

20-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2017 m. gegužės 12 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 20th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 12 May 2017, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 20-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 12 мая 2017 г., Вильнюс, Литва

ELEKTRIFIKUOTO GELEŽINKELIO RuoŽO NAUJOJI VILNIA–KENA–GUDAGOJIS–MOLODEČNAS TRAUKOS PASTOČIŲ KOKYBINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAS

Arnas Misiūnas, Lionginas Liudvinavičius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geležinkelių transporto katedra
El. paštas: misiunasarnas9@gmail.com; lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt

Santrauka. Siekiant nustatyti AB „Lietuvos geležinkeliai“ (LG) ir Baltarusijos geležinkeliai (BČ) elektrifikuojamo geležinkelio ruožo Naujoji Vilnia–Kena–Gudagojis–Molodečnas kontaktinio tinklo maitinimo patikimumą straipsnyje nagrinėjami egzistuojančių ir projektuojamų traukos pastočių techniniai parametrai. Straipsnyje pateiktas autorių siūlomas traukos pastočių apkrovos parametrų tyrimo metodas, kai traukos pastočių srovių vertės nustatomos pagal realų traukinių judėjimo grafiką. Elektrifikuoto geležinkelio ruožo Naujoji Vilnia–Kena–Gudagojis apkrovų srovių skaičiavimai atlikti pagal realų LG ir BČ 2015–2016 metų prekinį traukinių eismo tvarkaraštį atlikti modeliuojant, kad suformuotus prekinį traukinių sąstatus vietoj šilumvežių trauks elektroveziai. Pateiktos išvados ir rekomendacijos tolimesnei geležinkelių elektrifikacijos plėtrai.

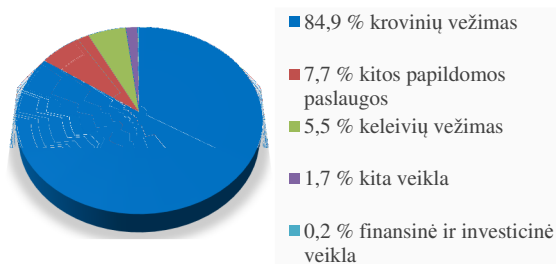
Reikšminiai žodžiai: geležinkelių elektrifikacija, kintamoji srovė, traukos pastotės, elektrinės traukos riedmenys, aplinkosauga, kontaktinis tinklas.

Įvadas

Geležinkelių elektrifikacija yra vienas iš pažangiausių būdų padidinti geležinkelio transporto efektyvumą, vežamų krovinių svorį, gerinti ekologinius rodiklius bei didinti traukinių greitį. Lietuvoje vienintelio elektrifikuoto geležinkelio ruožo Kaunas–Palemonas–Trakai–Vilnius–Naujoji Vilnia ilgis yra 122,4 km. Šiai dienai šis maršrutas yra skirtas tik keleivių vežimui, tačiau vertinant tai, kad bendrovės AB „Lietuvos geležinkeliai“ pagrindinis pajamų šaltinis yra krovinių vežimo geležinkelio transportu paslaugos, reikia plėsti geležinkelių elektrifikaciją ir gabenti krovinius elektroveziais. Būtent efektyvaus krovinių vežimo ir su juo susijusių kitų papildomų paslaugų plėtra yra pagrindinė bendrovės strateginė kryptis. AB „Lietuvos geležinkeliai“ keleivių vežimo pajamos 2015 m. sudarė vos 5,5 % visų bendrovės pajamų. Pajamos už krovinių vežimo paslaugas sudarė net 84,9 % visų pajamų. AB „Lietuvos geležinkeliai“ pajamų pasiskirstymo struktūra pateikta 1 pav.

Elektrifikuojamo geležinkelio ruožo Naujoji Vilnia–Gudagojis–Molodečno perspektyva geležinkelių plėtrai

Projekte numatyta montuoti tipinius 25 kV, 50 Hz elektrifikacijos sistemos įrenginius.



1 pav. AB „Lietuvos geležinkeliai“ pajamų pasiskirstymo struktūra 2015 m.

