



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Ramizas Giulmamedovas

Projekto autorius

Doc. dr. Robertas Keršys

Vadovas

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Ramizas Giulmamedovas
Projekto autorius

Doc. dr. Robertas Keršys
Vadovas

Doc. dr. Ramūnas Skvireckas
Recenzentas

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Ramizas Giulmamedovas

Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Ramizo Giulmamedovo, baigiamasis projektas tema „Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų 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)



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

Studijų programa 621E20001

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui: Ramizui Giulmamedovui

Užduoties išdavimo data:

1. Baigiamojo projekto tema

2017-11-20 d.

Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų tyrimas

Investigation of malfunctions of locomotive frequency converters

2. Projekto tikslas ir uždaviniai

Tikslas:

Ištirti aplinkybes, kurios įtakoja TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimus, taip sumažinant neplaninių remontų skaičių iki minimumo.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti TEM TMH serijos lokomotyvų ir R3 modulių konstrukciją.
2. Išanalizuoti TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių pagal modifikaciją gedimų statistiką.
3. Atlikti lokomotyvų prastovų NR analizę pagal lokomotyvų gedimų klasifikacijas.
4. Pateikti statistinius duomenis apie silpnąsias dažnių keitiklių vietas (nustatant labiausiai pasikartojančius gedimus).
5. Apžvelgti patirtus nuostolius kelyje, remonte bei bendrus lokomotyvo prastovų nuostolius.
6. Įvertinti, kaip dažnių keitiklių gedimus įtakoja oro temperatūra, santykinė oro drėgmė ir vibracijos.
7. Pateikti pasiūlymus, kaip sumažinti esamus gedimų kiekius, nuostolius.
8. Suformuoti lokomotyvų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimo ir palaikymo tvarką, kuri reglamentuoja lokomotyvų techninei priežiūrai vykdyti reikalingų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimą ir palaikymą.

Magistrantas:
(vardas, pavardė, parašas, data)

Projekto vadovas.....
(vardas, pavardė, parašas, data)

Krypties studijų programos vadovas.....
(vardas, pavardė, parašas, data)

Turinys

Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas.....	9
Įvadas.....	14
1. TEM TMH serijos lokomotyvo aprašymas	16
2. TEM TMH serijos lokomotyvo elektros ir įrangos aprašymas	19
3. Lokomotyvų gedimų statistika pagal dažnių keitiklių tipus.....	27
3.1. LTB-1 TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika.....	27
3.2. Latvijos įmonės ČME 3M serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika	32
3.3. Estijos įmonės TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika	34
3.4. Rusijos vieno iš depų TEM TMX serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika	35
3.5. Bendra lokomotyvų prastova ir patirti nuostoliai neplaniniuose remontuose susijusi su dažnių keitiklių gedimais	36
3.6. Dažniausiai pasikartojantis gedimas	38
5. Ruožuose patiriamų nuostolių skaičiavimai	42
6. Riedmens prastovos nuostoliai remonto bazėje.....	48
7. Keitiklių gedimų atsiradimo prielaidos	49
7.1. Dėl aplinkos temperatūrų, santykinų oro drėgmių ir vibracijų, įvairiais metų laikais	49
7.2. Dėl netinkamos remonto kokybės	54
8. Rekomendacijos gedimų mažinimui	57
8.1. Atsarginių dalių planavimas pagal būtinąjį rezervą.....	57
8.2. Tinkama remonto kokybė	62
8.3. Nustatyta ekonominė nauda atlikus PR pakeitimus.....	62
8.4. Aplinkos temperatūros mažinimas R3 modulyje.....	64
9. Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas	66
Išvados.....	68
Literatūros sąrašas:	69

Priedai **Error! Bookmark not defined.**

Paveikslų sąrašas

1 pav. Lokomotyvas TEM TMH.....	17
2 pav. Lokomotyvo TEM TMH mazgų ir agregatų išdėstymo schema	18
3 pav. Dažnio keitiklio veikimo principinė schema	21
4 pav. Serijos TEM TMH lokomotyvo 1-os modifikacijos R3 modulio dažnio keitiklių vaizdas	23
5 pav. Serijos TEM TMH lokomotyvo 2-os modifikacijos R3 modulio PM120-3 dažnio keitiklių vaizdas	24
6 pav. Lokomotyvo serijos TEM TMH 3-ios modifikacijos R3 modulio PM120-3B dažnio keitiklių vaizdas.....	25
7 pav. Lokomotyvo serijos TEM TMH 4-os modifikacijos R3 modulio PM120-3C dažnio keitiklių vaizdas.....	26
8 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.....	28
9 pav. SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.....	30
10 pav. SE tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.	32
11 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.....	33
12 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2014 - 2017 m.....	35
13 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2014 - 2017 m.....	36
14 pav. Veikiančių jėgos tranzistorių valdiklių darbas	39
15 pav. Jėgos tranzistoriaus valdikliai.....	40
16 pav. Neveikiančio dažnių keitiklio išraiška diagnostinėje panelėje	40
17 pav. Automatinis dažnių keitiklio įsijungimas, neveikia vienam jėgos tranzistoriaus valdikliui .	41
18 pav. Klaida Nr. 4 nuolatinės įtampos dingimas	41
19 pav. Lietuvos geležinkelių schema.....	42
20 pav. Lauko temperatūros duomenys.....	50
21 pav. Lauko drėgmės duomenys	50
22 pav. R3 modulio apačioje esančio temperatūros jutiklio gauti duomenys	50
23 pav. R3 modulio apačioje esančio drėgmės jutiklio gauti duomenys	51
24 pav. R3 modulio viršuje esančio temperatūros jutiklio gauti duomenys	51
25 pav. R3 modulio viršuje esančio drėgmės jutiklio gauti duomenys.....	51
26 pav. R3 modulio apačioje vibracijų lygio gauti duomenys.....	52
27 pav. R3 modulio apačioje vyraujančių dažnių gauti duomenys.....	52
28 pav. R3 modulio vyraujančių temperatūrų gauti duomenys kelionės metu	53
29 pav. R3 modulio vyraujančių drėgmių gauti duomenys kelionės metu	53

30 pav. R3 modulio vyraujančių dažnių ir vibracijų gauti duomenys kelionės metu	53
31 pav. Prekinių ir manevrinių lokomotyvų profilaktinės techninės priežiūros periodiškumo normos	55
32 pav. Iškarpa iš planinio remonto ER1+P6 dėl R3 modulio	55
33 pav. BR principinė schema.....	57
34 pav. BR PR palaikymo schema	58
35 pav. BR NR palaikymo schema	59
36 pav. NR kainų skirtumas po atlikto PR papildymo	63
37 pav. 290 W galios trifazis ventiliatorius.....	64
38 pav. 370 W galios trifazis ventiliatorius.....	64

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH pagrindiniai techniniai duomenys.....	17
2 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH 1 modifikacijos R3 modulio dažnio keitiklių tipai	21
3 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH 2 modifikacijos R3 modulio PM120-3, PM120-3B, PM120-3C dažnio keitiklių tipai.....	21
4 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.	27
5 lentelė. SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.	28
6 lentelė. SE tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.....	30
7 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.	32
8 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.	34
9 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2014 – 2017 m.	35
10 lentelė. Keturių šalių lokomotyvų prastova neplaniniame remonte valandomis 2013 -2017 m...36	
11 lentelė. AB „Lietuvos geležinkeliai“ lokomotyvų serijos TEM TMH bendra gedimų lentelė 2013 - 2017 m.....	37
12 lentelė. Siūlomi preliminarūs darbai	62

Autorius, Ramizas Giulmamedovas. Lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Transporto inžinerija (E12), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: Lokomotyvas, dažnių keitiklis, neplaninis remontas.

Kaunas, 2018. 72 p.

Santrauka

Baigiamajame darbe tiriama manevrinių lokomotyvų TEM TMH gedimai, kurie susiję su dažnių keitikliais. Aprašomi dažnių keitikliai, jų veikimo principas. Pateikiami TEM TMH serijos lokomotyvų ir dažnių keitiklių gedimų statistiniai duomenys pagal modifikacijas.

Analizuojamos lokomotyvų prastovos neplaniniuose remontuose pagal gedimų klasifikacijas. Nustatomi labiausiai pasikartojantys gedimai. Atliekami skaičiavimai dėl patirtų nuostolių kelyje, remonto stovynėje ir nuostoliai patirti dėl dažnių keitiklių gedimų. Įvertinus nuostolius atliekama tyrimo analizė dėl aplinkos temperatūrų, santykinų oro drėgmių ir vibracijų, įvairiais metų laikais poveikio aplink dažnių keitiklius. Nustatomos galimos prielaidos dėl atsirandančių gedimų. Aprašomi variantai, kaip sumažinti prastovas neplaniniuose remontuose.

Šiuo darbu siekiama gerinti geležinkelių riedmenų techninę eksploatacinę stovį, siekiant sumažinti prastovas neplaniniuose remontuose iki minimumo gerinant remonto kokybę.

Author's surname, Ramizas Giulmamedovas. Investigation of malfunctions of locomotive frequency converters. Master's Final Degree Project supervisor doc. dr. Robertas Keršys; The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Transport Engineering (E12), Engineering Science.

Keywords: Locomotive, frequency converter, unplanne repair.

Kaunas, 2018. 72 pages.

Summary

In the final work, the faults of TEM TMH shunting locomotives that are related to frequency converters are investigated. Frequency changers are described, their operation principle is described. The statistical data of the TEM TMH series locomotives and frequency inverters are presented based on modifications.

Locomotive downtime is analyzed in non-scheduled repairs according to fault classifications. Identify the most recurring faults. Calculations are made for losses incurred on the road, stationary repairs and losses due to faults in frequency converter. The loss assessment is based on an analysis of the ambient temperature, relative humidity and vibration, and exposure to frequency inverters throughout the year. Possible causes for possible failures are identified. Descriptions of how to reduce downtime in unplanned repairs.

This work aims to improve the technical operational status of the rolling stock in order to reduce the downtime of unplanned repairs to a minimum by improving the quality of repairs.

Santrumpos

AB – tai Akcinė bendrovė kuri yra ribotos civilinės atsakomybės privatusis juridinis asmuo, kurio veiklos tikslas yra pelno siekimas, savo pasirinkimu vykdamas ir plėtojantis bet kurią įstatymų nedraudžiamą ūkinę komercinę, finansinę ar pramoninę veiklą. AB įstatinis kapitalas turi būti ne mažesnis kaip 40 000 EUR, jis yra padalytas į dalis, vadinamas akcijomis, kurios gali būti platinamos bei jomis prekiaujama viešai.

UAB – tai uždaroji akcinė bendrovė, ribotos civilinės atsakomybės privatusis juridinis asmuo, kurio įstatinis kapitalas yra padalytas į akcijas. Pagrindinis uždarnosios akcinės bendrovės veiklą reglamentuojantis dokumentas – Akcinių bendrovių įstatymas.

NR – neplaninis remontas.

VDV – Vidaus degimo variklis. Variklis, naudojantis energiją, išsiskiriančią iš uždaramame degimo skyriuje degančio kuro.

„**Locat**” - techninis įrenginių, skirtų lokomotyvų modernizacijoms, visumos pavadinimas („Caterpillar” dyzelinio variklio su kintamosios srovės kompanijos „Siemens” generatoriais).

AC/DC - kintamosios/nuolatinės elektros srovės.

EDS – elektros dinaminis stabdis.

kW - fizikinis vienetas kuriuo matuojama galia, 1 kW (kilovatas) apytiksliai lygus 1,34 AG.

LTB-1 – Vilniaus lokomotyvų depo Kauno cechasis iki 2018 metų.

LR – Lietuvos Respublika (Lietuva).

LG - AB Lietuvos geležinkeliai – Lietuvos susisiekimo bendrovė, administruojanti Lietuvos Respublikos geležinkelių tinklą.

BR - būtinasis rezervas. Lokomotyvų detalių, mazgų ar agregatų būtinoji atsarga užtikrinanti lokomotyvų planinių ir neplaninių remontų vykdymą bei pakaitinio fondo palaikymą.

PR - planinis remontas. Lokomotyvui atliekami profilaktinės techninės priežiūros (preventive maintenance, LST EN 50126) darbai iš anksto numatytais intervalais. Pagal darbų apimtį PR skirstomi į planines technines apžiūras (PTA), mažos (MPR) ir didelės (DPR) apimties planinius remontus.

PP – priežiūros planas. Konkrečiai lokomotyvų serijai parengtas PR darbų sąrašas nurodantis kokių periodiškumu atliekamas konkretus darbas.

RP – Remonto programa. Metinė PR atlikimo programa lokomotyvų sekcijoms paskirstyta ketvirčiais ir mėnesiais pagal lokomotyvų seriją ir PR kodą.

PF – pakaitos fondas. techniškai tvarkingų atsarginių dalių fondas, skirtas atlikti PR ar NR, pakeičiant remontuotinas dalis techniškai tvarkingomis, siekiant sumažinti lokomotyvo prastovą. Nuimtos remontuotinos dalys suremontuojamos ir panaudojamos atliekant kitą PR ar NR.

TP ciklas - laikotarpis nuo lokomotyvo pagaminimo ar planinio kapitalinio remonto iki kito planinio kapitalinio remonto.

TPG – technologinio proceso grafikas. Pagal PP konkrečiam PR parengta darbų atlikimo lokomotyve grafinė laiko seka minutėmis, nurodant kiekvieną darbą atliekančių darbuotojų specializaciją ir skaičių bei darbo imlumą (žmogaus valanda). Pagal TPG nustatomas lokomotyvo prastovos laikas konkrečiame PR. Į TPG įtraukiami ir darbai atliekami ne lokomotyve, nurodant šių darbų atlikimo trukmę, taip pat darbuotojų specializaciją ir skaičių bei darbo imlumą (žmogaus valandą), jei darbai atliekami savo jėgomis, arba nurodoma, kad darbus atlieka rangovas.

Ivadas

Geležinkeliai yra viena svarbiausių sausumos transporto šakų. Tai ekonomiškai, saugi ir ekologiškai švari transporto rūšis. Geležinkeliais sėkmingai vežami dideli kroviniai dideliais nuotoliais. Prioritetinis Europos, taip pat ir Lietuvos, geležinkelių transporto sistemos tikslas yra efektyvus, patogus ir saugus krovinių ir keleivių vežimas be valstybinių sienų kirtimo formalumų ir apribojimų. Siekiant įgyvendinti šį tikslą, būtina visoje Europoje sukurti modernią, lanksčią, patikimą ir kartu lengvai įdiegiamą geležinkelių sistemą.

Šiuo metu, geležinkeliai gana plačiu tinklu išraižė viso pasaulio žemynus, ir neabejotina, kad tam tikrą laiką jais vis rieda keleiviniai ar sunkieji prekiniai traukiniai, kurie į įvairias pasaulio šalis gabena keleivius bei įvairios paskirties krovinius. Juo labiau, kad atsiradus geležinkeliams itin ženkliai išaugo tarptautinė prekyba, turėjusi įtakos dar stipresniam tarptautiniam bendradarbiavimui. Geografinė padėtis nulėmė: Lietuva – tranzito kraštas, nors ir nedidelė, bet reikšminga atkarpa Rytų - Vakarų linijoje. Tai patvirtina ir beveik 150 metų Lietuvos geležinkelio istorija, gana tiksliai atkartojusi XIX, XX amžiaus Lietuvos istorinius, ekonominius, politinius įvykius. Karai bei revoliucijos, derinę visos mūsų šalies raidą prie stiprių Rytų ir Vakarų valstybių poreikių, - „persiuvinėjo” ir Lietuvos geležinkelio vėžės plotį pagal Rusijos ar Vakarų Europos reikalavimus [1]. Labai svarbu suvokti ir reikiamai pritaikyti informacines technologijas, kurios leistų sisteminti esamą informaciją ir ją panaudojant atsakyti į pagrindinius klausimus: koku periodišku turi būti atliekami planiniai remontai, nenaudojant papildomų lėšų ir palaikant reikiamą riedmenų parko techninę būklę, kiek reikia turėti atsarginių detalių atliekant planinius ir neplaninius remontus su minimaliomis išlaidomis, kaip padidinti mazgų ir agregatų patikimumą. Visi šie išvardyti faktoriai, o ir pačių riedmenų amžius yra tiesiogiai susiję su neplaniniais remontais (toliau - NR).

NR skaičius rodo, kad remonto kokybė ir jo organizavimas nėra pakankamo lygio. AB „Lietuvos geležinkeliai” kiekvienais metais NR patiria didelių nuostolių, susijusių su lokomotyvų remonto prastovomis, papildomomis išlaidomis medžiagoms, darbų sąnaudoms bei degalų sunaudojimui.

Taigi, šiame magistro darbe nagrinėjamas *problematis klausimas*: kas skatina TEM TMH serijos manevriniuose lokomotyvuose neplaninius remontus, kurie susiję su dažnių keitikliais.

Darbo tikslas:

Ištirti aplinkybes, kurios įtakoja TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimus, taip sumažinant neplaninių remontų skaičių iki minimumo.

Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti TEM TMH serijos lokomotyvų ir R3 modulių konstrukciją.
2. Išanalizuoti TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių pagal modifikaciją gedimų statistiką.
3. Atlikti lokomotyvų prastovų NR analizę pagal lokomotyvų gedimų klasifikacijas.
4. Pateikti statistinius duomenis apie silpnąsias dažnių keitiklių vietas (nustatant labiausiai pasikartojančius gedimus).
 5. Apžvelgti patirtus nuostolius kelyje, remonte bei bendrus lokomotyvo prastovų nuostolius.
 6. Įvertinti, kaip dažnių keitiklių gedimus įtakoja oro temperatūra, santykinė oro drėgmė ir vibracijos.
 7. Pateikti pasiūlymus, kaip sumažinti esamus gedimų kiekius, nuostolius.
 8. Suformuoti lokomotyvų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimo ir palaikymo tvarką, kuri reglamentuoja lokomotyvų techninei priežiūrai vykdyti reikalingų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimą ir palaikymą.

1. TEM TMH serijos lokomotyvo aprašymas

TEM TMH serijos lokomotyvas yra 1455 kW (CAT 3512B) arba 1550 kW (CAT 3512C HD) galios su elektros pavara, pradėtas Lietuvoje gaminti 2009 metais ir yra skirtas manevravimo darbams ir darbui paskirstymo kalnelio geležinkelio stotyse. Mašinisto kabina įrengta galinėje lokomotyvo dalyje. TEM TMH lokomotyvuose vidaus degimo variklio generatoriaus automatizuotam valdymui ir jėgainės parametrų reguliavimui įdiegta kompiuterinė (mikroprocesorinė) valdymo sistema.

Lokomotyvas TEM TMH - tai 126 t, šešių varančiųjų traukos elektros variklių lokomotyvas, kurio ašinė formulė būtų $Co' - Co'$, ašies bėgių apkrova ~ 21 t. Lokomotyvuose sumontuoti gamyklos „Caterpillar“ — 1455 kW (CAT 3512B) arba 1550 kW (CAT 3512C HD) galios vidaus degimo dyzeliniai varikliai. Šiuose lokomotyvuose naudojami Rusijos gamybos lokomotyvo TEM18 vežimėliai, kuriuose sumontuoti šeši nuolatinės srovės nuoseklaus žadinimo traukos varikliai (tipas ED 118AU1). Kaip pagrindinis galios šaltinis lokomotyve yra jėgainė, sudaryta iš dyzelinio variklinio generatoriaus „Locat 3512/631“. Dyzeliniai varikliai CAT 3512B (CAT 3512C HD) ir kintamosios srovės traukos generatorius „Siemens 1FC2 631-6BO29T“ sujungti tampriąja mova. Svarbi dyzelinio variklinio generatoriaus dalis yra ir pagalbinis 120 kW galios kintamosios srovės generatorius „Siemens 1FC2 631-6BO29P“, sujungtas su traukos generatoriumi į vieną elektros mašinos konstrukciją [2].

