



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

AUTOMATINĖS LOKOMOTYVO SIGNALIZACIJOS TECHNINIŲ SUTRIKIMŲ ANALIZĖ

Romuald Olenkovič¹, Gediminas Vaičiūnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹romuald.olenkovic@stud.vgtu.lt; ²gediminas.vaiciunas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama automatinės lokomotyvų signalizacijos (ALS) sistemos sutrikimų skaičiaus pasiskirstymas laike (pagal metų ketvirčius), pagal vietą (kuriame tarpstotyje ir kodėl įvyksta sutrikimai) bei sutrikimų skaičiaus priklausomybė nuo traukinio greičio. Tyrimais pagrįsta, kad daugiausiai sutrikimų būna metų ketvirtyje, į kurį patenka žiemos laikotarpis (I arba IV ketvirčiai), taip pat egzistuoja tarpstočiai, kuriuose kodų sutrikimų įvyksta akivaizdžiai daugiau, nei kitur bei egzistuoja akivaizdi sutrikimų skaičiaus priklausomybė nuo traukinio greičio: greičiui viršijus 70–100 km/h, sutrikimų atsiradavo daugiau (3–7 per mėnesį).

Reikšminiai žodžiai: geležinkelių transportas, kodų sutrikimas, kompleksinė saugos aparatūra, posistemis.

Įvadas

Lietuvos geležinkelių infrastruktūra buvo sukurta Carinės Rusijos ir Tarybų Sąjungos laikais. Lietuvoje, kaip ir visose Baltijos bei NVS šalyse, yra naudojama nenutrūkstamo veikimo automatinė lokomotyvų signalizacija (ALS) kaip traukinių apsaugos sistema. Ši sistema visose ją naudojančiose valstybėse užtikrina geležinkelių techninę sąveiką. Visose valstybėse, naudojančiose ALS, gali laisvai važiuoti tą pačią įrangą turintys lokomotyvai.

Europoje praėjusio dešimtmečio pabaigoje buvo naudojama apie 20 skirtingų lokomotyvų apsaugos sistemų rūšių, kurios tarpusavyje nebuvo suderinamos. Dėl to atsirado poreikis sukurti vieningą apsaugos sistemą, vadinamą ETCS (angl. European Train Control System). Šios sistemos diegimo pirmieji etapai pradėti ir Lietuvoje, tačiau šios sistemos įrenginiai nėra diegiami esamuose riedmenyse, nes juos reikės keisti iki to laiko, kai ETCS sistema pradės veikti, o naujų riedmenų poreikis atsiras tik po gero dešimtmečio. Tačiau net ir pradėjus veikti ETCS apsaugos sistemai, ir toliau bus naudojama ALS sistema, t. y. bus eksploatuojama dviguba signalizacijos įranga, nes būtina užtikrinti susisiekimą su Rusijos Federacija bei kitomis Rytų Europos valstybėmis.

Automatinės lokomotyvų signalizacijos (ALS) sistemos sutrikimai kelia grėsmę saugumui bei sklandžiam traukinių eismui, todėl sklandus ALS veikimas yra gyvybiškai svarbus geležinkelio transporto sistemai. Esant ALS sistemos sutrikimams, per dažnas traukinių greičio

mažinimas, papildomas stabdymas gali sąlygoti traukinių tvarkaraščių vėlavimus, padidina kuro sąnaudas; visi šie faktoriai atsispindi finansiniuose nuostoliuose. Be to, traukinių apsaugos sistemos sutrikimai gali sukelti nelaimingus atsitikimus ir kelti pavojų keleiviams.

Automatinė lokomotyvų signalizacija

Automatinė lokomotyvų signalizacija (ALS, rus. АЛС– Автоматическая Локомотивная Сигнализация) yra kelio ir lokomotyvo sistema, skirta perduoti informaciją apie leidžiamą greitį traukinio mašinistui.

