

GELEŽINKELIO EISMO VALDYMO SISTEMŲ TYRIMAS

Darius Gaidelis¹, Šarūnas Mikaliūnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹d.gaidelis@litrail.lt; ²sarunas.mikaliunas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje lyginamos geležinkelyje naudojamos eismo valdymo sistemos. Analizuojami jų privalumai ir trūkumai. Apžvelgta įvairiose šalyse naudojamų geležinkelio eismo valdymo sistemų raida bei aptariamasis tolesnis jų plėtojimas. Analizuojamos šių mikroprocesorinių eismo valdymo sistemų pritaikymo Lietuvoje galimybės. Siekiant pagrįstai tai išsiaiškinti atlikta Lietuvos geležinkeliais vežtų krovinių analizė ir įvertintas įvairiais kelių ruožais vežtų krovinių skaičiaus netolygumas. Analizuota kiek traukinių sulaikyta dėl eismo valdymo sistemų gedimų per paskutinius kelerius metus. Apskaičiuotos naujai įrengiamos mikroprocesorinės eismo valdymo sistemos įdiegimo geležinkelio stotyje sąnaudos bei šių sistemų atspirkimo laikas ir darbuotojų poreikis.

Reikšminiai žodžiai: geležinkelių transportas, eismo valdymo sistemos.

Įvadas

Geografinė padėtis nulėmė, kad Lietuva yra tranzito kraštas, nors ir nedidelis, bet reikšmingas ruožas Rytų–Vakarų geležinkelių linijoje. Tai patvirtina ir beveik 150 metų Lietuvos geležinkelio istorija, gana tiksliai atitinkanti XIX–XX amžiaus Lietuvos istorinius, ekonominius, politinius įvykius. Karai bei revoliucijos, derinę visos mūsų šalies raidą prie stiprių Rytų ir Vakarų valstybių poreikių „persiuvinėjo“ ir Lietuvos geležinkelio vėžės plotį pagal Rusijos ar Vakarų Europos reikalavimus.

Geležinkelių automatikos sistemos – tai techninės priemonės, užtikrinančios saugų traukinių eismą ir automatizuojančios jų valdymą. Jas sudaro geležinkelių stočių ir tarpstočių automatikos signalizacijos įrenginiai (SI), kuriuos naudojant rengiami traukinių maršrutai, valdomas ir kontroliuojamas traukinių eismas.

Šiuo metu eismas Lietuvos geležinkeliais valdomas Rusijoje suprojektuotomis ir pagamintomis relinės signalizacijos sistemomis. Nustatyta, kad dauguma šios sistemos įrenginių pasenę: apie 40 % jų eksploatuojami jau 30 metų, kiti 40 % – 20 metų ir tik 20 % stočių signalizacijos įrenginių eksploatuojami mažiau kaip 15 metų. Daugumos stočių ir tarpstočių signalizacijos įranga suprojektuota pagal keturiasdešimties, trisdešimties metų senumo tipinius projektus. Šie techniniai projektai ir įrenginiai nebeatitinka šiuolaikinių saugaus traukinių eismo ir vežimų organizavimo reikalavimų.

Įdiegus naujus, šių dienų reikalavimus atitinkančius signalizacijos įrenginius ženkliai sumažėtų neigiamų faktorių, turinčių įtakos traukinių eismo saugumui ir eismo intensyvumui, krovinių bei vagonų apyvartai ir kitiems

geležinkelių transporto eismo rodikliams. Siekiant integruotis į ES transporto tinklus ir užtikrinti aukštos kokybės transporto paslaugas, pasenusių eismo valdymo ir kontrolės sistemų, įrenginių keitimas bei modernizavimas Lietuvos geležinkelyje yra vienas pagrindinių geležinkelių infrastruktūros pertvarkymo tikslų.