Kintamosios srovės traukos generatorius – elektros energijos šaltinis, skirtas traukos elektros sistemai aprūpinti, o pagalbinis kintamosios srovės generatorius skirtas bortiniam lokomotyvo trifaziam 3x400 V tinklui sukurti. Kintamosios srovės traukos generatoriui žadinti (CAT 3512B atveju) naudojamas nuolatinės srovės mišriojo žadinimo generatorius GB 112 L sumontuotas ant pagalbinių kintamosios srovės generatoriaus statoriaus, jo rotorius sujungtas diržine pavara su pagalbiniu generatoriaus rotoriumi. Kintamosios srovės traukos generatoriui žadinti (CAT 3512C HD atveju) naudojamas statinis keitiklis GV3, kuris sumontuotas R3 modulyje.

Dar viena jėgainės dalis yra du pakrovimo generatoriai akumuliatorinėms baterijoms pakrauti bei du starteriai dyzeliniam varikliui užvesti.

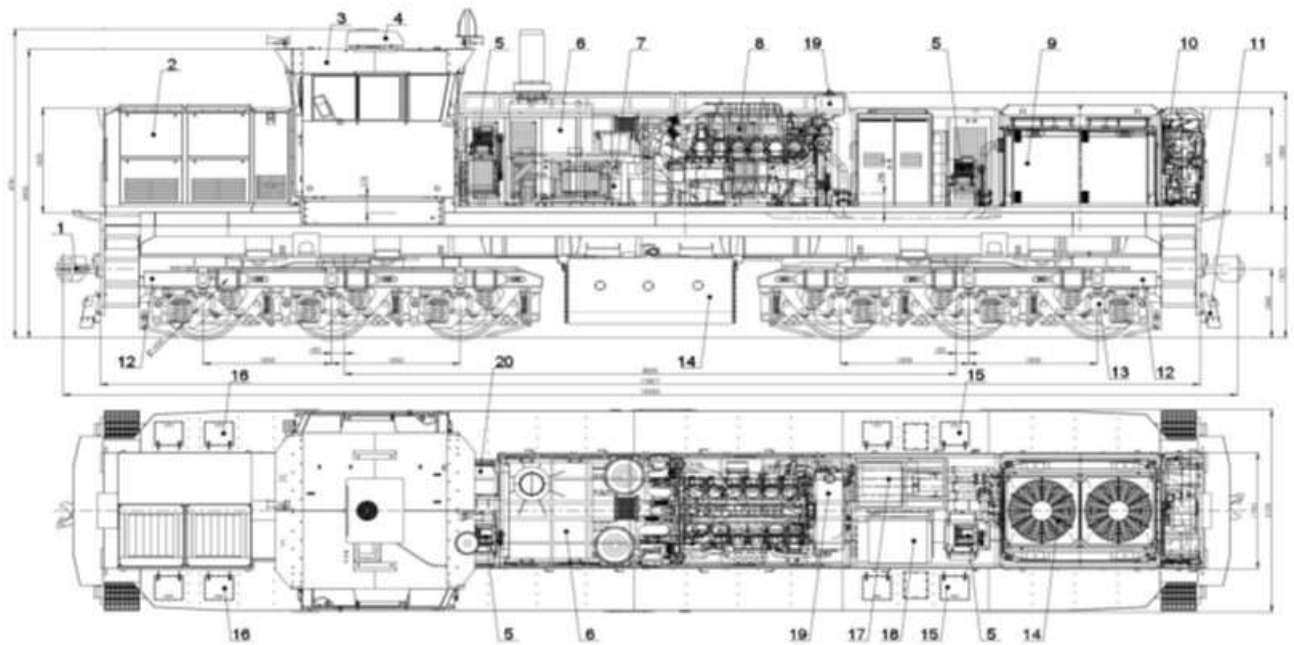
„Locat“ — techninis įrenginių, skirtų lokomotyvų modernizacijoms, visumos pavadinimas. Nepriklausomai nuo pagrindinės lokomotyvo kompiuterinės valdymo sistemos, dyzelinio variklio parametrai kontroliuojami ir valdomi autonomine kompanijos „Caterpillar“ sukurta elektroninė valdymo sistema. Ji kontroliuoja dyzelinio variklio paleidimą, neleidžia padidinti galios iki kritinių verčių, apriboja ją esant perkrovos režimams. Visų variklių režimų parametrai signalizuojami, esant perkrovos režimams iki kritinių verčių, dyzelinis variklis gesinamas. Pagrindinės lokomotyvo TEM TMH techninės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje [2], o kaip išdėstyti mazgai ir agregatai nurodyti 2 paveiksle [3].

1 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH pagrindiniai techniniai duomenys

Eil. Nr.	Pavadinimas	TEM TMH su 3512B VDV	TEM TMH su 3512C HD VDV
1	Vėžės plotis, mm	1520	
2	Lokomotyvo masė (su dviem trečdaliais degalų ir smėlio atsargų), t	126 ($\pm 3\%$)	
3	Ašies apkrova, t	21 ($\pm 3\%$)	
4	Ašies formulė	Co'-Co'	
5	Varančiųjų ašių skaičius	6	
6	Traukos reduktoriaus pavaros santykis	75 : 17	
7	Lokomotyvo greitis, km/val.	100	
8	Skaičiuojamasis greitis V_s , km/h	13,5	
9	Gabaritas	1-T, GOST 9238-83	
10	Maksimalus plotis, mm	3 160	
11	Maksimalus aukštis (įskaitant oro kondicionavimo įrenginio ir sirenos aukštį), mm	4 670	
12	Lokomotyvo ilgis pagal automatinių sankabų ašis, mm	16 900	
13	Lokomotyvo rėmo ilgis, mm	15 827	
14	Atstumas tarp savigražos įrenginių sukimosi ašių, mm	8800	
15	Vežimėlio tarpuašis, mm	3 700	
16	Aširačių skersmuo, mm	1 050	
17	Pavaros tipas	Elektrinė, kintamosios – nuolatinės srovės AC/DC	
18	Dyzelinio variklio galia, kW	1 455	1 550
19	Lokomotyvo galia automatinių sankabų aukštyje, kW	997,5	1 069
20	Ilgalaikio režimo traukos jėga automatinių sankabų aukštyje, kN	266	285
21	Maksimali traukos jėga automatinių sankabų aukštyje pajudėjimo metu, kN	400	



1 pav. Lokomotyvas TEM TMH



2 pav. Lokomotyvo TEM TMH mazgų ir agregatų išdėstymo schema

1 – automatinė sankaba SA-3; 2 – R1 modulis; 3 – mašinisto kabinos modulis; 4 – kondicionierius; 5 – elektros traukos variklių apipūtimo ventiliatorius; 6 – duslintuvas; 7 – pagrindinis generatorius; 8 – dyzelinis variklis; 9 – aušinimo sistemos radiatoriai; 10 – stabdžių sistemos modulis; 11 – kelio valytuvas; 12 – vežimėlis; 13 – aširatis; 14 – degalų talpa ir akumuliatorių dėžė; 15 – smėlio užpylimo liukas ir smėlinė lokomotyvo priekinę dalyje; 16 - smėlio užpylimo liukas ir smėlinė lokomotyvo galinėje dalyje; 17 – kompresorius; 18 – dažnių keitikliai; 19 – aušinimo skysčio išsiplėtimo bakelis; 20 – įtampos reguliatorius (srovės lygintuvas).

2. TEM TMH serijos lokomotyvo elektros ir įrangos aprašymas

Lokomotyve įrengta kintamosios/nuolatinės elektros srovės (AC/DC) elektrinė galios pavara. 1FC2 631-6B029T serijos „Siemens“ kintamosios elektros srovės traukos generatorius per diodų traukos lygintuvą maitina šešis elektros traukos variklius. Kintamosios elektros srovės traukos generatorių sužadina statinis sužadintojas, kuris yra pagalbinių pavarų elektros maitinimo dalis. Statinis sužadintojas valdomas pro analoginį elektroninio reguliatoriaus išvadą, kurio diapazonas nuo 0 iki 10 V, o tai atitinka nuo 0 iki 60 A srovės stiprumą statinio sužadintojo išėjime. Elektroninis reguliatorius kintamosios elektros srovės generatorių pagal srovės stiprumą, įtampą, praslydimo daviklių informaciją ir nustatytus parametrus sužadina taip, kad būtų pasiektos nustatytos apkrovimo charakteristikos (srovės stiprumo, įtampos ir galios). Elektroninis reguliatorius valdo važiavimo ir EDS režimų kontaktorių uždarymo, važiavimo krypties perjungimo vožtuvų valdymo, vidaus degimo variklio darbo ir papildomų kontūrų valdymo procesus. Važiavimui ir EDS valdyti skirtas abiejuose mašinisto valdymo pultuose esantis septynių pakopų valdiklis (3 fiksuojamos padėties pakopos ir 4 nefiksuojamos padėties pakopos). Pagal šio valdiklio padėtį elektroninis reguliatorius nustato VDV apsukas, kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadinimo srovės stiprumą ir lokomotyvo galią. Lokomotyvo valdymas tolygus, dėl santykinio traukos dydžio, kurį sudaro procentinis (0–100 %) momentinis lokomotyvo galios poreikis.

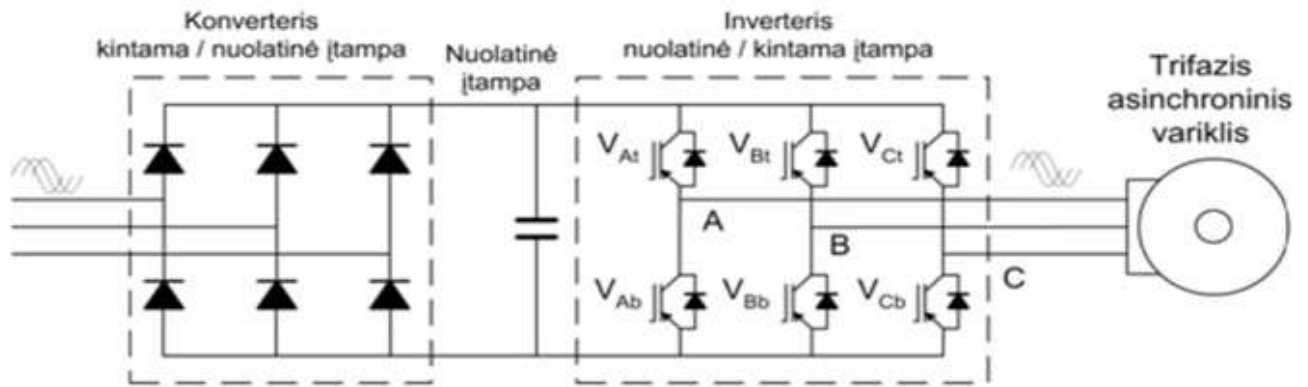
Lokomotyvo važiavimo kryptčiai nustatyti skirta trijų padėčių kryptties nustatymo svirtis. Traukos varikliai eigos režimu sujungti į tris lygiagrečias motorines grupes, kiekvienoje grupėje yra du nuosekliai vienas kito atžvilgiu sujungti traukos varikliai. Traukos varikliai dirba, esant visiškam arba sumažėjusiam (dvejomis pakopomis) nuosekliajam sužadinimui. Sužadinimas sumažinamas prie traukos variklių sužadinimo apvijų prijungus šuntavimo reostatą. EDS režimu traukos varikliai dirba kaip išorinio sužadinimo nuolatinės elektros srovės generatoriai. Traukos grandinė kontaktoriais perjunginama taip, kad visų traukos variklių sužadinimo apvijų sujungiamos nuosekliai ir pro traukos lygintuvą maitinamos kintamosios elektros srovės traukos generatoriaus. Prie nuosekliai sujungtų traukos variklių inkarų prijungta atitinkama stabdymo reostato, sugeriančio variklių generuojamą elektros energiją stabdymo metu, dalis. Stabdymo reostatas yra EDS bloko dalis. Reostatas intensyviai aušinamas nuolatinės elektros srovės varikliu sukamu ašiniu ventiliatoriumi, kuris maitinamas įtampos kritimo reostato atšakose. EDS yra dviejų režimų ir užtikrina stabdymą leidžiantis nuokalne arba sustojant. Stabdymo režimai perjungiami perjungikliu mašinisto valdymo pulte. Vidaus degimo variklis EDS režimu dirba tuščiąja eiga. Esant mažam greičiui, kai EDS stabdymo jėga jau ne tokia efektyvi, EDS pakeičiami stovėjimo stabdžiais. Šio stabdymo lygio pakopa įjunginama dėl prieš tai buvusio EDS stabdymo jėgos dydžio. Stovėjimo stabdžiai galutinai sustabdys lokomotyvą, iki visiško sustojimo. Sustojimo režime stabdymo jėga valdoma momentų žymėjimu (gradavimu), todėl stabdymo jėgos dydis

(tam tikru intervalu) nuo važiavimo greičio nepriklauso. Sustojant yra užtikrinamas stabdymas su nekintančiu užlaikymu (uždelsimu). Stabdymo metu stabdymo reostate įvyksta vienas trumpas jungimas, todėl galima visiškai išnaudoti stabdymo jėgą, esant patiems mažiausiems greičiams. Didžiausias galingumas pasiekiamas lokomotyvo sukabinime – 1 300 kW, o didžiausia stabdymo jėga – 225 kN. Dėl temperatūrinės traukos variklių apkrovos lokomotyvas tokiu režimu gali dirbti ne daugiau kaip 6 min., praėjus 5 min., suveiks avarinė signalizacija, o dar po minutės EDS bus perjungti stabdymu stovėjimo stabdžiais. Tačiau ši sąlyga galioja tik tada, kai srovės stiprumas inkaruose viršija 900 A dydį. Jeigu srovės stiprumas inkaruose neviršija 900 A, EDS darbo laikas neribojamas. Kad EDS funkcionuotų sustojimo režimu, yra būtinas ne mažesnis kaip 2 km/val. lokomotyvo greitis. Šį stabdymo būdą rekomenduojame naudoti, kai dirbama manevravimo režimu arba stabdomas traukinio sąstatas ar lokomotyvas. Lokomotyve yra papildomas 3x400 V elektros tinklas, kurį maitina papildomas 1FC2 631-6B029P serijos kintamosios elektros srovės „Siemens“ generatorius. Jis yra jėgainės agregato dalis ir sumontuotas už kintamosios elektros srovės traukos generatoriaus. Papildomo tinklo kintamosios elektros srovės generatorius maitina pagalbinių pavarų dažnių keitiklius R3 modulyje, o konkrečiau, lygintuvų bloke, išlyginama trifazė kintamosios elektros srovės įtampa (3 x 400 V AC) iš pagalbinio kintamosios elektros srovės generatoriaus ir susidaro tarpinis nuolatinės elektros srovės 560 V DC (+ 10 / – 13 %) įtampos kontūras. Iš šio tarpinio kontūro maitinami du įkrovimo įtaisai, statinis sužadintojas ir keturi dažnio keitikliai (žr. 2, 3 lenteles). Lygintuvo dalis yra pagalbinio kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadinimo reguliatorius ir nepriklausoma apsauga nuo per didelės įtampos, kontroliuojanti pagalbinio 3x 400 V AC tinklo įtampą [4].

Dažnio keitikliai - tai elektroniniai valdymo prietaisai skirti asinchroninių trifazių variklių sūkių ir momento reguliavimui. Standartinio asinchroninio variklio sūkliai, maitinant jį iš 50Hz trifazio tinklo yra fiksuoti ir priklauso tik nuo variklio konstrukcijos (1000 aps./min; 1500 aps./min; 3000 aps./min) ir apkrovos. Taigi reguliuoti variklio sūkių be papildomos įrangos neįmanoma, o dažnio keitikliai ir yra įranga, leidžianti sklandžiai bei tolygiai reguliuoti standartinio trifazio variklio sūkius nuo 0 iki maksimalių variklių sūkių, išlaikant optimalų variklio sukimo momentą. Dažnio keitikliai naudojami įvairiose pramonės srityse, kur mechanizmus suka elektros varikliai. Dažnio keitikliai užtikrina labai tikslų variklio valdymą, gali didinti, mažinti ir išlaikyti pastovų variklio sukimosi greitį, naudodamas tik reikiamą energijos kiekį. Tokiu būdu išvengiama papildomų mechaninių prietaisų, mažinančių variklio apsukas (reduktorių, diržinių pavarų ir t. t.) ir sutaupoma elektros energijos. Elektros varikliai sunaudoja didžiąją dalį elektros energijos, kai variklius valdome pagal jiems tenkančias apkrovas, elektros suvartojimas tampa tikslingesnis, ir nuo variklio apkrovos galima sutaupyti nuo 25 % iki 70 % elektros energijos. Naudojant dažnio keitiklį, galima atsisakyti brangių mechaninių komponentų, tokių kaip greičio dėžė. Dažnio keitiklis gali variklį sukuti mažu ir dideliu greičiu be papildomų mechaninių dalių,

atsisakant papildomų mechaninių mazgų, taip tampa lengvesnė mechanizmo konstrukcija ir sumažinamos išlaidos aptarnavimui [5].

3 paveiksle nurodytas dažnio keitiklio veikimo principas, kuris susijęs su įtampos lyginimu ir konvertavimu. Iš pradžių kintama trifazė įtampa išlyginamojo tiltelio pagalba keičiama į nuolatinę, ir vėliau tranzistoriai komutuodami tam tikru nustatomu dažniu atsidarinėja. Taip sukuriama kintama įtampa su tam tikru norimu dažniu.



3 pav. Dažnio keitiklio veikimo principinė schema

2-oje ir 3-oje lentelėse nurodyti TEM TMH serijos lokomotyvų skirtingų R3 modulių modifikacijos dažnių keitikliai.