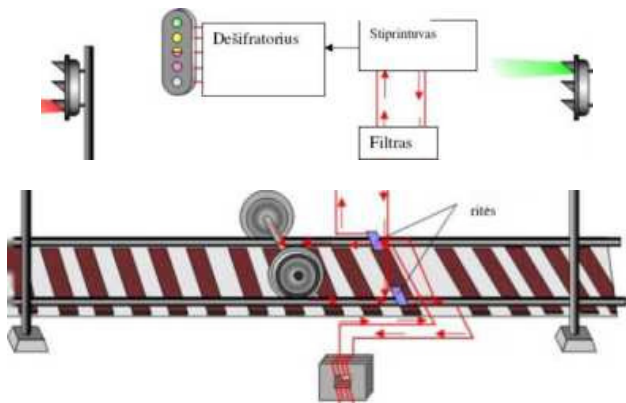
ALS sistemoje galima išskirti du pagrindinius posistemius: kelio ir lokomotyvo. Kelio posistemį sudaro bėgių grandinių įtaisai ir informacinių signalų formavimo ir perdavimo į bėgių grandinę įtaisai (signalų formavimo įrenginiai, suderinimo transformatoriai ir pagalbiniai įtaisai, maitinimo šaltiniai, kelio relės ir kt.). Lokomotyvo posistemį sudaro signalų priėmimo, apdorojimo ir atvaizdavimo įtaisai (priėmimo ritės, filtrai, stiprintuvai, šviesoforas lokomotyvo skydelyje, mašinisto bei traukinio valdymo įtaisai ir kt.).

Lietuvoje naudojama signalizacija yra nenutrūkstamo veikimo automatinė signalizacijos sistema (toliau – ALSN).

ALSN įranga transformuoja kelio šviesoforo signalus į kodą – stačiakampiais impulsais moduluotus 25 arba 50 Hz signalus. Signalus formuojantys kodavimo įrenginiai (transmiteriai) gali būti elektromechaniniai,

puslaidininkiniai ir mikroprocesoriniai (kodiniai kelio transiteriai). Transiteris per relę ir kodų transformatorių maitina bėgių grandinę. Traukiniui važiuojant bėgiai yra užtrumpinami, bėgiais pradeda tekėti srovė. Srovės stipris priklauso nuo lokomotyvo vietos bėgių atkarpoje ir yra normuojamas nuo 1,4 iki 25 A (Pustov 2001).

Šios srovės sukuriama kintamas magnetinis laukas priimamas lokomotyvo priekyje esančiomis priėmimo ritėmis (1 pav.).



1 pav. Bendra ALS struktūra

Apdorojus ir dešifravus signalus, atitinkamas signalas įjungiamas lokomotyvo prietaisų skydelyje (Augutis et al. 2012).

Lietuvos geležinkeliuose naudojama mikroprocesorinė kompleksinė saugos aparatūra (toliau – KLUB-U), gaminama Rusijos Federacijoje (Pustov 2001).

Yra dvi šios aparatūros versijos: universali (KLUB-U) ir specializuota (KLUB-UP). Naujos kartos mikroprocesorinė sistema KLUB-U yra visiškai suderinama su ALS sistema ir gali priimti bei apdoroti ALS signalus, perduodamus 25, 50 ar 75 Hz centriniu dažniu. Taip pat KLUB-U yra suderinama su stabdžių valdymo sistema. Pagrindinės KLUB-U funkcijos: ALS signalų priėmimas, dešifravimas ir atvaizdavimas lokomotyvo prietaisų sky-

delyje, leidžiamoji greičio kontrolė, priklausomai nuo esančio šviesoforo signalo, automatinis traukinio stabdymas ruože su draudžiamuoju šviesoforo signalu (Augutis et al. 2010).

KLUB-U sistemos įranga susideda iš atskirų blokų, tarpusavyje bendraujančių CAN protokolu. Kiekvienas blokas yra atskiras įrenginys, atliekantis tam tikras funkcijas (2 pav.).