Eismo valdymo sistemų kūrimo apžvalga

Pirmosios kompiuterinės geležinkelių eismo valdymo sistemos pradėtos naudoti 1970-ųjų metų pabaigoje. Tolesnis jų plitimas įvairiose šalyse daugeliu atvejų priklausė nuo nacionalinių transporto eismo valdymo sistemų diegimo geležinkeliuose koncepcijų. Šiuolaikines mikroprocesorines eismo valdymo sistemas gamina Europoje ir pasaulyje plačiai žinomos švedų „Bombardier Transportation“ (ankstesnis pavadinimas – ADTRANZ), SIEMENS (Vokietija), ALCATEL (Austrija) ir ALSTOM (Ispanija) įmonės. Šios įmonės savaip sprendė eismo automatizavimo sistemų kūrimo klausimus. 1978 metais pirmąją tokią elektroninę valdymo sistemą EBILOCK Gioteburge įdiegė Švedijos bendrovė „Ericsson Signal“. Dabar ši įmonė priklauso bendrovei ADTRANZ, kuri susiliejo su transporto sektoriuje dabar neegzistuojančiu koncernu AEG. EBILOCK sistemai priskiriamas visas eismo valdymo sistemų spektras. Tai – EBILINE tarpstočio automatinės blokuotės sistema, pervažos signalizacijos EBIGATE sistema. Be to, dar sukurta traukinių eismo valdymo centro sistema EBICOS bei automatinės lokomotyvų signalizacijos sistema EBICAB. Šiuo metu EBILOCK sistema daugiausiai naudojama Skandinavijoje.

Eismo valdymo sistemų palyginimas

Penkiasdešimt šešiose AB „Lietuvos geležinkeliai“ stotyse traukinių eismą valdo blokinė eismo valdymo sistema, dvidešimt šešiose – relinė, devyniolikoje – rakinamoji ir tik vienuolikoje – mikroprocesorinė.

Eismo valdymo sistemos pagal jų eksploatacijos pradžios laiką pasiskirsto taip:

- iki 1970 metų – 9;
- iki 1980 metų – 35;
- iki 1990 metų – 39;
- iki 2000 metų – 9;
- po 2000 metų – 20.

Traukinių eismui tarpstočiuose valdyti dažniausiai įrengiama kelio blokuotė (Techninio geležinkelių naudojimo nuostatai 1998). Automatinė blokuotė – tai traukinių eismo tvarkymo pagal tarpstočio šviesoforus įranga. Kelių, kuriuose įrengta automatinė blokuotė, ilgis yra 545 km. Iš jų vienkelių ruožų – 268 km, dvikelių ruožų – 277 km.

Relinė pusiau automatinė blokuotė – tai intervalinė traukinių eismo tvarkymo neintensyvaus eismo ruožuose įranga (Geležinkelių eismo taisyklės 2000). Kelių, kuriuose įrengta pusiau automatinė blokuotė ilgis yra 1 052 km. Iš jų vienkelių ruožų – 968 km, dvikelių ruožų – 85 km.

Tarpstotis, kuriame įrengta automatinės kelio blokuotės sistema, yra suskaidytas į atskirus 1–2,6 kilometro ilgio ruožus, o kiekvienas blokuojamas ruožas atitveriamas tarpstočio šviesoforis (Lingaitis *ir kt.* 2009). Ši sistema kontroliuoja traukinio buvimo tarpstotyje vietą, todėl leidžiamas kelių ta pačia kryptimi vienu metu važiuojančių traukinių eismas to paties tarpstočio atskiruose blokuojamuosiuose ruožuose.

Pusiau automatinės kelio blokuotės sistema traukinio buvimo vietos tarpstotyje nekontroliuoja, todėl šiuo atveju tame pačiame tarpstočio kelyje vienu metu gali būti tikrai vienas traukinys.

Įdiegtos automatinė ir pusiau automatinė kelio blokuotės sistemos mažiausiai 25 % padidina pralaidumą vienkeliame ruože. Tai leidžia išvengti brangiai kainuojančių antrųjų kelių tarpstočiuose tiesimo. Mikroprocesorinių automatinės kelio blokuotės sistemų su centralizuotu valdymo ir kontrolės įrangos išdėstymu įdiegimas išlaidas sumažina iki 60 % (Lingaitis *ir kt.* 2009).

Geležinkeliais vežamų krovinių analizė

Skirtingais kelio ruožais vežamų krovinių kiekis ženkliai skiriasi, todėl prieš parenkant ir įdiegiant naują eismo

valdymo sistemą, būtina išanalizuoti modernizuojamo ruožo apkrovimo netolygumus bei įvertinti ruožo efektyvumą.

Ruožu vežamų krovinių netolygumo rodiklis yra grįžtamumo koeficientas. Jis rodo tuščia kryptimi vežamų krovinių santykį su krauta kryptimi vežamu krovinių kiekiu.

