



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Marius Razma

ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Žilvinas Bazaras

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Žilvinas Bazaras

(data)

Recenzentas

(parašas) Habil. dr. Algimantas Bubulis

(data)

Projektą atliko

(parašas) Marius Razma

(data)

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Marius Razma*

1. Projekto tema: ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas

Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas: išanalizuoti ERTMS ir ALSN sistemų sąveikos galimybes Lietuvoje.

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. Palyginti skirtingus vėžės pločių skirtumus.
2. Išsiaiškinti geležinkelio eismo valdymo sistemų ypatumus.
3. Išsiaiškinti, ar Lietuvoje galima įdiegti ERTMS sistemą.
4. Ištirti ERTMS ir ALSN sąveikos galimybes.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 20 d.

Vadovas: _____ Žilvinas Bazaras

(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: _____ Marius Razma

(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Marius Razma

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 18 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Marius Razma**, baigiamasis projektas tema „ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

SUTRUMPINIMAI IR PAAIŠKINIMAI.....	7
SANTRAUKA	8
SUMMARY	9
ĮVADAS.....	10
1.EUROPINĖS IR RUSIŠKOS VĖŽĖS SANKIRTA.....	11
1.1 Plačiojo ir siaurojo geležinkelio vėžės pločiai.....	11
1.2 Sudvejintos vėžės.....	13
1.3 Rail Baltica projektas	14
1.4 Riedmenys.....	15
1.5 Maršrutai ir standartai	15
1.6 Eismo valdymo sistemų kūrimo apžvalga	16
1.7 Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys ir jo sprendimo būdai.....	17
1.8 Eismo valdymo sistemų palyginimas.....	22
1.9 Geležinkeliais vežamų krovinių analizė	23
1.10 Vėžės pločio pakeitimas iš 1520mm į 1435mm	23
1.10.1 Pagalbiniai lokomotyvai	25
1.10.2 Traukinio sąstato perėjimas manevravimo metodu	25
2. ALSN SISTEMA	26
2.1 Signalizacijos sistemų gedimų ir sulaikytų traukinių analizė	26
2.2 Elektrifikuota įranga ir jos būklė	27
2.3 Centralizacija	28
2.4 Traukinių apsaugos sistema	34
2.5 Tarpstočių automatikos problemos	35
2.6 Pusiau automatinės ir automatinės kelio blokuotės	42
2.7 Suomijos ir Estijos povandeninis tunelis	44
3.ERTMS SISTEMA	45

3.1 Pagrindiniai ERTMS sistemos tikslai ir privalumai	45
3.2 ETCS komandų kontrolė ir signalizacijos sistemų	46
3.3 Sistemos suderinamumas	50
3.3.1 Šalikelės posistemis	50
3.3.2 RBC posistemė.....	51
3.3.3 NTG posistemė	52
3.3.4 Eurobalisės posistemis	52
3.3.5 IXL posistemė	52
3.3.6 ATS posistemė	53
3.3.7 Geležinkelių riedmenų posistemis	53
3.3.8. Nuvažiuoto atstumo ir greičio posistemis	54
3.4 ERTMS antro lygio veikimo aprašymas	55
3.4.1 Saugumo pagerinimas	55
3.4.2 Laikinas greičio apribojimas	56
3.4.3 Dinaminė greičio kontrolė	56
3.4.4 Kelio ruožų pasikeitimai	57
3.5 Traukinių informavimas iš stoties.....	58
3.6 Infrastruktūros didinimas	58
3.7 Geležinkelio riedmenų įranga	59
3.8 ERTMS / ETCS programavimas.....	62
3.9 Radijo sąsaja su traukiniu GSM-R sistema.....	64
IŠVADOS	66
DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS	67
LITERATŪROS SARAŠAS	68

SUTRUMPINIMAI IR PAAIŠKINIMAI

ERTMS	- Europos geležinkelių eismo valdymo sistema
ECTS	- Europos traukinių valdymo sistema
ALSN	- buvusios sovietų sąjungos traukinių valdymo sistema
RSI	- rakinamoji sąryšio įranga
RECI	- relinė elektrinė centralizacija su individualiu iešmų valdymu
RECA	- relinė elektrinė centralizacija su automatinių iešmų valdymu
BECI	- blokinė elektrinė centralizacija su individualiu iešmų padėties valdymu
BMRC	- maršrutinė blokinė centralizacija su automatiniu iešmų valdymu
MPC	- mikroprocesorinė centralizacija
NVS	- nepriklausomų valstybių sandrauga
ATP	- automatinė traukinių apsauga
ATC	- automatinė traukinių kontrolė
RBC	- radijo bloko centras
CAB	- lokomotyvo signalizacijos sistema
EVC	- pagrindinis lokomotyvo borto kompiuteris
IXL	- ruožo valdymo sistema
DMI	- sąsaja tarp traukinio ir vairuotojo
NTG	- ryšio perdavimo sąsaja
TSR	- laikinas greičio sumažinimas
EBILOCK	- elektrinė valdymo sistema
ATS/TMS	- traukinio valdymo posistemis

Razma, Marius. ERTMS ir ALSN valdymo sistemų sąveikos galimybių tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. dr. Žilvinas Bazaras; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Reikšminiai žodžiai: ERTMS, ETCS, ALSN, geležinkelio valdymo sistemos, skirtingos vėžės pločiai.

Kaunas, 2016. 69 p.

SANTRAUKA

Lietuvai esant Europos Sąjungos nare yra svarbu turėti greitą, stabilų, patikimą susisiekimą su kitomis Europos Sąjungos šalimis. Tačiau Lietuvoje nuo seno yra nutiesti Rusiškos vėžės pločio bėgiai ir tai apsunkina greitą krovinių pervežimą iš kitų Europos šalių. Tam yra sukurtas ir vykdomas „Rail Baltica“ projektas, kurio metu bus nutiestas koridorius, jungiantis Berlyną - Varšuvą – Kauną – Rygą – Taliną – Helsinkį.

Šiame rašto darbe yra išskiriami trys pagrindiniai skyriai. Pirmame skyriuje nagrinėjama, kokios yra galimybės sujungti Europinę vėžę su Rusiška vėže. Antrame skyriuje yra nagrinėjamos ALSN sistemos galimybės sudarant eismo valdymo grafikus. Trečiame skyriuje yra analizuojamos ERTMS sistemos galimybės jau įdiegtuose ruožuose Europoje ir nurodoma, ar yra galimybė ERTMS sistemą įdiegti Lietuvos geležinkeliuose, bei kas yra reikalinga norint realizuoti ERTMS sistemą.

Razma, Marius. Investigation of the Interaction Possibilities Controlling Systems ERTMS and ALSN. Supervisor prof. dr. Žilvinas Bazaras. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (621E20001)

Key words: ERTMS, ALSN, railway controlling systems, variable gauge.

Kaunas, 2016. 69 p.

SUMMARY

Lithuania is one of the European Union country's therefore it is important for Lithuania to have a fast, stable and reliable connections with other European Union countries. However, Lithuania's railways were built using Russian gauge width, which complicates pace of load transportation to other European countries. The "Rail Baltica" project is being developed and implemented, during which a corridor will be built connecting the Berlin - Warsaw - Kaunas - Riga - Tallinn – Helsinki line.

This thesis consists of three main sections. The first chapter studies the possibilities of combining the European track with Russian track. The second chapter analyzes the possibilities of creating traffic management schedules using ALSN system. The third section analyzes the capabilities of the ERTMS system which is already installed in Europe railways and indicates whether it is possible to install the ERTMS to Lithuanian railways and what is needed to implement the ERTMS system.

ĮVADAS

Temos naujumas. Tiek ES, tiek Lietuvoje yra svarbus geležinkelio transportas, ne tik savo paslaugos teikimu, bet taip pat ir saugumu, ekologiškumu ir patogumu.

ES yra sudarius pagrindinius keliamus tikslus geležinkelio transportui ir juos pateikus Baltojoje knygoje 2001.09.15 COM(2001)370. Pagrindiniai keliami uždaviniai:

- a) Teršalų išmetimą sumažinti 50%
- b) Sunaudojamo kuro efektyvumą padidinti 60%
- c) Keleivių gabenimo srityje padidinti pervežamų keleivių skaičių nuo 6% iki 10%, o krovinių gabenimo srityje nuo 8% iki 15%.

Vienas svarbiausių Lietuvai tarptautinių geležinkelio projektų yra RailBaltica projektas, nes jis sujungia Varšuva – Kauna- Ryga- Taliną. Tai yra Baltijos šalys bus sujungiamos su Vakarų Europos šalimis. Ko pasėkoje, bus naudojama Europietiška vėžė (1435mm vėžės plotis), taip pat naujame ruože turi būti įdiegta Europos geležinkelio eismo valdymo sistema (ERTMS) .

Darbo aktualumas. Literatūroje pakankamai nemažai yra aprašoma geležinkelio eismo valdymo sistemos, tačiau nėra pateikiama daug informacijos apie tai, kokiais būdais galima iš europinės vėžės pločio pereiti į rusišką vėžės plotį. Be to, Lietuvoje nėra diegiama ERTMS sistema, kuri turėtų būti įdiegta Rail Baltica kelyje.

Darbo tikslas. Nustatyti kokios yra naudojamos vėžės, jų skirtumus ir kaip jas galima sujungti, bei nustatyti ar ERTMS sistemą galima įdiegti Lietuvoje.

Darbe formuluojami šie **uždaviniai**:

5. Palyginti skirtingus vėžės pločių skirtumus.
6. Išsiaiškinti geležinkelio eismo valdymo sistemų ypatumus.
7. Išsiaiškinti, ar Lietuvoje galima įdiegti ERTMS sistemą.
8. Ištirti ERTMS ir ALSN sistemų galimybes.

1.EUROPINĖS IR RUSIŠKOS VĖŽĖS SANKIRTA

1.1 Plačiojo ir siaurojo geležinkelio vėžės pločiai

Šiuo metu pasaulyje eksploatuojama daugiau nei 120 skirtingų geležinkelio vėžės pločių. Kai 1814 m. Dž. Stivensonas sukonstravo pirmąjį garu varomą garvežį, jis riedėjo jau anksčiau sukurtais plieniniais bėgiais – geležinkeliu. Dž. Stivensonas pasiūlė geležinkeliams naudoti 4 pėdų ir 8 colių (arba 1422 mm) pločio bėgių vėžę. Tačiau pradėjus tiesti geležinkelius, nei Jungtinėje Karalystėje, nei kitose valstybėse vienodas vėžės standartas nebuvo nustatytas ir imta tiesti skirtingos vėžės geležinkelius. 1826 m. tiesiant Liverpulio – Mančesterio geležinkelį, Dž. Stivensonas panaudojo 4 pėdų ir 8,5 colių (arba 1435 mm) vėžės plotį. Šį vėžės plotį 1846 m. specialiu aktu Jungtinės Karalystės Parlamentas įvardijo geležinkelio vėžės standartu. Visos geležinkelio vėžės siauresnės nei standartinė laikomos siaurojo geležinkelio vėžėmis. Standartinė ir visos didesnio pločio vėžės laikomos plačiojo geležinkelio vėžėmis. Standartinės vėžės pločio geležinkeliai kartais dar vadinami europietiška arba Stivensono vėže.[1]

Plačiuoju geležinkeliu galima gabenti didesnės masės ir apimties krovinius, daugiau keleivių nei siauroju geležinkeliu. Pradėjus tiesti plačiuosius geležinkelius, svarstyta, kokio pločio vėžė yra jiems tinkamiausia. Įvairiose valstybėse ėmė plisti skirtingos vėžės platieji geležinkeliai.

- **Standartinė vėžė** – 1435 mm vėžė. Standartinė vėžė vadinama tik tose šalyse, kur yra naudojama. Standartinė vėžė sudaro didžiausią dalį – maždaug 60% viso geležinkelio tinklo pasaulyje. Jos nedidelė atkarpa (21,8 km) šiuo metu yra ir Lietuvoje – nuo Lenkijos sienos iki Šeštokų. Lietuvoje carinės Rusijos laikais tiesti rusiškosios vėžės geležinkeliai. Pirmojo pasaulinio karo metais geležinkelius Lietuvoje Vokietijos kariuomenė perklojo į standartinę vėžę, o po Antrojo pasaulinio karo vėl grąžinta rusiškoji vėžė.[2]
- **Rusiškoji vėžė** – 1520 mm vėžė. Tai antroji pagal paplitimą pasaulyje geležinkelio vėžė. Carinėje Rusijoje 1842–1851 m. tiesiant geležinkelio liniją tarp Maskvos ir Sankt Peterburgo buvo pasirinkta 1524 mm vėžė. Tokį vėžės plotį nulėmė kelios priežastys – tuomet naudotas patogus atstumo tarp bėgių skaičiavimo vienetas – 5 pėdos (tai atitinka 1524 mm), poreikis vežti didesnės masės ir svorio krovinius, taip pat hipotetinė galimybė ir baimė, kad europiečiai galėtų Rusijoje lengvai panaudoti karinius traukinius. Nuo 1970 m. Tarybų Sąjungoje buvo pereinama nuo senosios 1524 mm vėžės prie naujo, suvienodinto, 1520 mm geležinkelio vėžės standarto. 1520 mm vėžė eksploatuojama Baltijos

valstybėse, NVS šalyse, Gruzijoje, Mongolijoje. Ši vėžė šiuo metu sudaro didžiąją daugumą ir Lietuvos geležinkelių kelių.[3]

- **Rusiškoji (imperinė) vėžė** – 1524 milimetrų. Šio standarto vėžė iki šiol naudojama Suomijoje, nuo pat jos nutiesimo Rusijos imperijos laikais. Suomijoje vėžė niekada nebuvo keista į jokio kito standarto vėžę. Dėl vos kelių milimetrų skirtumo šios vėžės traukiniai gali važiuoti ir 1520 milimetrų vėžės geležinkeliais, ir atvirkščiai. Taip pat 1524 mm vėžė yra naudojama Estijoje. Šaliai paskelbus nepriklausomybę buvo pereita nuo 1520 mm vėžės į 1524 mm vėžę. Perėjimas yra grynai formalus, „popieriuje“: nei buvo perkelti bėgiai, nei pakeisti riedmenys. Perėjimą sąlygojo naudotos technikos įsigijimas iš Suomijos. Tiesiant naujas geležinkelio linijas laikomasi 1524 mm vėžės standarto.[3]

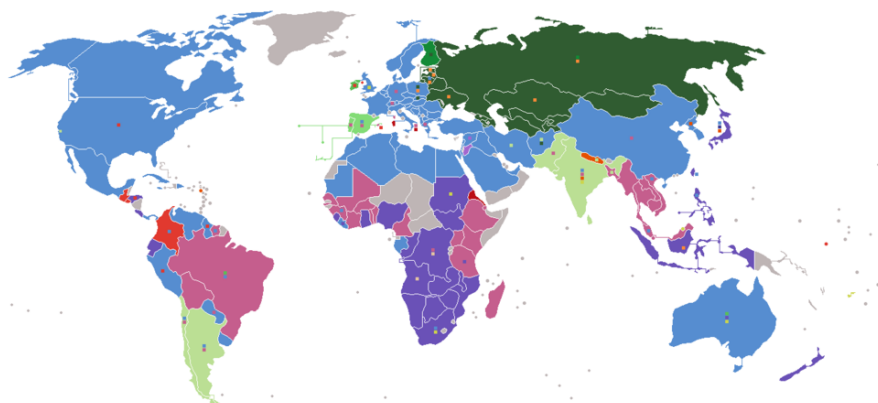
- **Airiškoji vėžė** – 1600 milimetrų vėžė (5 pėdų 3 colių vėžė). Naudojama Airijos saloje (Airijos respublika ir Šiaurinė Airija); taip pat paplitusi Brazilijoje ir keliose Australijos valstijose – daugiausia Viktorijoje ir iš dalies Naujajame Pietų Velse.

- **Iberiškoji vėžė** – 1668 milimetrų vėžė funkcionuoja tik Ispanijoje ir Portugalijoje. 1845 m. Ispanijos vyriausybė nusprendė tiesti šio pločio geležinkelius remdamasi specialaus patariamojo komiteto rekomendacija, kad platesnėje (nei standartinė) vėžėje bus galima naudoti galingesnius ir ekonomiškесnius garvežius. Pastaruoju metu Ispanijoje įrengiant specialias greitųjų traukinių linijas tiesiamos standartinės vėžės geležinkelių atkarpos.[1]

- **Indiškoji vėžė** – 1676 milimetrų vėžė (5 pėdų 6 colių vėžė). Tai didžiausio pločio vėžė iš visų geležinkelių vėžių. Pirmąkart kelios trumpos šios vėžės atkarpos buvo įrengtos Škotijoje ir Kanadoje, tačiau greitai jos buvo perklotos į standartinę vėžę.[1] XIX a. viduryje iš Škotijos kilusio Indijos generalgubernatoriaus sprendimu, Indijoje pradėti tiesti 1676 mm vėžės geležinkeliai. Platesnė nei standartinė, Indiškoji vėžė pasirinkta dėl sudėtingo gamtinio reljefo, baiminantis stiprių masonų ir tikintis, jog galingesni garvežiai bus efektyvesni. Indiškoji vėžė be Indijos, buvo paklota Pakistane, Bangladeše, Šri Lankoje. Indiškoji vėžė sudaro didžiausią geležinkelių tinklo dalį ir Argentinoje, tačiau joje lygiagrečiai yra naudojama ir standartinė vėžė bei kelios siaurojo geležinkelio vėžės. Čilės pietuose naudojama Indiškoji vėžė, šiaurėje – 1000 milimetrų siauroji vėžė.

Daugelyje pasaulio valstybių įrengta kelios dešimtys skirtingų siaurojo geležinkelio vėžių. Siaurąjį geležinkelį paprastai yra pigiau nutiesti, jo mažesni eksploatavimo kaštai, dažniausiai siaurukas tiesiamas kalvotose, sunkiai pasiekiamose vietose, esant mažam gyventojų skaičiui. Siauresni, nei 578 mm vėžės ruožai vadinami minimalios vėžės geležinkeliais. Labiausiai paplitę šios siaurojo geležinkelio vėžės:[1]

- **Siauriausioji vėžė** – 600 milimetrų; nuo Pirmojo pasaulinio karo naudota ir tarpukario Lietuvoje;
- **Siauroji vėžė** – 750 milimetrų. Lietuvoje išlikusios kelios atkarpos: Panevėžys-Rubikiai, Panevėžys-Biržai, Joniškėlis-Linkuva, iš kurių šiuo metu eksploatuojama tik pirmoji atkarpa;
- **Siauroji vėžė** – 914 milimetrų (3 pėdų) vėžė dominuoja Kolumbijoje ir Peru.
- **Vidutinioji vėžė** – 1000 milimetrų (Klaipėdos krašte ši vėžė naudota iki 1946 m.). Vidutinioji vėžė labiausiai paplitusi Brazilijoje, Bolivijoje, Argentinoje, Indijoje, Kenijoje, Ugandoje.
- **Kapo vėžė** – 1067 milimetrų (3 pėdų ir 6 colių) pločio vėžė. Šiuo metu daugiausia paplitusi Pietų ir Centrinėje Afrikoje, Indonezijoje, Japonijoje, Taivane, Filipinuose, Naujojoje Zelandijoje, Ekvadore, Australijos Kvinslando valstijoje. Vėžė šiuo vardu vadinama, nes 1873 m. buvo pradėta tiesti Pietų Afrikos Respublikos Kapo regione.