2 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH 1 modifikacijos R3 modulio dažnio keitiklių tipai

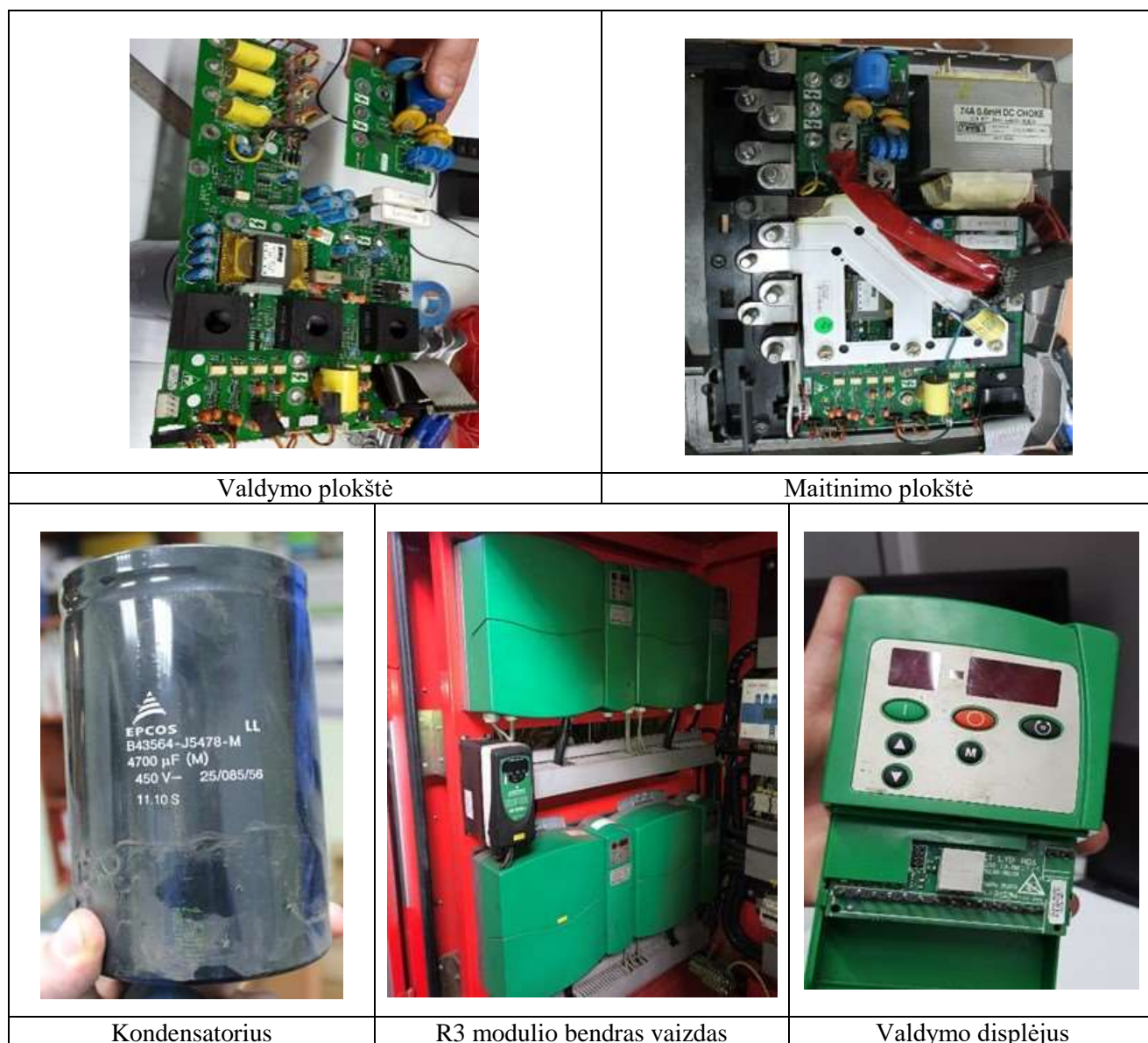
Žymėjimas	Įtaiso tipas	Įtaiso paskirtis
GV11 (SE)	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas kompresoriaus ir kombinuotojo kompresoriaus aušintuvo asinchroniniams varikliams maitinti
GV12 (SE)	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas porai traukos variklių aušintuvų ventiliatorių asinchroniniams varikliams maitinti
GV13 (SE)	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas VDV aušintuvo ventiliatoriaus asinchroniniam varikliui maitinti Nr. 1
GV14 (SE)	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas VDV aušintuvo ventiliatoriaus asinchroniniam varikliui maitinti Nr. 2
GV15 (SK)	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas VDV aušintuvo ventiliatorių asinchroniniams variklių aušinimo el. variklio maitinimui




3 lentelė. Lokomotyvo TEM TMH 2 modifikacijos R3 modulio PM120-3, PM120-3B, PM120-3C dažnio keitiklių tipai

Žymėjimas	Įtaiso tipas	Įtaiso paskirtis
GU4	Kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadintojas	Prie kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadinimo apvijų prijungtas statinis sužadintojas
GU2	110 V DC įkrovimo įtaisas	Įkrovimo įtaisas, taip pat ir 110V DC nuolatinės elektros srovės šaltinis priekiniams kabinos stiklams šildyti






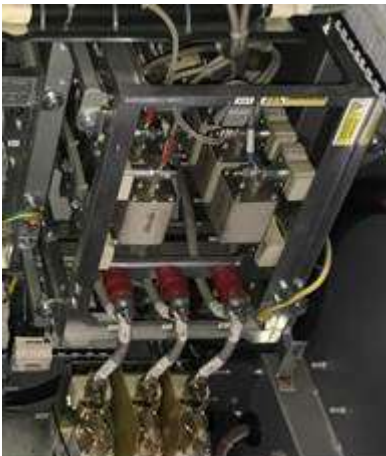
GU1	Traukos lygintuvo saugiklių blokas	Apsaugo keitiklius nuo įtampos šuolių
GS1	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas kompresoriaus ir kombinuotojo kompresoriaus aušintuvo asinchroniniams varikliams maitinti
GS2	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas traukos variklių aušintuvų ventiliatorių asinchroniniams varikliams maitinti
GS3	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas VDV aušintuvo ventiliatorių asinchroniniams varikliams maitinti
GS4	3-jų fazių dažnių keitiklis	Skirtas oro kondicionieriaus ir kabinos elektriniam šildymui karštu oru maitinti

3-iaame, 4-ame, 5-ame ir 6-ame paveiksluose pavaizduoti esamuose lokomotyvuose R3 moduluose sumontuoti dažnių keitikliai pagal skirtingas modifikacijas. 3-ame paveiksle pavaizduotas išardytas dažnio keitiklis.



		
IGBT tranzistorių išdėstymas	Duomenų saugojimo plokštė	IGBT tranzistorius

4 pav. Serijos TEM TMH lokomotyvo 1-os modifikacijos R3 modulio dažnio keitiklių vaizdas



		
GS1 keitiklis (1 variantas)	GS2 keitiklis (1 variantas)	GS3 keitiklis (1 variantas)
		
Įtampos reguliatorius	Bendras vaizdas	GU1 traukos lygintuvo saugiklių blokas









GS4 keitiklis (1 variantas)




5 pav. Serijos TEM TMH lokomotyvo 2-os modifikacijos R3 modulio PM120-3 dažnio keitiklių vaizdas

<p>GS1 keitiklis</p>	<p>GS2 keitiklis</p>	<p>GS3 keitiklis</p>
<p>GU4 Kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadintojas</p>	<p>Bendras vaizdas</p>	<p>GU1 traukos lygintuvo saugiklių blokas</p>

	
<p>110 V DC įkrovimo įtaisas</p>	<p>Saugiklių blokas</p>

6 pav. Lokomotyvo serijos TEM TMH 3-ios modifikacijos R3 modulio PM120-3B dažnio keitiklių vaizdas

		
<p>GS1 keitiklis</p>	<p>GS2 keitiklis</p>	<p>GS3 keitiklis</p>
		
<p>GU4 Kintamosios elektros srovės generatoriaus sužadintojas</p>	<p>Bendras vaizdas</p>	<p>GU1 traukos lygintuvo saugiklių blokas</p>

		
<p>Izoliacijos varžos matavimo prietaisas</p>	<p>110 V DC įkrovimo įtaisas</p>	<p>Saugiklių blokas</p>

7 pav. Lokomotyvo serijos TEM TMH 4-os modifikacijos R3 modulio PM120-3C dažnio keitiklių vaizdas

3. Lokomotyvų gedimų statistika pagal dažnių keitiklių tipus

3.1. LTB-1 TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika

Vilniaus lokomotyvų depo Kauno ceche (toliau – Kauno cechas) eksploatuojami TEM TMH serijos lokomotyvai, laikotarpyje 2013 – 2017 m. Viso Kauno ceche eksploatuojama 20 lokomotyvų iš kurių 17 vnt. TEM TMH serija. Pirmuosius TEM TMH serijos lokomotyvus įmonė įsigijo 2009 m. Lokomotyvai buvo sukomplektuoti netik su skirtingais vidaus degimo varikliais, bet ir su skirtingais R3 moduliais kurie skirstomi į 3 modifikacijas:

- 1-oji modifikacija, tai TEM TMH lokomotyvai kurių numeriai yra nuo 002 iki 007. Šiuose pirmuose lokomotyvuose sumontuoti SE ir SK tipo dažnių keitikliai;
- 2-oji modifikacija, tai TEM TMH lokomotyvai kurių numeriai yra nuo 008 iki 012. Šiuose lokomotyvuose sumontuoti 1-os kartos GS tipo dažnių keitikliai;
- 3-oji modifikacija, tai TEM TMH lokomotyvai kurių numeriai yra nuo 013 iki 035. Šiuose lokomotyvuose sumontuoti 2-os kartos GS tipo dažnių keitikliai.
- 4-oji modifikacija, tai TEM TMH lokomotyvai kurių numeriai yra nuo 036 iki 072. Šiuose lokomotyvuose sumontuoti 3-os kartos GS tipo dažnių keitikliai.

Kauno cecho išskirtinumas: per visą LG arba LR teritoriją nėra daugiau cecho, kuriame būtų vienos serijos trys skirtingos modifikacijos. Žemiau pateiktos lentelės, kuriuose nurodytas keitiklių gedimų kiekis, atskiriant keitiklių tipus.

4-oje lentelėje pateikiama gedimų statistika susijusi su GS tipo dažnių keitiklių gedimais [8].

4 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.

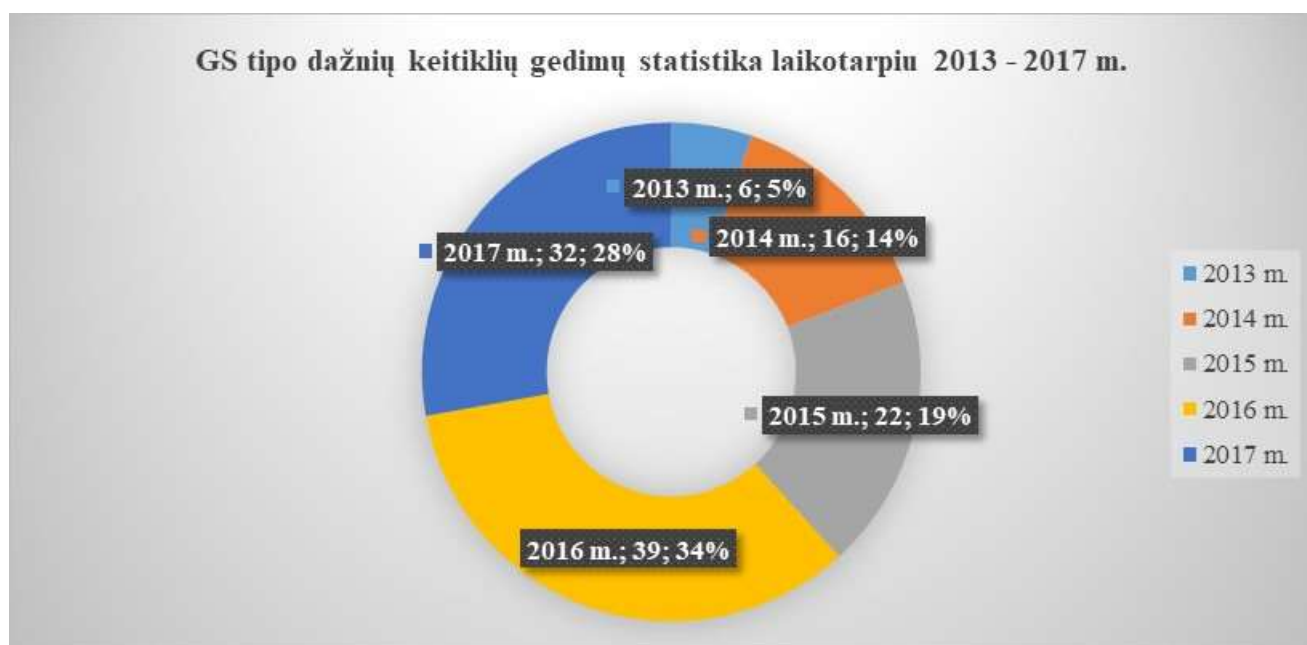
Kodo. Nr.	Žymėjimas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	Overcurrent	Trumpalaikis įtampos padidėjimas			1	2	
02	Perm. Overcurr.	Ilgalaikis įtampos padidėjimas					
03	Driver fault	Valdiklio gedimas					
04	UDC meas. fault	Nuolatinės įtampos dingimas	4	11	12	19	15
05	Thermal relay	Termorelės perkaitimas			2		
06	Heatsink overheat	Aušinimo radiatoriaus perkaitimas		1	2	5	2
07	Box temp.! +	Keitiklio perkaitimas +		3	4	8	7
08	Box temp.! -	Keitiklio temperatūra -					
09	DC perm. over. Volt.	Nuolatinės įtampos trumpalaikis padidėjimas	2	1	1	3	7
10	DC perm. over volt.	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas				1	
11	DC bus under volt.	Nuolatinės įtampos nepakankamumas					
12	Iout asymmetry	Išėjimo srovių asimetrija				1	
13	+15V failure	Klaida +15V					1

Kodo Nr.	Žymėjimas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
14	-15V failure	Klaida -15V					
15	+5V failure	Klaida +5V					
Bendras gedimų skaičius			6	16	22	39	32

Analizuojant 4-os lentelės pateiktus duomenis išryškėja gedimai:

- 1) nuolatinės įtampos dingimas, kuris sudaro 53 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų;
- 2) radiatoriaus perkaitimas kartu su keitiklio perkaitimu, kurie sudaro 28 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų.

8 paveiksle pavaizduota bendra 5-ių metų GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2016 m. gedimai sudarė 34 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų per 5-is metus.



8 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.

Viso Kauno ceche eksploatuojama 11 lokomotyvų su GS tipo dažnių keitikliais, kurie sugedo 115 kartų. Per 5-is metus vienas lokomotyvas sugedo 10,45 karto.

5-oje lentelėje pateikiama gedimų statistika susijusi su SK tipo dažnių keitiklių gedimais [9].

5 lentelė. SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.

Kodo Nr.	Kodas	Gedimo aprašymas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	UU	DC Bus under voltage	Nuolatinės įtampos nepakankamumas					

Kodo Nr.	Kodas	Gedimo aprašymas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
02	OU	DC Bus over voltage	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas					
03	OI.AC**	Drive output instantaneous over current	Staigus įtampos šuolis pavaros išėjime	1		2		1
04	OI.br*	Braking Resistor instantaneous over current	Staigus įtampos šuolis stabdymo rezistoriuje					
05	O.SPd	Over Speed	El. variklio greičio viršijimas					
06	tunE	Autotune stopped before completion	Automatinis nustatymas iki įvykdymo					
07	It.br	I2t on Braking Resistor	I2 ant stabdymo rezistoriaus					
08	It.AC	I2t on drive output current	I2 ant pavaros išėjimo srovės					
09	O.ht1	IGBT over heat based on drives thermal model	IGBT perkaitimas					2
10	O.ht2	Over heat based on drives heatsink	Radiatoriaus perkaitimas		1	1	3	1
11	th	Motor thermistor trip	Termostato atsijungimas					
12	O.Ld1*	User +24v or digital output overload	Išėjime pavaros 24 V perkrova					
13	cL1	Analogue input 1 current mode, current loss	Analoginio išėjimo srovės praradimas					
14	SCL	Serial communication loss time-out	Nutrūkęs nuolatinis ryšys					
15	EEF	Internal Drive EEPROM trip	Vidinio EPPZU pavaros					
16	PH	Input phase imbalance or input phase loss	Fazių skirtumas			1		
17	rS	Failure to measure motors stator resistance	Neveikimas statoriaus pasipriešinime					
18	C.Err	SmartStick data error	greitos jungties duomenų klaida			2	1	5
19	C.dAt	SmartStick data does not exist	Neegzistuoja duomenys					
20	C.Acc	SmartStick read/write error fail	Įrašymo draudimas					
21	C.rtg	SmartStick/drive rating change	SmartStick/pakeistas prietaiso nominalo reikšmė					
22	O.cl	Overload on current loop input	Srovių perkrova įėjime kontūre					
23	HFxx	Hardware faults	Prietaiso neveikimas	1		1		1
Bendras gedimų skaičius				2	1	6	4	10

Analizuojant 5-os lentelės pateiktus duomenis galime teigti, kad nėra išsiskiriančių gedimų, bet galime daryti savotiškas išvadas dėl gedimo – greitos jungties duomenų klaida, kuris sudaro 34 % visų SK tipo dažnių keitiklių gedimų.

SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.



9 pav. SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.

9 paveiksle pavaizduota bendra 5-ių metų SK tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2017 m. gedimai sudarė beveik 44 % visų SK tipo dažnių keitiklių gedimų per 5-is metus.

Viso Kauno ceche eksploatuojama 6 lokomotyvų su GS tipo dažnių keitikliais, kurie sugedo 22 kartus. Per 5-is metus vienas lokomotyvas sugedo 3,66 karto.

6-oje lentelėje pateikiama gedimų statistika susijusi su SE tipo dažnių keitiklių gedimais [10].

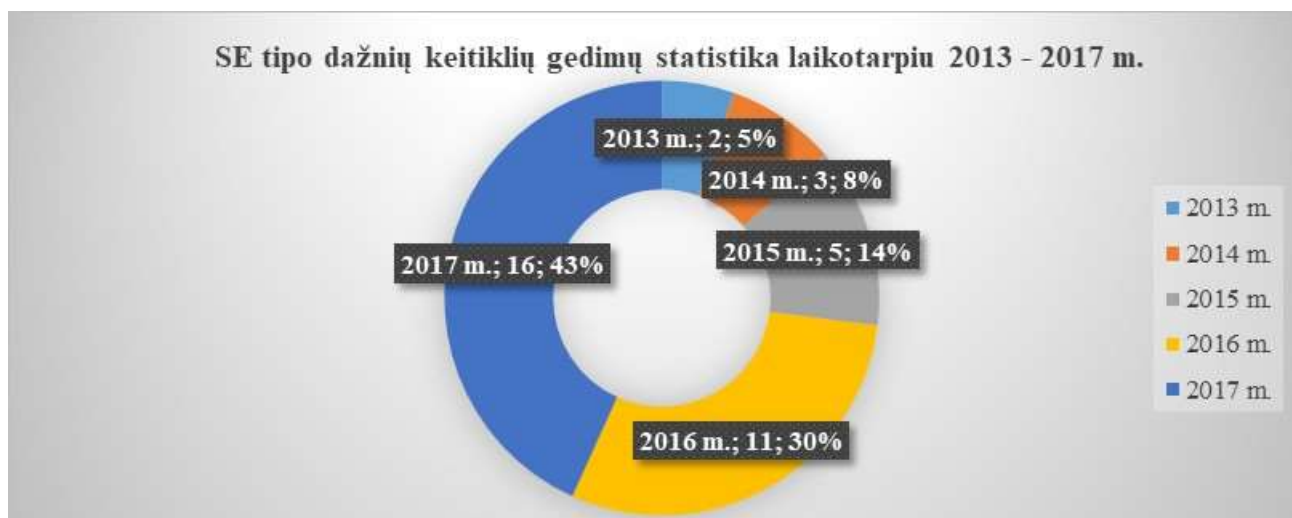
6 lentelė. SE tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.

Kodo Nr.	Kodas	Gedimo aprašymas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	UU	DC link under voltage	Nuolatinės įtampos nepakankamumas		1	2	6	
02	OU	DC link over voltage	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas					
03	OL.AC**	AC instantaneous over current trip	Staigus įtampos šuolis pavaros išėjime			1		1
04	OL.br**	Overcurrent on braking IGBT	IGBT tranzistoriaus perkrova	1			2	1
05	Et	External trip	Vidinis atsijungimas					
06	O.SP	Over speed	Viršytas greitis					
07	tunE	Auto-tune failure	Nustatytas gedimas automatiniam valdyme					
08	lt.br	Ixt on braking resistor	I x t ant stabdymo rezistoriaus					
09	lt.AC	Motor overload on current x time	El. variklio perkaitimas			1		1

Kodo Nr.	Kodas	Gedimo aprašymas (anglų kalba)	Vertimas į lietuvių kalbą	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
10	Oht1	Overheat	Perkaitimas					
11	Oht2	Overheat (heatsink thermistor), Temperature exceeds 95°C	Radiatoriaus perkaitimas		1		2	11
12	th	Over temperature (Motor thermistor)	Termistoriaus perkaitimas					
13	O.Ld1*	+24V or digital output overload	Perkrova +24 V					
14	cL	Current loop loss on terminal 5	Srovės prapuolimas ant jungties Nr. 5					
15	SCL	User serial communications watchdog failure	Taimerio klaida					
16	EEF	Failure of internal EEPROM	Programos PZU klaida					
17	PH	Phase loss	fazės nebūvimas			1	1	4
18	rS	Stator resistance measurement failure	Įtampų skirtumas matuojant el. variklio statoriuje					
19	Trxx	User trips where xx is the user trip number	Nenaudojami parametrai					
20	F.bus	Field bus disconnection whilst in use	Atjungimas „Fieldbus“					
21	C.Err	Quickey memory corrupt	Pažeista atminti „Quickey“	1				1
22	C.dat	Quickey with no data	Atmintyje „Quickey“ nėra duomenų					
23	C.Acc	Quickey write fail	Neveikia „Quickey“ atmintis					
24	C.rtg	Quickey voltage rating change	Nominalios apkrovos pakeitimas „Quickey“					
25	O.Ld2	+28V serial communications power supply overload	Maitinimo šaltinio perkrova +28 V		1			
26	O.cl	Current loop input overload	Srovės perkrova					
27		Motor runs unstable	El. variklis dirba netolygiai					
Bendras gedimų skaičius				2	3	5	11	16

Analizuojant 6-os lentelės pateiktus duomenis išryškėja gedimas - radiatoriaus perkaitimas, kuris sudaro 38 % visų SE tipo dažnių keitiklių gedimų.