Vežimų apkrovimo netolygumo rodiklio koeficientas – tai maksimalus per mėnesį vežtų krovinių kiekio santykis su vidutiniu mėnesiniu vežtų krovinių kiekiu per metus. Šio koeficiento vidutinė reikšmė visiems kroviniams – 1,05. Dėl vežimų geležinkeliais netolygumo būtina turėti krovinių praleidžiamumo rezervą, lokomotyvų ir vagonų atsargas, išlaikyti papildomus darbuotojus, kurie visiškai išnaudojami vežimų efektyvumui pasiekus maksimumą. Tokiu laikotarpiu ruožuose atsiranda žinomų traukinių praleidžiamumo sunkumų.

Ruožų apkrovimo netolygumas vertinamas netolygumo koeficientu:

$$k_{apkr.netol.} = \frac{L_r}{\sum m \cdot s}, \quad (1)$$

čia: L_r – ruožo ilgis, km; m – rida; s – laikas.

Ruožų apkrovai įvertinti pasirinkti: du dvikeliai ruožai ir keturi vienkeliiai ruožai (žr. lentelę).

Atlikus ruožų apkrovos ir ridos netolygumų analizes galima teigti, kad ruožai apkrauti netolygiai. Įvertinus ruožų apkrovos netolygumo koeficientus galima efektyviau planuoti riedmenų naudojimą ir racionaliau parinkti ruože diegiamas modernias eismo valdymo sistemas.

Signalizacijos sistemų gedimų ir sulaikytų traukinių analizė

Atlikus gedimų ir sulaikytų traukinių analizę (žr. pav.) matyti, kad sulaikytų traukinių skaičius akivaizdžiai priklauso nuo signalizacijos gedimų skaičiaus (2001–2007 metų signalizacijos įrenginių veikimo sutrikimų analizė). Per kelis paskutinius metus diegiant naujas eismo valdymo ir signalizacijos sistemas, signalizacijos gedimų skaičius sumažėjo nuo 344 iki 240, o tuo pačiu ženkliai, t. y. nuo 135 iki 101 sumažėjo ir sulaikytų traukinių skaičius. Tai rodo, kad signalizacijos įrenginių modernizavimas stotyse ir tarpstočiuose naudingas, nes mažina signalizacijos gedimų ir sulaikytų traukinių skaičių.

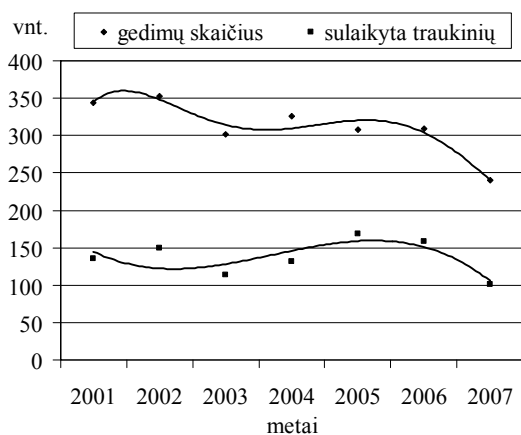
Nuo traukinių, sulaikytų dėl signalizacijos gedimų, skaičiaus priklauso bendra keleivių ir krovinių vežimo trukmė. Kuo ilgiau traukiniai užtruks stotyse ar tarpstočiuose, tuo didesnių nuostolių patirs geležinkelių trans-

Lentelė. Ruožų ridos netolygumų analizė

Table. The analysis of non-uniformity of runs on various routes

Ruožo pavadinimas	X_1	X_2	X_3	X_4	\bar{X}
Kaunas–Jiesia	0,16300	0,13000	0,13600	0,01710	0,01500
Lentvaris–Vievis	0,00031	0,00032	0,00033	0,00030	0,00032
Valčiūnai–Kyviškės	0,00076	0,00078	0,00084	0,00074	0,00078
Šeštokai–Kalvarija	0,02030	0,01570	0,01770	0,01880	0,01813
Vaidotai–Paneriai	0,00260	0,00240	0,00180	0,00200	0,00220
Palemonas–Gaižiūnai	0,00550	0,00480	0,00440	0,00400	0,00468

Pastaba: X_1, X_2, X_3, X_4 – ketvirtinė lokomotyvo rida; \bar{X} – vidutinė lokomotyvo rida.