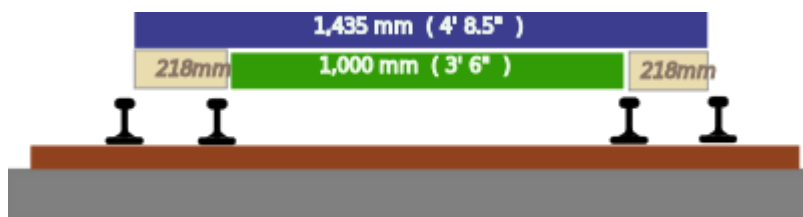
mm	1676	1668	1600	1524	1520	1435	1372	1067	1050	1000	950	914	762	750	610	600
ft in	5'6"	5'5.67"	5'3"	5'	4'11.8"	4'8.5"	4'6"	3'6"	3'5.3"	3'3.4"	3'1.4"	3'	2'6"	2'5.5"	2'	1'11.6"

1.1 pav. Pasulyje esantys vėžės pločiai

1.2 Sudvejintos vėžės

Kai kuriose valstybėse, esant skirtingoms geležinkelio vėžėms, jos gali būti sudvejintos. Tokiais atvejais skirtingų vėžių traukiniai gali judėti ta pačia geležinkelio atkarpa. Sudvejinto geležinkelio atveju, kartais įrengiami trys bėgiai. Iš jų du bėgiai būna išoriniai, vienas vidinis – bendras visiems traukiniams. Kitais atvejais tiesiami keturi bėgiai – du išoriniai ir du vidiniai skirtingo pločio vėžėms. Sudvejintos vėžės geležinkelių tinklai įrengti Australijoje, Šveicarijoje, Brazilijoje, Ispanijoje, Tunise. Lietuvoje 2011 m. pradžioje sudvejinto geležinkelio atkarpa funkcionavo tik ruože tarp Mockavos ir Šeštokų. Planuojama, kad tiesiamo geležinkelio Rail Baltica ruože nuo Šeštokų iki Kauno bus įrengta sudvejinta vėžė dabartinėmis sankasomis, o ten,

kur būtina, naujas standartinės vėžės geležinkelis bus tiesiamas šalia veikiančios rusiškosios vėžės.[4]



1.2. pav. Sudvejetainės vėžės plotis

1.3 Rail Baltica projektas

Rail Baltica – Europos Sąjungos geležinkelio transporto projektas, priimtas 2004 m. balandį Europos Parlamento ir Tarybos sprendimu Nr.884/2004/EK. Juo remiantis, Rail Baltica geležinkelis pripažintas transeuropinio transporto tinklo prioritetiniu projektu. Rail Baltica geležinkeliu siekiama sujungti Lenkiją, Baltijos šalis ir Suomiją bei pagerinti Vidurio ir Rytų Europosjungtį su Vokietija. Projektu numatoma geležinkelio linija sujungti Taliną (Estija) ir Varšuvą (Lenkija) per Rygą (Latvija) ir Kauną(Lietuva). Atkarpa nuo Helsinkio iki Talino būtų jungiama keltų linijomis. Ateityje siūlomas iškasti Helsinkio–Talino tunelis galėtų tiesiogiai geležinkeliu sujungti Taliną ir Helsinkį. Talino – Varšuvos geležinkelio linijos ilgis sieks mažiausiai 950 km.[5]



1.3. pav. Rail Baltica maršrutas

1.4 Riedmenys

Lietuvos riedmenų parke yra 154 magistraliniai lokomotyvai, 141 keleiviniai vagonai ir 9387 krovinių vagonai. Be to, keleivių vežimui naudojami 14 EMU (Electrical Motor Units - Elektriniai traukiniai) ir 47 DMU (Diesel Motor Units - dyzeliniai traukiniai). Riedmenys sukonstruoti pagal Sovietų Sąjungos standartus ir naudojantis Sovietų Sąjungos geležinkelių taisyklėmis, be to dauguma jų pagaminti buvusios Sovietų Sąjungos ar Rusijos Federacijos įmonėse.

Visuose lokomotyvuose naudojami dyzeliniai varikliai su elektrinėmis pavaromis. Iš jų 137 lokomotyvai yra skirti prekių gabenimui, 17 - keleivių vežimui ir 88 - manevravimui.

1.1 Lentelė. Lietuvos geležinkelio riedmenys

Traukinio tipas	Traukinio max greitis	Ašinė apkrova	Galia kW	Sėdimos vietos	Pagaminimo metai
Automatrisė	120	14	385	93	2008-2010
Dyzelinis PESA630MIL	140	18	2x382	140	2008-2010
Dyzelinis RAZ	100	11,2	360	222	2008
Dyzelinis DR1AMV	120	20,5	736	196	1973-1994
Elektrinis ER9M	130	19,1	800	190	1976-1981
Elektrinis EJ575	160	18	2000	327	2008-2010
Lokomotyvas TEP70	160	21,8	2940	-	1991-1994
Lokomotyvas TEP70BS	160	21,8	2940	-	2004
Manevrinis TEMLTH	80	21,5	709	-	2014

1.5 Maršrutai ir standartai

Šiuo metu Lietuvoje veikia dvi skirtingo standarto geležinkelio vėžės – didžioji dalis viso tinklo yra rusiškoji vėžė ir tik 21,8 km ruožas nuo valstybės sienos su Lenkija iki Šeštokų yra standartinės vėžės. Rail Baltica turėtų būti modernaus geležinkelio atkarpa, einanti rekonstruota esama arba naujai nutiesta trasa, kurioje traukiniai judėtų didesniais greičiais.

Buvo svarstomi du galimi Rail Baltica tiesimo variantai. Pagal abu variantus buvo numatoma modernizuoti geležinkelio atkarpą Varšuva – Balstogė – Elkas – Trakiškės iki galimo 160 km/h greičio ir nutiesti naują europietišką vėžę nuo Trakiškių iki Kauno.[6]

Nuo Panevėžio iki Latvijos sienos turėtų būti nutiestas geležinkelis, mat šis atkarpa daug trumpesnė, nei esamas geležinkelis pro Šiaulius. Keliu pro Panevėžį daug greičiau būtų galima pasiekti Latviją ar Lenkiją. Dėl nesutampančių vėžių, Kaune turėtų būti vykdomas prekių perkrovimas. Keleiviai Kaune turėtų persėsti į kitą traukinį. Svarstyta, ar statyti naują standartinės vėžės geležinkelio stotį (siūlyta Kauno priemiestyje Palemone), ar panaudoti esamą geležinkelio infrastruktūrą.

Pagal antrą variantą turėtų būti tiesiamas naujas standartinės vėžės greitasis geležinkelis, kuriuo traukiniai judėtų 240 km/h greičiu, maršrutu Trakiškės – Kaunas – Panevėžys – Ryga – Pernu – Talinas. Pagal ES didelio greičio direktyvą naujos TEN-T linijos turi siekti 240 km/h, tačiau tokį projektą būtų sunku finansuoti.[7]

1.6 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 mikroprocesorinės 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. [8] 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.

1.7 Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys ir jo sprendimo būdai

XX a. pabaigoje Europos Sąjungoje transporto srutai labai išaugo. Vyraujantis vaidmuo čia tenka kelių transportui, kuris pasirodė esąs geriau pritaikytas prie naujosios ekonomikos reikmių. Tai sukėlė nemaža problemų:

1) automobilių grūstys pagrindiniuose keliuose ir miestuose (vien išoriniai kaštai, susiję su transporto grūstimis keliuose, 2000 m. sudarė 0,5 % ES BVP, t. y. apie 56 mlrd. eurų)

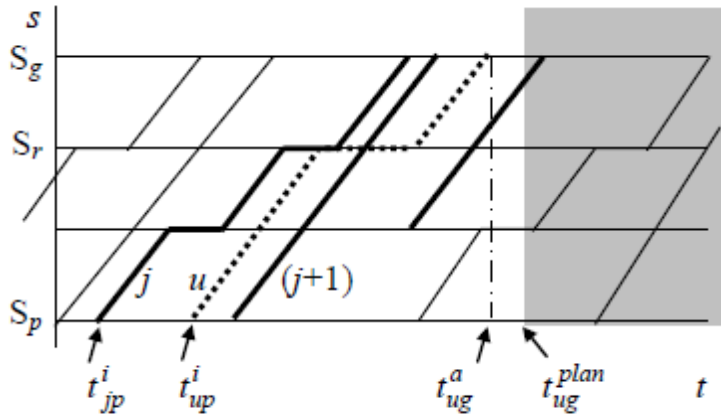
2) žalingas poveikis žmonių sveikatai ir aplinkai (transporto priemonių per metus išmetamų anglies dioksido (CO₂) dujų kiekis 2010 m. gali sudaryti 0,07 % bendrojo atmosferoje esančio šių dujų kiekio)

3) grėsminga nelaimingų atsitikimų keliuose statistika (ES šalių keliuose kasmet žūva apie 41 000 žmonių).

Dabartiniu metu Europos Sąjungos šalių transporto sistemoje vyksta esminė pertvarka, kurios pagrindiniai tikslai, išdėstyti programiniame dokumente, yra tokie: sumažinti grūstis, aplinkos taršą, avaringumą. Viena pagrindinių priemonių šiems tikslams pasiekti yra ES šalių geležinkelių „atgaivinimas“, numatantis šiai transporto rūšiai tenkančios krovinių vežimo rinkos dalį per artimiausius 20 metų padidinti nuo 8 % iki 15 %, o keleivių vežimo rinkos dalį – nuo 6 % iki 10 %. Geležinkelių „atgaivinimas“ numato esminę jų pertvarką, darančią šią transporto rūšį patrauklesnę klientams (keleiviams ir krovinių vežėjams): laisvas riedmenų judėjimas visame ES geležinkelių tinkle (visiškas infrastruktūros ir riedmenų suderinamumas), vežėjų konkurencija, efektyviai veikianti informacinė sistema, lankstūs eismo grafikai. ES direktyvoje 2001/14/EB akcentuojama specialiųjų (ad hoc) prašymų aptarnavimo svarba. Specialieji prašymai yra pateikiami norint į sudarytus eismo grafikus įterpti papildomą (anksčiau neplanuotą) maršrutą. Pavyzdžiui, turistinė firma pageidauja nuvežti ekskursantų grupę į kokį nors Europos kultūros centrą. Traukinys į paskyrimo vietą turi atvykti nustatytos dienos rytą, o iš pradinės stoties išvykti kaip galima vėliau (sugaišti kelyje kaip galima mažiau laiko) ir už eismo grafiko papildymą sumokėti kaip galima mažesnę mokestį. [10]

Uždavinio formulavimas

Aprašytąją situaciją iliustruoja 1.4 pav. Jame išsistomis (plonomis ir pastorintomis) linijomis parodytas planinis eismo grafikas, į kurį reikia įterpti papildomą (užsakomąjį) maršrutą u. Traukinys, vykstantis šiuo (pavaizduotu taškine linija) maršrutu, į galinę stotį S_g turi atvykti laiku t_{ug}^{plan} . Jeigu atvykstama anksčiau (faktinis atvykimo laikas $t_{ug}^a < t_{ug}^{plan}$), tai laikoma, kad pailgėjo bendrasis kelionėje sugaištas laikas τ_k (prastova galinėje stotyje prilyginama prastovai tarpinėse stotyse) ir kartu padidėja sąnaudos $W_L(\tau_k)$; jeigu pavėluojama ($t_{ug}^a > t_{ug}^{plan}$), dažniausiai patiriama didesnių nuostolių $W_V(t_v)$. [10]



1.4. pav. Traukinių eismo grafiko fragmentas nagrinėjamai situacijai pavaizduoti.

Sąnaudos

$$W_L(t_k) = w_L * \tau_k \quad (1.1)$$

čia w_L - riedmenų valandinių įkainių ir personalo valandinių atlygių suma. Nuostolius $W_V(v_t)$ lemia konkreti po laiko momento t_{ug}^{plan} planuojama veikla ir jos uždelsimo arba ignoravimo padariniai. Funkcijos $W_L(\tau_k)$ ir $W_V(v_t)$ sudaromos kiekvienam konkrečiam atvejui. Traukinių eismo grafiko formalaus aprašo formų literatūroje pasiūlyta daug ir įvairių.[11] Šiame darbe siūloma eismo grafiką G išreikšti matricių forma:

$$G = (T^i, T^a, L) \quad (1.2)$$

T^i – išvykimo iš stočių matrica; T^a – atvykimo į stotis matrica; L – atstumų tarp stočių matrica; $T^i = \| \|T_{ji}^i\| \|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$; $T^a = \| \|T_{ji}^a\| \|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$; $L = \| \|l_{i(i+1)}\| \|$, $i = \overline{1, (n-1)}$, j - traukinio indeksas, k - traukinių skaičius planiniame eismo grafike; T_{ji}^a ir T_{ji}^i – j -ojo traukinio atvykimo į i -ąją stotį ir išvykimo iš šios stoties laikas; $l_{i(i+1)}$ – atstumas tarp i -osios ir $(i+1)$ -osios stočių (pirmoji stotis dar vadinama pradine ir žymima indeksu p , n -oji stotis dar vadinama galine ir žymima indeksu g).

Traukinių atvykimas į pradinę stotį ir išvykimo iš galinės stoties laikas šiuo atveju neturi reikšmės:

$$\forall j: T_{jp}^a, T_{jg}^i \rightarrow \text{neapibrėžta} \quad (1.3)$$

Laiko tarpas tarp gretimų traukinių išvykimo iš i -osios stoties T_{ji}^i ir laiko tarpas tarp šių traukinių atvykimo į $(i+1)$ -ąją stotį $\tau_{j(i+1)}$ išreiškiami formulėmis:

$$\tau_{ji}^i = t_{j(i+1)}^i - t_{ji}^i \quad (1.4a)$$

$${}^a j(i+) = t^{(aj+1)(i+1)} - t^{aj(i+1)} \quad (1.4b)$$

Laikoma, kad minimalus atstumas L_{ji} tarp j -ojo ir $(j+1)$ -ojo traukinių tarpstotyje, skiriančiame i -ąją ir $(i+1)$ -ąją stotis (stotis S_i ir $S_{(i+1)}$), yra:

$$L_{ji} = \tau_{ji} v_{(j+1)i} \quad (1.5a)$$

$$\tau_{ji} = \inf \{ \tau_{ji}^i, \tau_{j(i+1)}^a \} \quad (1.5b)$$

Reikia pasakyti, kad (1.5) formulėje atstumas tarp j -ojo ir $(j+1)$ -ojo traukinių įvertinamas tik dviejuose tarpstočio taškuose: jo pradžioje ir gale. Be abejonės, galimi tokie tarpstočio taškai, kuriuose traukinius skirs mažesnis atstumas, tačiau tipinėse eismo grafikų pateikimo formose nėra duomenų tokiam faktui nustatyti.[11]

Papildomo (užsakomojo, u -ojo) maršruto įterpimo į eismo grafiką (1.4 pav) uždaviniui formuluoti reikalinga tikslo funkcija: priklausomybė, siejanti minimizuotinus *suminius papildomus nuostolius* W (susijusius su u -ojo maršruto įterpimu į eismo grafiką) su papildomo (u -ojo) maršruto parametrais:

$$i_u = \left\| \tau_{ji}^i \right\| r \mathbf{T}^a u = \left\| \tau_{ji}^a \right\| \quad (1.6)$$

Suminius papildomus nuostolius W sudaro trys dedamosios: $W_L(t_k)$, $W_V(t_v)$ ir $W_S(t)$. Pirmosios dvi dedamosios iš dalies jau yra aptartos; $W_S(t)$ yra nuostoliai (arba bauda), sąlygoti traukinių, važiuojančių paskui papildomą (užsakomąjį) traukinį, pristabdymo (priverčiant juos vėluoti atvykti į stotis):

$$W_S(t) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{k-1} W_{Sji}(t) a_{ji} \quad (1.7)$$

Detalizavus (1.1) formulę,

$$W_L(t_k) = \sum_{i=1}^{n-1} W_{Eji} + \sum_{i=2}^{n-1} W_{Tji} + W_{Tu}(g=n) \quad (1.8)$$

Reikia pasakyti, kad suminiai papildomi nuostoliai

$$W = W_S(t) + W_L(t_k) + W_V(t_v) \quad (1.9)$$

neapima kuro (energijos) sąnaudų, reikalingų papildomam (u -ajam) traukiniui, kad įveikų numatytą maršrutą. Optimizuojant eismo grafiką šių sąnaudų iš esmės sumažinti nėra galimybės.

Turint planinio eismo grafiko aprašą ((1.2)-(1.5) formulės) ir tikslo funkciją (1.7), jau galima formalizuoti papildomo (užsakomojo) maršruto optimalaus įterpimo į šį grafiką uždavinį:

Rasti aibę $\mathbf{A} = a_{ij}$ kuriai $W \rightarrow \min$. galiojant sąlygoms:

$$\sum_{i=1}^{n-1} a_{ji} = n - 1 \quad (1.10)$$

$$(\forall i)(\forall j, r | i \neq r) a_{ji} a_{ri} = 0, i \neq (n = g) \quad (1.11)$$

$$(\forall i | i \neq g)(\exists j, z | j < z) a_{ji} a_{z(i+1)} = 1 \quad (1.12)$$

Sąlyga (1.10) reikalauja, kad nė vienas u -ojo maršruto tarpstotis negali būti praleistas.

Sąlyga (1.11) reikalauja, kad u -ojo maršruto traukinys iš kiekvienos stoties (išskyrus galinę) išvyktų tik po vieną kartą.

Sąlyga (1.12) reikalauja, kad u -ojo maršruto traukinys iš kiekvienos stoties išvyktų tik į gretimą (pagal judėjimo kryptį) stotį.

Šiam uždaviniui spręsti galima pasiūlyti tokią metodiką: pagal planinį eismo grafiką (1.5 pav.) sudaromas stačiakampio tinklo formos grafas (žr. 2 pav.):

$$\begin{aligned} \Gamma(\mathbf{X}, \Lambda, \mathbf{W}); \\ \mathbf{X} = \{ x_{ij} \}; \\ \Lambda = \{ \lambda(x, y) \}, \quad x, y \in \mathbf{X}, \\ \mathbf{W} = \{ W_{Eji}, W_{Tji} \}. \end{aligned} \quad (1.13)$$

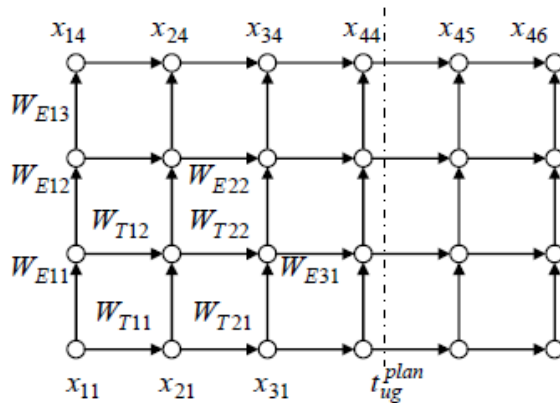
Grafo viršūnės x_{ij} atitinka papildomo (u -ojo) maršruto įterpimą i -ojoje stotyje po j -ojo planinio traukinio.

Vertikalūs grafo lankai ($\lambda(x_{ij}, x_{(i+1)j})$) atitinka u -ojo (papildomo) traukinio judėjimą tarpstotyje; horizontalūs lankai ($\lambda(x_{ij}, x_{i(j+1)})$) atitinka u -ojo (papildomo) traukinio laukimą i -ojoje stotyje praleidžiant j -ąjį traukinį.

Lankų „svoriai“ reiškia papildomas sąnaudas, susijusias su šio lanko žymima operacija: vertikaliems lankams ($\lambda(x_{ij}, x_{(i+1)j})$) priskiriamos vertės W_{Eji} ;

Horizontaliems lankams ($\lambda(x_{ij}, x_{i(j+1)})$), žymintiems operacijas, atliekamas iki laiko t_{ug}^{plan} , priskiriamos vertės W_{Tji} ; horizontaliems lankams, žymintiems operacijas, atliekamas praėjus laikui t_{ug}^{plan} , – vertės $W_V(t_{ug}^a - t_{ug}^{plan})$.

Uždavinio sprendimas dinaminio programavimo metodu. Suformuluotas uždavinys gali būti laikomas vadinamojo „pakilimo uždavinio“ variantu.[10]



1.5. pav. Pagalbinis grafas eismo grafiko optimalaus papildymo uždaviniui spęsti

Nuo savo prototipo nagrinėjamas uždavinys skiriasi dviem ypatybėmis:

1. Galinė (tikslinė) grafo viršūnė nėra tiksliai fiksuota: galima spėti, kad galinė turėtų būti grafo viršūnė, esanti tiesiai prieš t_{ug}^{plan} (1.5 pav. viršūnė x_{44}), tačiau siekiant nepraleisti geriausio sprendinio, uždavinį tenka spęsti galinėmis laikant visas galinę stotį (S_g) atitinkančias grafo viršūnes x_{zg} , kurioms $atzg > t_{ug}^{plan}$, tai yra galinės gali būti visos grafo (16) viršūnės, atitinkančios papildomo (u -ojo) maršruto pavėlavimą į galinę stotį. 1.5 pav. tokios viršūnės yra x_{45} ir x_{46} . Žinoma, galimi atvejai, kai nuostolių dėl vėlavimo funkcija $W_V(t_v)$ operavimą tokiomis viršūnėmis daro neįmanomą ($W_V(t_v) \rightarrow \infty$). Optimalus sprendinys ($W \rightarrow \min.$) išrenkamas iš visų bandymų rezultatų visumos.

Uždavinio sprendimas trumpiausio kelio grafuose paieškos metodu. Šio metodo ypatybė: sprendinio paieška pradedama ne nuo galinės (tikslinės), o nuo pradinės viršūnės. Galinė (tikslinė) laikoma viršūnė, esanti tiesiai prieš t_{ug}^{plan} , tačiau, siekiant nepraleisti geriausio sprendinio, trumpiausio kelio paieškos uždavinį taip pat tenka spęsti galinėmis laikant grafo viršūnes x_{zg} , kurioms $t_{zga} > t_{ug}^{plan}$ (jeigu tai leidžia funkcija $W_V(t_v)$). Kiekvienai fiksuotai galinei viršūnei x_{jg} trumpiausio kelio paieškos uždavinį tenka spęsti pradedant iš pradinių viršūnių x_{mg} , kurioms $m \leq j$. Optimalus sprendinys ($W \rightarrow \min.$) išrenkamas iš visų bandymų rezultatų visumos.

Trumpiausio kelio metodas yra paprastesnis už dinaminio programavimo metodą, tačiau reikalauja daugiau bandymų (uždavinį tenka spęsti daugiau kartų).

Uždavinio sprendimas variantų perrinkimo metodu. Variantų visiško perrinkimo algoritmas yra gana paprastas:

1. Laukimo procedūros (grafo (16) horizontalūs lankai; žr. taip pat 1.5 pav.) žymimi 0; judėjimo tarpstotyje procedūros (grafo (16) vertikalūs lankai) žymimos 1.