Geležinkelio ruožo Naujoji Vilnia–Kyviškės–Kena – Valstybės siena–Gudagojis–Molodečno projektas yra tik antrasis elektrifikacijos projektas Lietuvoje ir pirmasis nepriklausomas Lietuvos Respublikos geležinkelių istorijoje.

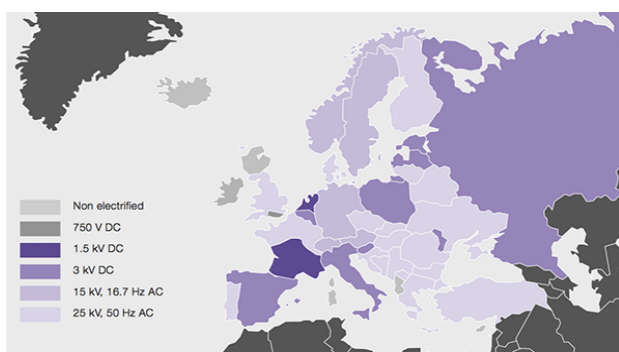
Šiuo metu AB „Lietuvos geležinkeliai“ didžiausi krovinių srantai yra IX transporto koridoriai. Per šį ruožą (Naujoji Vilnia–Kena–Gudagojis–Molodečnas) iš Klaipėdos uosto į Baltarusiją važiuoja perspektyviausi konteineriniai traukiniai: „Vikingas“, „Saulė“, „Merkurijus“. Atsižvelgiant į AB „Lietuvos geležinkeliai“ siekius gerinti vietinio ir tarptautinio susisiekimo keleivių vežimo paslaugas, elektrifikuojamas geležinkelio ruožas turi

milžinišką keleivių vežimo potencialą (Dailydka *et al.* 2009). Vilnius–Minskas ruožu (per Kenos geležinkelio stotį) šiuo metu, lyginant su 2010 m., keliauja 53 % daugiau keleivių. AB „Lietuvos geležinkeliai“ siekia kelionę tarp Vilniaus ir Minsko sutrumpinti iki 2 val. Šiuo atveju, pakeitus dyzelinės traukos traukinius į modernius elektrinės traukos dviejų aukštų traukinius – „Škoda EJ 575“ serijos elektrinės traukos riedmenis – būtų pastebimai pagerinta keleivių vežimo kokybė ir sumažinamos eksploatacinės sąnaudos.

Lietuvos ir kitų valstybių geležinkelio elektrifikacijos sistemos

Geležinkelių elektrifikacijos sistemą sudaro trys pagrindiniai sistemos elementai: I – *energetinės sistemos dalis* (šiluminės elektrinės, hidroelektrinės, atominės elektrinės, rajoninės transformatorinės pastotės, elektros energijos perdavimo oro linijos ir kt.); II – *traukos elektros įrenginių dalis*, susidedanti iš traukos pastočių ir elektrinės traukos tinklo; III – *elektrinės traukos riedmenys* (elektrovežiai ir elektriniai traukiniai). Elektrinės traukos tinklą sudaro kontaktinis ir bėgių tinklas, maitinimo ir atbulinės srovės linijos (Liudvinavičius *et al.* 2016).

Daugelyje Europos valstybių geležinkeliai yra elektrifikuoti nuolatinės srovės (DC) sistema, kurios kontaktinio tinklo (toliau – KT) įtampa – 3 kV (pvz., kaimyninėse šalyse – Latvijoje, Rusijos Kaliningrado srityje, Lenkijoje). O KT įtampa Lietuvoje ir Baltarusijoje – 25 kV, 50 Hz dažnio kintamosios srovės (AC). AB „Lietuvos geležinkeliai“ pagrindinį krovinių srautą (daugiau nei 60 %) sudaro kroviniai iš Baltarusijos. Egzistuojančių vienetų Lietuvos ir Baltarusijos elektrifikacijos sistemų suderinamumas padidins bendro vienodo standarto elektrifikuoto ruožo ilgį, iš ES į NVS šalis trauks sunkius prekinis traukinis. Bendras Europos geležinkelių elektrifikacijos sistemų žemėlapis pateiktas 2 pav.