10 paveiksle pavaizduota bendra 5-ių metų SE tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2017 m. gedimai pasiekė 43 % visų SK tipo dažnių keitiklių gedimų per 5-is metus.



10 pav. SE tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.

Viso Kauno ceche eksploatuojami 6 lokomotyvai su SE tipo dažnių keitikliais, kurie sugedo 37 kartus. Per 5-is metus vienas lokomotyvas sugedo 6,16 karto.

Analizuojant Kauno ceche eksploatuojamų lokomotyvų gedimų analizes, buvo nutarta ieškoti, kokius riedmenis eksploatuoja kaimyninės šalys. Ieškant interneto svetainėse buvo rasta kelios šalys, eksploatuojančios panašaus darbo pobūdžio lokomotyvus.

3.2. Latvijos įmonės ČME 3M serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika

Viena iš Latvijos geležinkelių įmonių eksploatuoja, kartu ir modernizuoja ČME 3M serijos lokomotyvus, kuriuose taip pat montuoja CZ Loko a.s. gaminius. Vienas iš naudojamų gaminių, tai R3 modulis, kuriame sumontuoti GS tipo dažnių keitikliai. Rygos mieste įsikūrusi įmonė turi 21 lokomotyvą, kuriuos pradėjo modernizuoti 2011 m. 7 lentelėje pateikti gedimų duomenys laikotarpiu 2013 – 2017 m.

7 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.

Kodo Nr.	Žymėjimas	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	Overcurrent	Trumpalaikis įtampos padidėjimas		1			
02	Perm. Overcurr.	Ilgalaikis įtampos padidėjimas					
03	Driver fault	Valdiklio gedimas				1	

Kodo Nr.	Žymėjimas	Vertimas į lietuvių kalba	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
04	UDC meas. fault	Nuolatinės įtampos dingimas	1	2		2	1
05	Thermal relay	Termorelės perkaitimas					
06	Heatsink overheat	Aušinimo radiatoriaus perkaitimas			1	1	
07	Box temp.! +	Keitiklio perkaitimas +		1	1	1	
08	Box temp.! -	Keitiklio temperatūrą -			1		
09	DC perm overvoltage	Nuolatinės įtampos trumpalaikis padidėjimas					2
10	DC perm overvoltage	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas					
11	DC bus undervoltage	Nuolatinės įtampos nepakankamumas					
12	Iout asymmetry	Srovių asimetrija					
13	+15V failure	Klaida +15V					
14	-15V failure	Klaida -15V					
15	+5V failure	Klaida +5V					
Bendras gedimų skaičius			1	4	3	5	3

Analizuojant 7-os lentelės pateiktus duomenis nėra išsiskiriančių gedimų, bet lyginant su Kauno cecho pateiktais duomenimis matosi, kad dažnio keitiklio gedimas - nuolatinės įtampos dingimas yra dažnas ir kaimyninės šalies įmonės lokomotyvuose. Tačiau palyginus, koks šio gedimo skaičius atitenka vienam lokomotyvui - skirtumas akivaizdus: Kauno cecho eksploatuojamam lokomotyvui atitenka 3,59 % dažnio keitiklių gedimų, o Rygos įmonės lokomotyvui atitenka 0,76 %, t.y. 4,7 karto mažiau.

11 paveiksle pavaizduota bendra 5-ių metų GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2016 m. gedimai pasiekė beveik 31 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų per 5-is metus.



11 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2013 - 2017 m.

Viso Rygos įmonėje eksploatuojami 21 lokomotyvas, kuriuose yra GS tipo dažnių keitikliai. Lokomotyvai sugedo 16 kartų. Per 5-is metus vienas lokomotyvas sugedo 1,3 karto.

3.3. Estijos įmonės TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika

Estijos įmonė AS EVR CARGO, kuri šiai dienai turi 9 TEM TMH serijos lokomotyvus, kuriuos įsigijo 2014 m. AS EVR CARGO lokomotyvuose taip pat turi sumontuotus R3 modulius, kuriuose sumontuoti GS tipo dažnių keitikliai. Dažnių keitiklių statistiniai duomenys laikotarpiu 2014 – 2017 m. pateikti 8 lentelėje.

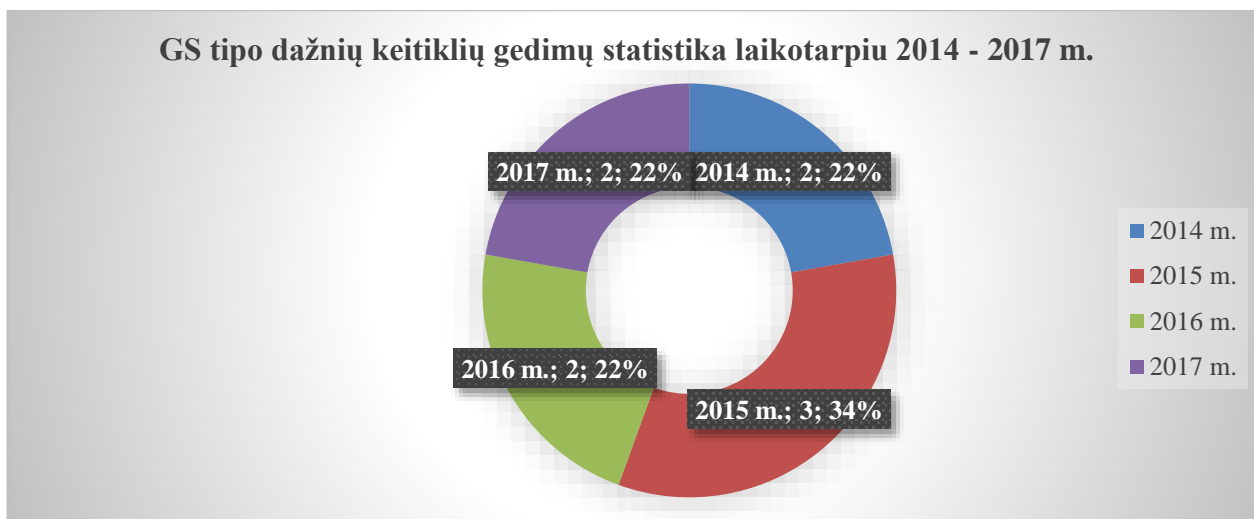
8 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2013 – 2017 m.

Kodo Nr.	Žymėjimas	Vertimas į lietuvių kalba	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	Overcurrent	Trumpalaikis įtampos padidėjimas				
02	Perm. Overcurr.	Ilgalaikis įtampos padidėjimas				
03	Driver fault	Valdiklio gedimas				
04	UDC meas. fault	Nuolatinės įtampos dingimas	1	1	2	1
05	Thermal relay	Termorelės perkaitimas				
06	Heatsink overheat	Aušinimo radiatoriaus perkaitimas				
07	Box temp.! +	Keitiklio perkaitimas +				
08	Box temp.! -	Keitiklio temperatūrą -				
09	DC perm overvolt	Nuolatinės įtampos trumpalaikis padidėjimas	1	2		1
10	DC perm overlvolt	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas				
11	DC bus undervolt	Nuolatinės įtampos nepakankamumas				
12	I out asymmetry	Srovių asimetrija				
13	+15V failure	Klaida +15V				
14	-15V failure	Klaida -15V				
15	+5V failure	Klaida +5V				
Bendras gedimų skaičius			2	3	2	2

Analizuojant 8-os lentelės duomenis nėra išsiskiriančių gedimų, bet lyginant su Kauno cecho pateiktais duomenimis matosi, kad dažnio keitiklio gedimas - nuolatinės įtampos dingimas yra ir kaimyninėje šalyje. Tačiau palyginus, koks šio gedimo skaičius atitenka vienam lokomotyvui, tai skirtumas taip pat akivaizdus. Kauno cecho eksploatuojamam lokomotyvui atitenka 3,59 % dažnio keitiklių gedimų, o AS EVR CARGO lokomotyvui atitenka 1 %, t.y. 3,59 karto mažiau.

12 paveiksle pavaizduota bendra 4-ių metų GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2015 m. gedimai pasiekė beveik 34 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų per 5-is metus.

GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2014 - 2017 m.



12 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2014 - 2017 m.

Viso AS EVR CARGO įmonėje eksploatuojami 9 lokomotyvai su GS tipo dažnių keitikliais, kurie sugedo 9 kartus. Per 4-is metus vienas lokomotyvas sugedo 0,44 karto.

3.4. Rusijos vieno iš depų TEM TMX serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimų statistika

Rusijos „Брянск-II Московской железной дороги“ depas (toliau – depas), šiai dienai turi 5 TEM TMX serijos lokomotyvus, kuriuos įsigijo 2014 m.

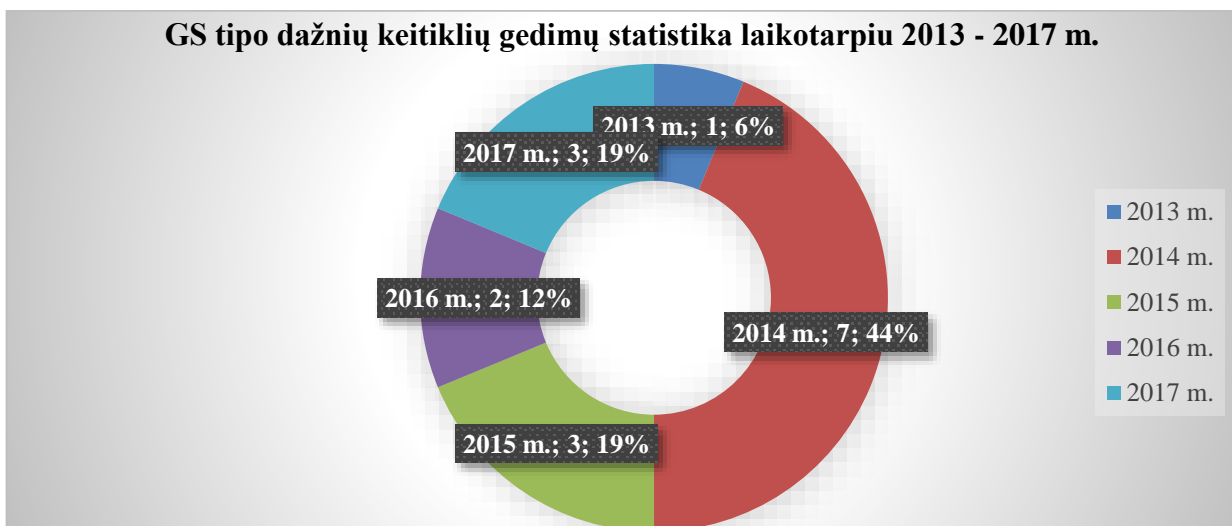
Depe esamuose lokomotyvuose taip pat sumontuoti R3 moduliai su GS tipo dažnių keitikliais. Dažnių keitiklių statistiniai duomenys laikotarpiu 2014 – 2017 m. pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpyje 2014 – 2017 m.

Kodo Nr.	Žymėjimas	Vertimas į lietuvių kalba	2014 m.	2015 m.	2016 m.	2017 m.
01	Overcurrent	Trumpalaikis įtampos padidėjimas				
02	Perm. Overcurr.	Ilgalaikis įtampos padidėjimas				
03	Driver fault	Valdiklio gedimas				
04	UDC meas. fault	Nuolatinės įtampos dingimas	1	2		1
05	Thermal relay	Termorelės perkaitimas				
06	Heatsink overheat	Aušinimo radiatoriaus perkaitimas				
07	Box temp.! +	Keitiklio perkaitimas +				
08	Box temp.! -	Keitiklio temperatūrą -				
09	DC perm overvolt	Nuolatinės įtampos trumpalaikis padidėjimas		1	2	2
10	DC perm overlvolt	Nuolatinės įtampos ilgalaikis padidėjimas				
11	DC bus undervolt	Nuolatinės įtampos nepakankamumas	1			
12	Iout asymmetry	Išėjimo srovių asimetrija				
13	+15V failure	Klaida +15V				
14	-15V failure	Klaida -15V				
15	+5V failure	Klaida +5V				
Bendras gedimų skaičius			2	3	2	3

Analizuojant 9-os lentelės pateiktus duomenis nežymiai išryškėja gedimas - nuolatinės įtampos trumpalaikis padidėjimas, kuris sudaro 50 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų.

13 paveiksle pavaizduota bendra 4-ių metų GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika vaizdinėje diagramoje. 2017 m. gedimai pasiekė beveik 43 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų per 4-is metus.



13 pav. GS tipo dažnių keitiklių gedimų statistika laikotarpiu 2014 - 2017 m.

Viso depe eksploatuojami 5 lokomotyvai su GS tipo dažnių keitikliais, kurie sugedo 10 kartų. Per 4-is metus vienas lokomotyvas sugedo 0,4 karto.



3.5. Bendra lokomotyvų prastova ir patirti nuostoliai neplaniniuose remontuose susijusi su dažnių keitiklių gedimais

Žemiau pateiktoje lentelėje atspindi lokomotyvo NR prastovos susijusios su GS tipo dažnių keitikliais.

10 lentelė. Keturių šalių lokomotyvų prastova neplaniniame remonte valandomis 2013 -2017 m.

Eil. Nr.	Šalis	Faktinis remontų kiekis ir laikas 2013 m.		Vidutinė lokomotyvo prastova NR, val.	Faktinis remontų kiekis ir laikas 2014 m.		Vidutinė lokomotyvo prastova NR, val.	Faktinis remontų kiekis ir laikas 2015 m.		Vidutinė lokomotyvo prastova NR, val.	Faktinis remontų kiekis ir laikas 2016 m.		Vidutinė lokomotyvo prastova NR, val.	Faktinis remontų kiekis ir laikas 2017 m.		Vidutinė lokomotyvo prastova NR, val.
		vnt.	val.		vnt.	val.		vnt.	val.		vnt.	val.		vnt.	val.	
1	Lietuva	vnt.	6	9,5	vnt.	16	10,9	vnt.	22	13	vnt.	39	3,5	vnt.	32	3
		val.	57		val.	175		val.	286		val.	138		val.	96	
2	Latvija	vnt.	1	6	vnt.	4	4,25	vnt.	3	8	vnt.	5	5,4	vnt.	3	5,3
		val.	6		val.	17		val.	24		val.	27		val.	16	
3	Estija	vnt.			vnt.	2	9,5	vnt.	3	10,3	vnt.	2	0,5	vnt.	2	3,5
		val.			val.	19		val.	31		val.	1		val.	7	
4	Rusija	vnt.			vnt.	2	2,5	vnt.	3	8,3	vnt.	2	3,5	vnt.	3	3,7
		val.			val.	5		val.	25		val.	7		val.	11	

Paaiškinimas:

-  - Estija lokomotyvus įsigijo tik 2014 m.
-  - Ilgiausios lokomotyvų prastovos NR.

10 lentelėje pateikti duomenys tik tų gedimų, kurie susiję su GS tipo dažnių keitikliais. Siekiant išsiaiškinti, kokią bendrų gedimų dalį sudaro dažnių keitikliai, buvo kreiptasi į kitas šalis, deja atsakymas neigiamas „oficialiai duomenys neteikiami“. Darbe toliau bus nagrinėjami AB „Lietuvos geležinkeliai“ Kauno apskrityje esamų 17 lokomotyvų gedimų statistika.

Nuo 2013 m. vadovaujantis sutarties tarp AB „Lietuvos geležinkeliai“ ir UAB Vilniaus lokomotyvų remonto depo „Dėl lokomotyvų 2M62M(UM), M62K, ČME3M(ME), TEM TMH remonto paslaugų pirkimo“ reikalavimais - būtina pildyti ir registruoti visus lokomotyvų remontus internetiniame serveryje pavadinimu „Lokomotyvų planinių ir neplaninių remonto registras“. Duomenys kaupiami siekiant išsiaiškinti, dėl kokių priežasčių atsiranda NR. Negalime teigti, kad visada NR įvyksta netikėtai. Nemažai atvejų NR gedimai atsiranda ir dėl blogos remonto kokybės, ar netinkamos, nekokybiškos atsarginės detalės, dėl šios priežasties lokomotyvai sugenda tempiant sąstusus. Lentelėje 11 pateikti 2013 m. iki 2017 m. bendri lokomotyvų serijos TEM TMH gedimų duomenys.

11 lentelė. AB „Lietuvos geležinkeliai“ lokomotyvų serijos TEM TMH bendra gedimų lentelė 2013 -2017 m.

Eil. Nr.	Gedimo vietos grupė	Lokomotyvo mazgas (agregatas)	Bendras remontų kiekis										
			2013 m.		2014 m.		2015 m.		2016 m.		2017 m.		
			Kaltė										
			Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų	
1	Rėmas ir kėbulas	Automatinė sankaba, smūgio slopintuvas, atkabinimo cilindras, oro rezervuaras, kelio valytuvas, laiptai, turėklai, smėlio talpų mazgas, lokomotyvo rėmas, lokomotyvo kėbulas, kabina, moduliai (jų dangčiai), stogo elementai, modulių stogas.			4	2	2	1	23	6	11		
2	Važiuoklė	Aširatis, pakaba spyruoklinė, slopintuvas šoninių judesių, atraminis/grąžinantis įtaisas, šerdeso mazgas, vežimėlis, stabdžių svirtinė pavara, ašidežės mazgas, VAG mazgas, stabdžių cilindras, greičio daviklis.	2		1	1	7		25	4	5		
3	Mašinisto kabinos įranga	Priekiniai langai, įėjimo durys, mašinisto sėdynės, langų valytuvai, veidrodžiai, oro kondicionierius, oro tiekimas ir pašildymas, kabinos webasto, langų žaliuzės, manometrai.			2		9		22		7		
4	Vidaus degimo variklis	Vidaus degimo variklis, vidaus degimo variklio elektros instaliacija, gedimų kodų indikacija, davikliai.	3		7	1	7	1	14	1	7		

11 lentelės tęsinys

Eil. Nr.	Gedimo vietos grupė	Lokomotyvo mazgas (agregatas)	Bendras remontų kiekis									
			2013 m.		2014 m.		2015 m.		2016 m.		2017 m.	
			Kaltė									
			Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų	Depo	Kitų
5	Degalų bakas ir tiekimas	Degalų bakas, kuro matavimo elementai, kuro filtrai.					2		8		12	
6	Duslintuvas ir dujų išmetimas	Išmetamųjų dujų duslintuvas, VDV ir išmetamųjų dujų duslintuvo jungiamieji elementai, garso slopintuvas.									2	
7	Suslėgto oro vamzdynas ir įranga	Oro kompresorius, apsauginiai vožtuvai, kompresoriaus aušinimo radiatorius, kondensato atskirėjas, pneumo modulis.	11	1	6	1	10		15		5	
8	Traukos elektros grandinės ir įranga	Traukos elektros varikliai, traukos generatorius, traukos lygintuvas, jėginiai kontaktoriai, elektrodinaminių stabdžių mazgas, jėgos kabeliai, stabdžių rezistorius, traukos elektros variklio šuntavimo kontaktoriai.	11		9		9		22		15	
9	Apšvietimas	Prožektoriai, priekiniai ir galiniai žibintai, mašinisto kabinų ir lokomotyvo vidaus apšvietimas, ekipažinės dalies žibintai.					2		2	6	3	
10	Pagalbinė įranga ir pavaros	Pakrovimo generatorius, oro kondicionieriaus kompresorius, traukos variklių ventiliatoriai, vidaus degimo variklio aušinimo modulis, akumulatoriai, VDV pašildymas Webasto, šaldytuvas, mikrobangų krosnelė, kauklis.	18		11		19		4	2	15	
		EL. DAŽNIO KEITIKLIAI	10		20		33		54		58	
11	Valdymo-kontrolės grandinės ir įranga	Valdymo el. grandinės, Lokomotyvo radijo ir GSM-R ryšio sistemos. KLUB-U ir įranga, priėmimo ritės.		1	5		9		32		9	
12	Sistemos	Antbriaunių tepimo sistema, smėlio padavimo sistema, oro tiekimo sistema, DAKO stabdžių sistema. Priešgaisrinė sistema (lokomotyve ir VDV patalpoje), kuro tiekimo sistema, alyvos tiekimo sistema.	10		10	1	8		34	1	2	
Iš viso:			65	2	75	6	117	2	255	20	151	0

Analizuojant 10 ir 11 lentelės pateiktus duomenis matosi, kad dažnių keitiklių gedimai sudaro 25,3 % visų NR gedimų per pastaruosius 5 metus, o tai nemaži nuostoliai vienai didžiausių LR įmonei - AB „Lietuvos geležinkeliai“.