Pagal pobūdį ALS sutrikimai gali būti skirstomi į dvi grupes: sutrikimai, atsirandantys dėl kodinių signalų parametrų nukrypimų nuo užduotų specifikacijų ribų, bei sutrikimai, atsirandantys dėl išorinių trikdžių (Leonov 1982).

Kitos šios galimos ALS sistemos sutrikimų priežastys: nutrukę suvirinti laidininkai, šalia naudojamų bėgių palikti gulintys nenaudojami bėgiai, bėgių įsimagnetinimas, per kontaktinių atramų įžeminimus susidarę srovės nutekėjimai.

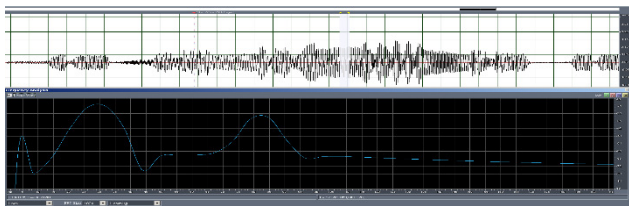
Trikdžių priežasčių tyrimų metu pastebėta, kad trikdžiai susiję su traukinio tipu bei jo greičiu. Stoties zonoje trikdžiai paprastai chaotiški, mažiau pastebimi kintant greičiui (lėtėjant) (Jukljaev, Sahano 2007).

Kita galima trikdžių priežastis – elektrinė trauka. Kelių ruožuose su elektrine trauka traukiniui važiuojant bėgiais teka kelių kA srovė, sukuriama magnetinius laukus aplink laidininkus, taip pat ir bėgius. Tokie magnetiniai laukai gali iškraipyti priimamus ALS signalus (Serdjuk, Gavrilyuk 2005).

JAV siūlomi įvairūs problemų sprendimo būdai. Tarp jų – siūlymas signalinėse grandinėse naudoti dvi atskiras grandines signalams tam, kad nesusidarytų uždara grandinė bei sistema, aptinkanti sutrikimus grandinėse. Tačiau apie praktinį šių pasiūlymų įgyvendinimą duomenų nerasta. Vis dėlto, JAV geležinkelių sistema turi kelis privalumus palyginti su Lietuvoje naudojama sistema. Ten naudojami elektriniai kodų transiteriai, kurių generuojamų signalų parametrai neturi priklausomybės nuo grandinių impedanso. Taip pat moderniose linijose yra naudojami bėgiai be izoliuotųjų sandūrų (Yerge 2003).



2 pav. Kompleksinė unifikuotos lokomotyvo saugos sistema



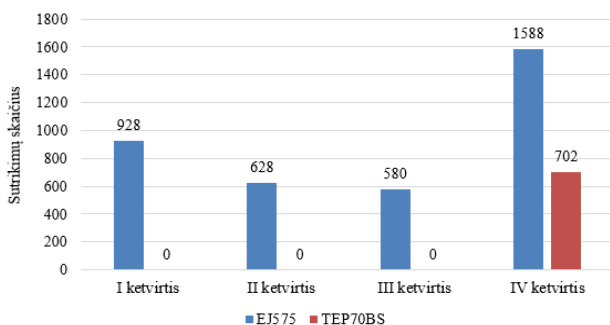
3 pav. Spektro analizatoriaus oscilograma kintant greičiui

KLUB-U sistemos trūkumus pripažįsta ir šios sistemos kūrėjai. Jų nuomone, siekiant tobulinti KLUB-U sistemą, pirmiausia būtina padidinti ALS signalų priėmimo stabilumą. Reikalinga išsami ALS signalų priėmimo būdų analizė esant didžiausiems naudingo signalo išskrypimams (Šuhina, Zorina 2014).