2 pav. Europos valstybių geležinkelių elektrifikacijos sistemos (Šaltinis: Traction Transformation)

Techninę sąveiką tarp Europos valstybių apsunkina skirtingo standarto geležinkelių elektrifikacijos sistemos, skirtingi KT ir eismo valdymo sistemos, darosi sudėtinga organizuoti keleivių ir krovinių pervežimą dideliais nuotoliais. Efektyvi sąveika ir techninių galimybių suderinamumas tarp vežėjų partnerių yra pagrindinė sąlyga, siekiant darnaus bendradarbiavimo ir nepertraukiamo krovinių

ir keleivių vežimo proceso užtikrinimo (Liudvinavičius *et al.* 2010).

Lietuvoje geležinkelis elektrifikuotas 25 kV, 50 Hz dažnio kintamosios srovės sistema. Lietuvoje naudojamos kintamosios srovės KT 110/27,5 kV sistemos pagrindinis privalumas – aukšta maitinimo įtampa, kurią galima pažeminti riedmenyje išdėstytame traukos transformatoriuje. Pavyzdžiui, 6000 kW galios elektrovežis, maitinamas iš nuolatinės srovės 3000 V kontaktinio tinklo, vartoja 2000 A srovę, o maitinamas iš kintamosios srovės 25 kV, 50 Hz kontaktinio tinklo – tik 300 A srovę. Vienas iš esminių kintamosios srovės KT pranašumų, lyginant su nuolatinės srovės KT sistema, yra mažas kontaktinio laido skerspjūvis. Nuolatinė srove elektrifikuoto geležinkelio ruožo KT laido (laidų) skerspjūvis siekia 500 mm² ir daugiau. Elektrifikuotų kintamąją srove geležinkelių kontaktinio laido skerspjūvis siekia 120–140 mm², todėl sunaudojama beveik dvigubai mažiau spalvotųjų metalų, lyginant su nuolatinės srovės KT sistema (Liudvinavičius *et al.* 2016). Nuolatinė srove elektrifikuotuose geležinkelio ruožuose traukos pastotės išdėstomos kas 10–20 km, kintamąją – kas 40–60 km. Skirtingų elektrifikacijos sistemų įtampos KT palyginamieji rodikliai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Elektrifikacijos sistemų įtampų palyginamoji lentelė

Elektrifikacijos sistema	Žemiausia KT įtampa	Nominali KT įtampa	Aukščiausia KT įtampa
750V DC	500 V	750 V	1 kV
1,5 kV DC	1 kV	1,5 kV	1,950 kV
3 kV DC	2 kV	3 kV	3 kV
15 kV, 16,7 Hz AC	11 kV	15 kV	18 kV
25 kV, 50 Hz AC	21 kV	27,5 kV	29 kV

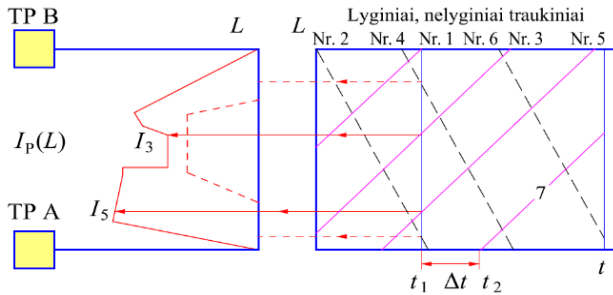
Kontaktinio tinklo įtampų kitimo parametrų vertinimus atliko Kabanovas, Ignatenko (Кабанов 2006, Игнатенко 2013). Jie nustatė, kad elektrifikuoti kintamąją srove yra efektyviau, nes pakeitus įtampos dydį ir nustatius jos vertę ne mažiau kaip 21 kV ir ne daugiau 29 kV, lengviau reguliuoti įtampą tarpstočių ruožuose.

