. koľaji
- $IL(j)$ - prúd odoberaný j -tou lokomotívou na 2. koľaji
- $NI(i,k)$ - napájací prúdy
- $L(i)$ - vzdialenosť vlaku od TNS
- L - dĺžka napájaného úseku
- N - neutrálne pole

Pri tomto spôsobe napájania veľkosť napájacího prúdu sa rovná súčtu jednotlivých odberov:

$$NI(1,1) = \sum_{i=1}^n IL_{(i)}, \quad NI(1,2) = \sum_{j=1}^n IL_{(j)} \quad (A, A)$$

Výsledné zaťaženie celej napájacej stanice je dané súčtom zaťažení od jednotlivých napájačov.



Obr. 2

Schéma jednostranného napájania so zapnutým priečnym spínačom v spínacej stanici

- $IL(i)$ - prúd odoberaný i -tou lokomotívou
- $NI(i,k)$ - napájací prúdy
- $1N(1,1)$ - podiel 1. napájača na odoberanom prúde 1. lokomotívou
- $1N(i,2)$ - podiel 2. napájača na odoberanom prúde 1. lokomotívou
- $2N(1,1)$ - podiel 1. napájača na odoberanom prúde 2. lokomotívou
- $2N(1,2)$ - podiel 2. napájača na odoberanom prúde 2. lokomotívou
- $L1$ - vzdialenosť spínacej stanice od TNS 1
- $L2$ - vzdialenosť spínacej stanice od TNS 2
- $L(i)$ - vzdialenosť i -tého vlaku od TNS 1 na 1. koľaji
- $LC-L(j)$ - vzdialenosť j -tého vlaku od TNS 1
- LC - celková dĺžka sledovaného úseku

Pri tomto spôsobe napájania dochádza k rozdielnemu deleniu odoberaného prúdu lokomotívy na obidva napájače a to v pomere vzdialeností odberu.

a) pre I. kolaj platí:

$$1N(1,1) \cdot Z_0 \cdot L(i) = \delta U = 1N(1,2) \cdot Z_0 \cdot (2L1 - L(i)) \quad (A, \Omega \cdot km^{-1}, km, V)$$

prúd odoberaný lokomotívou na 1. kolaji:

$$IL(i) = 1N(1,1) + 1N(1,2) \quad (A)$$

Z tejto rovnice vyjadríme podiel 1. napájača na odoberanom prúde:

$$1N(1,1) = IL(i) - 1N(1,2) \quad (A)$$

a dosadením do prvej rovnice dostaneme:

$$(IL(i) - 1N(1,2)) \cdot L(i) = 1N(1,2) \cdot (2L1 - L(i)) \quad (A)$$

a po úpravách môžeme vyjadriť podiel 2. napájača na odoberanom prúde:

$$1N(1,2) = IL(i) \frac{L(i)}{2L1} \quad (A)$$

podiel 1. napájača bude:

$$1N(1,1) = IL(i) \frac{(2L1 - L(i))}{2L1} \quad (A)$$

b) pre druhú kolaj platí:

$$2N(1,1)(2L1 - (Lc - L)) \cdot Z_0 = \delta U = 2N(1,2)(Lc - L) \cdot Z_0 \quad (A, km, \Omega \cdot km^{-1}, V)$$

prúd odoberaný lokomotívou na 2. kolaji:

$$IL(i) = 2N(1,1) + 2N(1,2) \quad (A)$$

Úpravami dospejeme k nasledujúcim vzťahom:

podiel 1. napájača na odoberanom prúde:

$$2N(1,1) = IL(i) \frac{(Lc - L)}{2L1} \quad (A, A, km, km)$$

podiel 2. napájača na odoberanom prúde:

$$2N(1,2) = IL(i) \frac{2L1 + L - Lc}{2L1} \quad (A)$$

Celkové zaťaženie jednotlivých napájačov:

$$NI(1,1) = 1N(1,1) + 2N(1,1) \quad (A, A, A)$$

$$NI(1,2) = 2N(1,2) + 2N(1,2) \quad (A, A, A)$$

Zaťaženie napájacej stanice, čiže sekundárny prúd transformátora je daný súčtom napájačových prúdov:

$$NIM = NI(1,1) + NI(1,2) \quad (A, A, A)$$

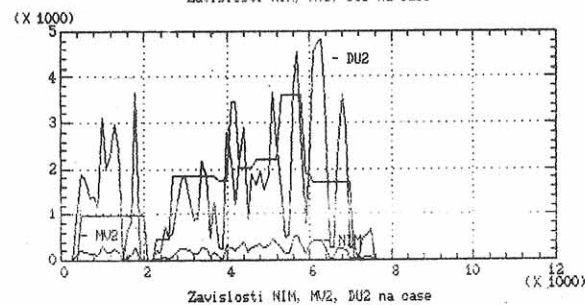
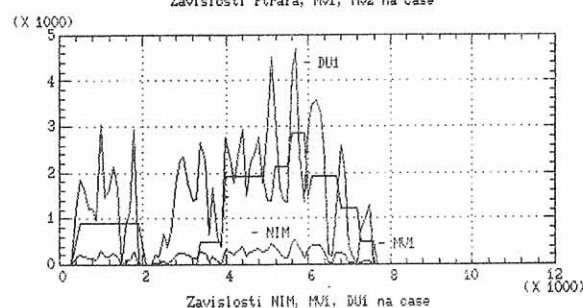
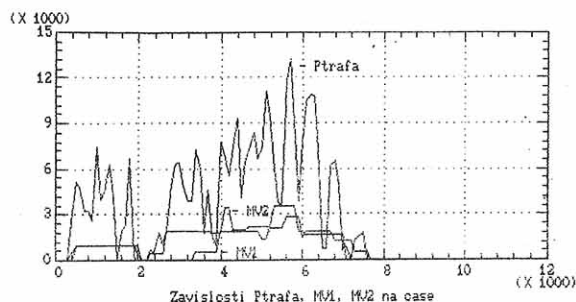
Program simulácie zaťaženia TNS je zostavený tak, že využíva výsledky simulácie jazdy vlaku na danom úseku a rešpektuje skutočnú skladbu osobnej i nákladnej dopravy vyjadrenú hmotnosťou vlaku v sledovanom časovom období.

Na danom úseku bolo zistené zo záznamov merania v TNS, kedy došlo k prekročeniu maximálneho odoberaného výkonu (ranná energetická špička) a podľa splneného grafikonu vlakovkej dopravy boli zistené druhy vlakov, ktoré sa v tom čase nachádzali v sledovanom úseku. Tieto skutočnosti boli simulované.

Výsledkom simulácie pre prevádzkový stav napájania bez spínacej stanice a so spínacou stanicou je získanie:

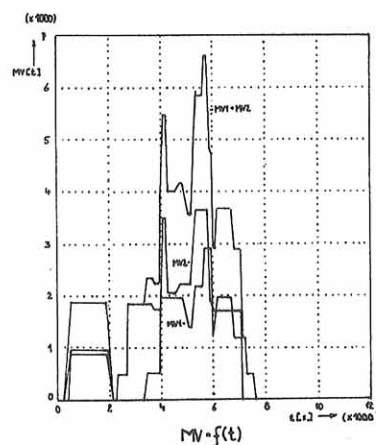
- priebehu odoberaného výkonu transformátora (P trafa) v závislosti na čase
- celkovej hmotnosti vlakov na 1. kolaji (MV1) a na 2. kolaji (MV2)
- sekundárneho prúdu transformátora (NIM)
- celkového úbytku napätia v trolejovom vedení i na transformátore (DU1, DU2).

Výsledky sú znázornené na obr. 3a, obr. 4.



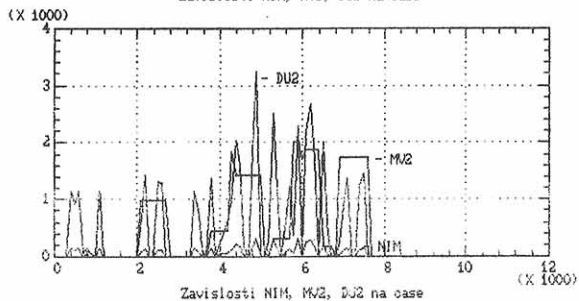
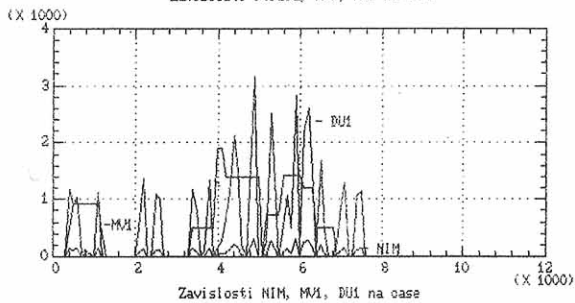
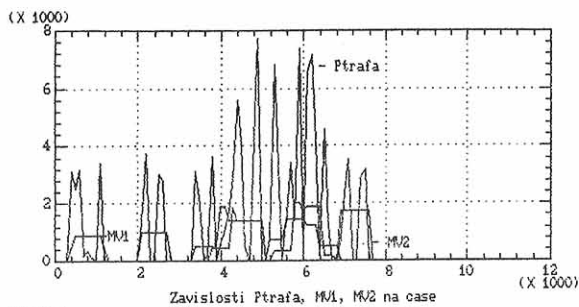
Obr. 3a

Grafický záznam výsledku simulácie pre jednostranné napájanie bez spínacej stanice



Obr. 3b

Celková hmotnosť vlakových záťaží pri jednostrannom napájaní bez SS



Obr. 4

Grafický záznam výsledku simulácie pre jednostranné napájanie so spínacou stanicou