3.6. Dažniausiai pasikartojantis gedimas

Išanalizavus aukščiau pateiktus duomenis nustatytas dažniausiai pasikartojantis gedimas, tai – nuolatinės įtampos dingimas. TEM TMH lokomotyvuose yra sumontuoti didelės galios elektros varikliai. Pats paprasčiausias asinchroninio variklio paleidimo būdas – tai tiesioginis elektros variklio

jungimas į tinklą. Tačiau paleidžiant didelės galios variklius, jų paleidimo metu imama didelė srovė gali sukelti trumpalaikį įtampos sumažėjimą tinkle, kas neigiamai atsiliepia kitų agregatų (vartotojų) darbui.

Didelės galios variklių paleidimo srovės sumažinamos specialiais paleidimo būdais [11]:

- a) paleidimo metu nuosekliai statoriaus apvijoms įjungiami rezistoriai arba induktyviosios varžos;
- b) statoriaus apvija prie tinklo jungiama per autotransformatorių, kuriuo sumažinama įtampa paleidimo metu;
- c) jei variklio apvijos sujungtos trikampiu, paleidimo metu jas galima perjungti į žvaigždę;
- d) paleidimo metu į rotoriaus grandinę įjungiami reostatai.

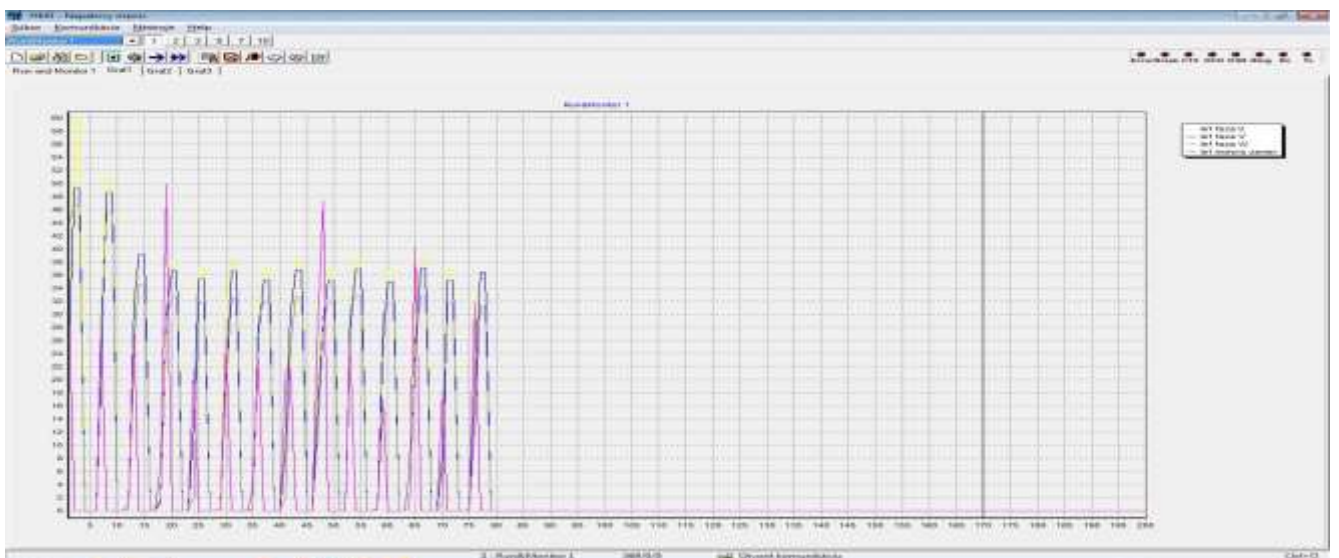
Pirmieji trys būdai (*a, b, c*) sumažina statoriaus apvijoms tenkančią įtampą, sykiu sumažėja statoriaus srovė. Kadangi nuo tinklo įtampos priklauso variklio išvystomas sukimo momentas ($\Phi, I_2 = U$), šie būdai tinkami tik paleidžiant variklius be apkrovos arba su žymiai sumažinta apkrova. Ketvirtasis (*d*) būdas tinka tik varikliams su faziniu rotoriumi. Reostatais sumažinama rotoriaus srovė, kartu sumažėja ir iš tinklo imama srovė [11].

Asinchroninio variklio rotoriaus sukimosi greitis:

$$n = n_0(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s); \quad (1)$$

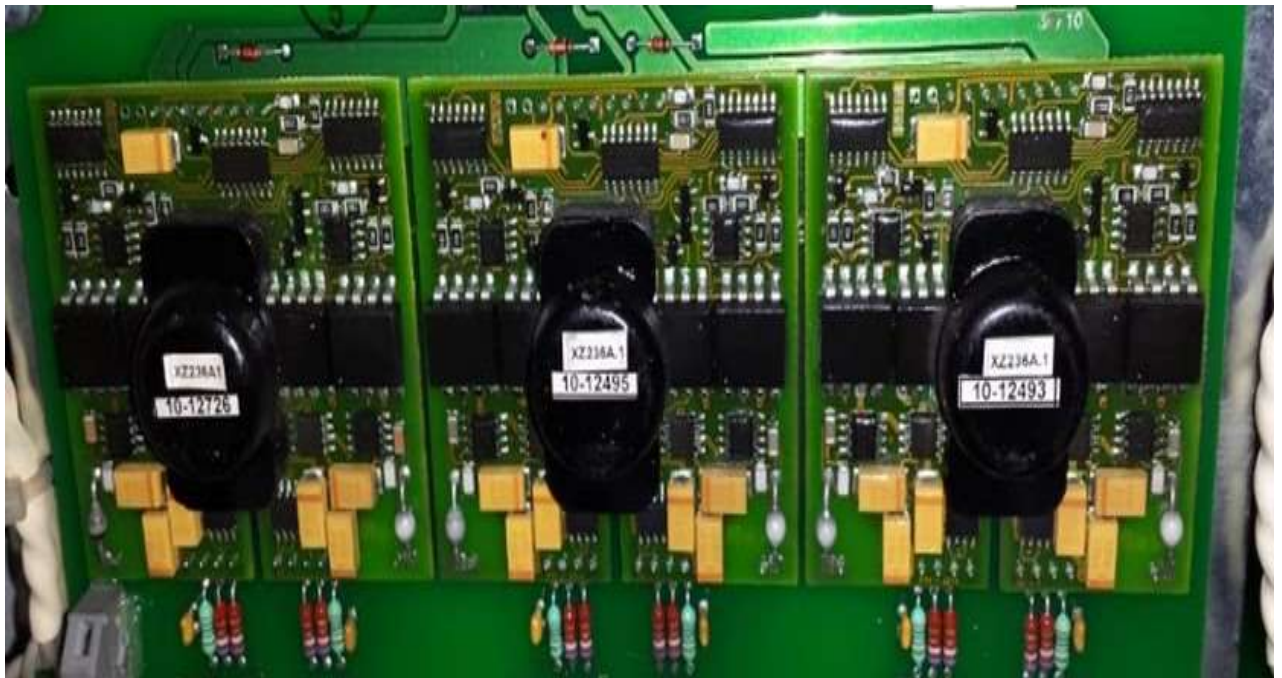
Iš lygties matome, kad greitį galime reguliuoti, keisdami tinklo dažnį f , polių porų skaičių p ir slydimą s .

14 paveiksle vaizdinėje diagramoje pavaizduota, kaip veikia GS tipo dažnio keitiklis ir į jį ateinančios visos trys fazės. Šią išraišką galima pamatyti prisijungus prie programos HM3.



14 pav. Veikiančių jėgos tranzistorių valdiklių darbas

TEM TMH lokomotyvų atveju, dažnių keitikliuose sumontuoti kiekvienai fazei po vieną jėgos tranzistoriaus valdiklį. 15 paveiksle nurodyti trys jėgos tranzistoriaus valdikliai.



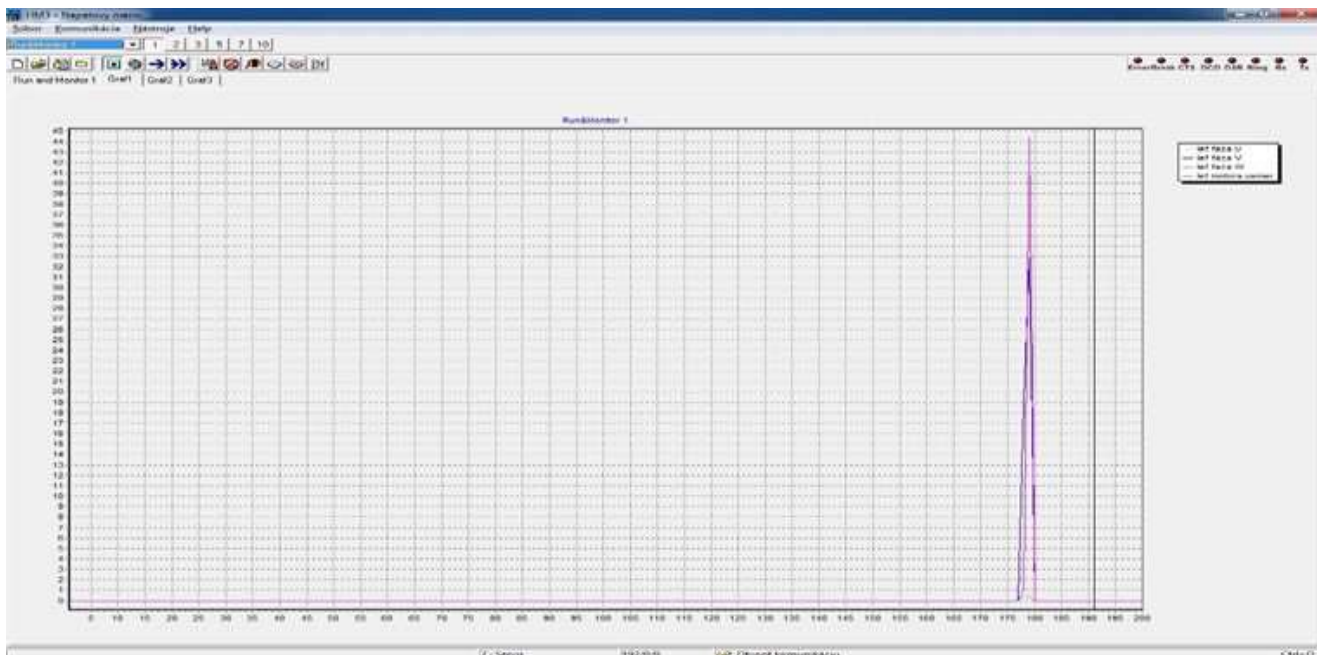
15 pav. Jėgos tranzistoriaus valdikliai

16 paveiksle galima pamatyti, kaip esant netvarkingam vienam iš trijų jėgos tranzistoriaus valdiklių, dažnių keitiklio diagnostinėje panelėje prie atitinkamo dažnių keitiklio atsiranda simbolis „!“.



16 pav. Neveikiančio dažnių keitiklio išraiška diagnostinėje panelėje

Žemiau vaizdinėje diagramoje matome, kaip dažnių keitiklis bando savaime įsijungti, bet neveikia vienas iš trijų jėgos tranzistoriaus valdiklių.



17 pav. Automatinis dažnių keitiklio įsijungimas, neveikia vienam jėgos tranzistoriaus valdikliui

Gedimas – nuolatinės įtampos dingimas atsiranda tada, kai sugenda vienas iš jėgos tranzistoriaus valdiklių. TEM TMH lokomotyve jų sumontuota 12 vnt.

Dažnių keitiklis veikia logaritmo pagrindu t.y. $(x - 1)$ gali būti tik teigiamas skaičius, todėl $x - 1 > 0$, $x > 1$, todėl apibrėžimo sritis x priklauso $(-1; +\infty)$ [12].

18 paveiksle pavaizduota dažnių keitiklių diagnostinėje panelėje neveikiančio dažnių keitiklio klaida Nr. 4 gedimas nuolatinės elektros srovės įtampos dingimas.



18 pav. Klaida Nr. 4 nuolatinės įtampos dingimas

5. LG lokomotyvo rida, kai pagal eismo tvarkdario prašymą reikia suteikti pagalbą (pastumti, patraukti, perstatyti riedmenį), lokomotyvas užsakomas ir atvažiuojamas iš kitos stoties. Riedmenų varymo pirmyn arba atgal atstumas - 1,24 Eur./1 km [16].
6. Techniškai netvarkingo riedmens keitimo operacija stotyje - 55,50 Eur. [16].
7. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 min. yra 28,50 Eur. [16].
8. LG lokomotyvo prastova tarpstotyje 30 min. yra 16,10 Eur. [16].

Lokomotyvas sugenda dėl neveikiančio oro kompresoriaus, kurio darbą kontroliuoja dažnio keitiklis, netoli Kazlų rūdos stoties.

Skaičiavimai:

1. Tuščių vagonų vežimas su įformintais SMGS važtos dokumentais skaičiuojamas 0,16 Euro įkainis už kiekvieną vagono ašies kilometrą iki galutinės stoties:

$$\text{Riedmenų ašių kaina už kilometrą} = \text{Viso}_{\text{ašių sk.}} \cdot 0,16 \text{ Eur.} = 16,96 \text{ Eur.} \quad (2)$$

$$\text{Bendra atstumo kaina} = 16,96 \cdot \text{Atstumas, km.} = 2103,04 \text{ Eur.} \quad (3)$$

2. Universalių vagonų nuoma:

$$\text{Bendra vagonų nuomos kaina} = (\text{Vagon. sk.} \cdot 1,3 \text{ Eur.}) \cdot \text{laikas}_{\text{val.}} = 113,75 \text{ Eur.} \quad (4)$$

Lokomotyvo brigados nuoma iki galutinės stoties:

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (5)$$

3. Viso Eur. sudaro bendrą kainą sąstato transportavimą:

$$\text{Viso kaina} = (3) + (4) + (5) = 2417,19 \text{ Eur.} \quad (6)$$

4. Lokomotyvo su sąstatu prastova tarpstotyje Vilkaviškis – K. Rūda. Netvarkingam lokomotyvui galima skirti pagalbinį traukinį iš Marijampolės, Palemono, arba Kybartų stočių, priklausomai ar šiuo metu nėra apkrauti darbais manevriniai lokomotyvai. Pagalbinis traukinys skiriamas iš Palemono stoties (atstumas 57 km):

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (7)$$

5. Riedmens varymo pirmyn arba atgal atstumas 1,24 Eur./1 km:

$$\text{Varymo kaina} = \text{Įkainis} \cdot \text{Reikiamas atstumas}_{\text{km}} = 452,35 \text{ Eur.} \quad (8)$$

6. Techniškai netvarkingo riedmens keitimo operacijos vienkartinis mokestis 55,50 Eur.

7. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 min. yra 28,50 Eur.

8. Techniškai netvarkingos riedmens su sąstatu prastova tarpstotyje:

$$\text{Riedmens prastovos kaina} = \text{Prastovos laikas}_{\text{val.}} \cdot \text{Nustatytas įkainis} = 118,85 \text{ Eur.} \quad (9)$$

9. Bendra nuostolių suma:

$$\text{Viso suma} = (7) + (8) + 55,50 \text{ Eur.} + 118,85 + 28,50 \text{ Eur.} = 895,6 \text{ Eur.} \quad (10)$$

Atlikus pirmojo maršruto skaičiavimus galima pamatyti, kad sugedus lokomotyvu, nuostoliai yra 895,6 Eur. (nuostoliai kelyje be lokomotyvo remonto). Nepaisant šių skaičių, nuostoliai nėra galutiniai, nes pagalbinis manevrinis lokomotyvas turėjo nutraukti visus savo stotyje esančius darbus, o tai įtakoja sekančių sąstatų paruošimą.

2. Antrasis kelio maršrutas pasirinktas ruožu: Radviliškis – Palemonas.

Lokomotyvas išvyko su 20-čia keturašių pilnų cisterninų vagonų (viso lokomotyvo ir vagonų ašių skaičius 86 vnt.). Bendras atstumas geležinkelių keliais 128 km. Kelionė trunka 3 valandas.

Mokesčiai:

1. Pagal geležinkelių administracijoms priklausančių tuščių vagonų vežimą su įformintais SMGS važtos dokumentais skaičiuojamas 0,16 Eur. įkainis už kiekvieną vagono ašies kilometrą [14].
2. Papildoma už universalaus vieno vagono nuoma 1,36 Eur./val. [15].
3. Lokomotyvo su brigada nuoma 60,1 Eur./val.
4. Vadovaujantis AB "Lietuvos geležinkeliai" Papildomų paslaugų, susijusių su krovinių vežimu, KAINYNAS PP-LG, [15] kainomis, minimali lokomotyvo nuoma su brigada 4 darbo valandos.
5. LG lokomotyvo rida, kai pagal eismo tvarkdario prašymą reikia suteikti pagalbą (pastumti, patraukti, perstatyti riedmenį), lokomotyvas užsakomas ir atvažiuojamas iš kitos stoties. Riedmenų varymo pirmyn arba atgal atstumas 1,24 Eur./1 km [15].
6. Techniškai netvarkingo riedmens keitimo operacija stotyje 55,50 Eur. [16].
7. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 min. yra 28,50 Eur. [16].
8. LG lokomotyvo prastova tarpstotyje 30 min. yra 16,10 Eur. [16].

Lokomotyvas sugedo dėl netinkamo VDV aušinimo, kurio darbą kontroliuoja dažnio keitiklis, netoli Kėdainių stoties (stoties pavadinimas ir vieta pavaizduota 14 paveiksle).

9. Vežamo vagono/konteinerio sekimas, nustatčius vagono/konteinerio buvimo vietą 2,3 Eur./ 24 val.
10. Informacijos raštu pateikimas apie vagono buvimo vietą 2,3 Eur./vnt.

Skaičiavimai:

10. Tuščių vagonų vežimas su įformintais SMGS važtos dokumentais skaičiuojamas 0,16 Eur. įkainis už kiekvieną vagono ašies kilometrą iki galutinės stoties:

$$\text{Riedmenų ašių kaina už kilometrą} = \text{Viso}_{\text{ašių sk.}} \cdot 0,16 \text{ Eur.} = 13,76 \text{ Eur.} \quad (11)$$

$$\text{Bendra atstumo kaina} = 13,76 \cdot \text{Atstumas, km.} = 1761,28 \text{ Eur.} \quad (12)$$

11. Specializuoto vagonų nuoma:

$$\text{Bendra vagonų nuomos kaina} = (\text{Vagonų sk.} \cdot 1,3 \text{ Eur.}) \cdot \text{laikas}_{\text{val.}} = 81,6 \text{ Eur.} \quad (13)$$

Lokomotyvo brigados nuoma iki galutinės soties:

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (14)$$

12. Vagonų sekimas:

$$\text{Vagonų sekimo kaina} = \text{Vagonų sk.} \cdot 0,096 \text{ Eur.} = 1,92 \text{ Eur.} \quad (15)$$

13. Viso Eur. sudaro bendrą kainą sąstato transportavimą:

$$\text{Viso kaina} = (12) + (13) + (14) + (15) = 2085,2 \text{ Eur.} \quad (16)$$

14. Lokomotyvo su sąstatu prastova tarpstotyje Gaižiūnai – Kėdainiai.

Netvarkingam lokomotyvui galima skirti pagalbinį traukinį iš Radviliškio, Palemono arba Šilainių stočių priklausomai nuo to, ar šiuo metu nėra apkrauti manevriniai lokomotyvai. Pagalba skiriama iš Palemono soties (atstumas 40 km):

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (17)$$

15. Riedmens varymo pirmyn arba atgal atstumas 1,24 Eur./1 km:

$$\text{Varymo kaina} = \text{įkainis} \cdot \text{Reikiamas atstumas}_{\text{km}} = 178,56 \text{ Eur.} \quad (18)$$

16. Techniškai netvarkingo riedmens keitimo operacijos vienkartinis mokestis 55,50 Eur.

17. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 min. yra 28,50 Eur.