Lietuvoje buvo analizuojamas ALS kodų sutrikimų skaičiaus pasiskirstymas laike (pagal metų ketvirčius), pagal vietą (kuriame tarpstotyje ir kodėl įvyksta sutrikimai) bei sutrikimų skaičiaus priklausomybė nuo traukinio greičio. Toliau pateikiami šios analizės rezultatai.

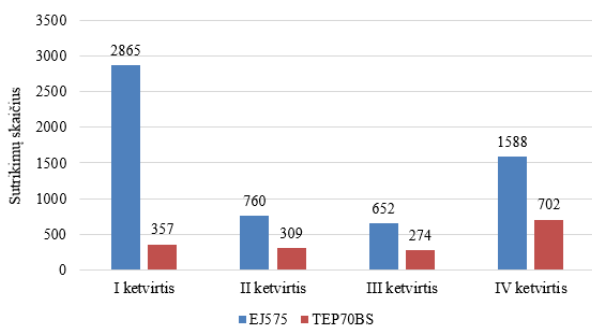
ALS kodų sutrikimų skaičiaus pasiskirstymo laike tyrimas

Išanalizuoti EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų skaičiai per 2012–2014 m. 2012 m. TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų skaičiai yra žinomi tik keturių paskutinių mėnesių. ALS kodų sutrikimų skaičius ketvirčiais pateiktas (4–6 pav.).



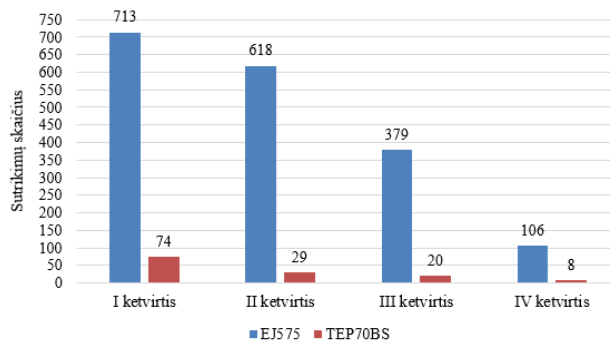
4 pav. EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų per 2012 metus skaičiaus diagrama

2012 m. EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų skaičiaus diagramoje pastebėta, kad šis skaičius yra didžiausias I ir IV ketvirčiais.



5 pav. EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų per 2013 metus skaičiaus diagrama

2013 m. EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų skaičiaus diagramoje ketvirčiais pastebėta, kad šis skaičius yra didžiausias I ir II ketvirčių.



6 pav. EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų per 2014 metus skaičiaus diagrama

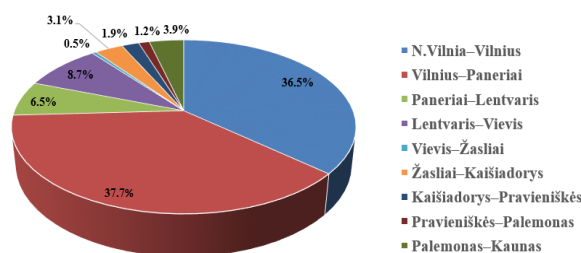
2014 m. EJ575 ir TEP70BS traukinių ALS kodų sutrikimų skaičiaus diagramoje pastebėta, kad jis yra didžiausias I ketvirčių.

Apibendrinus ALS kodų sutrikimų skaičiaus pasiskirstymo pagal ketvirčius diagramas akivaizdu, kad daugiausiai sutrikimų būna ketvirtyje, į kurį patenka žiemos laikotarpis: I arba IV. Todėl galima pagrįstai daryti išvadą, kad sutrikimų skaičių iš dalies lemia meteorologinės sąlygos (pvz.: drėgmė, šaltis).

ALS kodų sutrikimų skaičiaus pasiskirstymo pagal vietą tyrimas

Tyrimui panaudoti EJ575 elektrinių traukinių, eksploatuojamų ruože Kaunas-N. Vilnia, 2012–2014 metų statistiniai duomenys. Visi tarpstočiai nagrinėjamame ruože išdėstyti nuosekliai, o traukinys juos visus iš eilės pravažiuoja.