2. Kiekvienas papildomo (u-ojo) maršruto variantas išreiškiamas $(n-1)+\xi$ dvejetainių simbolių kombinacija (čia ξ – grafo (16) viršūnės, esančios tiesiai prieš tugplan pirmasis indeksas; 2 pav. $\xi = 4$), kurioje $(n-1)$ simbolių yra „vienetai“.

Pavyzdžiui, dvejetainė kombinacija 001101 turėtų reikšti: „u-asis traukinys iš pradinės stoties išvažiuoja paskui 3-įjį planinį traukinį; paskui j į išvažiuoja ir iš antrosios stoties; trečioje stotyje sustoja ir praleidžia 4-ąjį planinį traukinį, paskui kurį pasiekia galinę (tikslinę) stotį“.[11]

1. Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinį patogiau formuluoti ir spręsti matricų ir grafų teorijos pagrindu.

2. Eismo grafiko optimaliam papildymo uždaviniui spręsti galima taikyti dinaminio programavimo, trumpiausio kelio (pagal sąnaudas) paieškos ir visiško variantų perrinkimo metodus. Visi šie metodai yra vienodai tikslūs ir šiuolaikiniais kompiuteriais įgyvendinami gana mažomis laiko sąnaudomis.

1.8 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 šviesoforais. 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 tik 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 %.

1.9 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.[6] 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:

$$K_{apkr.netol} = \frac{L_R}{\sum m*s} \quad (1.14)$$

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.[6]

1.10 Vėžės pločio pakeitimas iš 1520mm į 1435mm

Geležinkelio linija "Rail Baltica" gali būti skirstoma į dvi dalis:

1. Lenkų - Lietuvos sienos tai Mauručiai stotis (68 km). Lietuvos Respublikos Vyriausybė jau patvirtina šio poskyrio teisės aktų derinimą;
2. Mauručiai - Kėdainių kelio atkarpa einanti per Kauno stotį. Apsvarstant tris lygiagrečias alternatyvas:

1. Rytinis apvažiavimas 1 (75,5). Sankryža ties Nemunu virš Kauno marių užtvankos ir toliau į šiaurę per Neveronis. Statyti naują stoties infrastruktūrą Palemono geležinkelio stotyje;

2. Rytų apvažiavimas 2 (73,9 km). Sankryža Nemuno virš Kauno marių užtvankos ir toliau į šiaurę per Karmėlava. Statyti naują stotį netoli Taikos prospekto.

3. Vakarinis apvažiavimas (62 km); statyti naują 2,024 km ilgio viaduką kuris kirstu Nemuno upę ir pastatyti naują stotį Mauručiuose.

Toliau aprašomi įrenginiai leidžiantys traukiniui, specialiai sukonstruota arba pritaikyta įranga traukiniams leisti važiuoti dviem skirtingomis sistemomis, kurios bus kartu Lietuvoje, būtent Europos standartas (UIC) gabaritai 1435mm ir Platus (Rusijos) vėžė 1520mm.[12]

Kelio keitiklio sistemos yra naudojamos tarptautinėje rinkoje. Žemiau aprašyta sistema remiasi SUW2000 metodu. Ši sistema yra moderniausia ir saugiausia rinkoje. Ji naudojama ant ispanų - Prancūzijos sienos (Irún / Hendienae), taip pat jungtys Madrido - Sevilija Aukštieji greičio linijoje (1435 mm pločio vėžės) ir ispanų paprastųjų geležinkelių tinkle (1668mm) Kordoboje ir Sevilijoje.

Vėžės pločio keitikliai bus įrengiami specialaus kelio netoli Logistikos centro. Jis bus įdiegtas ant dviejų iešmų 167 m ilgio, atskirtos (iš taško į tašką atstuma).

Pats įrenginys bus sumontuotas 15,5x5x1,45m viduje, specialiai pastatytas pastatas 22x9m ir 8m aukščio.

Bus sukuriamos dvi tikrinimo duobės kurios bus įsikūrusios ant dviejų kelių už pastato. Inspektavimo duobės bus 6x4m ir 1,45 m gylio. Pagrindinis tikslas duobės bus siekiant suteikti ašių patikra prieš įvedant į vėžės keitimo ruožą.[12]

Vėžės keitimas bus atliktas automatiškai tokiu būdu:

1. Traukiniui užvažiuojant ant vėžės keitimo įrenginio nuo platesnės vėžės keliuose (1 pozicija).

2. Po to, kai traukinys užvažiavo ant įrenginio, vėžės bėgiai nusileidžia ir praranda sukibimą su traukinio ratais; transporto priemonė yra palaikoma specialių įrenginių (2 pozicija).

3. Spynos, fiksuojančios rato ašis, yra pašalinamos kitos ašys specialų kreipiančiuoju esančio ant vėžės keitimo įrenginio rėmo (3 pozicija).

4. Šiuo metu ratai yra laisvi, esant šoniniam judėjimui. Hidraulinis stūmoklis stumia ratus į vidų (pagal traukinio judėjimo kryptį įrenginyje), kol ratas yra tokioje padėtyje, kol atitinka naujos vėžės plotį (4 pozicija).

5. Tvirtinimo spynos yra aktyvuotos ir naujų ratų padėtys yra fiksuotos (5 pozicija).

6. Galiausiai traukinys pamažu perkeliamas ant didėjančių kelio bėgių ir ratai pradeda remtis į traukinį. Traukinys yra pasirengęs važiuoti nauju vėžės pločiu (6 pozicija).

Ši sistema leidžia dviem skirtingais režimais pakeisti vėžės plotį.

Traukinio besikeičiančio vėžės pločiui judant be lokomotyvo. Tai reiškia, kad priekinis lokomotyvas turi būti atkabintas ir nutolęs per nustatytą atstumą nuo sąstato. Tokiu atveju naudojamas alternatyvus lokomotyvas. Tokiu atveju galimi du variantai:[12]

1. Pagalbinis lokomotyvas, kad stumtu traukinį, kol jo riedmenys praeina per keitimo įrenginius.
2. Traukti traukinį, kol jo sąstatas pereina per įrenginius.

Abiem atvejais, po to, kai traukinio priekis praeina per įrenginius yra atgal sujungiamas su lokomotyvu, kuris laukia už įrengimų. Du pagalbiniai lokomotyvai arba du stūmikai reikalingi tam, kad sistema būtų dviem būdais įgyvendinta. Mišri sistema (vienas pagalbinis lokomotyvas ir vienas manevravimo lokomotyvas) yra taip pat įmanoma.[12]

Toliau aprašytos pagrindinės charakteristikos dviejų posistemių.

1.10.1 Pagalbiniai lokomotyvai

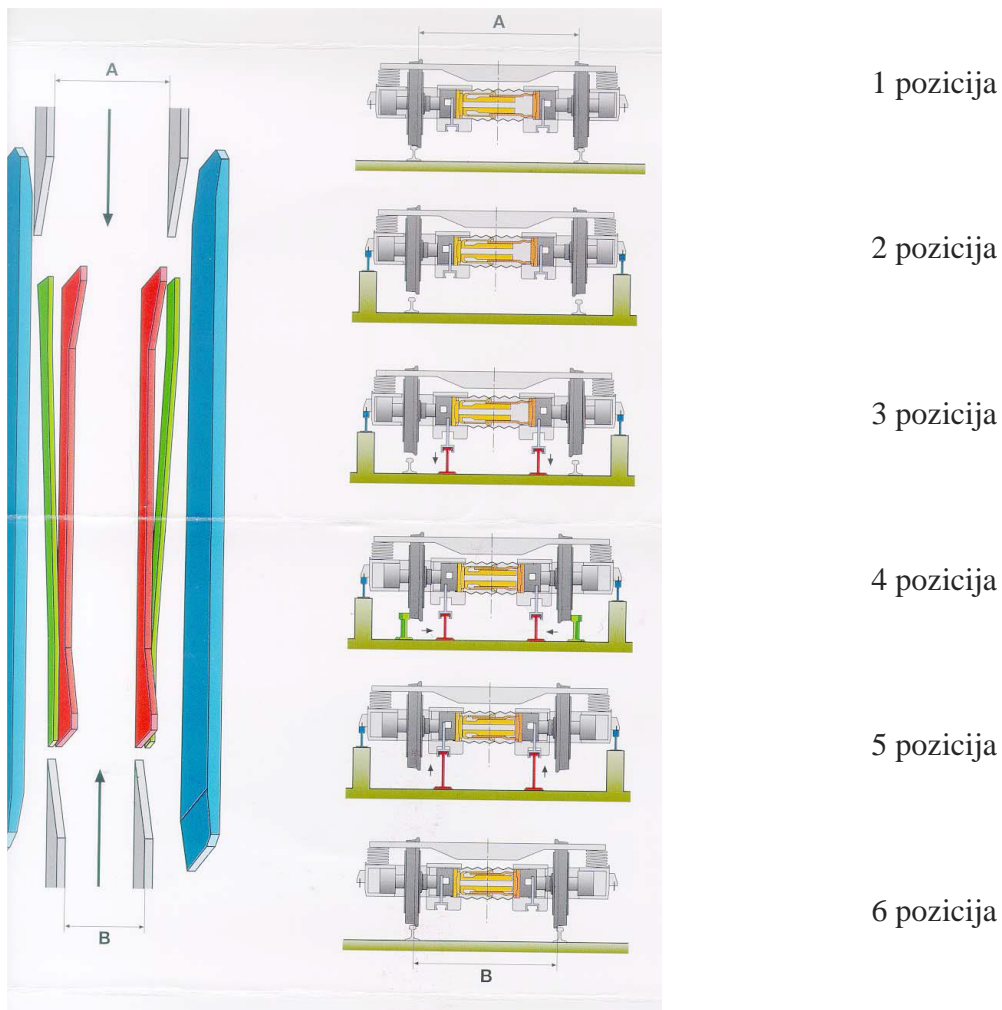
Pagalbinis lokomotyvas bus skirtas stumti traukinį, kol jo priekis pravažiuoja per įrenginį ir gali būti sujungtas su lokomotyvu, kuris bus lauke iš kitos įrenginio pusės. Tam, kad sistema taptų judri ir būtų patogi reikia statyti papildomas patalpas stebėjimui, kur būtų naudojamas pagalbinis lokomotyvas tarp dviejų traukinių prasilenkimo. [13]

1.10.2 Traukinio sąstato perėjimas manevravimo metodu

Manevravimo metu pagalbinis lokomotyvas trauks traukinį, kol jis pereis per vėžės keitimo įrenginį ir bus sujungtas su pagrindiniu lokomotyvu, kuris bus kitoje įrenginio pusėje.

Manevravimo lokomotyvą galima valdyti nuotolinio valdymo pultu.

Manevravimo veikia ant bėgio pagrindo ir negali būti perduotas per iešmynus. Dėl šios sąlygos minimalus ilgis reikalaujamas traukinio sąstatai turėtų būti maždaug 100m. Taigi, kai atliekamas manevras pasiekia įrenginio pradžią pirmasis traukinio vagonas bus jau vėžės besikeičiančiame įrenginio pradžios taške ir t.t. po to jau gali būti sujungtas ir su lokomotyvu. Esant SUW2000 sistemai traukinys turėtų sudaryti ne mažiau kaip aštuoni vagonai. Be to pats manevravimo veikimas reiškia, kad iš keturių elektros variklių yra įrengiami keturi reduktoriai, Valdymo skydas, vairo ir kontrolės kabeliai ir kanalai. Ši sistema taip pat reiškia didelį darbuotojų darbą, t.y. betono plokštės takelis palei visą manevra žinomas. Sistema yra paruošta eksploatuoti lauko sąlygomis ir nėra ilgio apribojimų.

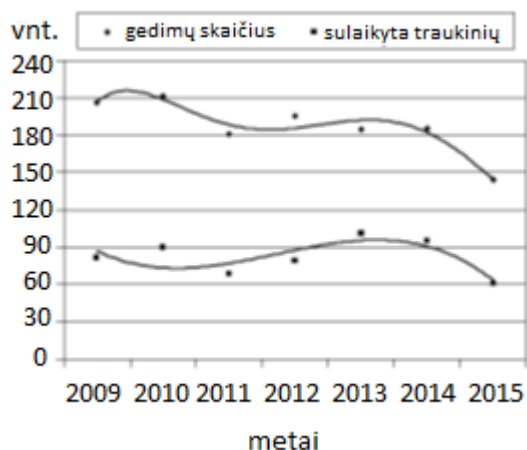


1.6. pav. Automatinis vėžės pločio pakeitimas SUW2000 metodu

2. ALSN SISTEMA

2.1 Signalizacijos sistemų gedimų ir sulaikytų traukinių analizė

Atlikus gedimų ir sulaikytų traukinių analizę (2.1 pav.) matyti, kad sulaikytų traukinių skaičius akivaizdžiai priklauso nuo signalizacijos gedimų skaičiaus (2009–2015 metų signalizacijos įrenginių veikimo sutrikimų analizė). Per kelis paskutinius metus diegiant naujas eismo valdymo ir signalizacijos sistemas, signalizacijos gedimų skaičius sumažėjo nuo 234 iki 140, o tuo pačiu ženkliai, t. y. nuo 101 iki 63 sumažėjo ir sulaikytų traukinių skaičius. [6]



2.1 pav. ALSN gedimų ir sulaikytų traukinių analizė

2.1 Lentelė. Ruožų ridos netolygumų analizė

Ruožo pavadinimas	X1	X2	X3	X3	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: X1 , X2 , X3 , X4 – ketvirtinė lokomotyvo rida; X – vidutinė lokomotyvo rida.

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 transportu krovinius vežančios bendrovės.[6] 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.

2.2 Elektrifikuota įranga ir jos būklė

Lietuvoje naudojama elektrinė trauka (25kV/50Hz) šiose linijose:

Naujoji Vilnia - Vilnius - Lentvaris - Kaunas (IX-B ir IX-D koridorių dalis), 112,5 km,
Lentvaris - Trakai, 9,6 km.

Kontaktinis tinklas šiuose ruožuose leidžia traukiniams išvystyti 120 km/h greitį ir yra naudojamas tik keleiviniams traukiniams.

Traukos tinklas yra maitinamas keturių 110/27.5/10 kV traukos pastočių, kurios buvo pastatytos 1975 m. ir iki šiol naudojamos. Daugumos dalių, po 30 metų eksploatacijos, laikas eina į pabaigą.[15]

Visos pastotės naudoja 110 kV perdavimo tinklą, kuris priklauso valstybinei įmonei "Lietuvos energija".

Didžioji dauguma (80%) signalizacijos įrenginių Lietuvoje yra pasenusio sovietinio modelio ir neatitinka ES standartų. 70% signalizacijos įrenginių (pvz. stoties centralizacijos ir kelio blokuotės) eksploatacijos laikas baigsis dar iki 2015 metų.

Dabartinė signalizacijos sistema buvo sukurta traukiniams, kurių greitis iki 120 km/h.

Dėl prasidėjusio modernizacijos proceso kai kurie ruožai neseniai buvo arba jau yra baigiami modernizuoti.

Kaišiadorių - Radviliškio ruožą (IX B koridorius) 2004 m. modernizavo bendrovė „Bombardier Transportation“ įrengdama mikroprocesorinę elektrinę centralizaciją (Kaišiadorių ir Linkaičių stočių centralizacijos įrenginiai dar nemodernizuoti). Taip pat buvo atnaujinta Vilniaus CTC centro (centralizuoto eismo valdymo) įranga.

Šiaulių - Klaipėdos ruožo (IX B koridorius) įrangą nuo 2005 m. gegužės modernizuoja bendrovė „Siemens“. Projektas baigtas 2009 metais. Naujai sumontuota įranga įjungta į Vilniaus CTC (šio ruožo centralizuotam eismo valdymui) centrą.[15]

Visa centralizacijos įranga, įdiegta prieš atnaujinant Kaišiadorių - Radviliškio ruožą, yra paremta relinė technologija. Skiriami penki relinės centralizacijos tipai (RSĮ, RECI, RECA, BECI, BMRC).

Modernizavus Kaišiadorių - Radviliškio ruožą, buvo įrengta mikroprocesorine technologija paremta centralizacija (Ebilock 950).

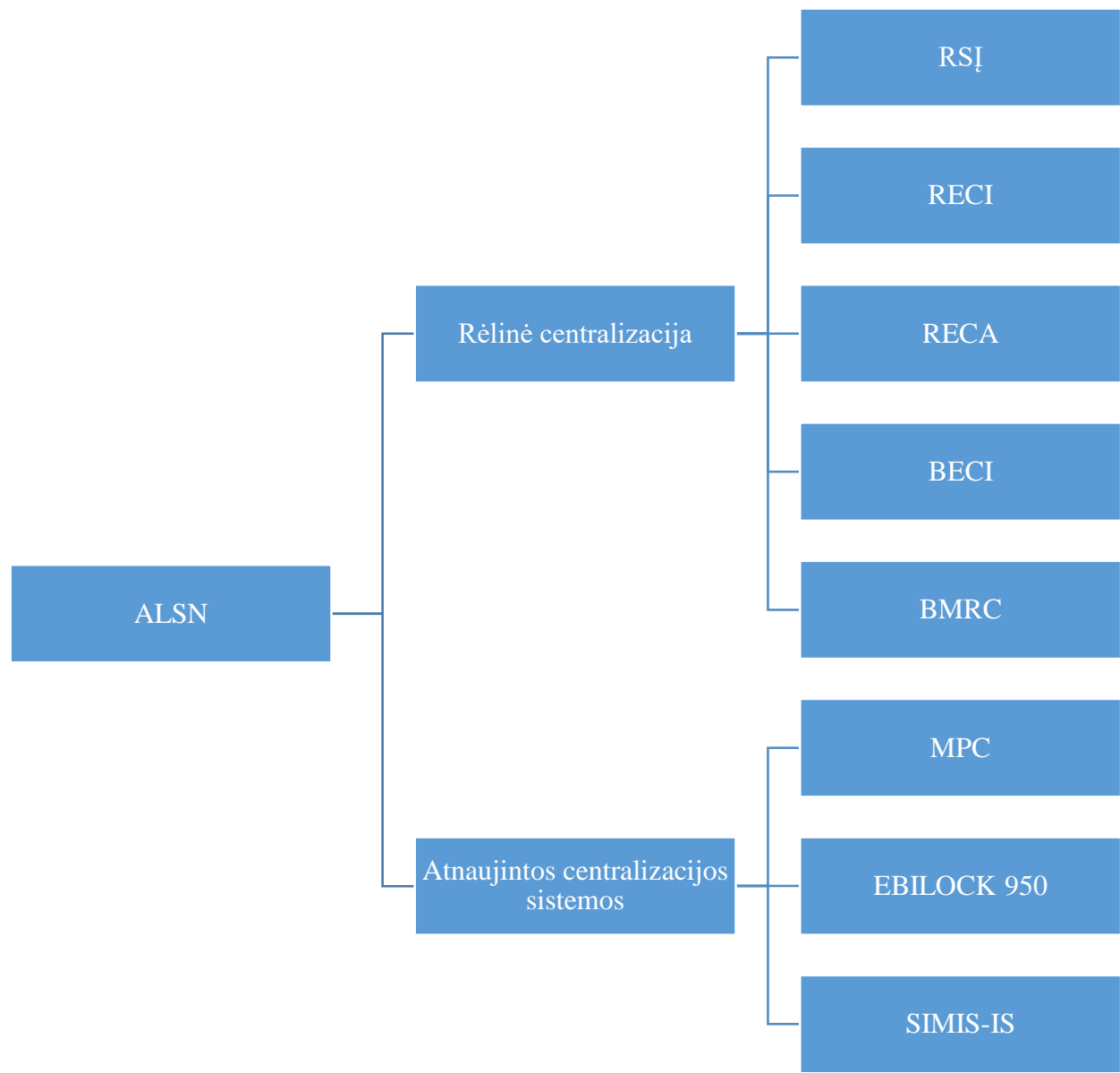
2.3 Centralizacija

Relinė centralizacija įrengta daugumoje stočių. Visi įrenginiai pagaminti Rusijoje.

Relėmis valdomi visi kelio objektai (priklausomai nuo kiekvienos stoties signalizacijos tipo): iešmai, šviesoforai, bėgių grandinės, nepertraukiamos automatinės lokomotyvinės signalizacijos (ALSN) kodai ir kt. Ši technologija jau pasenusi.

Nors relinė centralizacija veikia gana patikimai ir dauguma įrenginių yra geros techninės būklės (specialiose laboratorijose relės tikrinamos ir taisomos), ši technologija nesuderinama su signalizacijos sistemomis, kurios bus instaliuojamos ateityje. Taip pat sunku tokios centralizacijos sistemą modifikuoti plečiant stotį.