Elektrifikuoto geležinkelio ruožo kokybinių rodiklių tyrimo metodai

Elektrifikacijos projektas, sujungiantis Lietuvos ir Baltarusijos elektrifikuotas linijas yra pirmasis nepriklausomos Lietuvos istorijoje, dėl to atliktų elektrifikacijos parametrų tyrimų yra nedaug. Straipsnyje pateikiamas autorių siūlomas traukos pastočių apkrovos parametrų tyrimo metodas, kuriuo remiantis, nustatomos traukos pastočių srovių vertės duotuoju laiko momentu t_1 pagal realių traukinių judėjimo grafiką bei kiti elektriniai parametrai.

Traukos pastočių apkrovos parametrų nustatymas laiko momentu t_1 , pagal realų traukinių judėjimo grafiką (pagal AB „Lietuvos geležinkeliai“ 2015–2016 metų prekinis traukinių eismo tvarkaraštį) atliekamas imituojant, kad suformuotus prekinis traukinių sąstatus traukia skirtingos galios elektrovežiai. Taip pat atsižvelgiama į

traukinių eismo intervalus ruože bei elektrovežių išdėstymo atstumus iki traukos pastočių (3, 5 pav.).



3 pav. Autorių metodo traukos pastočių apkrovos srovių realiu laiku nustatymo pritaikius nenutrūkstamo grafiko analizę struktūra: a) – elektrovežio maitinimo schema; b) – LG eismo grafiko fragmentas

3 paveiksle: TPB – traukos pastotė B, TPA – traukos pastotė A, $I_p(L)$ – traukinio srovė $I_p(t)$ atstumu L taške laiko momentui t ; Nr. 2, Nr. 4, Nr. 6 – lygine kryptimi judantys sąstatai; Nr. 1, Nr. 3, Nr. 5 – nelygine kryptimi judantys sąstatai; t_1, t_2 – laiko momentai pagal realų traukinių judėjimo grafiką.

Atliekant charakteringus pjūvius traukinių eismo grafike, nustatomos traukos pastočių apkrovos momentinių srovių vertės laiko momentu t_1, t_2, t_3 . (4 pav.).

4 paveiksle: TPB – traukos pastotė B, TPA – traukos pastotė A, I – važiuojančio traukinio srovė, tenkanti KT, t_1, t_2 – laiko momentai pagal realų traukinių judėjimo grafiką.

Traukos pastotės fiderio apkrovos srovė elektrifikuotame ruože, esant vienpusiam ir (arba) dvipusiam maitinimui, apskaičiuojama pagal formulę:

$$I_f = \sum_{j=1}^m I_j, \quad (1)$$

čia: I_j – traukinio j numerio srovė; m – traukinių skaičius fiderio apkrovos zonoje.

Įtampos nuostoliai ruožuose su vienpusiu ir (arba) dvipusiu KT maitinimu apskaičiuojami pagal formulę:

$$\begin{cases} \Delta U_{A-1} = (\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \dots + \underline{I}_m) \cdot R \cdot L_1, \\ \Delta U_{1-2} = (\underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \dots + \underline{I}_m) \cdot R \cdot (L_2 - L_1), \\ \Delta U_{2-3} = (\underline{I}_3 + \dots + \underline{I}_m) \cdot R \cdot (L_3 - L_2), \end{cases} \quad (2)$$

čia: $\Delta U_{A-1}, \Delta U_{1-2}, \Delta U_{1-3}$ – įtampos nuostolių vertės KT linijoje, I_1, I_2, I_3 – atitinkamų elektrovežių srovės, tekančios KT linija, R – linijos (kontaktinio tinklo ir bėgių grandinės) iki elektrovežio aktyvioji varža.

Maksimalūs įtampos nuostoliai ΔU_{max} visame KT ruože esant vienpusiam KT maitinimui apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta U_{max} = R \sum_{j=1}^m I_j \cdot L_j, \quad (3)$$

čia: L_j – j ruožo ilgis.