2012 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė (ALS kodų sutrikimų skaičiaus procentinis pasiskirstymas pagal tarpstočius) pateikta 7 paveiksle.



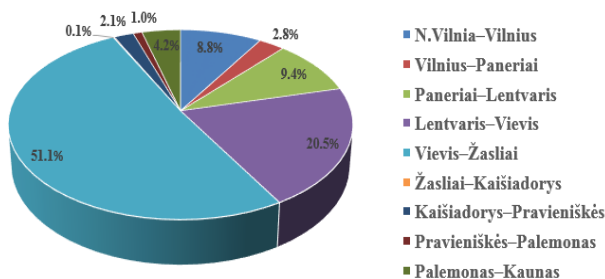
7 pav. 2012 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė

2012 m. daugiausia ALS kodų sutrikimų užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Vilnius–Paneriai: iš viso 156 (tai sudaro 37,7 procentų visų sutrikimų), iš jų 109 tik gegužės mėnesį. Mažiausiai užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Vievis–Žasliai: 2 sutrikimai.

Nelyginiame kelyje daugiausia 113 ALS kodų sutrikimų užfiksuota tarpstotyje Palemonas–Kaunas, iš jų 17

buvo spalio mėnesį. Mažiausiai nelyginiame kelyje užfiksuota tarpstotyje Pravieniškės–Palemonas: 1 sutrikimas gruodžio mėnesį.

2013 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė pateikta 8 paveiksle.

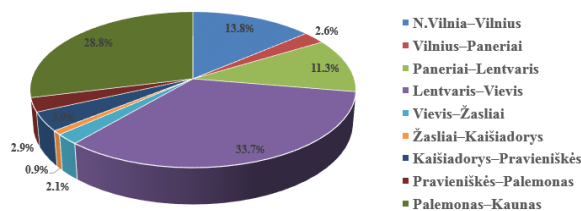


8 pav. 2013 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė

2013 m. ALS kodų sutrikimų daugiausiai užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Vievis–Žasliai 797. Mažiausiai užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Palemonas–Pravieniškės: 2 sutrikimai.

ALS kodų sutrikimų daugiausiai užfiksuota nelyginiame kelyje tarpstotyje Lentvaris–Vievis – 435.

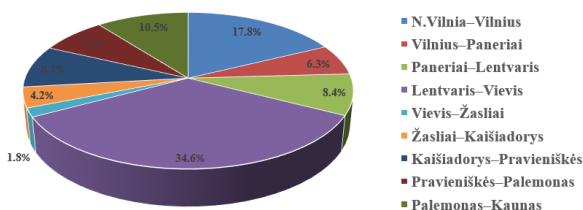
2013 m. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė pateikta 9 paveiksle.



9 pav. 2013 m. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė

Mažiausiai nelyginiame kelyje užfiksuota tarpstotyje Žasliai–Kaišiadorys (10 sutrikimų, arba 1 procentas).

2014 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė pateikta 10 paveiksle.

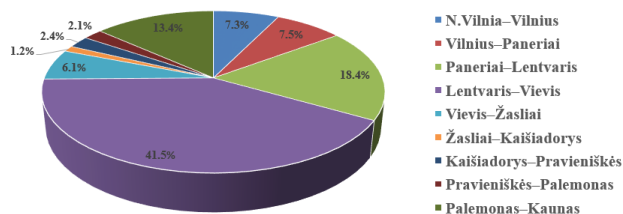


10 pav. 2014 m. ruožo Kaunas–Naujoji Vilnia EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė

2014 m. ALS kodų sutrikimų daugiausiai užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Lentvaris–Vievis (176 arba 41,5 procentų).

Mažiausiai užfiksuota lyginiame kelyje tarpstotyje Žasliai–Vievis (6).