18. Techniškai netvarkingos riedmens su sąstatu prastova tarpstotyje:

$$\text{Riedmens prastovos kaina} = \text{Prastovos laikas}_{\text{val.}} \cdot \text{Nustatytas įkainis} = 57 \text{ Eur.} \quad (19)$$

19. Pranešimas krovinio savininkui apie sustojusį sąstatą:

$$\text{Pranešimo kaina} = \text{Vagonų sk.} \cdot \text{Nustatytas įkainis} = 46 \text{ Eur.} \quad (20)$$

20. Bendra nuostolių suma:

$$\text{Viso suma} = (17) + (18) + 55,50 \text{ Eur.} + 28,5 + 57 + 46 = 610,46 \text{ Eur.} \quad (21)$$

Atlikus antrojo maršruto skaičiavimus matoma, kad sugedus lokomotyvui nuostoliai yra 581,16 Eur. (nuostoliai kelyje be lokomotyvo remonto). Nuostoliai nėra galutiniai, nes pagalbinis manevrinis lokomotyvas turėjo nutraukti visus savo stotyje esančius darbus, o tai įtakoja sekančių sąstatų paruošimą.

3. Trečiasis kelio maršrutas pasirinktas ruožu: Šeštokai – Palemonas.

Lokomotyvas išvyko su 17-a transporterinių aštuonašių vagonų (viso lokomotyvo ir vagonų ašių skaičius 142 vnt.). Bendras atstumas geležinkelių keliais 108 km. Kelionė trunka 2,2 valandas.

Mokesčiai:

1. Pagal geležinkelių administracijoms priklausančių tuščių vagonų vežimą su įformintais SMGS važtos dokumentais skaičiuojamas 0,16 Eur. įkainis už kiekvieną vagono ašies kilometrą [14].
2. Papildoma už transportinio nedaugiau kaip 12 ašių vieno vagono nuoma 2,21 Eur./val. [15].
3. Lokomotyvo su brigada nuoma 60,1 Eur./val.
4. Vadovaujantis AB "Lietuvos geležinkeliai" Papildomų paslaugų, susijusių su krovinių vežimu, KAINYNAS PP-LG [15] kainomis, minimali lokomotyvo nuoma su brigada 4 darbo valandos.
5. LG lokomotyvo rida, kai pagal eismo tvarkdario prašymą reikia suteikti pagalbą (pastumti, patraukti, perstatyti riedmenį), lokomotyvas užsakomas ir atvažiuojamas iš kitos stoties. Riedmenų varymo pirmyn arba atgal atstumas 1,24 Eur./1 km [15].
6. Techniškai netvarkingo riedmens keitimo operacija stotyje 55,50 Eurai [16].
7. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 minučių yra 28,50 Eur. [16].
8. LG lokomotyvo prastova tarpstotyje 30 minučių tai yra 16,10 Eur. [16].

Lokomotyvas sugedo, dėl netinkamo lokomotyvo vežimėlių aušinimo, kurio darbą kontroliuoja dažnio keitiklis, netoli Šeštokų stoties (stoties pavadinimas ir vieta pavaizduota 14 paveiksle).

9. Vežamo vagono/konteinerio sekimas, nustačius vagono/konteinerio buvimo vietą 2,3 Eur./24val.
10. Informacijos raštu pateikimas apie vagono buvimo vietą 2,3 Eur./vnt.

Skaičiavimai:

1. Tuščių vagonų vežimas su įformintais SMGS važtos dokumentais skaičiuojamas 0,16 Euro įkainis už kiekvieną vagono ašies kilometrą iki galutinės stoties:

$$\text{Riedmenų ašių kaina už kilometrą} = \text{Viso}_{\text{ašių sk.}} \cdot 0,16 \text{ Eur.} = 22,72 \text{ Eur.} \quad (22)$$

$$\text{Bendra atstumo kaina} = 22,72 \cdot \text{Atstumas, km.} = 2453,76 \text{ Eur.} \quad (23)$$

2. Specializuoto vagonų nuoma:

$$\text{Bendra vagonų nuomos kaina} = (\text{Vagon.}_{\text{sk.}} \cdot 1,3 \text{ Eur.}) \cdot \text{laikas}_{\text{val.}} = 82,65 \text{ Eur.} \quad (24)$$

Lokomotyvo brigados nuoma iki galutinės stoties:

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (25)$$

3. Vagonų sekimas:

$$\text{Vagonų sekimo kaina} = \text{Vagonų sk.} \cdot 0,096 \text{ Eur.} = 1,63 \text{ Eur.} \quad (26)$$

4. Viso Eur. sudaro bendrą kainą sąstato transportavimą:

$$\text{Viso kaina} = (23) + (24) + (25) + (26) = 2778,44 \text{ Eur.} \quad (27)$$

5. Lokomotyvo su sąstatu prastova tarpstotyje Šeštokai – Marijampolė.

Netvarkingam lokomotyvui galima skirti pagalba iš Marijampolės arba Palemono stoties priklausomai nuo to, ar šiuo metu nėra apkrauti manevriniai lokomotyvai. Pagalba skiriama iš Palemono stoties (atstumas 100 km):

$$\text{Brigados nuomos kaina} = 60,1 \text{ Eur.} \cdot \text{laikas}_{\text{minimalus laikas}} = 240,4 \text{ Eur.} \quad (28)$$

6. Riedmens varymo pirmyn arba atgal atstumas 1,24 Eur./1 km:

$$\text{Varymo kaina} = \text{įkainis} \cdot \text{Reikiamas atstumas}_{\text{km}} = 992 \text{ Eur.} \quad (29)$$

7. Technškai netvarkingo riedmens keitimo operacijos vienkartinis mokestis 55,50 Eur.

8. LG lokomotyvo manevravimas prisijungiant prie netvarkingo riedmens 30 min. yra 28,50 Eurai.

9. Technškai netvarkingo riedmens su sąstatu prastova tarpstotyje:

$$\text{Riedmens prastovos kaina} = \text{Prastovos laikas}_{\text{val.}} \cdot \text{Nustatytas įkainis} = 64,40 \text{ Eur.} \quad (30)$$

10. Pranešimas krovinio savininkui apie sustojusį sąstatą:

$$\text{Pranešimo kaina} = \text{Vagonų sk.} \cdot \text{Nustatytas įkainis} = 39,1 \text{ Eur.} \quad (31)$$

11. Bendra nuostolių suma:

$$\text{Viso suma} = (28) + (29) + 55,50 \text{ Eur.} + 28,50 \text{ Eur.} + (30) + (31) = 1419,9 \text{ Eur.} \quad (32)$$

Atlikus trečiojo maršruto skaičiavimus galima teigti, kad sugedus lokomotyvui nuostoliai yra 1419,9 Eur. (nuostoliai kelyje be lokomotyvo remonto). Nepaisant šių skaičių, nuostoliai nėra galutiniai, nes pagalbinis manevrinis lokomotyvas turėjo nutraukti visus savo stotyje esančius darbus, o tai įtakoja sekančių sąstatų paruošimą.

Vidutiniškai sugedęs kelyje lokomotyvas, tempiantis sąstatą, padaro įmonei apie 950 Eur. nuostolių. Visi dažnių keitiklių gedimai įvyksta kelyje ir preliminarūs nuostoliai per 5 metus kelyje siekia 166 000 Eurų.

6. Riedmens prastovos nuostoliai remonto bazėje

Lokomotyvo 2M62M(UM), M62K, ČME3M(ME), TEM TMH remonto vienos valandos preliminarus darbuotojo darbo užmokestis yra apie 29,1 Eur.

Analizuojant duomenis iš 10 lentelės galime teigti, kad tik remonto kaina, be atsarginių dalių siekia:

$$\text{Viso remonto kaina} = NR_{\text{kiekis valandomis}} * \text{ikainis}_{\text{valandinis}} = 21\,883 \text{ Eur.} \quad (33)$$

Ši kaina yra tik remonto kaina, o lokomotyvo prastova siekia iki 12 valandų, kadangi lokomotyvo brigada dirba pamainomis ir keičiasi kas 12 valandų (7:00 val. ir 19:00 val.).

Pirmos klasės mašinisto darbo užmokestis 9,5 Eur./1 val. neatskaičius mokesčių.

Per valandą lokomotyvo dyzelino sąnaudos 9 litrai., o tai apie 10,35 Eur.

60,1 Eur./val. atėmus pirmos klasės mašinisto darbo užmokestį 9,5 Eur./1 val. ir dyzelino valandos sąnaudų kainą 10,35 Eur. gauname, kad lokomotyvo prastova remonto stovinėje arba depe yra 40,25 Eur.

$$\text{Bendra lokomotovo prastovos kaina} = \text{Gedimų sk.} * 12 \text{ valandų} = 84\,525 \text{ Eur.} \quad (34)$$

7. Keitiklių gedimų atsiradimo prielaidos

7.1. Dėl aplinkos temperatūrų, santykinių oro drėgmių ir vibracijų, įvairiais metų laikais

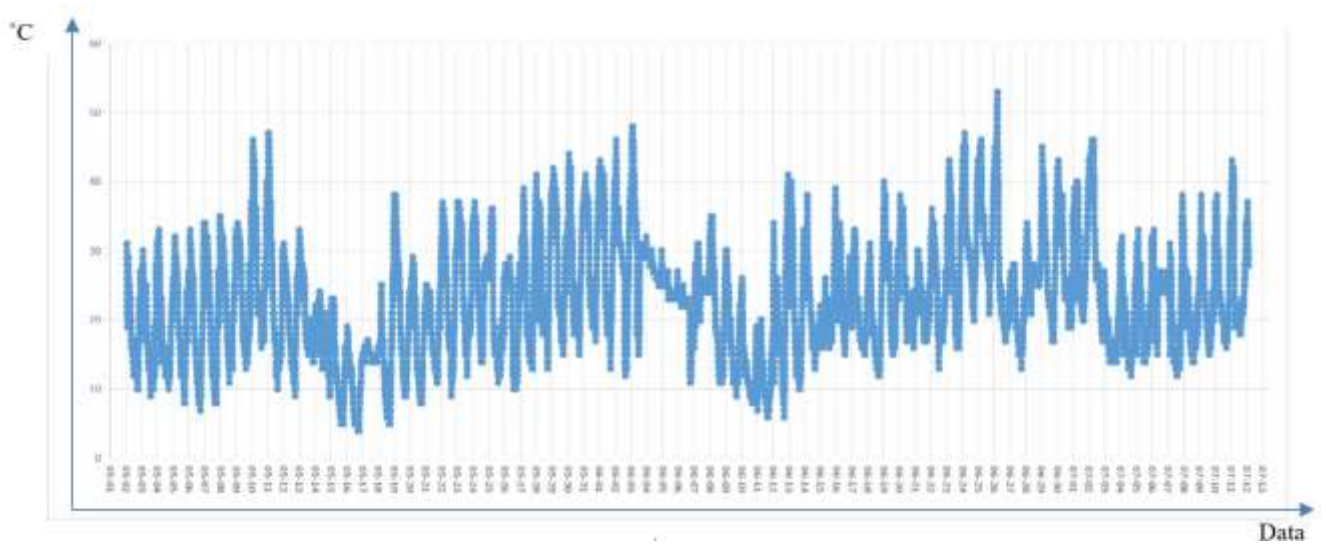
TEM TMH lokomotyvų eksploatacijos metu kartojasi dažnių keitiklių gedimai. Analizuojant šių gedimų priežastis daromos prielaidos, kad gedimai susiję su oro temperatūrų, santykinių oro drėgmių ir vibracijų ribinėmis vertėmis, susidarančiomis uždarame R3 modulyje, viršijančiomis numatytas lokomotyvo gamintojo nurodytas reikšmes.

Siekiant patvirtinti ar paneigti daromas prielaidas būtina atlikti oro temperatūrų, santykinių oro drėgmių ir vibracijų matavimus lokomotyvų eksploatacijos metu, panaudojant mobilią įrangą, sumontuotą lokomotyvuose. Gautus duomenis reikia išanalizuoti ir nustatyti ar lokomotyvo gamintojo numatyti oro temperatūrų, santykinių oro drėgmių ir vibracijų dydžiai R3 modulio viduje atitinka išmatuotas reikšmes. 2015 metų pabaigoje buvo sudaryta paslaugų sutartis pagal pateiktą techninę pirkimo specifikaciją [17] tarp AB „Lietuvos geležinkeliai“ ir VŠĮ Kauno technologijos universiteto, siekiant išsiaiškinti, ar gedimus įtakoja oro temperatūra, santykinė oro drėgmė ir vibracijos.

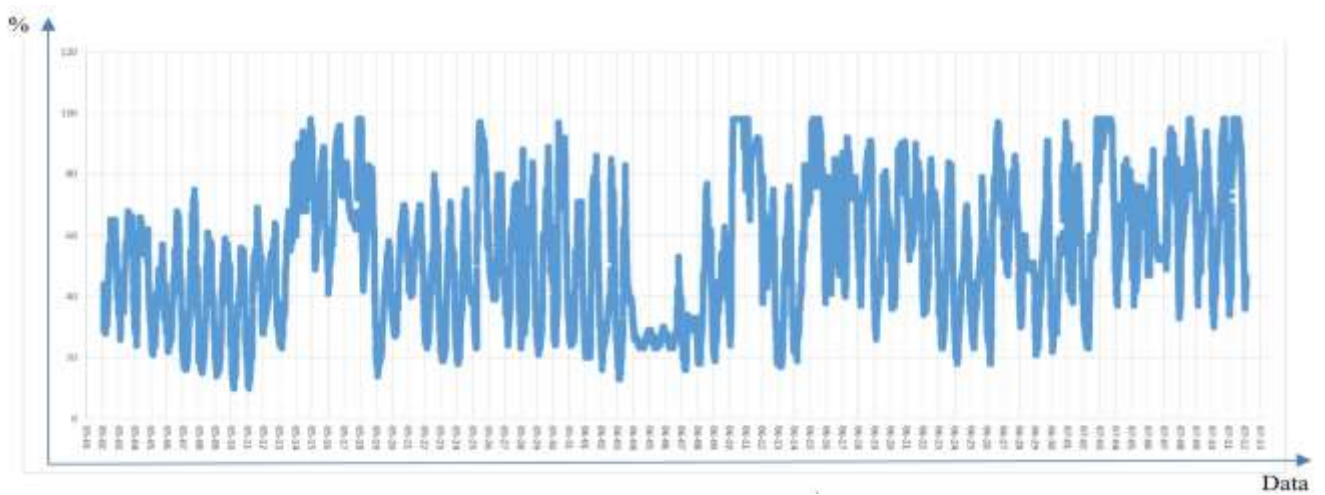
Tyrimui nuspręsta buvo pasirinkti po vieną iš dviejų skirtingų modifikacijų TEM TMH serijos lokomotyvus t.y. numeriais nuo 002 iki 007 ir nuo 008 iki 028. Kiekvieno lokomotyvo R3 modulyje buvo sumontuotas po akselerometrą. Akselerometrui keliami reikalavimai:

- 1) Nustatyti periodiškumu, bet ne dažniau kaip kartą per 60 s matuoti visų 3 akselerometro ašių vibracijas. Matavimo trukmė 2 s.
- 2) Užfiksuoti laiką ir variaciją (nurodoma kurioje ašyje didžiausia variacija).
- 3) Nustatyti vyraujančią dažnį ir amplitudę.
- 4) Minimalus/maksimalus fiksuojamas vibracijų dažnis nuo 10 Hz iki 500 Hz.
- 5) Maksimali fiksuojamų vibracijų amplitudė +/- 16 g.
- 6) Akceleracijai bet kurioje ašyje viršijus užduotą lygį (smūgis) fiksuojamas įvykio laikas ir vibracijų amplitudė visų ašių kryptimis.

Tyrimas vyko 10 mėnesių. Tyrimo metu lokomotyvus stengtasi eksploatuoti kuo daugiau - skirtingais paros, mėnesio intervalais. Žemiau pateiktuose vaizdinėse diagramose matome, kaip vyrauja aplinkos temperatūros, santykinės drėgmės ir vibracijos lokomotyvų eksploatacijos metu. Siekiant gauti realius duomenis, papildomai buvo sumontuoti jutikliai ir lokomotyvų išorėse, kurių parametrai pateikti 20, 21 paveiksluose.



20 pav. Lauko temperatūros duomenys

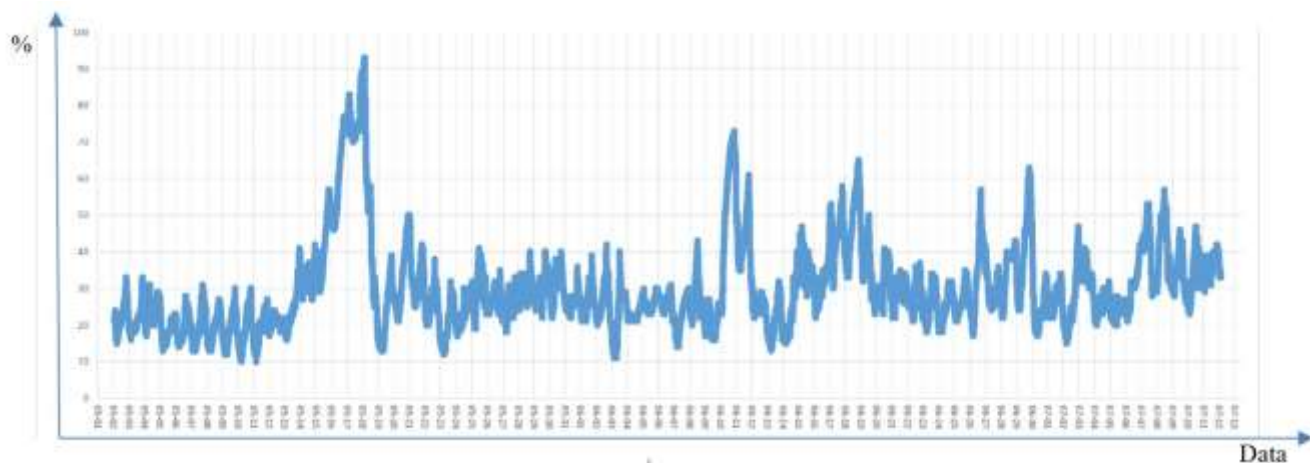


21 pav. Lauko drėgmės duomenys

22, 23, 24, 25, 26 paveiksluose pateikti klimatinių sąlygų stebėjimo rezultatai R3 modulyje apačioje ir viršuje gauti parametrai.