Lietuvos geležinkelių sistemoje veikia penkių rūšių relinės signalizacijos:



2.2 ALSN sistemos struktūrinė schema

RSĮ: rakinamoji sąryšio įranga

Šio tipo įranga yra pati seniausia Lietuvos geležinkelių sistemoje. Ji sumontuota (2.3 pav.). Visose nurodytose stotyse yra relinė centralizacija, kuri jungia įvairius signalizacijos įrenginius užtikrindama suderintą jų įjungimą (pvz., kai perjungiamas iešmas, persijungia ir šviesoforo signalai).[16]

Šiose stotyse įrengti valdymo pultai traukinių judėjimui stebėti. Reikalui esant, traukinį galima sustabdyti naudojant relinę centralizaciją. Tačiau įrenginiai (pvz., iešmai), valdomi rankiniu būdu.[16]

Kai kuris nors prietaisas perjungiamas rankiniu būdu, sistema atlieka šiuos veiksmus:

- patikrina, ar nėra kitų parengtų maršrutų, nesuderintų su rengiamu maršrutu;
- patikrina kelio laisvumą;
- patikrina iešmo padėtį. Jei padėtis neleidžia vykdyti maršruto, ji keičiama;
- patikrina, ar įjungtas žalias šviesoforo signalas.

RECI: relinė elektrinė centralizacija su individualiu iešmų valdymu

RECI centralizacija įrengta (2.3 pav.). Šio tipo centralizacija yra relinė centralizacija, kurios pagrindinė ypatybė ta, kad iešmo pavaras galima valdyti atskirai nuotoliniu būdu mygtukais arba rankenėle. [16]

Perjungus iešmą, centralizacijos sistema atlieka šiuos veiksmus:

- patikrina, ar nėra kitų maršrutų, nesuderintų su jau parengtu maršrutu;
- patikrina kelio laisvumą;
- patikrinama iešmo padėtį. Jei padėtis neleidžia vykdyti maršruto, ji keičiama paspaudus atitinkamą mygtuką;
- patikrina, ar įjungtas žalias šviesoforo signalas.

RECA: relinė elektrinė centralizacija su automatiškie iešmų valdymu

RECA centralizacija įrengta (2.3 pav.). Šio tipo centralizacijos ypatumas tas, kad traukinių maršrutai parengiami automatiškai nuspaudus mygtukus, esančius ant valdymo pulto. Budėtojas juos parengia atskirai nejudindamas iešmo pavaros.[16]

Spustelėjus mygtukus centralizacijos sistema atlieka šiuos veiksmus:

- patikrina, ar nėra kitų maršrutų, nesuderintų su jau parengtu maršrutu;
- patikrina kelio laisvumą;
- patikrina iešmo padėtį. Jei padėtis neleidžia vykdyti maršruto, ji keičiama automatiškai;
- patikrina, ar įjungtas žalias šviesoforo signalas.

BECI: blokinė elektrinė centralizacija su individualiu iešmų padėties valdymu

BECI centralizacija įrengta (2.3 pav.). Ši sistema panaši į RECA sistemą. Pagrindinis skirtumas yra tas, kad BECI centralizacijos relės yra sujungtos į atskirus blokus (vienas blokas turi iki 9 relių). Šią įrangą paprasčiau prižiūrėti ir atnaujinti nei RECA sistemą, kadangi centralizacijos struktūra yra modulinė.[16]

BMRC: maršrutinė blokinė centralizacija su automatiniu iešmų valdymu

BMRC centralizacija įrengta (2.3 pav.). Ši sistema naudojama didelėse ir judriose stotyse, kuriose pravažiuoja daug traukinių. Sistema parenka maršrutus per stotį ir iš karto, nuspaudus atitinkamus mygtukus, nustato visų jame esančių iešmų ir šviesoforų padėtį traukinių priėmimui, laikymui stotyje, sulaikymui ir išleidimui.[16]

MPC: Mikroprocesorinė centralizacija

Mikroprocesorinės arba elektroninės centralizacijos signalizacijos sistemos įrengtos atnaujintose stotyse. Ši technologija veikia patikimai ir diegiama daugelyje modernių geležinkelių.[16]

Mikroprocesorinė centralizacija veikia kaip kompiuterinė sistema. Sistemos duomenys, gaunami iš įrangos, įjungtos į centralizaciją, apdorojami ir siunčiami į atitinkamus įrenginius, kur įvykdomos komandos. Šio proceso rezultatas priklauso nuo:

- įvesties duomenų;
- loginių lygčių sistemos;
- valdymo sistemų komandų;
- duomenų ir informacijos valdymo.

Ebilock 950

Ebilock 950 sistemos pagrindinę konfigūraciją sudaro:

- Dvigubos konfigūracijos (pagrindinės ir atsarginės) centrinis procesorius.
- Vienas koncentratorius, sujungtas su daugiausia aštuoniais objektais (atsižvelgiant į lauko įrangą).
- Valdymo ir stebėjimo sistema, vietinė arba nuotolinė, kurios pagrindas - vaizdo grafinė sistema (EBISCREEN).
- Sąsaja su centralizuotu eismo valdymu, kelio blokuotės sistemomis ir kitomis centralizacijomis (relių sąsaja).

Sistemos duomenys gaunami iš esančios lauke įrangos, apdorojami ir siunčiami į lauko įrenginius, kur vykdomos komandos. Sistemos privalumas yra tai, kad vieno kompiuterio pakanka

užtikrinti reikalavimo „saugus gedimo atveju“ veikimą. Tačiau, atsargumo dėlei, atsarginis kompiuteris yra visada paruoštas veikti vietoj sugedusio pagrindinio.[16]

Duomenų perdavimas iš ir į procesorių vyksta valdikliais, kurie su procesoriaus įvesties/išvesties šyna sujungti optiniais skaiduliniais kabeliais. Informacijos mainai tarp procesoriaus ir koncentratoriaus vyksta nuosekliai. Dėl patikimo pranešimo dubliavimo informacija negali būti suprasta neteisingai. Duomenys, perduodami iš objektų į procesorių, yra labai saugūs. Duomenų sauga apskaičiuojama Hemingo atstumu. Perdavimo pranešimo procesoriaus ir koncentratoriaus Hemingo atstumas yra 4 simboliai (pozicijos).[15]

Informacija saugojama spausdinant arba ją įrašant į disketes. Laikinos svarbos informacija (pvz., informacija, reikalinga techninės priežiūros arba remonto darbams) išsaugoma ją išspausdinus, o ilgalaikės svarbos informaciją galima įrašyti į kietąjį diską.

SIMIS-IS

Centralizacijos sistemos pagrindas - lentelės forma parengti maršrutai ekrane. Lentelėse pateikiami kiekvieno maršruto visų elementų sąsajos moduliai ir stebimų įrenginių duomenys, daugiausia iešmų, signalų ir kelio laisvumo indikacijos prietaisų duomenys.[15]

SIMIS-IS sistemoje kiekvienam maršrutui naudojama atskira schema, kurioje pateikiamas pilnas maršruto aprašas. Lentelėje išvardinami visi maršruto elementai ir pažymima jų svarba. Pagal atskirų elementų svarbą kompiuteris leidžia parinkti tinkamą maršrutą, o negalimi parengti maršrutai dėl kelio užimtumo išbraukiami. Tokia išbraukimo sistema neleidžia maršrutams dubliuotis ir kirstis, kadangi vienas ar kitas maršrutas yra negalimas tol, kol kuris nors elementas dar naudojamas kitam maršrutui. Paprastai maršrutų priklausomybė pateikiama paprasta forma ir jie nėra tiesiogiai siejami su kitais maršrutais. [16]

Kad būtų užtikrintas „saugus gedimo atveju“ veikimas, skirtingos veikiančios sistemos (LINUX®, Windows) derinamos su skirtingais procesoriais (Intel®, AMD®). SIMIS kompiuteriai sujungti atsargine PROFIBUS jungtimi. Informacija perduodama didelio pajėgumo optinėmis perdavimo priemonėmis. Į centralizacijos sistemą įeina ir elementų valdymo kompiuteriai (ECC). Visi ECC yra „2-kartai-iš-3“ apsaugos nuo gedimų kompiuteriai, tarpusavyje sujungti PROFIBUS jungtimi. ECC kompiuteriais valdoma ir tikrinama visa lauke esanti įranga. ECC kompiuteriais per relių sąsają taip pat bus valdomos ir tikrinamos blokuotė ir koduojamosios bėgių grandinės. ECC turi visą programinę įrangą nuosekliai vykdyti operacijas ir tvarkyklės programinę įrangą, kuria valdomi ir tikrinami išoriniai įrenginiai (iešmai, signalai ir kelio laisvumo indikacijos prietaisų ir kt.). Visų sistemų, atliekančių tas pačias operacijas numatyta tvarka, programinė įranga vienoda. Sistemą įjungus, duomenys apie kiekvieną stotį bus atsiunčiami iš SIMIS kompiuterių.

2.4 Traukinių apsaugos sistema

Lietuvos geležinkeliuose įdiegta ALSN (nenutrūkstamo veikimo automatinė lokomotyvų signalizacija) traukinių apsaugos sistema.

ALSN sistema naudojama Baltijos ir NVS šalyse. Visos kaimyninės šalys, išskyrus Lenkiją, turi įrengtą ALSN sistemą, kuri užtikrina geležinkelių techninę sąveiką, t.y. lokomotyvai su ALSN sistema gali laisvai važiuoti per Lietuvos teritoriją. [14]

ALSN yra įdiegtas ruožuose su automatine kelio blokuotės sistema bei kai kuriuose ruožuose su pusiau automatine kelio blokuote prieš stotį ir pagrindinėse stoties keliuose.

Lokomotyvuose įdiegti signalizacijos automatinio stabdymo įrenginiai (autostopai) gerina traukinių eismo sąlygas ir užtikrina didesnę saugumą. Lokomotyvų signalizacijos įrenginiai perduoda pervažų ir stočių signalų rodimus lokomotyvo mašinistui.

Autostopai automatiškai stabdo traukinį esant draudžiamajam signalui, jei mašinistas laiku nesiima priemonių sustabdyti traukinį.

Automatinė lokomotyvo signalizacija (ALSN) veikia nuolat.

Technologinis sistemos algoritmas priklauso nuo perduodamos informacijos ir jos sudėtingumo. ALSN gali būti naudojama atlikti papildomoms signalizacijos funkcijoms, t.y. dvikelio ruožuose leidžia laikiną eismą netaisyklingąja kryptimi nesivadovaujant šviesoforo signalais. Dabartinės ALSN sistemos yra patikimos, bet didelis kiekis lauko įrangos, jos decentralizacija ir šia sistema pateikiama informacija, daugiausia apie ruožo užimtumo lygį, sumažina efektyvumą palyginus su moderniomis signalizacijos sistemomis.

Lietuvos geležinkeliuose naudojama nuolatinio veikimo tipo lokomotyvo signalizacija (ALSN), visame blokuojamo ruožo ilgyje į mašinisto kabiną nuolat perduoda kelio šviesoforų, prie kurių artėja traukinys, signalus. ALSN sistemoje ryšio kanalo tarp kelio ir lokomotyvo funkcijas atlieka bėgių grandinės. Sistemoje naudojami automatinės kelio blokuotės skaitmeniniai kodiniai signalai. ALSN sistemoje yra naudojami keturių žiburių signalai, kur kartu su raudonuoju, žaliuoju ir geltonuoju žiburiais, naudojamas ir geltonas - raudonas signalas.[14]

Bėgių grandinės skirtos nuolat kontroliuoti tarpstočio kelio ar stoties kelio laisvumą, bėgių vientisumą, užtikrinti nuolatinį važiuojančio traukinio sąryšį su tarpstočio blokuotės signalais ir apsaugoti nuo ieško perjungimo po važiuojančiais riedmenimis bei traukinio priėmimo į užimtą kelią. Taip pat bėgių grandinės turėtų praleisti grįžtamąją traukos srovę keliuose su elektros trauka.

Bėgių grandinės ir kodai.

Pagrindinė bėgių grandinės paskirtis yra ne perduoti informaciją traukiniui, o nustatyti jo buvimo vietą. Visgi ALSN sistemoje bėgių grandinės naudojamos tiek informacijos perdavimui į traukinį (traukinio mašinistui), tiek traukinio vietos nustatymui.[16]

ALSN yra galinga sistema, leidžianti informaciją į traukinį perduoti keliais duomenų srautais paprastų elektrinių kodų dėka.

Labai svarbu atsižvelgti į bėgių grandinių funkciją – kodų perdavimą, planuojant bėgių grandinių modernizaciją. ALSN sistema turėtų veikti ir modernizavus Lietuvos geležinkelių tinklą, kadangi ji užtikrina techninę geležinkelių sąveiką su NVS šalimis.

2.5 Tarpstočių automatikos problemos

Geležinkelio riedmenų (kaip ir kitu rūšių transporto vienetų) eismui būtina informacija apie kelio būklę, aprašomą parametru aibe P, kurią sąlygiškai galima suskirstyti į tris poaibius:

- Kelio kokybės rodiklių (nukrypimai nuo vardinių reikšmių, kreivės, iešmai) poaibis A.
- Aplinkos sąlygų (pūga, vėjas) poaibis B.
- Kelio laisvumo rodiklių poaibis C.

Nuo šių parametru (laiko ir erdvės atžvilgiu) priklauso greitis, stabdymas ar greitėjimas, sustojimas ar pajudėjimas.[17]

Aibėje $P=\{A,B,C\}$ bene reikšmingiausias yra kelio laisvumo rodiklių poaibis C. Jam priskirtini tokie rodikliai kaip antai:

- i-asis stoties kelias laisvas (C_{si})
- i-asis tarpstočio kelias laisvas (C_{ti})
- priekyje laisva ne mažiau kaip m metro kelio (C_m)
- atstumas iki priekyje važiuojančio traukinio – n metrų (C_n)
- priekyje važiuojančio traukinio greitis – v m/s (C_v)
- valdomojo traukinio stabdymo kelias – s metro ($C_s(x)$); kur x- valdomojo traukinio koordinatės, t.y. x įvertinamas reljefas, traukinio greitis kelio kreivės, sąstato kitimas ir kt.

Tokių rodiklių gali būti ir daugiau; poaibis C priklauso nuo signalizacijos ir valdymo sistemos. Pavyzdžiui, tarpstočio keliams, kuriuose įrengta pusiau automatinė blokuotė (PAB),

$$C_{pab} = \{C_{ti}\}, \quad (1.15)$$

Tarpstočio keliams kuriuose įrengta automatinė blokuotė (AB),

$$C_{pab} = \{A_m\}, \quad (1.16)$$

Modernesnėse traukinių valdymo sistemose galėtų būti :

$$C = \{C_n, C_s(x)\}, \quad (1.17)$$

Kai kurie poabio C rodikliai gali būti gaunami tiesiogiai, kiti apskaičiuojami pagal pirminius rodiklius. Tokie (pirminiai) rodikliai paprastai būna:[17]

- Tarpstočio i-ojo blokuojamojo ruožo laisvumo ar užimtumo signalas $b_i, \bar{I}\{0,1\}$
- Priekyje važiuojančio traukinio koordinatės x_p
- Valdomojo traukinio koordinatės x.

Stabdymo kelio funkcija $C_s(x)$ priklauso nuo daugelio veiksnių : stabdžiu tipo, aplinkos sąlygų (B), reljefo ir kt. Ši funkcija gali būti įtraukiama į lokomotyvo procesorių stotyse, skaičiuojama pačiame procesoriuje (pagal atitinkamus pirminius duomenis arba jų integruotąjį pakaitalą: traukinio stabdymo pagreitį $a(x)$). Pirminiai rodikliai b_i, x_i, x fiksuojami:

- Kelio priemonėmis (variantas K)
- Traukinio priemonėmis (variantas T).

Pirminiai rodikliai arba pagal juos apskaičiuoti antriniai kelio laisvumo rodikliai traukinių mašinistams perduodami:[17]

- Laidinio ryšio priemonėmis (variantas L)
- Radijo ryšio priemonėmis (variantas R).

Šiuo metu Lietuvoje eksploatuojamos trijų rūšių tasptočių kelio laisvumo signalizacijos sistemos:

- Automatinė blokuotė (AB, apie 22% kelių),
- Pusiau automatinės blokuotės (PAB, apie 60% kelių),
- Valdymas telefono ryšiu (apie 12% kelių).

AB atveju kelias dalijamas į blokuojamuosius ruožus, kiekviename iš jų įrengiama bėgių grandinė (Lietuvoje naudojamos relinės bėgių grandinės; kai kuriuose Vakarų Europos šalyse dominuoja aukštojo dažnio bėgių grandinės bei ašių skaičiavimo principu kontroliuojami blokuojamieji ruožai). Tarpstočio blokuojamojo ruožo ilgis $L_{br} = (1,2-2,5)$ km. Blokuojamojo ruožo laisvumo užimtumo rodikliai b_i visais atvejais gaunami kelio priemonėmis (variantas K), o mašinistui perduodami laidinio ruožo priemonėmis, įrengtomis pačiuose bėgiuose arba palei bėgius paklotuose kabeliuose. Tai yra sistema su nekintamais blokuojamaisiais ruožais, o pagal aptartus žymėjimus tai yra K-L sistema. Jos funkcionavimo principus lėmė pirmosios ir antrosios

kartos elementai, kurių bazėje ši sistema buvo kuriama; ką nors tobulesnio šioje bazėje sukurti vargu ar buvo galima.

K-L sistemos privalumai:[17]

- Sistema turi ilgalaikės eksploatacijos išbandytą serijinę įrangą
- Tais pačiais principais grindžiama ir stočių ir tarpstočių automatika
- Sistema suderinta su eismo valdymo centralizacija bei ištisinę automatinę lokomotyvų signalizacija (ALSN);
- Menka išorinių elektromagnetinių trikdžių įtaka.

K-L sistemos trūkumai:[17]

- Didelės lokomotyvų koordinatinių x fiksavimo paklaidos (x fiksavimo paklaida tolygiai pasiskirsto intervalu $[0, L_{br}/2]$, dėl to mažėja busimųjų eismo valdymo sistemų efektyvumas);
- Relinės bėgių grandinės yra gan nepatikimos (AB sistemų gedimai sudaro 42% visu geležinkelio automatikos gedimų; bėgių grandinėms tenka apie 15% AB sistemos ir iki 25% visų geležinkelio automatikos gedimų);
- Relinės bėgių grandinės yra jautrios kelio taršai: neveikia užteršus kelia naftos produktais, druskomis ir pan.
- K-L sistemos neleidžia visiškai išnaudoti kelio laidumo.

Paskutini K-L sistemų trukumą reiktu aptarti atskirai.

Pusiau automatinės blokuotės valdymo telefono ryšiu atvejais vikelio tarpstočio ribinis laidumas :

$$\pi = \frac{v}{L+l}, \quad (1.18)$$

Cia v - traukinio vidutinis greitis tarpstotyje, L - tarpstočio ilgis, l - vidutinis traukinio ilgis.

Dvikelio tarpstočio laidumas yra dvigubai ilgesnis.

Įrengus triženkle automatinę blokuotę laidumas padidėja:

Dvikelio tarpstočio:

$$\pi = 2 \frac{v}{2L_{BR}+l}, \quad (1.19)$$

Vienkelio:

$$\pi = 2 \frac{vn}{2L_{BR}(n-1)+ln+L}, \quad (1.20)$$

n - traukiniu paketo ilgis, t.y. vienas paskui kita ta pačia kryptimi praleidžiamų traukinių (kai priešingos krypties traukinių eismas sustabdomas) skaičius.

Formulės (1.19) ir (1.20) yra teisingos, kai tarpstočio kelias suskirstytas į vienodo ilgio blokuojamuosius ruožus. Jei taip nėra, į formulę (1.20) vietoj $2L_{BR}$ reikia įrašyti didžiausia tarpstočio dviejų gretimų blokuojamųjų ruožų ilgį, tuomet formulė (1.19) bus tokia :

$$\pi = \frac{v}{L_L+l} + \frac{v}{L_N+l}, \quad (1.21)$$

L_L ir L_N - tarpstočio lyginių ir nelyginių maršrutų kelių didžiausieji dviejų gretimų blokuojamųjų ruožų ilgiai.

Nesunku pastebėti, kad kai $n=1$, formulė (1.20) virsta formule (1.18), tuo tarpu, kai $n>1$ esat maksimaliai apkrautam geležinkeliui, traukiniai yra sulaikomi ir vidutinis laukimo laikas (iki traukinys bus išleistas į vienkelį tarpstotį) bus:

$$t_{lauk.vid.} = \frac{n-1}{2\pi}. \quad (1.22)$$

Taigi ruožuose su vienkeliais tarpstočiais didinant kelio laidumą ilgėja tarpstočiui įveikti sugaišinamas laikas:

$$t_{tarpstočio vid.} = \frac{L-l}{v} + t_{lauk.vid.} \quad (1.23)$$

Kai kurie duomenys, iliustruojantys AB įdiegimo keliuose su vienkeliais ruožais efektyvumas pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Vienkelių ruožų efektyvumas

n	Π [1/h]	$t_{lauk.vid.}$ (h)
1	6,71	0
2	9,90	0,05=3min
3	11,76	0,085=5,1min
4	12,99	0,115=6,9min
5	13,85	0,144=8,7min
1000	18,83	26,52
Dvikeliam tarpstočiui		
	37,74	

Formulės (1.18) ir (1.20) bei 1 lentelės duomenys rodo, kad ruožo laidumą bene labiausiai riboja vienkeliai tarpstočiai. Ryškus tokio ruožo pavyzdys yra net dviem tarptautiniams koridoriams priklausantys Radviliškio- Kaišiadorio ruožas. Norint iš esmės padidinti tokiu ruožų laidumą, reikėtų vienkeliuose tarpstočiuose pastatyti antruosius kelius. Vienkeliuose tarpstočiuose įdiegus AB sistemas, tarpstočio laidumas padidėja santykinai, nežymiai ir tas laidumo padidėjimas yra susijęs su papildomais traukinių sulaikymais. Tiesa, jeigu ruožas yra ne visai apkrautas, AB

Sistema palengvina eismo valdymo režimą, padeda operatyviai atkurti sutrikusi traukinių eismo grafiką. Funkcijų aspektu tai yra bene vienintelis AB sistemos įdiegimo Lietuvos geležinkeliuose argumentas: dabar kelio laidumas išnaudojamas tik 30%-40% [17], o per artimiausią dešimtmetį net optimistinės prognozės nenumato, kad jis padidės daugiau nei du kartus. Taip pat nėra pagrindo teigti, kad įdiegus AB, reikšmingai padidėtų eismo saugumas. Kiti AB įdiegimo argumentai: eksploatuojamos PAB sistemos susidėvėjimas bei (kaip rodo atlikti ekspertiniai tyrimai) darbo kultūros bei geležinkelio įvaizdžio gerinimo poreikis.