Atlikus skaičiavimus, formuojami gaunamų verčių grafikai ir palyginami kokybiniai elektrifikacijos parametru rodikliai.

Elektrifikuoto geležinkelio ruožo kokybinių parametru tyrimas

Atliekant tyrimą, išskiriami techniniai parametrai, kurie reikalingi norint tinkamai įvertinti elektrifikacijos sistemos kokybę. Pagrindiniai parametrai yra:

Elektrinės traukos riedmenų Nr.1, 2, 3 aktyvioji galia $P_{ETR1}, P_{ETR2}, P_{ETR3}$;

– Srovės stipriai I_1, I_2, I_3 , kai elektrinės traukos riedmens Nr. 1, 2, 3 yra nutolę atstumu L_1, L_2, L_3 ;

– Linijos varža (kontaktinio tinklo ir bėgių grandinės) iki riedmens R , kai elektrinės traukos riedmuo yra nutolęs atstumu L ;

– ΔU_L – įtampos kryptis kontaktinio laido linijoje;

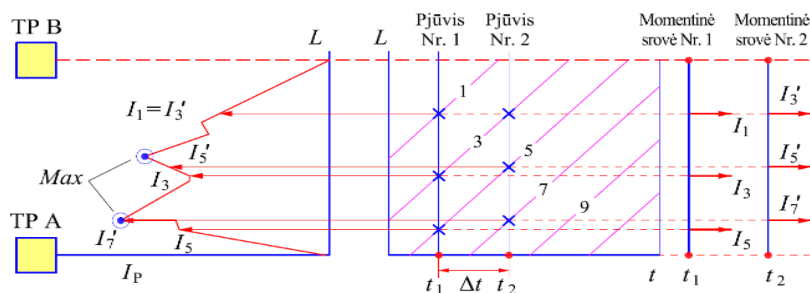
– ΔU_B – įtampos kryptis bėgių linijoje;

– Aktyviosios galios nuostoliai ΔP_L kontaktinio laido linijoje;

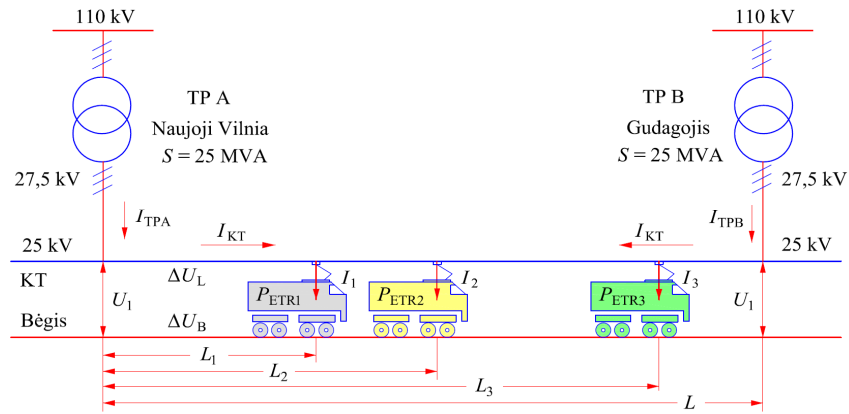
– Įtampa U , tenkanti pantografui;

– Elektrovežiui tiekiamą aktyvioji galia P .

Siekiant tikslumo, vertinama tai, kad elektrifikuotas geležinkelio ruožas maitinamas iš traukos pastočių, nutolusių viena nuo kitos atstumu L . Parametru skaičiavimai atlikti esant vienpusiam ir dvipusiam elektrifikuoto geležinkelio ruožo maitinimui. Visi traukos pastočių, ruožo ilgio techniniai duomenys realūs (5 pav.). Tyrimui sudaroma pradinė duomenų lentelė ir skaičiuojami vienpusio ir dvipusio maitinimo traukos pastočių techniniai parametrai, atsižvelgiant į tai, kad elektrifikuotame ruože Naujoji Vilnia – Kena juda traukiniai, kuriuos traukia skirtingų galių elektrovežiai (elektriniai traukiniai) (2 lentelė).