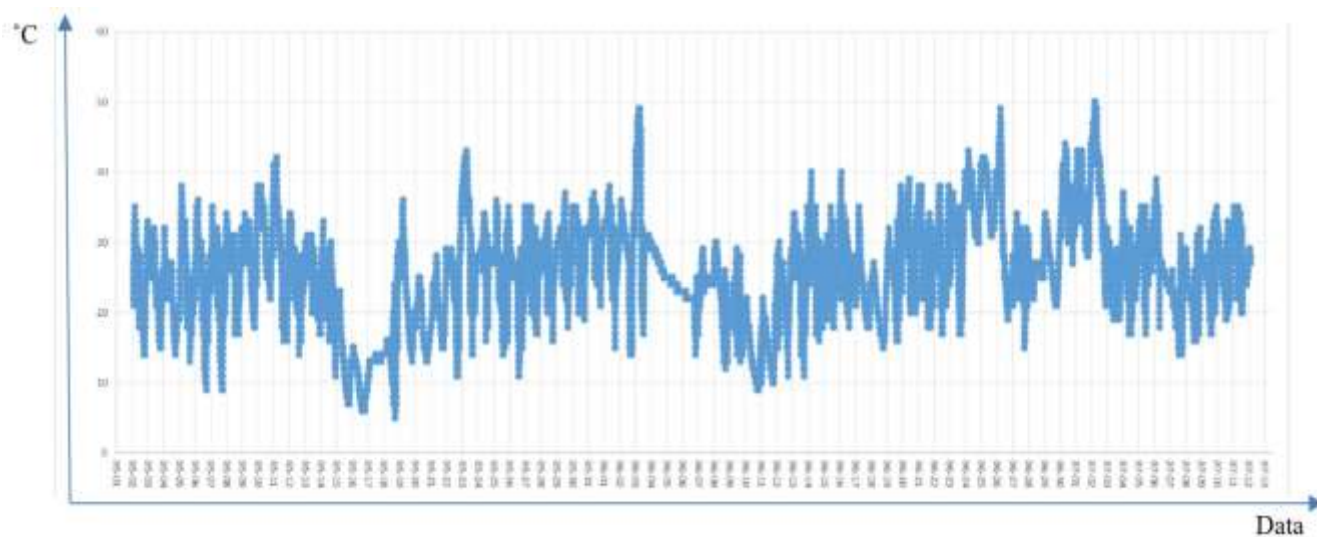


22 pav. R3 modulyje apačioje esančio temperatūros jutiklio gauti duomenys

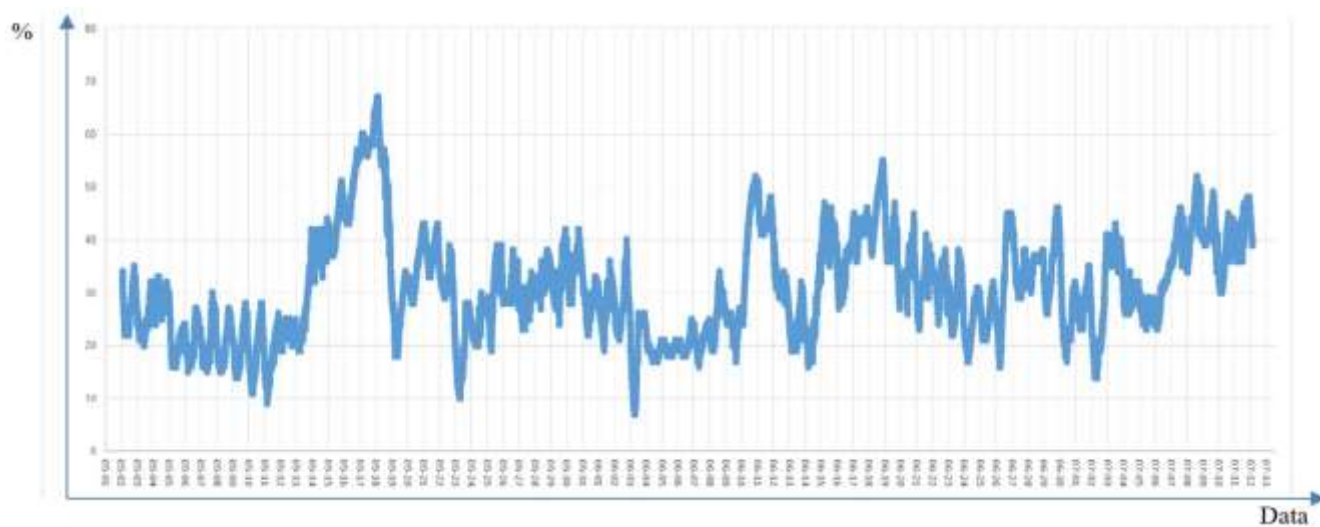


23 pav. R3 modulio apačioje esančio drėgmės jutiklio gauti duomenys

Pateiktuose grafikuose labai aiškiai atsispindi važiavimo ir stovėjimo periodai – važiavimo metu temperatūra skydinėje kyla, santykinė drėgmė krenta.

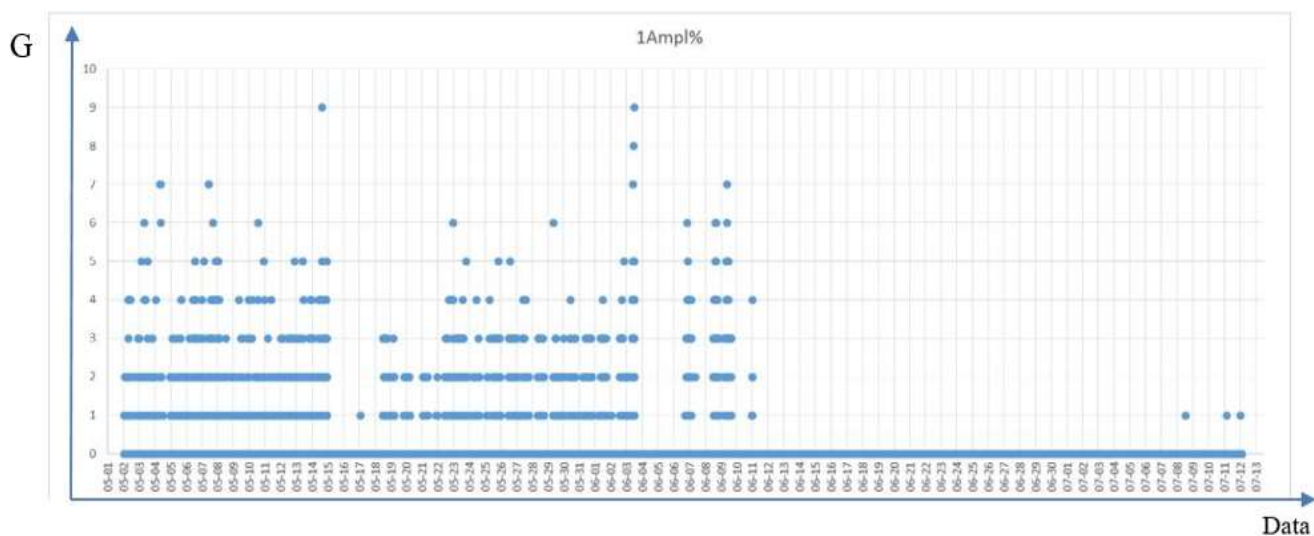


24 pav. R3 modulio viršuje esančio temperatūros jutiklio gauti duomenys

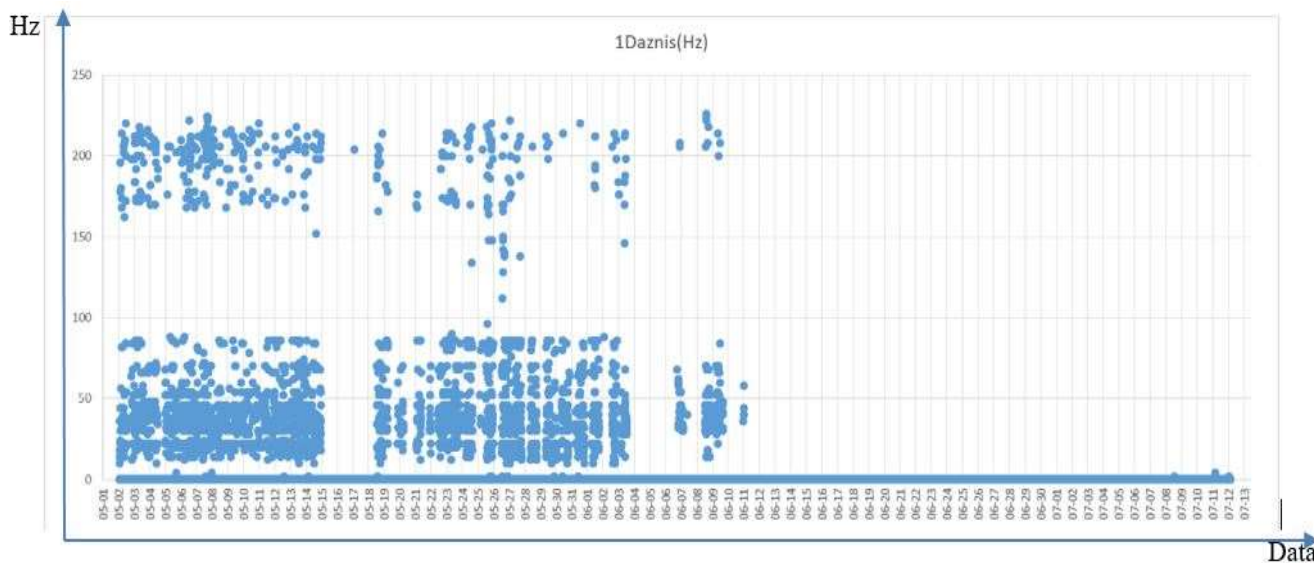


25 pav. R3 modulio viršuje esančio drėgmės jutiklio gauti duomenys

Žemiau pateikti laikotarpio 2016-05-02 d. – 2016-07-12 vibracijų tyrimo rezultatai. Akselerometrai buvo pritvirtinti R3 modulio apačioje ir viršuje ant ventiliatoriaus valdymo bloko plastikinių korpusų.



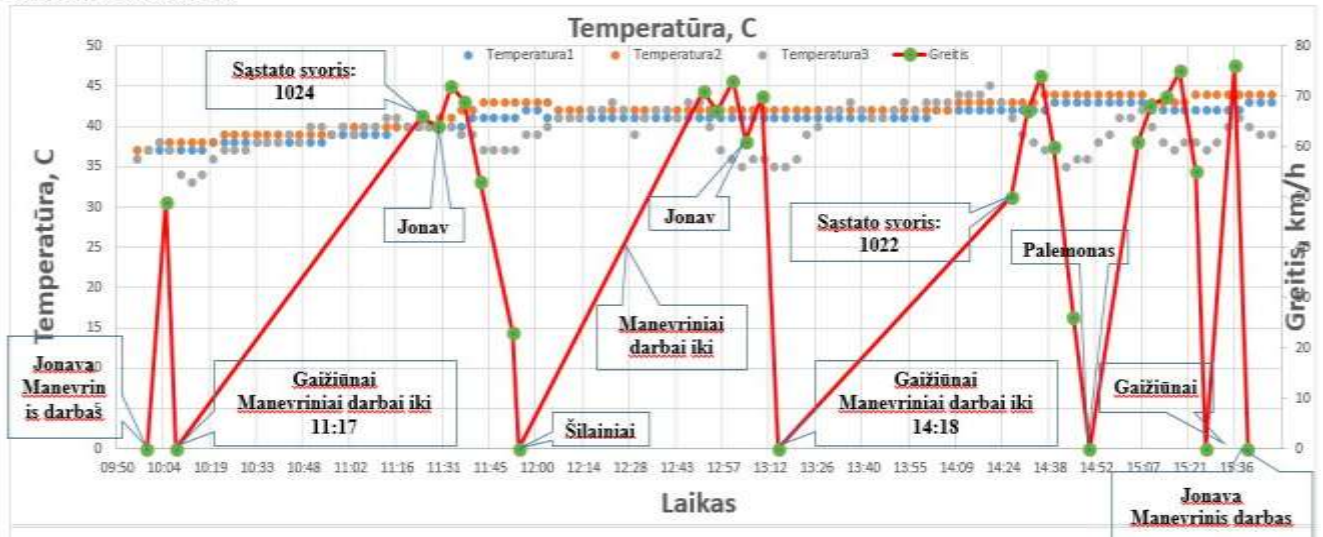
26 pav. R3 modulio apačioje vibracijų lygio gauti duomenys



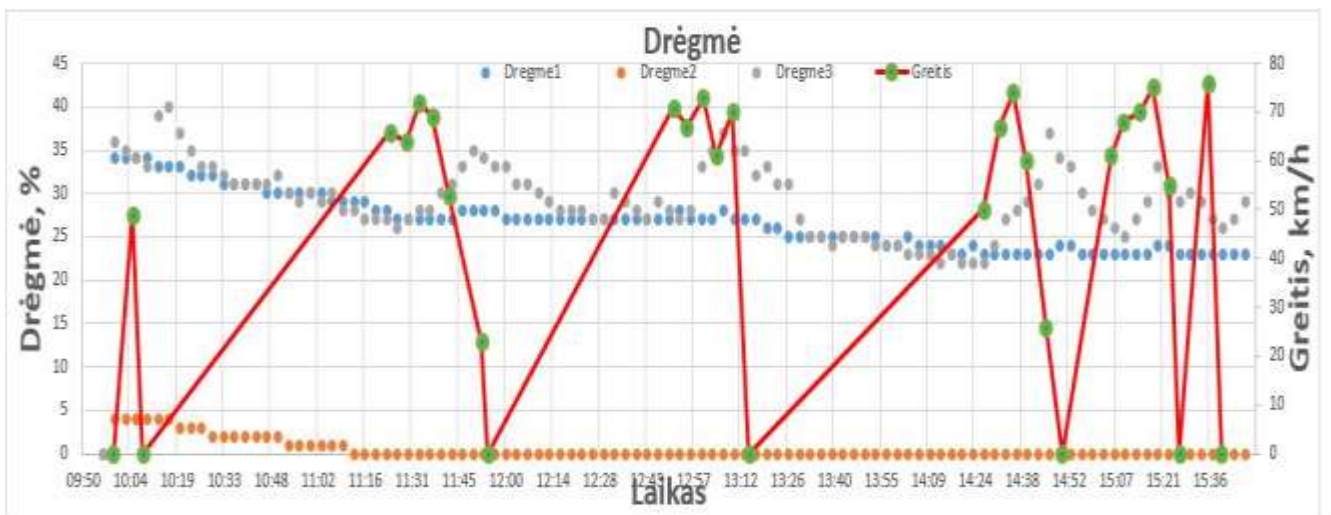
27 pav. R3 modulio apačioje vyraujančių dažnių gauti duomenys

Pateiktuose vibracijų grafikuose lokomotyvo TEM TMH skydinėje galima aiškiai išskirti darbo ir lokomotyvo stovėjimo periodus, tačiau viso stebėjimo metu ant skydinėje esančio ventiliatoriaus valdymo bloko korpuso vibracijų, viršijančių 1.0 G neužfiksuota, gamintojo nurodytų leistinų dydžių.

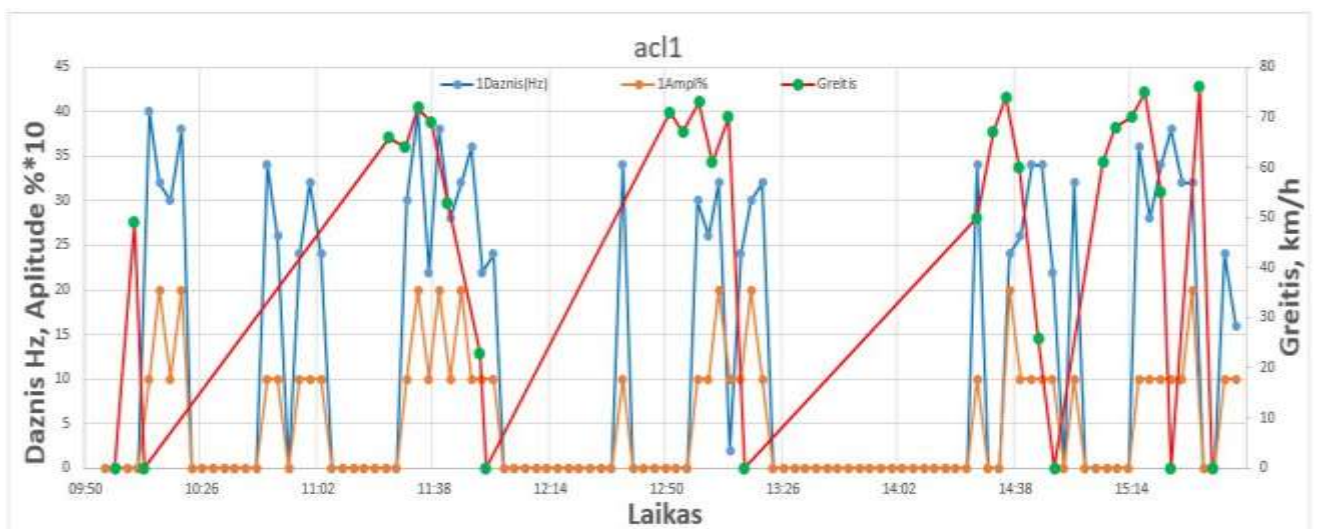
28-ame, 29-ame ir 30-ame paveiksluose pateikiami duomenys kaip vyrauja aplinkos temperatūros, santykinės drėgmės ir vibracijos lokomotyvo vienos kelionės eksploatacijos metu. Rezultatai, sugretinti su lokomotyvo darbo ciklu, nurodant ir būdingas vietas, kuriose vyko darbas.



28 pav. R3 modulio vyraujančių temperatūrų gauti duomenys kelionės metu



29 pav. R3 modulio vyraujančių drėgmių gauti duomenys kelionės metu



30 pav. R3 modulio vyraujančių dažnių ir vibracijų gauti duomenys kelionės metu

2016 metų oro sąlygos buvo labai nepalankios, oro temperatūra, santykinė oro drėgmės buvo vidutinės ir neįtakoję eksperimento metu eksperimentiniuose lokomotyvuose gedimų. Uždarame R3 modulyje nagrinėjant 10 mėnesių bendrus duomenų vidurkius nebuvo didelių nuokrypių nuo lokomotyvo gamintojo nurodytų reikšmių. Dešimties mėnesių duomenų vidurkiai:

- 1) Lauko vidutinė temperatūra – 22,18 °C;
- 2) Lauko vidutinė oro drėgmė – 56,1 %;
- 3) R3 modulio apatinio jutiklio vidutinė temperatūra – 16,38 °C;
- 4) R3 modulio apatinio jutiklio vidutinė drėgmė – 34,81 %;
- 5) R3 modulio viršutinio jutiklio vidutinė temperatūra – 23,28 °C;
- 6) R3 modulio viršutinio jutiklio vidutinė drėgmė – 34,82 %;
- 7) R3 modulio vibracijų lygio vidurkis – 0,03 m/s²;
- 8) R3 modulio vyraujančių dažnių vidurkis – 0,98 Hz.

Jeigu analizuoti vienos kelionės duomenis (žiūrėti 28 paveikslą), tai galime teigti, kad TEM TMH lokomotyvas visą kelionę dirbo esant nerekomenduojamai temperatūrai t.y. R3 modulyje aplink dažnių keitiklius vyravo didesnė negu + 40 °C temperatūra. Tokiu atveju visos elektros sudedamos dalys kaista, kas įtakoja dažnių keitiklių perkaitimą ir visa apsauginė elementų danga pažeidžiama, dėl ko elektros plokštės sudedamos dalys sugenda. Esant skirtingiems metų laikams arba skirtingu paros metu, taip pat keičiasi ir esamas poveikis elektros plokštėms, pavyzdžiui:

- 1) pavasarį, rudenį, esant lietai, esant rasai ore vyrauja didelis % drėgmės;
- 2) žiemą vyrauja minusinė temperatūra;
- 3) vasarą vyrauja aukšta plusinė temperatūra;

7.2. Dėl netinkamos remonto kokybės

TEM TMH serijos lokomotyvai pradėti eksploatuoti nuo 2009 m. Lygiagrečiai su lokomotyvų eksploatavimu prasidėjo ir jų periodiniai remontai. Pagaminus lokomotyvą taip pat ruošiamos ir eksploatavimo bei remonto priežiūrų rekomendacinių priežiūrų instrukcijos gamintojo kalba. Gavus gamintojo instrukcijas kiekviena įmonė eksploatuojanti lokomotyvus turi turėti patvirtintus remonto priežiūrų technologinius procesus ir nustatytus tarpremontinius periodiškumus.

Siekdami gerinti lokomotyvų techninės priežiūros ir remontų darbų atlikimo tvarką, taupyti įmonės materialinius resursus ir įgyvendinti geležinkelio riedmenų techniniam prižiūrėtojui nustatytus patvirtintus reikalavimus, AB „Lietuvos geležinkeliai“ 2016 m. pabaigoje patvirtino naujas lokomotyvams TEM TMH remonto rūšis ir prekinį ir manevrinių lokomotyvų profilaktinės techninės

priežiūros periodiškumo normas. Prekinių ir manevrinių lokomotyvų profilaktinės techninės priežiūros periodiškumo normų ištrauka pateikta 31 paveiksle.