Vis dėlto, kaip jau minėta, K-L tipo sistemos funkcinis požiūris yra pasenusis ir, kur tai nėra būtina, netikslinga skubėti jas diegti. Tokia išvada grindžiama kaip ir minėtu faktu, kad šiuo metu kuriama bendra Europos traukinių valdymo sistema ETCS. Jos trečiojo lygio sistemos turėtų atlikti šias funkcijas: [18]

- Nuolatinis traukinio koordinatų fiksavimas traukinio priemonėmis.
- Elektroninių atsakikliu naudojimas traukiniui lokalizuoti.
- Visiškas arba dalinis informacijos perdavimas tarnybinio GSM-R ryšio priemonėmis.
- Minimalaus atstumo tarp traukinių nustatymas pagal stabdymo kelia.
- Patikima sąstato pilnumo kontrolė.
- Taigi ETCS projektai orientuoti I T-R sistema.

Tiesa, prieš paplintant trečiojo lygio ETCS sistemoms, reikės išspręsti keletą principinių klausimų:

- Kaip patikimai kontroliuoti sąstato pilnumą
- Kaip užtikrinti kad į tarpstoti nepatektu pasyvus riedmenys
- Išspręsti trukdžių įtakos elektrifikuotuose geležinkeliuose problemas.

Aprašytosios T-R sistemos įdiegimo atveju ribinis dvikelio tarpstočio vieno kelio laidumas išreiškiamas formule:

$$\pi = \frac{v}{S}, \quad (1.24)$$

$$S = l + C_s(x) + l_a. \quad (1.25)$$

S - minimalus atstumas tarp vienos paskui kita važiuojančių traukinių priekiu, l - vidutinis traukinio ilgis, $C_s(x)$ -traukinio stabdymo kelias; l_a -atsarga.

Kaip jau buvo minėta $C_s(x)$ priklauso nuo daugelio veiksnių. Bandant analitiškai pakankamai tiksliai juos įvertinti, gaunami gan sudėtingi modeliai. Skaičiuojant kelio laidumą, pakankamai tikslus rezultatus galima gauti naudojant įvairių veiksnių integruotąjį rodiklį- stabdymo vidutinį greitį $a(x)$. Tiesa, netgi lygiame tiesiame kelyje, norint pasiekti $a(x)=a$, gali prireikti net stabdymo automatinio valdymo. Esant sustiprintam paprastojo stabdymo (SPS) arba

staigiojo stabdymo (SS) režimams pagreitis nėra visai pastovus: jis sparčiai didėja traukiniui sustojant. Tačiau skaičiavimai rodo, kad esant minėtiems stabdymo režimams pagreiti laikant pastoviu gaunama santyktai nedidele (apie 4%) stabdymo pagreitis esant SPS ir SS režimams yra iki $0,4\text{m/s}^2$, greitųjų keleiviniu traukiniu- iki $0,9\text{ m/s}^2$. Taigi :

$$C_s(x) = \frac{v^2}{2a(x)}, \quad (1.26)$$

kai $a(x)=a$,

$$C_s(x) = \frac{v^2}{2a}, \quad (1.27)$$

Atsarga

$$l_a = kv, \quad (1.28)$$

k-mašinisto arba automatikos reakcijos laikas + stabdžių vėlinimo laikas.

Formulėse (1.24) ir (1.26)-(1.28) v - traukinio greitis (atliekant ribinius skaičiavimus v -leistinasis ruožo greitis). Iš formulių (1.24)-(1.28) gaunama:

$$\pi = \frac{2av}{2al+2akv+v^2}. \quad (1.29)$$

Įdomu, kad šiuo atveju skirtingai nuo automatinės blokuotės sistemos kelio laidumas nėra monotoniškai didėjanti greičio v funkcija: π turi ekstremumą taške:

$$v_e = \sqrt{2al}. \quad (1.30)$$

Tiesa, tas ekstremumas nėra itin „aštrus“ o v_e reikšmė yra 100km/h . Iliustracijai 2.2 lentelėje pateikta dvikelio tarpstočio vieno kelio laidumo P priklausomybė nuo traukinio greičio AB sistemos ir ETCS principais veikiančios T-R sistemos atvejais.

2.2 lentelė. K-L ir T-R automatinės blokuotės skirtumai

v (km/h)	Π [1/h]	
	Automatinės blokuotės K-L sistemos atveju	T-R sistemos atveju
60	12	69,68
80	16	72,40
90	18	72
100	20	70,90
120	24	67,50
160	32	59,31
$v_e=80,50$		72,40

Suprantama, kad traukinių judėjimas tokiu intensyvumu yra nerealus, tokio traukiniu srauto jokia stotis nesugebėtų apdoroti. T-R sistemos įdiegimas tik nepaprastai palengvintu traukinių eismo valdymą.[17]

Galima parodyti, kad T-R tipo sistema visais atžvilgiais yra žymiai efektyvesnė už K-L tipo (AB) sistemą netgi vienkeliuose tarpstočiuose. Palyginimo duomenys, gauti atlikus analitinius tyrimus, pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. K-L ir T-R sistemų palyginimų duomenys

n	K-L sistema		T-R sistema	
	Π , (1/h)	$T_{\text{lauk.vd.}}$, (h)	Π , (1/h)	$T_{\text{lauk.vd.}}$, (h)
1	6,71	0	6,71	0
2	9,90	0,05	12,26	0,041
3	11,76	0,085	16,93	0,059
4	12,99	0,115	20,90	0,072
6	13,85	0,144	24,33	0,082

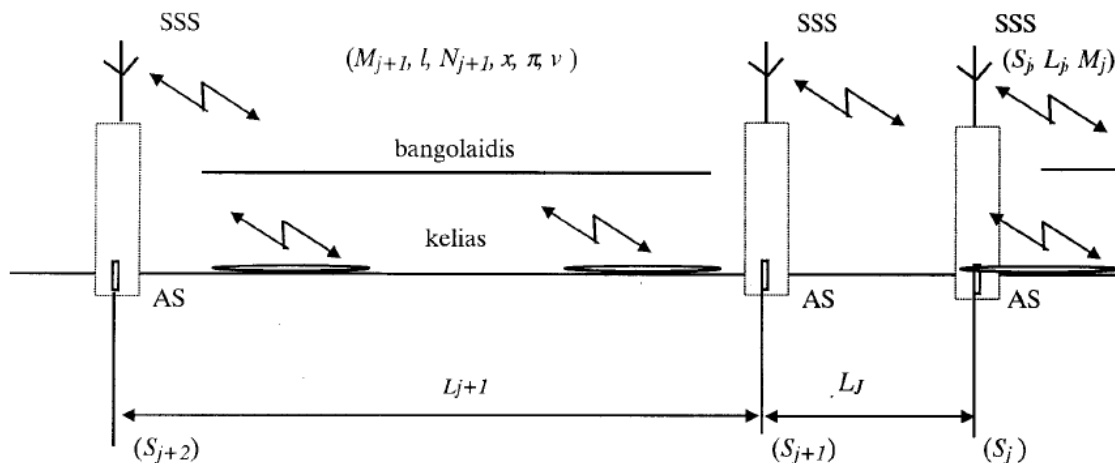
Reikia pažymėti, kad funkcionuojančiu T-R sistemų dar nėra: staigiam ETCS projektu įdiegimui, bet kurioje šalyje reikėtų labai daug lėšų ir principinio tiek lauko, tiek lokomotyvo įrangos rekonstravimo. Neatsitiktinai numatyti trys ETCS projektu lygiai: palaipsniui K-L sistemos funkcijos keičiamos T-R sistemos funkcijomis, beje pradedama elektroniniu atsakikliu bei GSM-R tinklo diegimu.

Galimos T-L tipo sistemos struktūrinė schema pateikta paveiksle. Čia SSS- stacionarioji stoties sistema, sudaryta iš procesorinio įrenginio ir radijo siųstuvo/ imtuvo. AS- ašių skaitiklis (indukcinio tipo daviklis); S_j – j-osios SSS koordinatės, L_j - atstumas tarp (j+1)-osios ir j-osios SSS.

Lokomotyvų ir SSS siunčiamu pranešimu komponentai: M_j - tarpstočio numeris, N_j - sąlyginis traukinio numeris, l - traukinio ilgis, x - traukinio koordinatės tarpstotyje, Π – sąstato pilnumo požymis, v - traukinio greitis.

Kiekviename lokomotyve turėtų būti: ratu daviklis, sąstato pilnumo kontrolės Sistema, procesorinis įrenginys, radijo siųstuvai/priimtuvai.

Traukinio ir SSS radijo siųstuvai/ priimtuvai laiko paskirstymo režimu cikliška atlieka informacijos mainus. Traukinio procesorinis įrenginys, radijo kanalu gaudamas reikiamus pranešimus, kontroliuoja laisvo kelio procesą.



2.4 pav. T-R sistemos galima struktūra

Preliminarūs tyrimai rodo, kad aptartoji T-R Sistema galėtų atitikti ETCS trečiojo lygio sistemai numatytas funkcijas, lokomotyvo koordinacių x fiksavimo paklaidai neviršijant keleto metrų. Valdymo algoritmai, bei techninė įranga esminiu problemų nekelia.

Tokios sistemos įdiegimas Lietuvoje kainuotu tik apie 8mln euru. Sistema galėtų funkcionuoti lygiagrečiai su dabar eksploatuojamomis PAB, AB, ALS sistemomis ir taip būtų patikrintas jos techninis bei funkcinis patikimumas. [17]

Vis dėlto tokios sistemos techninio projektavimo ir įdiegimo galimybės yra menkos: reikia sutikti, kad bet kokio lygio užsakovui sprendimas projektuoti ir diegti tokia sistema būtų gan rizikingas, reikia įveikti ilga aprobavimo ir sertifikavimo etapą.[18]

2.6 Pusiau automatinės ir automatinės kelio blokuotės

Pusiau automatinės ir automatinės kelio blokuotės skirtos užtikrinti saugesnį, greitesnį ir patikimesnį traukinių važiavimą nei blokuojant rankiniu būdu.

Keliai tarp stočių atskiriami šviesoforais. Prieš traukiniui išvykstant iš vienos stoties į kitą, turi užsidegti leidžiamasis signalas išleidžiamajame šviesofore. Signalas išleidžiamajame šviesofore priklauso nuo informacijos, gautos iš abiejų stočių, ribojančių tarpstočio kelią.

Pusiau automatinės kelio blokuotės (PAB) (2.4 pav.) ruožuose naudojamas dviejų žiburių šviesoforas, kurio raudonas žiburys draudžia važiuoti, o žalias - leidžia.

Stoties bėgių grandinių signalai perduodami į centralizacijos sistemą, iš kur jie siunčiami į ieško šviesoforą, kurio žiburys atitinkamai pasikeičia.

PAB ruožuose išleidžiamasis šviesoforas valdomas centralizuotai. Jame negali įsijungti leidžiamasis signalas kol nebus atlaisvintas blokuojamasis kelio ruožas. Šios sistemos trūkumas yra tas, kad vienu metu tik vienas traukinys gali važiuoti tarp dviejų gretimų stočių.[18]

Palyginus su pusiau automatinėmis blokuočių sistemomis, automatinės tarpstočio blokuotės sistemos (2.4 pav.) užtikrina didesnę traukinių eismo našumą ir saugumą. Didesnę efektyvumą užtikrina sumažėjęs laiko intervalas tarp pravažiuojančių traukinių. Tokiu atveju visas kelias yra padalijamas į atskirus blokus arba ruožus, kurie yra izoliuojami leidžiamųjų signalų ir dirba automatiškai. Tuo būdu daugiau nei vienas traukinys gali važiuoti tarp gretimų stočių tuo pačiu metu.[16]

Traukinių eismo saugumas, naudojant automatinę kelio blokuotės sistemą, padidėja, nes kiekvienas blokuojamasis ruožas turi elektrinę bėgių grandinę, kuri kontroliuoja ne tik blokuojamojo ruožo bloko užėmimą ir atlaisvinimą, bet ir bėgių, esančių šiame blokuojamajame ruože vientisumą. Jei toks kelio ruožas yra užimtas arba jame įvykęs gedimas, automatiškai įsijungia draudžiamasis signalas įvažiuoti, saugantis šį blokuojamąjį ruožą. Norint užkirsti kelią traukinių važiavimui degant draudžiamajam signalui ir padidinti traukinių eismo saugumą, automatinėje tarpstočio blokuotės sistemoje yra papildomai įrengta lokomotyvo signalizacija, kuri perduoda blokuojamojo ruožo signalo rodimą į lokomotyvo kabiną.

Automatinės kelio blokuotės sistemos įrenginiai turi atitikti šiuos reikalavimus:

- traukiniui įvažiavus į blokuojamąjį ruožą, leidžiamieji signalai šviesofore turi automatiškai persijungti į draudžiamuosius, tuo būdu traukinį izoliavus. Tas pat turi įvykti pažeidus bėgių vientisumą;

- blokuojamame ruože neturėtų įsijungti tą ruožą izoliuojantis leidžiamasis signalas, kol blokuojamasis ruožas yra užimtas;

- leidžiamasis signalas neturėtų būti perjungiamas į draudžiamąjį, kai vyksta pagrindinio maitinimo perjungimas į rezervinį ir atvirkščiai;

- vienkeliuose ruožuose su automatine kelio blokuotės sistema neturėtų įsijungti artimiausios stoties traukinio išleidimo signalas tame pačiame kelyje priešpriešine kryptimi, kai išleidžiamąjį šviesoforo žiburys yra žalias;

- tas pats signalų sąryšis turi veikti ir dvikeliuose ruožuose, kuriuose naudojama automatine kelio blokuotės sistema dvikryptiam traukinių eismui abiem keliais.

Visos automatinės kelio blokuotės sistemos itin patikimai apsaugo nuo avarinių situacijų susidarymo. Jos taip pat turi užtikrinti:

- suderinamumą tarp leidžiamųjų signalų šviesofore ir blokuojamojo ruožo padėties;

- suderinamumą tarp leidžiamųjų signalų šviesoforuose;

- signalinių lempų kontrolę;

- raudonos lempos siūlelio veikimo kontrolę;

- automatinių raudono draudžiamąjį signalo šviesofore persijungimą į prieš jį esantį, jei pažeistas raudonos lempos siūlas;

- važiavimo krypties keitimą dvikryptėse vienkeliuose linijose;

– papildomo signalo žiburio išsijungimą šviesofore, kai įvyksta bėgių grandinės izoliuotos sandūros trumpas jungimas.

Dvikrypčio ruožo automatinė kelio blokuotės sistema, taikoma vienkelio tarpstočio ruožuose tarp dviejų stočių ir, esant būtinybei, dvikelio ruožuose, turėtų atitikti šiuos reikalavimus:

– automatinės kelio blokuotės šviesoforų signalai turi leisti tik vienpusį judėjimą ruože tarp dviejų stočių;

– jei šviesoforai įrengti abiejose kelio pusėse, veikti turėtų tik šviesoforai, esantys traukinių eismo kryptyje;

– keičiant eismo kryptį iš netaisyklingosios į taisyklingąją, šviesoforai netaisyklingąja eismo kryptimi turėtų būti išjungti, taisyklingąja – įjungti.

Vienkelio ruožo automatinės kelio blokuotės sistemos turėtų veikti nustatyta eismo kryptimi, taip pat ir dvikelio ruožo automatinės kelio blokuotės sistemos. Bėgių grandinės maitinimas vienkelio ruožo blokuotėje vyksta panašiu principu kaip ir dvikelio ruožo.

Pagrindinis vienkelio ruožo automatinės kelio blokuotės sistemos elementas yra krypties keitimo grandinė. Nustatyta traukinių eismo kryptis nulemia tinkamą bėgių grandinių kodų ir šviesoforų signalų sureguliuojimą. Būtent tai ir užtikrina minėtoji grandinė.

Krypties keitimo grandinė apima dvi stotis ir ruožą tarp jų. Todėl vienoje stotyje ši grandinė yra „Išleidimo“ padėtyje, o kitoje stotyje - „Priėmimo“. Šviesoforai nustatyta kryptimi įjungiami, o priešinga - išjungiami. Leidžiamasis signalas išleidžiamajame šviesofore gali įsijungti tik išleidimo stotyje ir negali įsijungti priėmimo stotyje.

Priėmimo stoties budėtojas pakeičia važiavimo kryptį specialiu krypties keitimo mygtuku. Krypties keitimas įmanomas tik tuo atveju, kai tarpstočio kelyje nėra traukinių.

2.7 Suomijos ir Estijos povandeninis tunelis

Suomija ir Estija sutarė kurti povandeninio geležinkelio tunelį, jungiantį Helsinkį ir Taliną.

Siūlomas tunelis sustiprins bendradarbiavimą, mobilumo ir transporto tarp šalių vystymąsi.

Vyriausybės pareigūnai iš abiejų šalių, taip pat pasirašė memorandumą įsipareigojusi toliau nagrinėti projektą, pavyzdžiui, tokio tunelio ekonomines statybos ir eksploataavimo priemones, taip pat jo socialinius ir ekonominius poveikius.

Pasak BBC, tikimasi, kad projektas kainuotų apie 13 mlrd. €[19], geležinkelio tunelis būtų sukurtos geresnės transporto galimybės regiono žmonėms.

Šiuo metu persikelti keltu iš Estijos į Suomiją užtrunka apie 90min greituoju traukiniu, o pastačius tunelį ši kelionė sutrumpėtų iki 30min.

FinEst projektas sujungs Šiaurinės Baltijos jūros koridorių, kuris yra vienas iš ES TEN-T pagrindinio tinklo koridorių dalies.[19]

FinEst projektas taip pat sujungs Helsinkį Rail Baltica, naujos standartinės vėžės linija, kuri jungia Taliną, Rygą, Kauną, Varšuvą ir Berlyną.