4 pav. Autorių metodo traukos pastočių apkrovos srovių nustatymo charakteringų pjūvių pritaikius nenutrūkstamo grafiko analizę struktūra: a) – elektrovežio maitinimo schema; b) – LG eismo grafiko fragmentas



5 pav. Traukos pastočių apkrovos srovių skaičiavimo schema, esant dvipusiam kontaktinio tinklo maitinimui

2 lentelė. Tyrimo duomenų formavimas

KT maitinimo sistema	Vienpusė	Dvipusė
Atstumas L nuo TP, km.	2, 10, 25	2, 10, 25
KT įtampa U, kV	25	25
Pilnoji TPA ir TPB galia S, MVA	25	50
Galios faktorius cosφ	0,85	0,85
Elektrinės traukos riedmenų Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 galia, MW	2, 4, 6	2, 4, 6

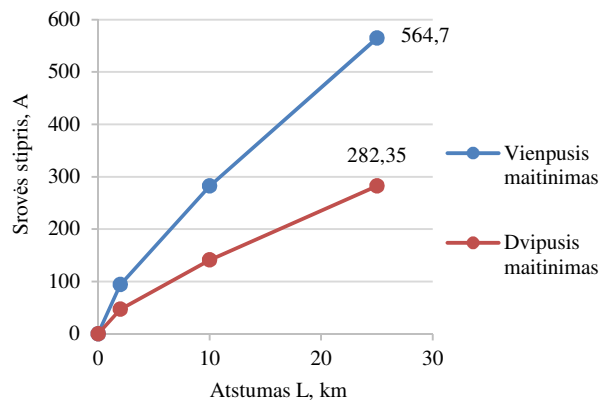
2 lentelėje pateikti pradiniai duomenis, kurių pagrindu modeliuojama, kad elektrifikuotas ruožas maitinamas iš traukos pastotės A (toliau – TPA) ($S = 25$ MVA), t. y. vienpusis maitinimas.

Esant dvipusei maitinimo sistemai elektrifikuoto ruožo KT maitinamas papildomai iš traukos pastotės B (toliau – TPB), kurių bendra pilnoji galia $S = 50$ MVA. Taip pat ruožu vienu metu važiuoja skirtingų galių (2 MW, 4 MW, 6 MW) elektrovežiai Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, nutolę atitinkamai 2 km, 10 km, 25 km nuo traukos pastotės A (5 pav.).

Atlikus traukos pastočių apkrovos srovių skaičiavimus, pagal autorių siūlomą metodą, gaunami tikslūs techniniai parametrai (kokybiniai rodikliai), kurie atitinkamai charakterizuoja elektrifikuoto geležinkelio ruožo kontaktinio tinklo realią apkrovos būseną. Tai yra galimybė atliktais skaičiavimais nustatyti ribinius parametrus, modeliuojant skirtingos galios elektrinės traukos riedmenis ruože. Taip sudaromas algoritmas prognozuoti ir matyti traukos pastočių apkrovos srovių maksimalias vertes, dėl to galima išvengti neleistinų apkrovų eksploatacijoje (gamybos procese), kurios gali sukelti avarinius padarinius eismo saugos atžvilgiu. Viršijus traukos pastočių apkrovos srovių leistinas vertes, KT tinklo maitinimas bus atjungtas, sutriks traukinių eismas, geležinkeliai patirs nuostolius. Pasirenkant elektrifikacijos sistemos kontaktinio tinklo maitinimo būdą (vienpusis ar dvipusis), ypatingai svarbūs ne tik ekonominiai (išlaidų sąnaudos, eksploatacinės išlaidos, priežiūra, remontas ir kt.), bet ir techniniai rodikliai, kurie privalo būti pagrindiniai pasirenkant maitinimo sistemą.