Pav. Signalizacijos sistemų gedimų ir sulaikytų traukinių dinamika

Fig. The dynamics of failures of signaling systems and delayed trains

portu krovinius vežančios bendrovės. Norint, kad keleivių ir krovinių vežimai Lietuvos geležinkeliais neužtruktų ilgiau nei gretimose šalyse, šių vežimų apimtys didėtų, reikia siekti, kad eismo valdymo ir signalizacijos gedimų ir sulaikytų traukinių skaičius būtų minimalus.

Mikroprocesorinės eismo valdymo sistemos įdiegimo sąnaudos

Automatikos ir ryšių ūkis vaidina labai svarbų vaidmenį garantuojant saugų ir tikslų traukinių eismą. Didinant traukinių greitį bei kelių praleidžiamą pajėgumą tampa labai svarbus nenutrūkstamas ir patikimas ryšys tarp geležinkelių transporto padalinių, laiku perduodama informacija ir kiti nurodymai. Nuo automatikos, telemechanikos bei ryšių plėtojimo priklauso vežimų kultūra bei efektyvus geležinkelių transporto priemonių naudojimas. Krovinius vežant kelių rūšių transporto priemonėmis, tai lemia ir kitų rūšių transporto priemonių naudojimo efektyvumą. Automatikos ir ryšių ūkyje dirba 5,5 % darbuotojų ir jame sunaudojama 4,8 % vežimams skirtų lėšų.

Automatinė blokuotė užtikrina eismo saugumą ir didina praleidžiamą pajėgumą. Dvikeliuose ruožuose su keturženkliais šviesoforais gali būti nustatytas 3 min., o su triženkliais – 6–8 min. intervalas tarp traukinių. Dvikeliuose ruožuose, kuriuose yra įrengta automatinė blokuotė, o stotyse – elektrinis iešmų perjungimas, praleidžiamą pajėgumą galima padidinti iki 180–220 traukinių porų per parą, o tai yra 3–3,5 karto daugiau nei ruožuose, kuriuose įrengta telefono telegrafo sistema ir 2–2,5 karto daugiau nei ruožuose, kuriuose įrengta automatinė blokuotė.

Įdiegus naują modernią iešmų ir signalų valdymo įrangą iš vieno centro galima valdyti iešmus bei signalizacijos įrenginius visame 150–200 km ruože. Gerokai sumažėja budinčių iešmininkų postų bei stoties budėtojų skaičius.

Stotyse įrengiama elektrinė iešmų ir signalų centralizacijos įranga 15–20 % padidina stoties ir aplinkinių tarpstočių praleidžiamą pajėgumą. Naudojant relinę mikroprocesorinę eismo valdymo sistemą, relių skaičius vidutiniškai sumažėja nuo 80 iki 23 skaičiuojant vienam stoties iešmui (Geležinkeliai. Bendrasis kursas 2009).

Kai prietaisai valdomi elektra, maršruto paruošimas trunka nuo 10 s iki 1 min, o kai prietaisai valdomi rankiniu būdu, tai trunka 10–15 min.

Pagrindinės eksploatacinės sąnaudos automatikos ūkyje susidaro dėl išlaidų medžiagoms, degalams, elektros energijai, darbo užmokesčiui ir kitoms išlaidoms.

Apskaičiuosime mikroprocesorinės eismo valdymo sistemos įdiegimo stotyje sąnaudas:

- signalizacijos įrenginiai – 335 tūkst. Lt;
- lauko įranga ir kabeliai – 629 tūkst. Lt;
- posto vidaus įranga ir kabeliai – 1,9 mln. Lt;
- signalizacijos įrenginių įrengimo ir bandymo išlaidos – 653 tūkst. Lt.

Iš viso signalizacijos įrenginiams, jų įrengimui ir bandymams bus sunaudota daugiau nei 3,5 mln. Lt.

Šios sistemos įrengimas pakankamai brangus, bet tai yra ilgalaikė ir įvairiapusišką naudą teikianti investicija.