2014 m. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė pateikta 11 paveiksle.



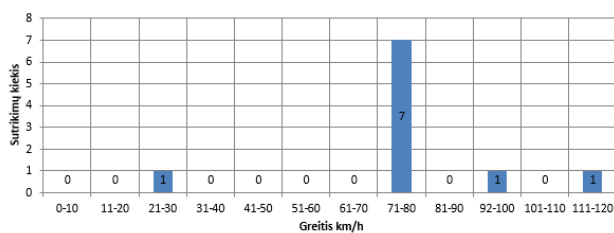
11 pav. 2014 m. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė

ALS kodų sutrikimų daugiausiai užfiksuota nelyginiame kelyje tarpstotyje Lentvaris–Vievis (115 arba 41,5 procentų). Mažiausiai nelyginiame kelyje užfiksuota tarpstotyje Žasliai–Kaišiadorys – 5 sutrikimai.

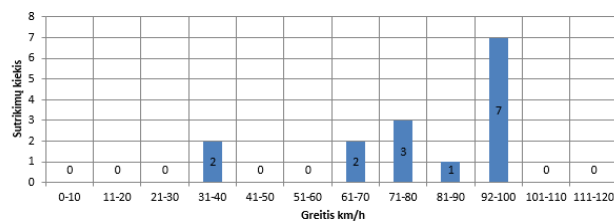
Apibendrinant 7–11 paveikslų duomenis galima daryti išvadą, kad egzistuoja tarpstočiai, kuriuose ALS kodų sutrikimų įvyksta akivaizdžiai daugiau, nei kitur. Pasitaiko atvejų, kai iš 9 ar 10 tarpstočių viename tarpstotyje įvykusių sutrikimų skaičius sudaro iki 50 procentų nuo visų sutrikimų (8 pav.).

ALS kodų sutrikimų skaičiaus priklausomybės nuo traukinio greičio tyrimas

2015 m. sausio mėn. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas ruožo EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė (nelyginiam keliui) pateikta 12 paveiksle.



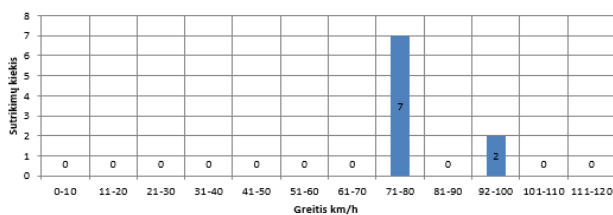
a)



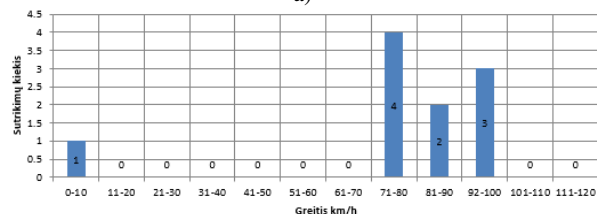
b)

12 pav. 2015 m. sausio mėn. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas ruožo EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė: a) – nelyginiame kelyje ir b) – lyginiame kelyje

2015 m. vasario mėn. ruožo N. Vilnia–Kaunas ruožo EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė (nelyginiam keliui) pateikta 13 paveiksle.



a)



b)

13 pav. 2015 m. vasario mėn. ruožo Naujoji Vilnia–Kaunas ruožo EJ575 traukinių ALS kodų sutrikimų suvestinė:
a) nelyginiame kelyje ir b) lyginiame kelyje

Vertinant 2015 m. sausio ir vasario mėnesių EJ575 traukinių ALS sistemos sutrikimų priklausomybę nuo traukinio greičio, pastebėta, kad kai greitis neviršija 70 km/h, pasireiškėdavo ALS sistemos sutrikimų pavieniai atvejai (1 arba 0 per mėnesį). Greičiui viršijus 70–100 km/h, sutrikimų atsiradavo daugiau (3–7 per mėnesį). Sutrikimai atsiranda dėl galimų bėgių įmagnetinimų, galimų kodinių signalų parametrų nukrypimų nuo užduo-

tų specifikacijų ribų ar lokomotyvui kertant sandūrą tarp dviejų bėgių grandinių.