"Rail Baltica" geležinkelio jungtis iš Talino į Lenkiją turėtų būti baigta 2025 m, po kurių atidarymo kelionė traktu geležinkeliu iš Talino į Varšuvą apie 4h ir 15min.[19]

3.ERTMS SISTEMA

3.1 Pagrindiniai ERTMS sistemos tikslai ir privalumai

Europos geležinkelių eismo valdymo sistema (ERTMS) yra inicijuota Europos Sąjungos, siekiant pagerinti tarpvalstybinį transporto bendradarbiavimą, sukuriant vieną bendrą visos Europos standartą. Pagrindiniai tikslai, sąveikos remiasi poreikiu supaprastinti, pagerinti ir plėtoti tarptautinių geležinkelių transporto paslaugas, prisidedant prie palaipsniui kuriamos atviros ir konkurencingos vidaus rinkos ir sukuriant standartizuotą Europos sąjungos atitikties įvertinimo procedūras su sąveikos reikalavimais.[20]

3.1 lentelė. Pagrindiniai keliami tikslai ERTMS sistemai

Padidinti saugumą		Sumažinti kainą
	Padidintas pasiekiamumas	
Priežiūra su keliais tiekėjais		Sąveika su kitomis sistemomis

Sauga:

- Pastovaus greičio kontrolė
- Signalai, gauti iš traukinio
- Tiesioginis stebėjimas pervažoje
- naudojama vienoda vairuotojo sąsaja su traukiniu
- TSR (laikinas greičio sumažėjimas) siunčia į tinklą

Kaina:

- Sumažinamas fizinių signalų skaičius, nes signalai atvaizduojami įdiegtame kompiuteryje.
- Galima sumažinti kabelių skaičių tiesiamų bėgiais

- Europos standartas
- Pigiausia signalizacijos sistema

Prieinamumas:

- Nenaudojami ant žeminiiai ryšio laidai
- Greitesnės klaidos aptikimas riboto skaičiaus sistemų sąveikos
- Standartizuota informacija pateikiama mašinistui visoje Europoje
- Vienoda techninė sąsaja tarp traukinio ir infrastruktūros
- Vienoda Rezoliucinė sąsaja tarp traukinio mašinisto ir infrastruktūros

Techninė priežiūra:

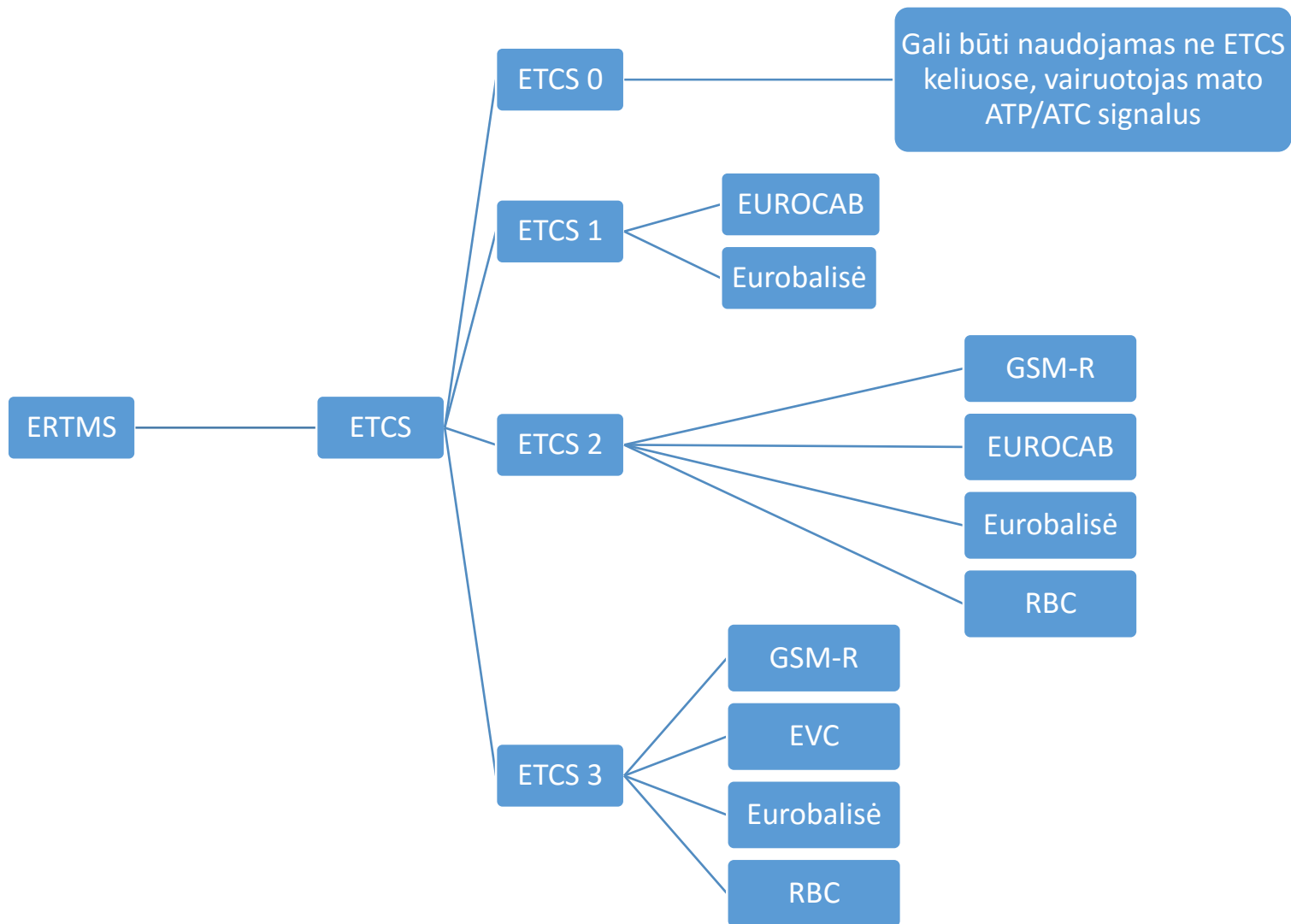
- Standartizuotos sistemos
- Mažiau kritinių klaidų
- Viena sistema vienam kelyje
- Keli tiekėjai į rinką

3.2 ETCS komandų kontrolė ir signalizacijos sistemų

Viena iš ERTMS sistemos posistemių yra ETCS sistema, kuri yra standartizuota ir sąveikauja su ATP / ATC sistema. Taip pat yra naudinga nurodyti, kad ETCS sistemos klasifikacija nėra visiškai vienoda. Kai kuriuose techniniuose šaltiniuose ji apibrėžiama, kaip ATP sistema, o kiti mano, kad tai ATC sistema, nes nėra naudojama ATO dalis: [20]

1. Automatinė stabdžių sistema nereikalauja žmogaus intervencijos, tokiu būdu, susijęs su ATO sistema;
2. Traukinio greitis yra prižiūrimas sistemos ir mašinistui užtenka laikytis instrukcijų, kurios yra pateikiamos vaizduoklyje.

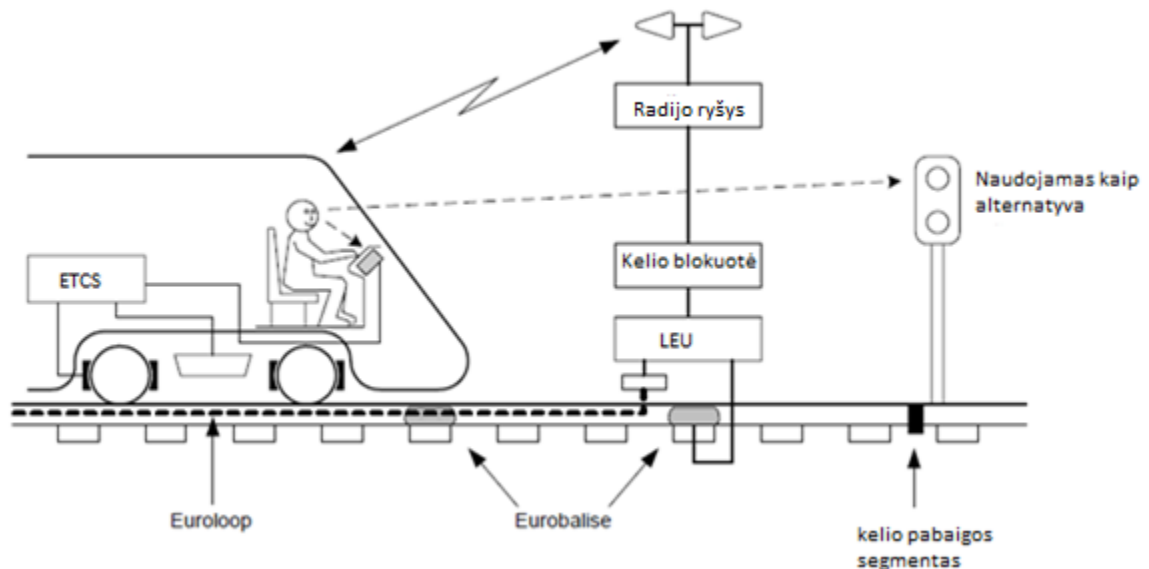
ETCS yra padalintas į skirtingus lygius dėl savo skirtingų modifikacijų, kurios naudojamos skirtinguose ruožuose ir skirtingomis sąlygomis.



3.1 ERTMS sistemos struktūrinė schema

Vienas iš didžiausių privalumu naudojant ERTMS / ETCS žemiausio lygio sistemą yra, tai kad mašinistui nebereikia stebėti lauke esančių išpėjamųjų signalų. Tačiau, kai ETCS transporto priemonė naudojama ne ETCS maršrutu, geležinkelio riedmenų įranga leidžia traukiniui išvystyti maksimalų greitį tokio tipo traukiniui. Be to, traukinio mašinistas nebeturi stebėti geležinkelio kelio signalų.[21]

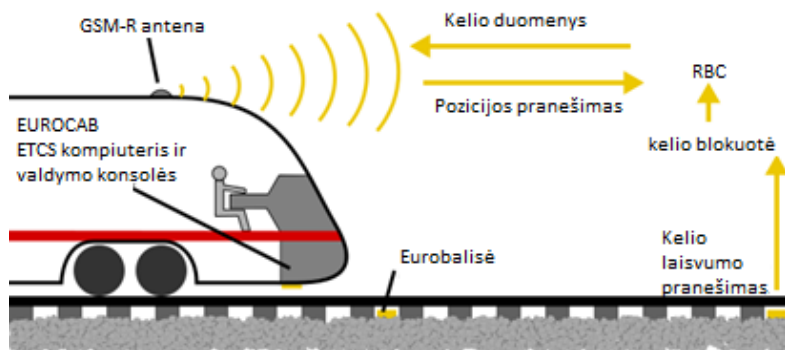
ETCS 1 lygis yra lokomotyvo signalizacijos sistema, kuri gali būti įrengta ant esamos signalizacijos sistemos, t.y. paliekant fiksuotą signalo sistema (nacionalinė signalizacijos ir bėgių paleidimo sistema). "Eurobalise" radijo dažnio skleidimo prietaisai, kurie perduoda signalą telegrafui, LEU kodavimo įrenginiui ir perduoda juos į transporto priemonę. Tokios sistemos paskirtis yra perduoti atitinkamą informaciją skirtinguose kelio ruožuose, tai yra suteikti informaciją mašinistui ar gali važiuoti tolimesniu kelio ruožu ar ne. Borto kompiuteris nuolat stebi ir apskaičiuoja maksimalų greitį ir stabdymo kreives iš gautų duomenų. Dėl neatidėliotinių duomenų perdavimo, traukinys važiuodamas per "Eurobalise" gauna kitą judėjimo nurodymą. ETCS 1 lygis yra vietoje arba pusiau vietoje ATP / ATC su sąveikių CAB signalizacijos. Ši sistema yra įdiegta SS / RST Austrijos linijų ir kai kuriose Didžiosios Britanijos ir Ispanijos linijų atkarpose.[22]



3.1. pav. ETCS L1 struktūrinė schema

ETCS 2 lygio sistema yra pagrįsta skaitmeninio radijo signalo ir traukinių apsaugos sistema. Traukiniui judėjimo nurodymą suteikiamos tam, kad būtų galima traukiniui judėti ant kelio ir reikalingiausi signalai būtų rodomi lokomotyvo kabinoje, tokia sistema pakeičia tradicinius šoninius signalus. Taigi galima dirbti be šoninės bėgių kelio signalizacijos, išskyrus kelių

švieslentes, pavyzdžiui, vietinius ir pasienio signalus (šios plokštės ženklina ekstremalių taškų blokų skyrius ar signalų rodmenys, 2 paveikslas).



3.2. Pav. ETCS L2 struktūrinė schema

Traukinio atskyrimo sistemos naudoja virtualius signalus, nes koncepcijoje yra numatytas tradicinis geležinkelio signalas, kaip įtvirtinti šviesos žibintai, fiziškai persikėlė į traukinį DMI (mašinisto ir mašinos sietuvas), tačiau geležinkelio atpalaidavimo signalizacijos rengia, kaip bėgių grandinėmis, traukinio sąstato vientisumo kontrolė vis dar lieka vietoje geležinkelio kelio. Visi traukiniai automatiškai praneša tikslią savo padėtį ir kryptį į RBC (Radijo Bloko centrą) periodiniais laiko intervalais, per GSM-R [27] radijo ryšio tinklą. Traukiniui judant, rodmenys yra stebimi nuolat iš RBC. Bet važiavimo signalai yra perduodami traukiniui nuolat per GSM-R kartu su greičio informavimu ir maršruto duomenimis, kaip parodyta 3.3 pav. žemiau.



3.3. pav. Informacijos keitimasis tarp stoties ir traukinio

Eurobalise šiame lygmenyje naudojama, kaip pasyvus padėties nustatymo šaltinis. Tarp dviejų padėties nustatymo šaltinių traukinys nustato savo poziciją naudodamas padėties nustatymo jutiklius. Pozicionavimo švyturiai yra šiuo atveju naudojami kaip matavimo paklaidų įvertintojai. Borto kompiuteris nuolat stebi perduotus duomenis ir didžiausią leistiną greitį. ETCS 2 lygis toliau

ATP / ATC sąveikau su CAB signalizacijos skyriais. Ši sistema yra įdiegta Italijos SS / HC linijų Turinas-Novara, Bolonija-Florencija ir Roma-Neapolis trasose.[21]

ETCS 3 lygis suteikia visišką radijo ryšio traukinių kontrolę. Fiksuoti laisvas-kelias signaliniai įtaisai nebereikalingi. Kaip su ETCS 2 lygiu, traukiniai apskaičiuoja savo poziciją naudojant pozicionavimo švyturius ir jutiklius, taip pat yra nustatomas traukinių vientisumas į aukščiausia patikimumo lygmenį. Maršrutai nebėra apėmę fiksuotos bėgių sekcijos. Šiuo atžvilgiu ETCS 3 lygis nukrypsta nuo klasikinio operacijos su fiksuotais intervalais, nes ji skaičiuoja saugų atstumą tarp dviejų traukinių. Traukinių eismas yra pateikiamas remiantis informacija, susijusia su traukinio padėtimi, bei grindžiamas tikrasis atstumas nuo kito traukinio. Šis atstumas vadinamas absoliutus stabdymo atstumas. Atstumai tarp traukinių užtikrina didesnę linijos pajėgumą, nes ji sumažina tarpus tarp traukinių. 3 lygis šiuo metu yra kuriamas.

3.3 Sistemos suderinamumas

SS / HC geležinkelio linijoje gali būti naudojama sudėtinga transporto sistema, kurioje gali būti įrengta ETCS L2 signalizacijos sistemos sprendimas, kuris galėtų kontroliuoti traukinio judesius, siekiant garantuoti saugų ir nuolatinį darbą.[20]

Visa detalizuota sistema tiekama GG linijos geležinkelio įmonėms. Šios sistemos apima elektros ir telekomunikacijos HSSS (didelio greičio signalizacijos sistema) ir įžeminimo kelio posistemes:

- Traukinio kontrolė ir atstumo posistemis (ETCS)
- Linijos valdymo posistemis, vadinamas IXL (centralizavimas)
- Traukinio valdymo ir priežiūros posistemis (ATS arba TMS)

Geležinkelių riedmenų sistema apima daugiausia:

- Borto kompiuterio HSSS
- EVC (Europos pagrindinis kompiuteris)
- DMI (vairuotojo Žmogus sąsaja)
- Nuvažiuoto atstumo ir greičio posistemis.

3.3.1 Šalikelės posistemis

Geležinkelio kelio posistemis keičiasi duomenimis su kitais išoriniais elementais, kaip parodyta 4 paveiksle, taip galima atpažinti tris skirtingas posistemes:

1. ETCS

2. IXL

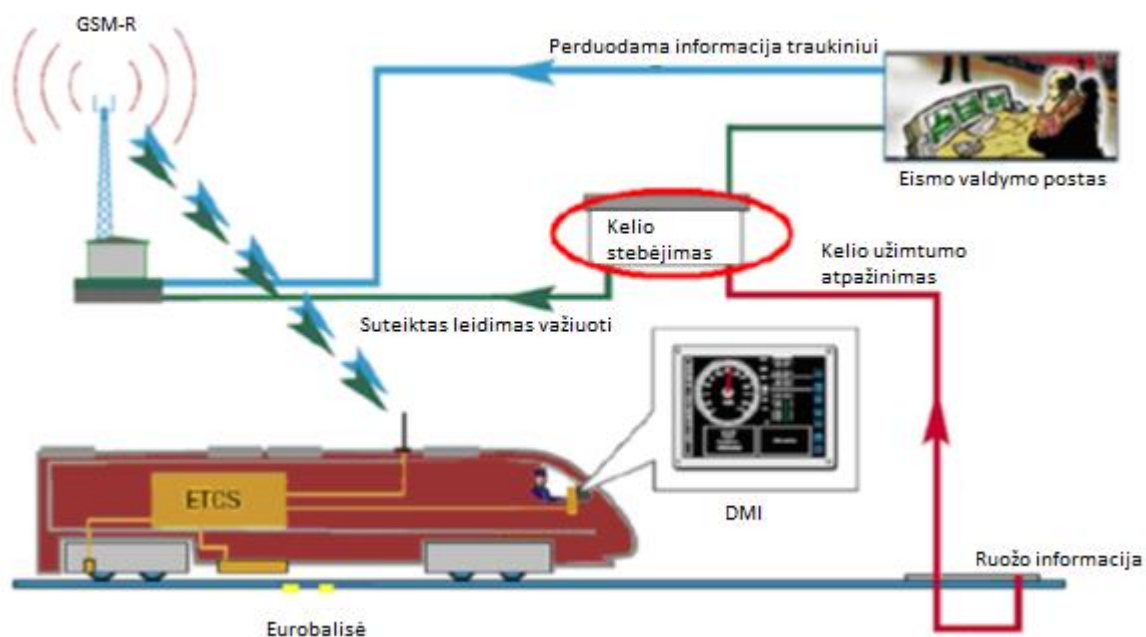
3. ATS arba TMS

Kiekviena iš posistemių yra trumpai aprašyta šiame skyriuje, funkcinio ir architektūros požiūriu. Kaip Pavyzdys, buvo pasirinkta Alstom geležinkelio kelio sistema, kurioje įdiegta signalizavimo posistemė HSL Bolonijos-Florencijos išplėstas SS aplinkkelio, kuris jungia "Milan-Bolonija" ir "Bologna-Florence" HSL nekertant "Bologna Centrale stoties", užtikrinanti didesni pravažumą.[20]

1.ETCS

ETCS antro lygio sistema atlieka šias dvi pagrindines funkcijas:

1. Užtikrinti saugų atstumą tarp traukinių darbo SS / HC linijos.
2. Stebėti traukinių srautus, konsultuojant vairuotoją. Jei traukinys pravažiuotu raudona (pavojaus) signalą arba viršytu greičio apribojimus tokiu atveju, sistema automatiškai įjungtu avarinį stabdį.



3.4.pav. Traukinio stebėjimo ir informavimo principinė schema.

3.3.2 RBC posistemė

RBC (Radijo Blokuotės centras) yra ERTMS / ETCS 2 lygio geležinkelio kelio sistemos širdis. Tai saugi centrinio kelio įranga ERTMS / ETCS 2 lygiu ir yra atsakinga už saugumą visų traukinių veikiančių 2 lygio srityje, su kuria GSM-R ryšis buvo sukurtas. Kitaip tariant, RBC valdo duomenis, kurių reikia norint užtikrinti saugų traukinių eismą, bet tik toje teritorijoje kur veikia ši posistemė. Kiekvienas RBC:

- Siunčia iš stoties į traukinius reikalingą informaciją, pavyzdžiui, tikslų maršrutą, maršruto detalius duomenis, šviesoforo signalus, greičio apribojimus ir t.t.

- Gauna informaciją iš traukinių per buvimo vietos nustatymo įrenginius. Duomenys tarp RBC ir traukinių siunčiami naudojant GSM-R ryšio tinklą. Kiekvienas RBC skaičiuoja kiekvieną traukinio poziciją ir įrašo ją į savo duomenų bazę (Ši duomenų bazė, taip pat, apima ir maršruto išsidėstymą). Tokiu būdu, kiekvienas traukinys iš ryšio su RBC turi būti prižiūrimas bent periodiškai.[27]

Kai traukinys važiuoja ETCS L2 sumontuotoje linijoje, tai jis visada turės pravažiuoti specifini RBC lauką, tai reiškia, kad kas keli kilometrai jis bus nukreiptas į kitas RBC teritorijas, todėl dviejų gretimų RKK turės keistis traukinio informacija, kad būtų galima numatyti lengvesnį ir saugesnį traukinio darbą. RBC, kuriame plote yra vykta perleidimo procesas traukiniu vadinamas RBC_{HO}, o RBC, kurio teritorijoje traukiniui įvažiuojant vadinamas priimamas RBC_{ACC}.

3.3.3 NTG posistemė

NTG tinklo perdavimo sąsaja yra tarp signalizacijos įrangos tinklo ir GSM-R tinklo posistemės. NTG paverčia informacija, gauta iš RBC į GSM-R protokolą ir atvirkščiai, leidžianti komunikuoti RBC ir traukiniams su ERTMS / ETCS 2 lygio įranga. Vienas NTG gali bendrauti su keliais RBCS ir keliais traukiniais tuo pačiu metu.

3.3.4 Eurobalisės posistemis

Eurobalise, vadinami bėgių magnetai, kurie yra įdiegti ant bėgių ir siunčia signalus per ETCS pranešimus į traukinius. Be ETCS 2 lygio eurobalisės daugiausia naudojamas nustatyti traukinio būvimo vietą. Eurobalisė yra laikoma teigiama, veikianti jei joje esanti informacija visada yra nekintanti. Pagrindė eurobaliosės naudojamos norint nurodyti traukinio mašinistui kelio pakeitimus ir informuoti RBC stotyje apie traukinio būvimo vietą.

3.3.5 IXL posistemė

Jei traukinys turėtų laikytis tik vieno pagrindinio kelio, tai ATP / ATC sistemos pakankamai užtektų, bet realiai taip labai retai kada būna, nes stotys yra sudarytos iš nemažai kelių, kaip parodyta paveiksle (kelias 1, kelias 2). Stotis susideda iš lygiagrečių bėgių su skirtingais ilgiais. Sudarant maršrutus yra pasirenkami skirtingi traukinių keliai ir važiuojant dviem traukiniams vienas priešais kita yra naudojami nukreipiamieji keliai. Kontrolės sistema atsakinga

DMI

DMI yra pagrindinė priemonė sąveikoje tarp vairuotojo ir sistemos. Ji yra naudojama:

1. Rodyti signalus ir nuorodas kiekviename vairuotojo kabinos monitoriuje
2. Gauti teisę įrašyti duomenis ir įgalinti specifines funkcijas
3. pasiekti techninę sąveiką vairuotojo pusėje.