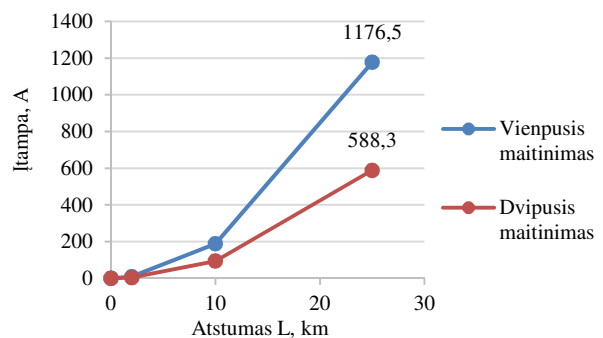
Atsižvelgiant į aukščiau aprašyto metodo reikalavimus, tyrimo rezultatai yra pateikiami grafine forma, vaiz-

duojant kiekvieno parametro I_r , ΔU_L , ΔP_L vertes (6, 7, 8 pav.).



6 pav. Srovės stiprio I_r kitimo grafikas

Iš 6 paveiksle esančio srovės stiprio kitimo grafiko I_r matome, kad gaunamų parametru vertės, pakeitus maitinimo tipą iš vienpusio į dvipusį, keičiasi tiek, kiek padidėja/sumažėja kontaktinio tinklo įtampa, t. y. lygiai 2 kartus. Maksimali srovės stiprio vertė $I_R = (564,7$ A).

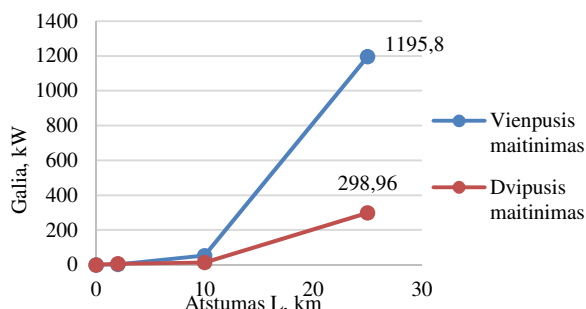


7 pav. Įtampos KT linijoje kryžio ΔU_L kitimo grafikai

Analizuojant 7 pav., nustatyta, kad KT įtampos nuostolių ΔU_L vertės priklauso nuo srovės stiprio I_r verčių, o jis – nuo ruože judančių elektrovežių aktyviosios galios. Maksimalus įtampos kritis $\Delta U_L = 1176,5$ V.

Analizuojant aktyviosios galios nuostolių KT linijoje ΔP_L kitimo grafikus (8 pav.) nustatyta, kad esant vienpu-

siam maitinimui nuostoliai ypač dideli – ΔP_L – 1195,8 kW. Esant dvipusiam maitinimui, nuostoliai sumažėja iki 298,96 kW.



8 pav. Aktyviosios galios nuostolių KT linijoje ΔP_L kitimo grafikai

Elektrifikacijos kokybinių rodiklių tyrimo rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Tyrimo rezultatai

Maitinimas – vienpusis iš TPA			
Atstumas L nuo TP, km.	2	10	25
Srovės stipris I_R , A	94,18	282,34	564,7
Įtampos kritis ΔU_L , V	9,4	188,27	1176,5
Aktyviosios galios nuostoliai kontaktinio laido linijoje ΔP_L , kW	2,7	53,2	1195,8
Maitinimas – dvipusis iš TPA ir TPB			
Atstumas L nuo TP, km.	2	10	25
Srovės stipris I_R , A	47,09	141,17	282,35
Įtampos kritis ΔU_L , V	4,7	94,13	588,25
Aktyviosios galios nuostoliai kontaktinio laido linijoje ΔP_L , kW	6,65	13,3	298,96
Rezultatai, %			
Srovės stipris I_R , A	50%	50%	50%
Įtampos kritis ΔU_L , V	50%	50%	50%
Aktyviosios galios nuostoliai kontaktinio laido linijoje ΔP_L , kW	40,60	75%	75%