Išvados

1. Apibendrinus ALS kodų sutrikimų skaičiaus pasiskirstymo pagal metų ketvirčius dėsningumus nustatyta, kad daugiausiai sutrikimų būna ketvirtyje, į kurį patenka žiemos laikotarpis: I arba IV. Taigi galima pagrįstai daryti išvadą, kad ALS sutrikimų skaičių iš dalies lemia meteorologinės sąlygos (pvz.: drėgmė, šaltis).

2. Egzistuoja tarpstočiai, kuriuose ALS kodų sutrikimų įvyksta akivaizdžiai daugiau, nei kitur. Pasitaiko atvejų, kai iš 9 ar 10 tarpstočių viename tarpstotyje įvykusių sutrikimų skaičius sudaro iki 40 procentų nuo visų sutrikimų ruože Lentvaris–Vievis, dėl trumpų bėgių grandinių.

3. Išnagrinėjus ALS sistemos sutrikimų priklausomybę nuo traukinio greičio, pastebėta, kad kai greitis neviršija 70 km/h, pasireiškėdavo ALS sistemos sutrikimų pavieniai atvejai (1 arba 0 per mėnesį), o greičiui viršijus 70–100 km/h, sutrikimų atsiradavo daugiau (3–7 per mėnesį).

4. Norint išvengti ALS kodų sutrikimų, žiemos laikotarpiu, kai kuriuose tarpstočiuose (pvz., Vilnius–Paneriai) EJ575 elektriniams traukiniams reikėtų vengti greičių nuo 70 iki 80 ir nuo 90 iki 100 km/h, dėl traukos variklio maksimalios apkrovos ir bėgių įmagnetinimo.

Literatūra

- Augutis, V.; Gailius, D.; Misevičius, R.; Juraška, M. 2012. Measurements and Processing of Signals Used in a Cab Signaling System, *Electronics and electrical engineering* 18(9): 27–30.
- Augutis, V.; Gailius, D.; Misevičius, R.; Pronko, V. 2010. Analysis of Influence of Disturbing Signals Caused by Rail Magnetization to a Cab Signaling System, *Elektronics and Electrical Engineering* 101(5): 103–106.
- Yerge, T. W. 2003. Electronic code generating circuit for use in railroad signaling systems. US Patent No. 6592081. Application number: 09/794. 324 p.
- Marengo, D. 1993. Railroad signal system US Patent No. 5178349.
- Serdjuk, T. N.; Gavriljuk, V. I. 2005. Experimental investigation of influence of A.C. traction current on the rail circuits, in *Proc. of the IEEE 6th International Symposium on Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology*. IEEE, p. 44–46.
- Зорина, Е. Е.; Астрахана, В. И. 2008. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У). Под ред. В. И. Москва: ГОУ «Учебнометодический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 177 с.
- Леонов, А. А. 1982. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации. Москва: Транспорт, 256 с.
- Поупе, О.; Дмитриев, В. С.; Кравцов, Ю. А.; Степенский, Б. М. 1981. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка. Москва: Транспорт, 320 с.
- Пустов, В. Н. 2001. Инструкция по техническому обслуживанию автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) и устройств контроля бдительности машиниста. МПСРФ. ЦТ-ЦШ-857 с.
- Шухина, В. И.; Зорина, Е. Е. 2006. КЛУБ-У: ближайшие перспективы. Евразия Вести. <http://www.eav.ru/publ1.php?page=1&publid=2006-05a04>.
- Юкляев, В. П.; Сахно, В. Н. 2007. Поиск сбоев в работе АЛСН, *Летоматика, связь, информатика* 3: 13–16.