Mikroprocesorinės eismo valdymo sistemos atsipirkamumas

Modernizavus stotis ir įdiegus naują mikroprocesorinę eismo valdymo sistemą, akivaizdžiai sumažės įrenginių skaičius, todėl mažės ir sutrikimų skaičius, didės visos sistemos patikimumas, padidės traukinių eismo saugumas ir pagerės darbo sąlygos. Didelį relių skaičių, gremėzdžius pultus ir švieslentes pakeis mikroprocesoriai ir patogios automatizuotos operatorių darbo vietos. Bus sumažintas eismo organizavimo darbuotojų, iešmininkų skaičius. Mažų stočių įrenginius bus galima valdyti ir kontroliuoti jų darbą iš centrinio valdymo skyriaus.

Žinodami stotyse dirbančių darbuotojų skaičių ir pareigas galime apskaičiuoti lėšų darbuotojų algoms poreikį.

Skaičiuojant atlygį už išstarnautus metus daroma prielaida, kad darbuotojai vidutiniškai dirbo maždaug 10 metų, o tai sudaro 15 % tarifinio atlygio. Įvertinamas premijos dydis – 50 % dirbantiems lauko sąlygomis ir 45 % – visiems kitiems.

Stotyse, kuriose įrengta rakinamoji eismo valdymo sistema (Pabradė) algoms per metus išmokama daugiau kaip 600 tūkst. Lt.

Stotyse, kur įrengta relinė (Dūkštas) ir blokinė (Kirtimai) eismo valdymo sistemos algoms per metus išmokama daugiau nei 400 tūkst. Lt.

Įrengus mikroprocesorinę eismo valdymo sistemą algoms išmokos sudaro tik 150 tūkst. Lt.

Jei rakinamąją eismo valdymo sistemą pakeisime mikroprocesorine, ji atsipirks po 7,5 metų, relinė ir blokinė – po 14 metų.

Išvados

1. Didesnė dalis – apie 80 % signalizacijos įrenginių yra pasenę ir neatitinka saugaus traukinių eismo ir vežimų organizavimo reikalavimų.

2. Naujos mikroprocesorinės eismo valdymo sistemos turi nemažai privalumų. Pagrindiniai jų – didesnis valdymo galimybių spektras, mažesni gabaritai.

3. Įdiegus mikroprocesorinę eismo valdymo sistemą pagerės stoties eksploatavimo rodikliai: iki 3 kartų sumažės aptarnaujančio personalo skaičius, sumažės įrenginių priežiūros sudėtingumas, neišaiškintų sutrikimų skaičius, iki 2 kartų padidės riedmenų pralaidumas.

4. Apskaičiuota, kad rakinamosios eismo valdymo sistemos keitimas mikroprocesorine atsipirktų po 7,5 metų.

5. Siūloma keisti pusiau automatinę kelio blokuotę į automatinę, relinę eismo valdymo sistemą į mikroprocesorinę, nes tokiu būdu galima padidinti vežamų krovinių ir keleivių skaičių Lietuvos geležinkeliais.

Literatūra

2001–2007 metų signalizacijos įrenginių veikimo sutrikimų analizės. Vilnius. AB „Lietuvos geležinkeliai“ geležinkelių infrastruktūros direkcijos, automatikos, ryšių ir elektros tiekimo tarnyba.

Geležinkelių eismo taisyklės. 2000. Informacijos ir leidybos centras. 263 p.

Lingaitis, L. P.; Liudvinavičius, L.; Butkevičius, J.; Podagėlis, I.; Sakalauskas, K.; Vaičiūnas, G.; Bureika, G.; Gailienė, I.; Petrenko, V.; Subačius, R. 2009. *Geležinkeliai. Bendrasis kursas.* Vilnius: Technika. 280 p.

Techninio geležinkelių naudojimo nuostatai. 1998. Vilnius: Informacijos ir leidybos centras. 127 p.

THE ANALYSIS OF RAIL TRAFFIC CONTROL SYSTEMS

D. Gaidelis, Š. Mikaliūnas

Abstract

The systems used for rail traffic control are compared. Their advantages and disadvantages are analysed.

The present and future development of rail traffic control systems in various countries is considered.

The possibility of adapting these microprocessor-based traffic control systems to the conditions of Lithuania is analysed. For this purpose, the analysis of goods transported by Lithuanian railways is made, and the non-uniform amount of goods transported on different road sections is evaluated.

The number of the delayed trains due to the failure of traffic control systems in recent years is determined, the cost of installing a new microprocessor-based traffic control system at the railway station, as well as its repay time and the demand for employees are calculated.

Keywords: railway transport, traffic control systems.