Literatūra

- 2015–2016 prekinųjų traukinių eismo tvarkaraštis. AB „Lietuvos geležinkeliai, 2016.
- Dailydka, S. 2009. Passenger transportation strategy of sc “Lithuanian Railways”, in *proceedings of the 6th International Scientific Conference „TRANSBALTICA 2009“*, April 22–23, 2009, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, p. 33–41.
- Liudvinavičius, L.; Dailydka, S.; Vaičiūnas, G. 2015. *Traukos energetinės sistemos ir jų valdymas: vadovėlis*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius Technika. 2015. 616 p. ISBN 978-609-457-791-8. eISBN 978-609-457-794-9. doi: 10.3846/1529-S. 615 p.
- Liudvinavičius, L.; Lingaitis, L. P.; Dailydka, S. 2010. *Traukos riedmenų elektros pavaros ir jų valdymas: bendrasis aukštųjų mokyklų vadovėlis*. Vilnius: Technika. ISBN 978-9955-28-559-5. 320 p.
- Metinė ataskaita 2015 m. AB „Lietuvos geležinkeliai, 2016.
- Traction Transformation. Prieiga per internetą: <<http://www.tdworld.com/sponsored-articles/traction-transformation>>.
- Игнатенко, И. В. 2013. *Электроснабжение железных дорог. учеб. пособие*. В 2 ч. Ч. 1. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 113 с.
- Кабанов, А. В. 2006. *Концепция эффективного использования методов организационно технологического проектирования в железнодорожном строительстве*. УДК 625.1.002 (083.9). 25–32.

Išvados

1. Autorių siūlomas traukos pastočių apkrovos parametru tyrimo metodas, kai traukos pastočių srovių vertės nustatomos duotuoju laiko momentu t_1 pagal realių traukinių judėjimo grafiką įgalina tiksliausiai vertinti traukos pastočių, kontaktinio tinklo, elektrinės traukos riedmenų techninius (kokybinius) parametrus.

2. Elektrifikacijos pagrindiniai parametrai, lemiantys nepertraukiamą eismą ruože ir užtikrinantys saugią techninę eksploataciją yra: pilnoji traukos pastotės galia S , srovės stipris I_R , įtampos kritis ΔU_L ir aktyviosios galios nuostolių KT linijoje ΔP_L vertės.

3. Srovės stiprio I_R ir įtampos kritio ΔU_L reikšmės KT priklauso nuo maitinimo šaltinio, t. y. traukos pastotės pilnosios galios S , KT įtampos, galios faktoriaus $\cos\varphi$ bei esančių ruože riedmenų suminės elektrinės traukos vartojamos aktyviosios galios.

4. Maitinant iš dviejų traukos pastočių ir pilnosios galios vertei tapus $S = 50$ MVA (vietoj $S = 25$ MVA), srovės stiprio I_R ir ΔU_L įtampos kritimo parametrai pasikeitė lygiai 2 kartus. Taisyklė negalioja nagrinėjant aktyviosios galios linijoje nuostolius ΔP_L , kurie, atsižvelgiant į maitinimo tipo (vienpusis / dvipusis) pasikeitimą, nekinta, kaip ir skaičiuojant kiekvienu atveju atskirai.

5. Atsižvelgiant į tyrimo gautus rezultatus (traukos pastočių apkrovos parametrus – kokybinius rodiklius) galima toliau tęsti ruožo Naujoji Vilnia–Gudagojis–Molodečnas elektrifikaciją, naudojant tipinių traukos pastočių galios ir kitus parametrus.

6. Siekiant sumažinti aktyviosios galios ΔP_L nuostolius, užtikrinti efektyvią geležinkelių transporto sąveiką, garantuoti saugų traukinių eismą, kontaktinį tinklą reikia maitinti iš Naujosios Vilnios ir Gudagojo traukos pastočių, t. y., taikyti dvipusio maitinimo sistemą.

7. Atsižvelgiant į tyrimo gautus kokybinius rodiklius, ruože Naujoji Vilnia–Gudagojis galima leisti judėti 2MW, 4 MW, 6 MW galios elektrinės traukos riedmenims. Traukos pastočių galia pakankama. Kiti parametrai (įtampos nuostoliai, KT skerspjūvio plotas ir kt.) yra leistinose ribose.