DMI monitoriaus ekrano rodmenys yra konkrečiose srityse, priklausomai nuo jų reikšmės. Apatinėje ekrano dalyje, ypač dėmesys skiriamas greičio kontrolei, kuri rodo:

1) Momentinį greitį

Esamas traukinio greitis, kuris yra rodomas ekrane kaip skaitmeninis tachometras su apskrita skale ir centriniais indikatoriais.

2) Įspėjamasis intervencijos laikas. Tai vertikalus segmentas su mažėjančiu ilgiu. Tai likęs intervencijų laikas iki vairuotojo nuspaudimo.

3) Didžiausias leidžiamas greitis. Jis yra žymimas viršutinės ribos, tachometre.

4) Planinis greitis yra nurodomas iš lanko, taške kuriame pasikeičia spalva. Tai greitis kurį traukinys turi pasiekti iki tikslinės \ pavojingos vietos.

5) Tikslinis Atstumas. Tai likęs atstumas nuo traukinio iki stoties, pavojingos vietos.

6) Išleidimo greitis. Tai leistinas greitis, kuriuo traukinys gali važiuoti į netoliese esančio EOA, kai tikslus greitis yra lygus nuliui. Paleidimo greitis gali būti susijęs su pavojingu tašku ir vienas su sutapimu. Išleidimo greitis taip pat galimi būti apskaičiuotas traukinio kompiuterio. Jis nurodo, išorinėje dalyje apskrito lanko rodančio leistiną greitį (skaitmeninė išraiška taip pat yra numatyta).

3.3.8. Nuvažiuoto atstumo ir greičio posistemis

Nuvažiuotą atstumą ir greitį galima įvertinti pagal traukinio esamą padėtį ir greitį, dėl transporto priemonės ratų sukimosi greičių, remiantis informaciją iš jutiklių, skirtų nuvažiuoto atstumo matavimams atlikti. Spidometras skaičiuoja nuvažiuoto atstumo ir ratų sukimosi greit. Taigi, dėl esamos sistemos, nuvažiuoto atstumo ir greičio posistemis yra sudarytas iš aprašytos įrangos, kuri suteikia EVC reikalingą informaciją apie judančio traukinio greitį reikiamu momentu. EVC gali apskaičiuoti kiekvieną reikšmę cikliškai, tarp dviejų apibrėžtų punktų bėgių kelio P1, P2, žymimų dviem skirtingomis balisėmis. Kai traukinys pravažiuoja P2 tašką, jo padėtis yra atnaujinama ir procesas vertina nuvažiuotą atstumą ir pravažiavimo greitį. [20]

Judančių transporto priemonių važiavimo greitis apskaičiuojamas žinant sukimosi greitį savųjų ratų. Toks skaičiavimas yra grindžiamas nuvažiuoto atstumo ir greičio metodais, o įveikta

distancija yra grindžiama prielaida, jog ratai juda tiesiškai. Dėl šio prietaiso charakteristikų jis vadinamas:

- Sukamasis (taip pat vadinamas veleno daviklis), dėl to, kad tai elektromechaninis įrenginys, kuris konvertuoja kampinę judesio veleno ar ašies padėtį į analoginę arba skaitmeninę kodą.

- Pavienis, nes gali apskaičiuoti perėjimo atstumą, nežinant nieko apie pradinę padėtį. Jis suteikia tam tikrą kiekį impulsų vienoje sukimosi srityje. Išėjimo signalas gali būti viena impulsų linija ("A" kanalas) arba dviejų linijų impulsai ("A" ir "B" kanalai), kuris atsveria tam nustatytas sukimosi greitis.[20]

Remiantis Doplerio principu, radaro jutiklis suteikia įžeminto poslinkio vaizdą, siekiant suteikti informaciją apie traukinio greitį ir nuvažiuota atstumą. Sklindančios mikrobangos atspindžio nuo žemės. Dažnis - skirtumas tarp sklaidžiamos ir gaunamos spinduliuotės, proporcingos traukinio greičiui, yra apskaičiuojamas kompiuteriu. Radaro jutiklis yra įterptosios programinės įrangos dalis ir maitinama traukinio baterijomis.

3.4 ERTMS antro lygio veikimo aprašymas

3.4.1 Saugumo pagerinimas

Traukinys važiuojantis ERTMS sistemos antro lygio įrengtu geležinkelio kelio ruožu turi gauti leidimą kirsti sekanti kelio bloką, kuris sudaro liniją, vadinamą MA (judėjimo maršrutas). Šiuo tikslu, leidimas važiuoti perduodamas iš geležinkelio kelio į geležinkelio riedmenis. Kai reikia naudojami apribojimai susiję su leidimu važiuoti pavyzdžiui: profilio režime „On Sight Limited“ Priežiūra arba manevravimas. Profilis yra visada siunčiamas kartu su MA, kuriai informacija priklauso.

Kai sistema aptinka, kad virtualus signalas (žymeklių lenta), kuris yra dalis MA, traukinys gauna pavojaus signalus, MA bus atšaukta siunčiant CES (sąlyginis avarinis sustabdymas), kad traukinys sustotų. Alstom VMMI-ERTMS treniruokliu sąsajos dalis, pritaikytą SS / HC Italų linijai Bolonija-Florencija. Šiame pavyzdyje, judėjimo įgaliojimai yra skiriami trauktis "1" nuo bėgių grandinių 121 iki 2020, todėl žalias segmentas yra pažymėtas. 3.5 pav jis dar išskirtas raudonu stačiakampiu.

3.4.2 Laikinas greičio apribojimas

TSR yra greičio apribojimas laikinai nustatytas dėl įvairių priežasčių, pavyzdžiui, ant bėgių dirbant aptarnaujančiam personalui. Norint apibrėžti TSR yra būtina įvardinti tokius duomenis kaip:

- TSR pradžios taškas, dėl bėgių išdėstymo.
- TSR pabaigos taškas, dėl bėgių išdėstymo.
- Maksimalus leidžiamas greitis tarp pradinio ir pabaigos taškų.
- Baigiamoji sąlyga, numatanti traukinio ilgį. TSR baigiamoji būklė rodo koku momentu

TSR turi būti nebenaudojama.

Toliau 3.5 paveiksle pavaizduotas VMMI-ERTMS treniruokliu sąsajos dalis, pritaikytą SS / HC Italų linijos Bolonija-Florencija. Šiame Pavyzdyje, TSR yra įvedama bėgių grandinėm nuo 121 iki 2020 ir žymima geltona lynija.[20]

Šioje sistemoje, galime išskirti du kitokius TSR:

- Statinis TSR
- Dinaminis TSR

Statiniame TSR planuojamas inžinerinio proceso įgyvendinamas RBC duomenų bazėje. Bet kuri iš anksto nustatyta TSR esanti vidaus duomenų bazėje gali būti automatiškai įjungiamą pagal gautą iš blokuotės (pvz. esant davikliui trasoje) informacija. Kai TSR įjungiamas RBC duomenų bazėje, ji turi būti siunčiama į traukinį tik tada, kai jis yra kelyje traukinio suteikto RBC. Jei toks traukinys neartėja prie TSR teritorijos, TSR nebus išsiustas. Stabdymui TSR paprastai naudojamas riboti traukinių greitį, gerai žinomose vietose, kai žinomos visos galimos aplinkybės. Pavyzdžiui, apribojimai gali būti aktyvuoti, kaip rezultatai, gauti iš geležinkelio kelininkų arba kitokie aktyvavimo būdai, kaip išoriniai elektriniai signalai.

3.4.3 Dinaminė greičio kontrolė

ETCS L2 ATF funkcija, vadinama dinaminė greičio kontrolė kuri yra palyginama su traukinio greičiu ir traukinio poziciją kelio ruože, siekiant sukurti unikalius traukinio greičių apribojimus. MSRP (griežčiausia Greičio kontrolė) yra labiausiai ribojančių greičio apribojimų aprašymas, kur traukinys turi laikytis tam tikrų greičio ribojimų kai kuriose atkarpose. Yra nuolat prižiūrimas, traukinių sąrašas (t greičio sumažėjimą kaina, LOA, LOA, maksimalus atstumas SR režimu).

Priklausomai nuo tikslinės traukinio vietos apskaičiuojamos konkrečios stabdymo, greičio ir pozicijos kreivės. Pirmosios kreivės ir keletas kitų yra apskaičiuojama nustatant kelio

ribas. Lyginant faktinį greitį ir traukinio vietą su įvairiomis ribinėmis kreivėmis, ETCS sistema generuoja vairuotojo ir stabdymo veiksmus. Jų priežiūra apibrėžiama:

- Pasirengimo nuorodos vieta: informuoja vairuotoją, kad jis artėja į kelią, kuriame jis turi važiuoti darbinio stabdymo metodu tam, kad stabdžiai būtų efektyvesni;
- Nurodymas (I) informuoja vairuotoją, kad traukinio greitis artėja prie didžiausio leistino

greičio toje atkarpoje;

- Leistinas greitis (P): maksimalus leistinas greitis atkarpoje;
- Įspėjimas (W): Jei traukinio greitis viršija leistiną greitį braižoma Įspėjamoji kreivė ir vairuotojas perspėjamas garsiniu signalu;
- Stabdžių intervencija (SBI): jei vairuotojas nepaklusta komandai stabdyti per tam tikrą laiko intervalą, traukinis pravažiuotas SBI ribą automatiškai įsijungs darbinis stabdys iki kol bus pasiektas leistinas greitis;
- Avarinio stabdymo intervencija (EBI): jei traukinio greitis viršija šia riba avarynis stabdymas bus įjungiamas automatiškai;
- Išleidimo greičio kontrolės pradžios vieta: paleidimo greitis gali būti reikalingas dėl dviejų priežasčių:

Pirma yra tai, kad traukiniui turi būti suteikta galimybė kreiptis į EOA, kur leistinas greitis siekia nulį ir gali būti pernelyg ribojantis, dėl to yra leidžiamas priimtina paklaida dėl matavimų netikslumo. Kita priežastis yra tai, kad 1 lygio sistema turi pravažiuoti siūstuvą, kai signalas anuliuojamas. Dėl šių dviejų priežasčių (žemas) paleidimo greitis gali būti taikomas iš geležinkelio kelio arba gali būti apskaičiuojamas traukinyje, remiantis atstumu nuo EOA į sustojimo vietą.

3.4.4 Kelio ruožų pasikeitimai

Traukiniui artėjant prie ERTMS / ETCS L2, traukinio mašinistas turi būti informuojamas apie likusį atstumą nuo jo iki sekančio manevro. Eurobalise grupė (perėjimo skelbimo Eurobalise grupė) kuri apima visą informaciją, susijusią su įėjimo tašku ir pereinamojo laikotarpio sąlygomis. Be atstumo, per perėjimo paskelbimo "Eurobalise" grupę mašinistui turi būti pranešta apie tai koks lygis turi būti atliekamas, kai pradinis taškas buvo pasiektas. Fizinis šios Eurobalise grupės montavimas turi būti atliekamas tam tikru atstumu iki ERTMS / ETCS 2 lygio susikirtimo, siekiant suteikti pakankamai laiko, kad traukiniu ir RBC galėtų keistis reikalinga informacija pasirengiant įėjimui. Be to, vairuotojo turi būti prašoma pereiti į 2 lygio ruožą.

Šis pereinamas atstumas turi būti nustatytas projektavimo etapo metu pagal kelio planus (riedmenų topologijos planą) ir greičio profilius. turi būti nustatytas pereinamasis laiko tarpas tarp "Eurobalise grupių skaičiaus, kad atitiktų visus keliamus saugumo reikalavimus ir tik tada turi priimami tinkami sprendimai.

3.5 Traukinių informavimas iš stoties

ERTMS / ETCS L2 sistema turi užtikrinti, kad artėjantis traukinys yra tik vienas, ir kad joks kitas traukinys negali patekti į šį ruožą. Tai turi būti padaryta sąsajoje su gretima signalizacijos sistema, daugiausia su gretimo IXL. Jei ji yra tuo atveju, sistema siunčia traukinio pirmąją judėjimo nurodymą kuris turi būti taikomas nuo pasienio punkto. [20]

Siekiant apsaugoti ERTMS / ETCS 2 lygio ruožą įvažiuojantis traukiniai kuriuose nėra sumontuota ši sistema, keli metodai buvo įgyvendinami Alstom:

- Signalus valdo centralizuota sistema kuri siunčia signalą per RBC į traukinį. Jei neįrengta sistema traukinys negaus leidimo važiuoti šiuo kelio ruožu ir nebus įleistas į ERTMS / ETCS lygį 2 ruožą.

- Informacija apie traukinio važiavimą numeris siunčiamas į valdymo centrą. Remiantis juo ir savo grafikai, operatorius leis susipažinti su ERTMS / ETCS 2 lygio sistema.

- Euro siųstuvo gretimos nacionalinės sistemos yra prie įėjimo ir apsaugo ERTMS / ETCS 2 lygio ruožą siunčiant informaciją sustabdyti traukinį. Kaip traukinyje įrengta ERTMS / ETCS 2 lygis bus jau perėjo į ERTMS / ETCS sistemą tokiu atveju nebus į Eurobalise pranešama ir nebus sustabdomas traukinys.

3.6 Infrastruktūros didinimas

Šiandien keliami vis didesni reikalavimai traukinių transportui, visų pirma reikalaujama, kad nuolat didėtų traukinių srautas apkrautuose maršrutuose.[21]

Leidžiant traukinius magistralėse tarp traukinių mažinami atstumai, signalizacijos sistemos atlieka svarbų vaidmenį didinant pravažumą geležinkelių tinkle, nes daugiau traukinių gali pravažiuoti tame pačiame kelyje. Šioje sistemoje ETCS L2 siūlo daug naudingų sprendimų infrastruktūros pajėgumui. Nors signalizacijos pradžia siekiama kontroliuoti geležinkelio eismą ir išvengti susidūrimų tarp traukinių, tai vis vaidina svarbų vaidmenį didinant pravažumą, t.y. traukinių skaičių tam tikroje geležinkelio linijoje ir atstumą tarp jų, ir tai padidina traukinių konkurencingumą. Aukščiau judėjimo nurodymai buvo perduodami traukinių mašinistui srauto informacija ar draudžiamieji signalai įvairiose skyrių trasoje. Taip buvo pakeisti laikui bėgant

šalikelės signalizacijos (šviesoforai), kurie šiandien dar labai paplitę daugelyje geležinkelio tinklų. Dabar ATF automatiškai taiko stabdžius, jei vairuotojas nesilaiko eismo taisyklių - taip pašalinant žmogaus klaidų riziką ir nustatant didelius greičius ir trumpesnius atstūmus tarp traukinių. Tačiau valdymo sistemos yra ne vienintelis būdas padidinti pajėgumus atitinkamose geležinkelių trasose. Iš tiesų, yra daug galimybių padidinti pajėgumus, nuo papildomų saugumo sistemų arba atnaujinant esamus ruožus, pailginti bėgių iešmynus ar platformos, kas paveikia dažniau paslaugas ir tankesnius traukinius. Pasirinkę modernias valdymo sistemas, kaip ETCS, operatoriai gali lengvai padidinti traukinių dažnumą tam tikroje atkarpoje. Vietoj pastato kitą atkarpą arba pailgina tarpstočius ir platformas, atnaujinama į ERTMS. Infrastruktūros pajėgumai susideda visada iš kelių techninių ir eksploatacinių veiksnių.

Tačiau dažniausiai parodo patirtis, kad pereinant nuo įprastos kelio signalizavimo sistemos su kabinos valdymo ATP sistema [24] , kaip ETCS, su tinkama blokavimo sistema, leidžia iki 40% padidinti pajėgumus šiuo metu esamoje infrastruktūroje. Kaip naujausio signalizacijos sistemos, ETCS viešai pripažino, kad geresnių rezultatų pasiekta nei jo pirmtakai. Taip yra dėl to, kad kabinos signalizavimo sistemos ir gebėjimai ETCS įrangos atsižvelgti į stabdymo suderinimus kiekvieno individualaus traukinio atveju. Iš esmės, ETCS L2 naudojimas gali pasiūlyti daug privalumų, kalbant apie pajėgumų padidėjimą. Iš tikrųjų, naudojant L2 nuolatinis duomenų srautas informuoja linijoms būdingus duomenis ir signalus, vairuotojas mato maršruto signalus į priekį, todėl traukinys gali pasiekti maksimumą ar optimalų greitį, bet vis dar išlaikydama saugius stabdymo atstumus. Todėl tai leidžia didesnę darbo greitį ir padidinti pravažumą.

3.7 Geležinkelio riedmenų įranga

Geležinkelių riedmenų ETCS įrangos ir L2 posistemė gali imtis įvairių darbo režimų. Kiekviena iš jų garantuoja kitą saugos lygio patikimumą. Jei reikia, simbolis DMI rodomas rodo režimą, kuris šiuo metu yra aktyvuotas:

1) Visa priežiūra (FS). Tai yra normali traukinių eismo valdymo sistema suteikianti visapusišką apsaugą. Traukiniui leidžiama važiuoti didžiausiu nurodytu greičiu ir taip numatyti dinaminį greičio modelį. Šis režimas negali būti pasirinktas vairuotojo, bet jis yra įrašytas automatiškai, kai visų traukinių, esančių kelio ruože, duomenys yra apdorojami ir stebimi po to priimami sprendimai ir pateikiami traukinio mašinistui.

- 2) Žvilgsnio (OS). Šie judėjimo nurodymai leidžia traukiniui sudaryti maršrutą, kuris būtų neužimtas kito traukinio, ar netrukdytu kitiems traukiniams. Traukinys turi vykti tokiu greičiu, kad jo kelyje nebūtų jokių kliūčių. Greitis yra priklausomas nuo to, koks yra sudarytas optimalus greičio profilis. Toks režimas nėra laisvai pasirenkamas traukinio mašinisto ir jis yra įrašomas automatiškai į įrengtus prietaisus.
- 3) manevruoti (SH). Šis režimas naudojamas manevravimo metu. Iš tikėtinų siųstuvo grupių sąrašo gali būti siunčiama informacija iš geležinkelio kelio įrangos: tokiu atveju, jei į siųstuvą informacija patenka ne į sąrašą, tai suveikia THA sistema. Traukinyje suveikia taip pat jei "Stop jeigu traukinys važiuoja manevravimo režimu" informacija gaunama iš balisės grupių. Šis režimas gali būti įvedamas vairuotojo.
- 4) Nevadovaujantis (NL). Šis režimas parenkamas ant galinio traukos veleno, kai veikia kartu, arba banko, ir tt Tai teikia ribotą priežiūrą.
- 5) Atsakingi darbuotojai (SR). Šis darbo režimas leidžia traukiniams komunikuoti su vairuotoju ir stotimi dėl ERTMS sistemos įrengtos linijoje. Traukinio greitis yra prižiūrimi. Siųstuvo duomenys gali būti siunčiami geležinkelio kelio įrangos: tokiu atveju, jei siųstuvo grupėje nėra nurodytas sąrašas suveikia THA traukinyje. Traukinys suveikia taip pat, jei "stop jei SR" informacija gavo iš balisės grupės. Tam tikrą atstumą, taip pat prižiūri, ir traukinys su mašinistu.
- 6) Budėjimo (SB). Tai yra numatytasis režimas, automatiškai parenkamas atidarant arba uždarant vairuotojo įrašus. ERTMS / ETCS įranga atlieka sustabdymo priežiūrą.
- 7) Nepritaikyta (IN). Šis režimas pasirenkamas važiuojant geležinkelio linijomis, kuriose nėra ERTMS. DMI rodyt traukinio greitį, kuris yra fiksuojamas ir pateikiama informacija su nacionaliniais duomenimis. Taip pat laikinai laikytis greičio apribojimų prižiūrint ERTMS / ETCS įrangos.
- 8) Kelionės (TR). Šis režimas automatiškai parenkamas jei leidimas važiuoti nėra suteiktas. Įvyksta staigus stabdymas, kuris yra fiksuojama kelionės duomenyse.
- 9) Po Kelionės (PT). Šis režimas įvedamas automatiškai, kai traukinys artėja prie tarpstočio ir mašinistas patvirtina sustojimą. Paleidžiama komanda stabdys ..
- 10) Miegas (SL). Kur lokomotyvas arba vienetas turi daugiau nei vieną rinkinį ERTMS / ETCS įrangos, tik vienas rinkinys gali būti aktyvus duotu metu. Kiti rinkiniai bus miego režimu. Šiame režime nėra atliekama traukinio priežiūra.
- 11) Sistemos nepakankamumas (SF). Šis režimas yra susijęs su atsiradusiomis klaidomis ERTMS / ETCS įrangoje ir tokiu atveju yra panaudojamas avarinis stabdymas.
- 12) Nėra galios (NP). Šis režimas yra įvedamas, kai nėra maitinimo ERTMS / ETCS įrangai, dėl to įvyksta avarinis stabdymas. Kai kurie riedmenų prietaisai gali būti maitinami atsarginėmis elektros energijos šaltiniais.

13) Išskyrimas (IS). Šis režimas taikomas tada, kai vairuotojas atjungia ERTMS sistema po nesėkmės ją aktyvuoti.