Záver

Z výsledkov simulácie zaťaženia trakčných napájacích staníc vyplýva, že ak sa chceme vyhnúť prekročeniu odoberaného výkonu TNS, je potrebné znížiť celkovú hmotnosť vlakových záŕaží v napájanom úseku, resp. v napájaných úsekoch. Zníženie celkovej hmotnosti na trati dosiahneme, ak napríklad zaťaženie od ťažkých nákladných vlakov posunieme do časových intervalov, v ktorých celková hmotnosť vlakov na trati je nízka. Tým získame rovnomernejšie zaťaženie TNS a lepšie využitie pevných elektrických trakčných zariadení. Ďalšia možnosť je voľba vhodného spôsobu napájania elektrizovaných tratí.

Litaratura:

- [1] Lanáková,G., Šindler,D.: Napájanie elektrických dráh, Alfa, 1989
- [2] Lanáková,G.: Vybrané stave z pevných trakčných zariadení, Alfa, 1987
- [3] Paleček,J., Pokorný,M., Lanáková,G.: Prenosová schopnosť súčasných napájacích vedení energetiky pre napájanie PETZ, správa KETE VŠDS pre VÚŽ Vrútky, 1990
- [4] Asszonyiová,E.: Modelovanie prevádzky napájacieho systému 25 kV, 50 Hz, DP 1992

Lektoroval: Doc.Ing. J. Paleček, CSc.

Simulácia maximálneho zaťaženia trakčných napájacích staníc

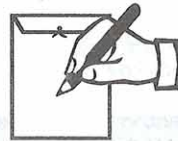
Článok sa zaoberá problematikou simulácie zaťaženia napájacieho systému 25 kV, 50 Hz v dopravnej špičke. Simulácia bola aplikovaná na konkrétnom úseku. Výsledky simulácie môžu poslúžiť pre analýzu elektrických parametrov napájacej stanice ako i technicko-organizačných opatrení železničnej prevádzky.

Die Simulation der Maximalbelastung von Bahnunterwerken

Der Artikel befaßt sich mit der Problematik der Belastungssimulation des Stromversorgungssystems 25 kV, 50 Hz in einer Verkehrsspitze. Die Simulation wurde auf einem konkreten Streckenabschnitt appliziert. Die Ergebnisse der Simulation können sowohl für eine Analyse der elektrischen Parameter von Bahnunterwerken, als auch für die technischorganisatorische Maßnahmen des Eisenbahnbetriebs nützlich sein.

Simulation of traction sub-station maximum loading

The article deals with the problems connected with simulation of the electric supply system 25 kV, 50 Hz loading during the traffic peaks. The simulation was applied in a specified line section. The simulation results may be used in analysis of sub-station electrical parameters as well as technological and organizational measures of railway operation.



Pokyny pro autory

Své příspěvky zasílejte na adresu redakce ve strojopisu (též z tiskárny počítače) 1 + 1 (originál + kopie), s 30 řádky na stránce, v rozsahu max. 6 stran, pokud možno bez rukopisných oprav a škrťů. Příspěvek lze dodat i na disketě. Každý příspěvek doplňte stručnou anotací (max. 5 řádků), vystihující obsah a závěry příspěvku. Doporučujeme téma příspěvku projednat osobně, písemně nebo telefonicky s vydavatelem (Ing. Krejčířik, tel. 41321101/kl. 682) nebo se členy redakční rady. Pokud v příspěvku použijete údaje z literatury, uveďte vždy odkazy s bibliografickými údaji (autora, název díla, publikace, rok vydání, číslo časopisu, strany). Doprovázejí-li text vyobrazení, očísľujte obrázky na rubu a k textu připojte popisky pod obrázky, případně označte v textu (tužkou po straně) místo pro umístění obrázku a obrázky přiložte odděleně. Pěrovky (technické nákresy, schémata, diagramy) mohou být kresleny tuší na pauzovací papír nebo bílém nelesklém papíru (i xerografické reprodukce, ale jen čisté, s ostrými, zřetelnými čarami), pokud možno 2x větší než uvažovaná velikost v tisku. Fotografie černobílé i barevné, kontrastní, formátu nejméně 9x12 cm.

Při použití zkratk (i běžně známých) je třeba při prvním použití uvést význam zkratky. Nepoužívejte slangovou odbornou terminologii. K zaslanému příspěvku připojte přesné označení Vašeho pracoviště, Vaší funkce a korespondenční adresu ke zveřejnění.

Dále prosíme o uvedení telefonního nebo faxového spojení. Redakce časopisu si vyhrazuje právo dát nabídnuté příspěvky posoudit odborným lektorům a případně zveřejnit se stanoviskem lektora, dále provést stylistické a pravopisné úpravy textu a po dohodě s autorem i větší úpravy nebo krácení textu.