14) Nacionalinė sistema (SN). Šis režimas leidžia Nacionalinei sistemai pasiekti kai kurias iš ERTMS / ETCS parametrų.

15) Atbulinės eigos (RV). Atbulinės eigos režimas leidžia vairuotojui pakeisti traukinio judėjimo kryptį ir atskirti sąstata nuo pačios kabinos, t.y. traukinio padėtis nesikeičia. Tai turi būti įmanoma tik tose srityse, kur yra specialiais ženklais pažymėti kelio ruožai. Atbulinės eigos plotai turi būti paskelbti ir suplanuoti iš anksto. Šis režimas naudojamas norint išvengti pavojingos situacijos ir pasiekti tikslą taip greitai, kaip įmanoma per saugu atstumą.

16) Ribotos priežiūros režimas leidžia traukiniui būti valdomam tose srityse, kuriose kelio informacija gali būti pateikta. Ribota priežiūra negali pasirinkti vairuotojas, tačiau ji įrašoma automatiškai, kai yra įvykdytos visos būtinos sąlygos. ERTMS / ETCS įranga turi prižiūrėti traukinio judėjimą. Ribotos Priežiūros režimas leidžia traukiniui būti eksploatuojamam zonose kur yra įrengta šalikelės signalizacijos kur sumontuotos ETCS neturi informacijos dėl tam tikrų signalų statuso, t.y. ne visi signalai yra įrengti geležinkelio kelio elektroniniai moduliai arba prijungti prie RBC. Vairuotojas privalo laikytis esamos linijos pusėje informacijos (signalai, greičio skydų ir tt) ir nacionalinėmis taisyklėmis.

ETCS įrengtoje sistemoje traukinio mašinistas gali atlikti procedūrą kaip SOM siekiant leisti traukiniui pradėti savo judėjimą išilgai kelio, atsižvelgiant į planuojamą maršrutą ir ERTMS / ETCS lygį:

- a) Kai traukinys yra budėjimo režime
- b) Kai baigiasi manevrai
- c) Kai pasiekiamas tikslas kelionės

Kiekvienas prisijungimas su galutine stotimi yra "saugos" zona vadinama TAF zona kuri turi būti asocijuota ir turi veikti ERTMS / ETCS L2 signalizacijos sistemoje kuri gali užtikrinti, kad traukinys yra pirmasis kelyje ir nėra užimta stotis arba tarpstotis. Starto pradžioje yra būtini visi duomenys:

- vairuotojo ID
- ERTMS / ETCS lygis
- RBC ID / telefono numeris
- traukinio duomenys
- Traukinio važiavimo numeris
- Traukinio padėtis (žinoma, negalioja, nežinoma)

Jei traukinio buvimo vietos duomenų statusas yra "neteisingas" arba "nežinoma", tai informacija turi būti perduodama RBC per "SOM pozicijos ataskaita" pranešimą. Jei pozicija ataskaita patvirtina RBC, ERTMS / ETCS įranga yra informuojama, kad traukinys priimtas be galiojančių vietos duomenų, todėl ji ištrina traukinio buvimo vietos duomenis (naujas statusas: "Nežinoma"). [21]

Vadinasi, traukinys yra SR komandoje iki kito BG, kai ji gali siųsti galiojančią buvimo vietos ataskaitą į RBC.

3.8 ERTMS / ETCS programavimas

Duomenys, kuriais keičiasi bėgių kelio (RBC ir Euro siūstuvai) ir geležinkelių riedmenų (OBU) posistemiai yra vadinami telegramomis. Jie yra struktūrizuoti ir užkoduoti naudojant ERTMS / ETCS kalbą. ERTMS / ETCS kalba yra pagrįsta kintamųjų, kodų sekos ir pranešimų, organizuota pagal konkrečia ir standartine sintaksę.[20]

Naudojami kintamieji:

ERTMS / ETCS kintamieji naudojami duomenų kodavimui ir negali būti padalyti į smulkius vienetus. Kiekvienas kintamasis vienareikšmiškai identifikuojamas konkrečia takelio subjekto, leidžiant sistemą tvarkyti, kad duomenys būtų vertinami. 6 lentelė pavaizduota kintamojo apdorojami ERTMS / ETCS sistemos pavyzdžiai, tikslas yra nustatyti nedviprasmišką geležinkelio pervažų skaičių.

6lentelė. ERTMS/ ETCS sistemos kintamųjų apdorojimas

Pavadinimas	NID_LX		
Apibūdinimas	Komandų identifikavimas		
Kintamojo ilgis	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė	Matavimo vienetai
8 bitai	0	255	skaičiai
Rezervuotos reikšmės	127-255	Rezervuotos reikšmės RBC valdymui	

Perduodami duomenys algoritme:

ERTMS / ETCS paketai yra naudojami grupuoti kelis kintamuosius į vieną įrenginį, su apibrėžta vidaus struktūra. Ši struktūra susideda iš paketinių antraščių su:

- Unikaliais paketų numeriais
- paketų ilgis bitais
- orientacinės informacijos
- Atstumo masto ir informacijos skyriuje, kuriame yra apibrėžti kintamieji

7 lentelė. Siunčiamų paketų struktūra ir reikšmės

kintamasis	Kintamojo reikšmė
NID_PACKET	Paketo skaitinės reikšmės identifikavimas
Q_DIR	Kodo ilgio identifikavimas
L_PACKET	Bitų skaičius pakete
Q_SCALE	Nurodo tikslius maršruto duomenis, kurie yra naudojami tam tikruose ruožuose
informacija	Kintamųjų reikšmių apibūdinimas

Informuojantys pranešimai

ERTMS / ETCS pranešimai (telegramos) yra sudarytos iš vieno kodo, iš anksto nustatytiems ERTMS / ETCS kintamiesiems (kai reikia). ERTMS / ETCS pranešimai yra perduodami vienas po kito laikantis eiliškumo (iš viršaus į apačią). Kaip, pavyzdžiui, pakeičiamos dvi telegramos siunčiamos RBC į OBU, aprašytos suveikimo funkcijomis, kurios aktyvuojasi siuntimo procesais ir duomenų struktūromis.[20]

1 pranešimas: SR Autorizacija

ERTMS / ETCS kelio posistemis turi išduoti traukinio "Pranešimo 1: SR leidimas", jei šios sąlygos yra įvykdytos:

1. OBU režimas yra SR ir MA prašymas gautas iš OBU; ARBA
2. OBU režimas yra SB "arba" PT "
3. Nėra TAF Langų konfigūracijos
4. Traukinio padėtis yra neteisinga arba nežinoma
5. MA prašymas gautas iš OBU.

2 Pranešimas: Leidimas važiuoti

ERTMS / ETCS kelio posistemis turi perduoti pranešimą į OBU "Pranešimas 2: leidimas važiuoti ":

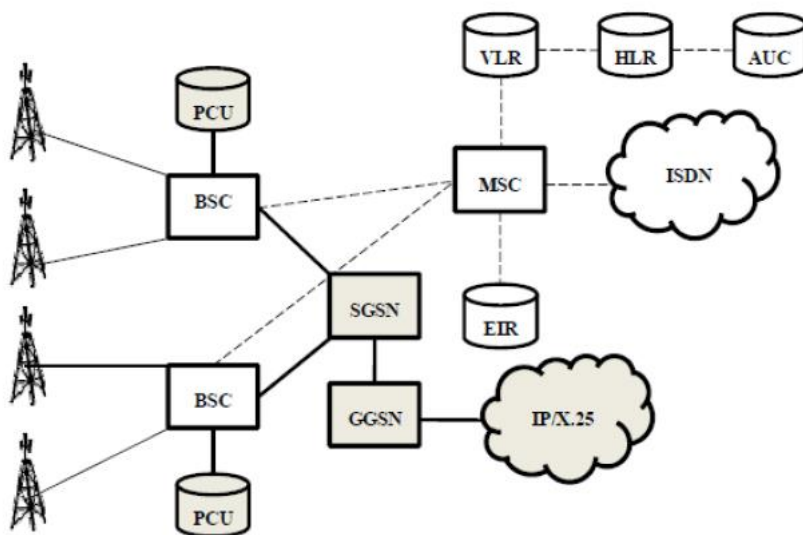
1. Tik per RBC, kuris yra atsakingas už traukinį (Prižiūrinčiajam RBC).
2. Tik į traukinius, su patvirtintomis traukinio charakteristikomis ir kuriems buvo sukurtas ir skirtas vidaus maršrutas (keliams).
3. Tik į traukinius su patvirtinta padėtimi prižiūrima RBC.
4. Tik į traukinius, kuriems nėra avarinio stabdymo.
5. Tik į traukinius, kurie yra suderinami su OBU charakteristikomis.

3.9 Radijo sąsaja su traukiniu GSM-R sistema

GSM-R yra mobiliojo ryšio sistema, kuri leidžia keistis duomenimis tarp ERTMS L2 sumontuotos traukinyje sistemos ir kelio posistemės. Šios belaidės sistemos požiūris yra dažnai laikomas, kaip silpnoji signalizacijos sistema, kuri ženkliai apriboja galimą skaičių balso ir duomenų perdavimo kieki. Vartotojams jungiantis per GSM-R ryšį kiekvieno iš tuo pačiu metu tinklo elementų yra nepastovus ir tai gali sukelti sistemos trukdžius, ypač jei vartotojų greitai padidėja (pvz nelaimingų atsitikimų metu, krovinių sandėliavimo, linijose esančiose stotyje).

Europoje yra naudojama daugiau nei 35 įvairios sistemos, skirtos geležinkelių komunikacijoms. Tai, žinoma yra ne pats geriausias būdas užtikrinti sąveikumą traukinių vis sparčiau judančių iš vienos Europos šalies į kitą.[25]

Praėjus dešimčiai metų nuo pradinių darbų grupių, buvo sukurtas ERTMS standartas. Jis susidėjo iš dviejų dalių: ETCS ir GSM-R. ETCS naudojamas geležinkelių saugos užtikrinimui ir traukinio kontrolei. GSM-R sistema taikoma visoms ryšių ir aplink geležinkelio ir geležinkelio kelio rūšių; tai apima bendravimą reikalingą ETCS veikimui. Taigi GSM-R sistema vaidina svarbų vaidmenį geležinkelio saugos srityje.



3.6. pav. GSM-R ryšio sistemos veikimo schema

GSM-R sistema visu pajėgumu pradėjo veikti 2007 metais.[25] Tokios šalys kaip Norvegija ir Nyderlandai buvo gerokai išsiveržę į priekį, nes buvo pajėgus pilnai išnaudoti GSM-R ryšį visose geležinkelių linijose. Italija numatė beveik 10000 kilometrų GSM-R, bei daugelis iš Prancūzijos greitųjų traukinių, pavyzdžiui, LGV rytai Europoje ir TGP POS, taip pat paleisti GSM-R standartu. Pirmieji greitieji traukiniai visiškai priklausė nuo GSM-R ryšio buvo Vokietijos ICE iš

Sarbrukenas į Paryžių (Prancūzija) maršruto. Nauji maršrutai yra prijungiami prie GSM-R kasmet: Europos viduje, bei vis labiau naudojami ir už ES ribų. Šiaurės Afrikoje GSM-R šiuo metu yra įgyvendinami projektai.

Radijo sistema GSM-R tinkle paprastai įgyvendinama naudojant bazinės signalų siuntimo stotis ir ryšių bokštus su antenomis, kurie statomi šalia geležinkelio su intervalais maždaug nuo aštuonių iki dvidešimties kilometrų. GSM-R, traukiniai turi nuolat skaitmeninio modemo ryšį su jų atitinkama traukinių kontrolės centru. Jei modemo ryšys nutrūko, traukinys bus automatiškai sustabdomas. Tai modemas veikia su didesniu prioritetu nei paprastiems vartotojams. Patobulinta prioritetų skirstymo tarnyba (eMLPP) [25] kuri suteikia įvairių lygių pirmumo skambučius. Sukurta ir tęstinumo atveju perdavimo funkcija, suteikiant traukiniui aukštesnį prioritetą nei kiti vartotojai. GSM-R sistema taip pat naudojama programų, tokių kaip vaizdo stebėjimo, keleivių informavimo sistemos ir krovinių sekimo sistemoms.

GSM-R tinklų dažnis gali šiek tiek skirtis nuo kitų šalių. GSM-R sistema naudoja mažesnę 900MHz dažnį: 876 MHz - 915 MHz ir 921 MHz - 960 MHz. Europoje, 876 MHz iki 880 MHz ir 921 MHz iki 925 MHz dažnių juostose naudojami duomenų perdavimo ir duomenų gavimo atitikmenys. Kanalų atskyrimas yra 200 kHz dažniu. Kinijoje, GSM-R sistema užima 4 MHz platų E-GSM dažnių juostą (900 MHz GSM).[26]

Moduliacijos naudojamos GSM-R ir GMSK. GSM-R sistema yra TDMA sistema, kuri reiškia, kad duomenų perdavimas sudaro periodinius signalus su laikotarpiais 4,615ms kiekvieno fizinio kanalo. Kiekvienas TDMA rėmas susideda iš 8 loginių kanalų (laiko tarpų) vykdyti 148 bitų informacijos.

Kiekviena GSM-R sistemos tinklas reikalauja nuolatinio, nepertraukiamo aptarnavimo ir aukšto užimtumo - ypač judant dideliu greičiu per įvairius reljefus. GSM-R standartas siūlo nepriekaištingą perėjimą ir garantuoja efektyvumą greičiu iki 500 km / h. Kaip GSM-R signalinė informacija yra atliekama tiesiogiai į patį traukinį.

Oro sąsajos supranta Eurobalise perdavimo sistema, saugi taškinė perdavimo priemonė, kuria remiantis informacija perduodama tarp bėgių kelio infrastruktūros ir traukinio. Tiksliau, oro tarpas leidžia bendravimą tarp "Eurobalise įdiegtos pakelės ir geležinkelių riedmenų perdavimo įrangos. Čia galima tiesiog paaiškinti, kad traukinys kerta "Eurobalise": [20]

- Dėl OBU teikia signalą perduoti reikiamą galią ("Tele-maitinimo signalas) naudojamas aktyvuojant "Eurobalise";

- Aktyvinto Eurobalise "siūncia į traukinį ERTMS / ETCS telegrama; Tokiu būdu, kaip parodyta 38 paveiksle, kai sąsaja yra skaidomo į šių dviejų sub-sąsajos:

- Sąsaja: A1, skirta perduoti telegramas (iki-LINK) iš siųstuvo į OBU Antenos skyriui.

- Sąsaja A2 skirta perduoti reikiamą galią ("Tele-maitinimui) iš OBU į "Eurobalise"

IŠVADOS

1. Išanalizavus įvairių autorių literatūrą nustatyta, kad visame pasaulyje yra susiduriama su ta pačia skirtingos vėžės pločio problema, kaip ir Baltijos šalyse esanti Rusiška vėžė 1520 mm kertasi su Europietiškos vėžės 1435 mm pločiu.
2. Lietuvoje naudojama ALSN traukinių valdymo sistema yra technologiškai pasenusi ir nebeatitinka keliamu padidinto saugumo reikalavimų traukiniams važiuojant didesniu nei 160km/h greičiu.
3. Europoje yra diegiama nauja valdymo sistema ERTMS, kurios pagalba būtų galima traukiniams važiuoti skirtingais kelio ruožais ir traukinius būtų galima valdyti iš skirtingų stočių.
4. Lietuvoje ERTMS sistema nėra diegiama, nes nėra galimybių technologiškai ją įdiegti.
5. Lietuvos geležinkeliuose būtų galima įdiegti tokias pačias funkcijas turinčią ETCS antro lygio automatikos valdymo sistemą, tačiau tokiai sistemai reiktų atlikti papildomus testavimo, patikimumo tyrimus bei gauti atitinkamus sertifikatus, todėl jokia tarptautinė įmonė nekurtų jau esančios sistemos analogo.
6. Norint Lietuvoje įdiegti ERTMS sistemą reiktu bėgiuose įdiegti eurobalises, lokomotyvuose integruoti papildomas valdymo, atpažinimo sistemas tokias kaip: ruožo valdymo sistemą (IXL), automatine greičio kontrole (TSR), GSM-R radijo ryšį sąsaja.

DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PalyGINIMAS

Šiame darbe buvo išanalizuota Europinės ir Rusiškos vėžės pločių skirtumai, pateiktas pavyzdys, kaip būtų galima pereiti nuo vienos vėžės pločio prie kitos neperkraudant traukinių vagonų. Darbe taip pat buvo palygintos ALSN ir ERTMS sistemos, jų skirtumai bei privalumai. Aptartos šių sistemų galimybės Lietuvos geležinkelyje, bei pateikti pasiūlymai norint realizuoti abi sistemas.

LITERATŪROS SARAŠAS

1. Geležinkelio vėžės. [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: [https://lt.wikipedia.org/wiki/Geležinkelio vėžės](https://lt.wikipedia.org/wiki/Geležinkelio_vėžės)
2. 1435 vėžė. [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2015-09-20]. Prieiga per: <https://lt.wikipedia.org/wiki/1435mmvėžė>
3. 1520 vėžė. [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2015-09-20]. Prieiga per: <https://lt.wikipedia.org/wiki/1520mmvėžė>
4. Geležinkelio ruožo Lenkijos ir Lietuvos siena – Mockava laukia rekonstrukcija [interaktyvus].2011 [žiūrėta 2015-09-30] [http://www.alfa.lt/straipsnis /10525313/gelezinkelio-ruozo-lenkijos-ir-lietuvos-siena-mockava-laukia-rekonstrukcija](http://www.alfa.lt/straipsnis/10525313/gelezinkelio-ruozo-lenkijos-ir-lietuvos-siena-mockava-laukia-rekonstrukcija)
5. Rail Baltica projektas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-02-15]. Prieiga per: https://lt.wikipedia.org/wiki/Rail_Baltica
6. Geležinkelio „Rail Baltica“ galimybių studija. [interaktyvus].2007 [žiūrėta 2016-02-15]. Prieiga per: [http://ec.europa.eu/regional_policy/sources /docgener/evaluation/ railbaltica /concl_lt.PDF](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/evaluation/railbaltica/concl_lt.PDF)
7. European Commission, Directorate-General Regional Policy (January 2007). „Feasibility study on Rail Baltica railways“
8. Geležinkelių taisyklės. [interaktyvus]. 2009 [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: [http://www.mla.vgtu.lt /index.php/mla/article/viewFile/mla.2009.6.11/pdf](http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/viewFile/mla.2009.6.11/pdf)
9. Darius Gaidelis, Šarūnas Mikaliūnas. Geležinkelio eismo valdymo sistemų tyrimas. Mokslas: Lietuvos ateitis, 2009, 1:6:53.
10. A. Doroševienė, S. Bartkevičius. Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys ir jo sprendimo būdai. Elektronika ir elektrotechnika.2004.Nr.5:54. ISSN1392.
11. 2001 m. vasario 26 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2001/14/EB. ES dokumentai // Žurnalo „Lietuvos geležinkeliai“ Nr.2 priedas. – Vilnius: UAB „Gelspa“, 2002. -P.26-47.
12. Variable gauge. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: http://www.wikiwand.com/en/Variable_gauge
13. Chudzikiewicz, Andrzej. Machine Dynamics Problems. "Shifting Wheelset". p. 46–56.
14. Lietuvos Respublikos geležinkelių infrastruktūros registro nuostatų 3 priedas
15. Lietuvos geležinkeliai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: https://lt.wikipedia.org/wiki/Lietuvos_geležinkeliai

16. AB „Lietuvos geležinkeliai“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-01-17] <http://www.litrail.lt/wps/portal>
17. Lietuvos geležinkelių tarpstočių automatikos problemos. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: <http://elibrary.lt/resursai/Mokslai/VGTU/Transport/2000/6/2.pdf>
18. Lietuvos geležinkelių pletros programa iki 2015v metu. Vilnius SPAB Lietuvos geležinkeliai. 1999.53p.
19. Finland and Estonia to build undersea rail tunnel. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-01]. Prieiga per: <http://www.railwaynews.net/railway-news/finland-and-estonia-to-build-undersea-rail-tunnel-link.html>
20. Palumbo, Mauricio. The ERTMS/ETCS signaling system.[interaktyvus]. [žiūrėta 2016-04-01]. Prieiga per: http://www.railwaysignalling.eu/wp-content/uploads/2014/08/ERTMS_ETCS_signalling_system_MaurizioPalumbo1.pdf
21. The European train traffic management system. [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016-04-01]. Prieiga per: http://www.ertms.net/?page_id=42#
22. The City Tunnel (Malmö) has ETCS Level 1 signals as a preparation for ETCS Level 1 installation
23. Yet more ERTMS challenges ahead". International Railway Journal.
24. Union Switch and Signal Co. (1911). Automatic Block Signalling for Interurban Electric Railways. Swissvale, Nr.57 p. 33.
25. GSM-R: What is it, and why does it matter? [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016-05-07]. Prieiga per: <http://gsmr-info.com>
26. The GSM-R system. [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2016-05-07]. Prieiga per: <https://www.networkrail.co.uk/GSM-R/>
27. Radio block center. [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016-02-17]. Prieiga per: <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-control-solutions/products/radio-block-centre.html>