Lokomotyvo serija	Techninis aptarnavimas		Remontas						
			einamasis			kapitalinis			
M62K ^{16,18}	TP-2 ¹⁹	TP-3	ER-1		ER-3		KR-1	KR-2	
M62K ^{EGS 16,17,18}	3 000 km	15 000 km	75 000 km		300 000 km		900 000 km	1500 000 km	
2M62K ^{16,18}									
TEM TMH	TP3	TP3+P3	TP3+P4	ER1+P5	ER1+P6	ER3+P7	ER3+R1	KR1+R2	KR1+R3

31 pav. Prekinių ir manevrinių lokomotyvų profilaktinės techninės priežiūros periodiškumo normos

Pastabos:

1. mh – motovalandos (vidaus degimo variklio veikimo trukmė pagal vidaus degimo variklio skaitliuką).
2. TP – techninė priežiūra.
3. ER – einamasis remontas.
4. KR – kapitalinis remontas.

289	R3 modulis		
290	Patikrinti R3 modelio saugiklius, apšvietimą, blokuotės veikimą, automatinius išjungėjus, jų laidų patikimumą, keitiklių tvirtinimą, laidų sujungimą ir izoliaciją, tinklo izoliaciją Bender modulių izoliacijos kontrolės prietaisu.	RR.ŠE2.	10 min
291	Išvalyti šviestuvo gaubtą. Prapūsti modulį suspaustu oru.	RR.ŠE2.	10 min

32 pav. Iškarpa iš planinio remonto ER1+P6 dėl R3 modulio

Analizuojant esamus AB „Lietuvos geležinkeliai“ planinių remontų darbų aprašus (iškarpa iš planinio remonto ER1+P6 (remontas atliekamas kas 8000 moto valandų) pateikta 31 paveiksle), o tiksliau punktus, kuriuose kalbama apie R3 modulį su sumontuotais dažnių keitikliais, atsiranda klausimai:

1. Ar tikrai R3 modulis ir jame sumontuoti dažnių keitikliai nereikalauja didelės priežiūros?
2. Kodėl esant tokiai blogai remonto statistikai nesiimama priemonių pagerinti esamą padėtį?

Lokomotyvo paros išdirbis pastaruoju metu yra ~ 10 moto valandų per parą, per metus jis pradirba įvairiomis klimatinėmis sąlygomis ~ 3650 moto valandų, o tai net nėra pusės kelio iki planinės apžiūros, kurios metu skiriama tik 20 minučių išorinei apžiūrai ir defektavimui.

Nagrinėjant CZ Loko a.s. pateiktas remontų priežiūrų instrukcijas rusų kalba [18] buvo nustatyti keli rekomendacijų nepaisymai:

- 1) ER1+P6 nėra išimama visa R3 modulyje esanti įranga geresniam išvalymui, apipūtimui;

- 2) ER1+P6 nėra keičiama bloką mikroporinės gumos sandarikliai REMAPLAST 273442010015 naujais;
- 3) ER1+P6 nėra keičiamos modulio durų sandarinimo gumos;
- 4) ER1+P6 nėra keičiami dažnių keitiklių savaiminio aušinimo ventiliatoriai «4710 KL 05W B50 E00»;
- 5) ER1+P6 nėra keičiamas pagrindinis R3 modulio aušinimo ventiliatorius «K3G097-AK34-50» arba jeigu jis nėra keičiamas turi būti pakeistas slydimo guolis. Po guolio pakeitimo turi būti ventiliatoriaus balansavimas.

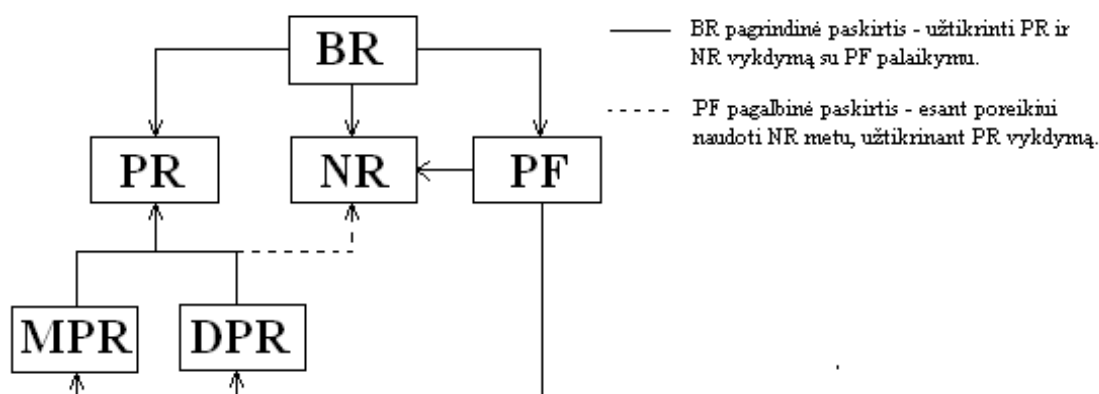
Analizuojant visus šiuos gamintojo rekomendacijų nepaisymus galime teigti, kad dauguma gedimų atsiranda būtent dėl šių rekomendacijų nepaisymo, kadangi daugumą gedimų įtakoja temperatūrų pokyčiai.

8. Rekomendacijos gedimų mažinimui

8.1. Atsarginių dalių planavimas pagal būtinąjį rezervą

Analizuojant aukščiau pateiktus duomenis visų pirma siūlant pokyčius reiktų apsvarstyti, kaip juos geriausia atlikti. Svarbiausias iššūkis – įsigyti tinkamą atsarginių dalių kiekį, atsižvelgiant į gedimų pobūdį ir kiekį.

Lokomotyvų atsarginių dalių būtinąjo rezervo suformavimo ir palaikymo tvarka reglamentuoja lokomotyvų techninei priežiūrai vykdyti reikalingų atsarginių dalių būtinąjo rezervo suformavimą ir palaikymą.



33 pav. BR principinė schema

8.1.1. Būtinąjo rezervo planiniams remontams (BR PR) formavimas ir tikslinimas

BR PR suformuojamas, kiekvienai atsarginei daliai, kuri pagal PP įeina į kiekvieną (individualaus kodo) PR, kuriuos pagal RP planuojama atlikti per artimiausius 6 mėnesius, pagal tokią formulę:

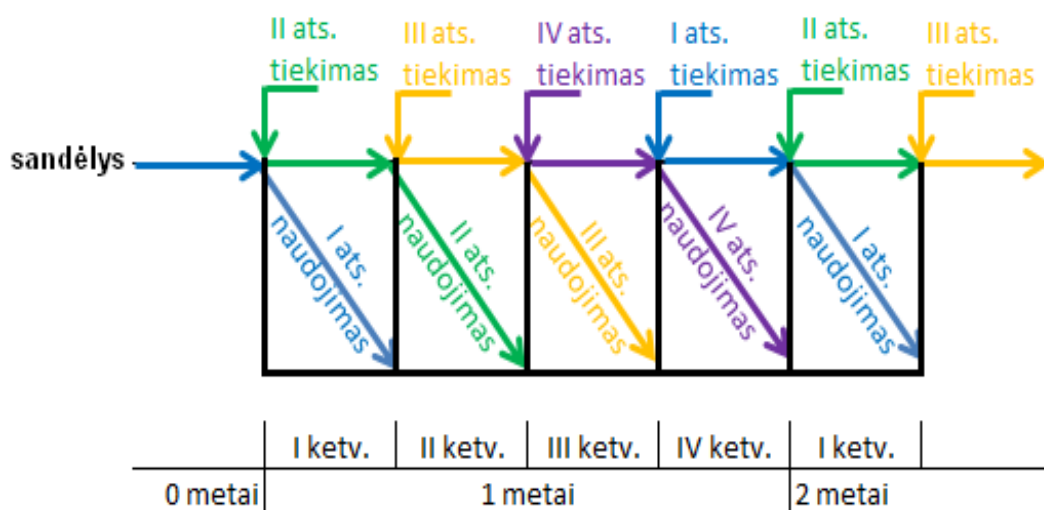
$$BR_{PR}^{6\text{ mėn}} = \sum(PR_i \cdot k_{PRi}); \quad (34)$$

čia:

PR_i - pagal RP suplanuotas i-tojo kodo PR kiekis 6 mėnesiams į priekį, t.y. dviems ketvirčiams po einamojo ketvirčio, vnt.;

k_{PRi} - pagal PP numatytas atsarginės dalies kiekis i-tojo kodo PR atlikimui, vnt.;

BR PR palaikymas užtikrinamas atsarginių dalių pirkimo sutartimis, kurių projektus rengs atsakingi darbuotojai ir kuriose turi būti numatytas PR atsarginių dalių tiekimas ketvirčiais, patikslinant tiekiamų dalių kiekį likus mėnesiui iki tiekimo termino tikslinant RP ir dalis pristatant iki ketvirčio pirmo mėnesio pirmos savaitės pabaigos.



34 pav. BR PR palaikymo schema

RP tikslinama atsižvelgiant į atliktus PR ir numatomą paros išdirbį.

- 1) sudarant savaitinę RP, patikslinamas to paties mėnesio likusių savaitių RP paskirstyta savaitėmis;
- 2) sudarant einamojo mėnesio paskutinės savaitės RP, patikslinama to paties ketvirčio likusių mėnesių (jei tai paskutinis ketvirčio mėnuo, tuomet kito ketvirčio) RP, paskirstyta mėnesiais, ir ateinančio mėnesio RP, paskirstyta savaitėmis;
- 3) sudarant einamojo ketvirčio paskutinio mėnesio pirmos savaitės RP, patikslinama tų pačių metų likusių ketvirčių (jei tai III ar IV ketvirtis, tuomet kitų metų) RP, paskirstyta ketvirčiais;
- 4) BR PR tikslinamas. Užsakomas kiekvienos atsarginės dalies kiekis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$BR_{PR}^{užs} = Br_{PR}^{6mėn} - BR_{PR}^{lik} - U; \quad (35)$$

čia:

- 1) $BR_{PR}^{6mėn}$ - pagal 1 formulę apskaičiuotos atsarginės dalies BR PR, dvejiems ketvirčiams į priekį po einamojo ketvirčio, vnt.;
- 2) BR_{PR}^{lik} - atsarginės dalies likutis iki skaičiuotino $BR_{PR}^{6mėn}$ tiekimo, vnt., t.y. atsarginės dalies likutis sandėlyje iki $BR_{PR}^{6mėn}$ skaičiavimo, planuojamas sunaudoti atsarginės dalies kiekis iki $BR_{PR}^{6mėn}$ tiekimo.
- 3) U - užsakytas, bet iki $BR_{NR}^{6mėn}$ skaičiavimo nepristatytas atsarginės dalies kiekis, vnt.;

Jeigu pagal 35 formulę gaunama neigiama arba lygi nuliui reikšmė, užsakymas nevykdomas.

BR PR neformuojamas ir nepalaikomas ne savo jėgomis atliekamiems PR, jei jų atlikimui rangovas pats įgyja PP numatytas pakeisti atsargines dalis.

8.1.2. Būtinąjį rezervą neplaniniams remontams (BR NR) formavimas ir tikslinimas

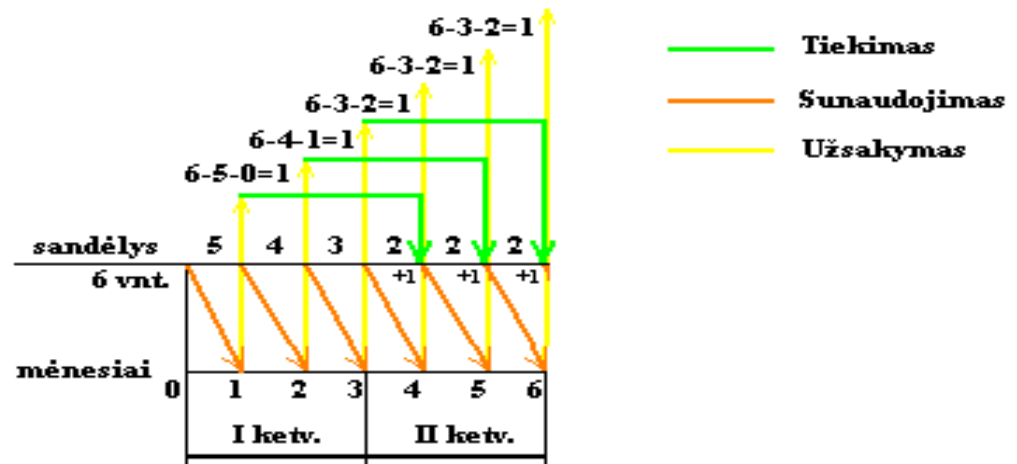
BR NR suformuojamas, kiekvienai atsarginei daliai, kuri pagal statistiką bent kartą buvo panaudota nuo lokomotyvų TP ciklo pradžios NR metu užtikrinant NR vykdymą 3 mėnesiams į priekį pagal tokią formulę:

$$BR_{NR}^{3\text{ mėn}} = \sum \text{ROUNDUP} \cdot \left(\frac{L_i \cdot R_i \cdot I_i \cdot (90+T)}{1000} \right); \quad (36)$$

čia:

- 1) L_i - numatomų naudoti i -tosios serijos lokomotyvų sekcijų kiekis tame pačiame TP cikle 3 mėnesius į priekį, t.y. pirmą ketvirtį po einamojo ketvirčio, vnt.;
- 2) R_i - planuojamas i -tosios serijos lokomotyvų parko vidutinis lokomotyvo paros išdirbis moto valandomis, pagal kurį rengiama RP 3 mėnesiams į priekį t.y. pirmam ketvirčiui po einamojo ketvirčio, motoval./k.d.;
- 3) I_i - atsarginės dalies sąlyginė išėiga nuo i -tosios serijos visų lokomotyvų sekcijų to paties TP ciklo pradžios iki BR NR skaičiavimo (apvalinama iki 4 (keturių) skaičių po kablelio), vnt./1000 moto valandų;
- 4) T - atsarginių dalių tiekimo terminas pagal galiojančias sutartis, k.d.

BR NR palaikymas užtikrinamas atsarginių dalių pirkimo sutartimis, kurių projektus rengs atsakingi asmenys, ir kuriose turi būti numatytas atsarginių dalių tiekimas, sutartyje nustatytais terminais, užsakant jas pagal poreikį kiekvieno mėnesio paskutinę savaitę.



[BR NR=const=6 vnt, $L \cdot R \cdot I / 1000 = \text{const} = 1 \text{ vnt/mėn}$, T=3 mėn]

35 pav. BR NR palaikymo schema

BR NR tikslinamas, vykdant šio aprašo 8.1.1. punkto 2) papunktį. Užsakomas kiekvienos atsarginės dalies kiekis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$BR_{NR}^{uzs} = BR_{NR}^{3m\acute{e}n} - BR_{NR}^{lik} - U; \quad (37)$$

čia:

- 1) $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ - pagal 3 formulę apskaičiuotos atsarginės dalies BR NR 3 mėnesiams į priekį po einamojo mėnesio, vnt.;
- 2) BR_{NR}^{lik} - atsarginės dalies likutis sandėlyje iki $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ skaičiavimo, vnt.;
- 3) U - užsakytas, bet iki $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ skaičiavimo nepristatytas atsarginės dalies kiekis, vnt.;

Jeigu pagal 37 formulę gaunama reikšmė yra neigiama arba lygi nuliui, užsakymas nevykdomas.

Jeigu pagal 36-ą formulę skaičiuojant $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ galiojančiose atsarginių dalių tiekimo sutartyse nėra nurodyto atsarginės dalies tiekimo termino T arba ir pačios atsarginės dalies (nors jos išėiga buvo i-tosios serijos lokomotyvų TP cikle), tuomet atsarginės dalies tiekimo terminą T imti iš ankstesnių tiekimo sutarčių arba nustatyti apklausiant potencialius tiekėjus.

Jeigu pagal 36-ą formulę skaičiuojant $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ visi i-tosios serijos lokomotyvai yra viename TP cikle ir jiems visiems dar neatliktas pirmasis DPR ir nėra atsarginės dalies sąlyginės išėigos I_i arba ji mažesnė nei buvusiame TP cikle, tuomet iki kol bus atliktas pirmasis DPR paskutiniam lokomotyvui atsarginės dalies sąlyginę išėigą I_i imti apskaičiuotą pagal tokią formulę:

$$I_{iaps} = ROUNDUP(I_{ib} \cdot (1 - \frac{MH_{id}}{MH_{ib}})); \quad (38)$$

čia:

- 1) I_{ib} - atsarginės dalies sąlyginė išėiga i-tosios serijos lokomotyvų buvusiame TP cikle, vnt./1000 moto/val.;
- 2) MH_{ib} - i-tosios serijos visų lokomotyvų sekcijų buvusio TP ciklo išdirbis moto valandomis;
- 3) MH_{id} - i-tosios serijos visų lokomotyvų sekcijų išdirbis moto valandomis dabartiniame TP cikle iki BR NR skaičiavimo kol bus atliktas pirmasis DPR paskutiniam lokomotyvui, moto valandos;

Jeigu formuojant BR NR $BR_{NR}^{3m\acute{e}n}$ visi i-tosios serijos lokomotyvai yra viename TP cikle ir jiems visiems dar neatliktas pirmasis DPR ir atsarginės dalies sąlyginė išėiga didesnė nei buvusiame TP cikle, tikslinant BR NR naudoti esamo TP ciklo sąlyginę išėigą I_i .

Šis skyrius parengtas pagal lokomotyvo skaitliuko mato vienetą – išdirbį moto valandomis. Jeigu lokomotyvo skaitliuko mato vienetą - rida kilometrais (km), tuomet 36 formulės vardiklis turi būti 10000, R_i mato vienetą km/k.d., I_i mato vienetą vnt./10000 km, MH_{ib} ir MH_{id} mato vienetą km, o kontroliuojama išėiga turi būti $I_i \leq 0,03 \text{ vnt. } 1000 \text{ km}$.

8.1.3. Būtinąjį rezervą pakaitiniam fondui (BR PF) formavimas ir tikslinimas.

BR PF sudaromas atskirai NR ir PR (MPR ir DPR) vykdymui. PF PR suformuojamas kiekvienai atsarginei daliai, kurios techninė priežiūra pagal TPG atliekama ne lokomotyve.

PF NR ir MPR atstatymas atliekamas savo jėgomis arba pagal atsarginių dalių remonto sutartis.

PF NR suformuojamas, apskaičiuojamas pagal 36 formulę, kur T - atsarginės dalies atstatymo terminas, k.d.

PF NR tikslinamas, pagal užsakomų PF atsarginių dalių kiekį ir apskaičiuojamas pagal 37 formulę.

PF MPR suformuojamas, kiekvienai atsarginei daliai, kuri naudojama pakaitai kiekviename individualaus kodo MPR, kuriuos pagal RP planuojama atlikti per artimiausius 3 mėnesius pagal tokią formulę:

$$PF_{MPR}^{3\text{ mėn}} = \text{ROUNDUP} \frac{\sum(MPR \cdot k_{MPR})_i \cdot T}{90 \cdot 24}; \quad (39)$$

čia:

- 1) MPR_i - pagal RP suplanuotas i -tojo kodo MPR, kuriame bus naudojama PF atsarginė dalis, kiekis 3 mėnesiams į priekį, t.y. vienam ketvirčiui po einamojo ketvirčio, vnt.;
- 2) k_{MPR} - pagal TPG numatytas PF atsarginės dalies kiekis i -tojo kodo MPR atlikimui, vnt.;
- 3) T - atsarginės dalies atstatymo terminas, valandomis;

Vykdamas aprašo 8.1.1 punkto 2) papunktį, turi būti atsižvelgiama į pagal 39 formulę apskaičiuotą PF MPR kiekį ir jo atstatymo laiką.

PF MPR tikslinimui reikalingas papildomas kiekvienos pakaitinės dalies kiekis, kuris apskaičiuojamas 35 formulę.

PF DPR suformuojamas kiekvienai atsarginei daliai, kuri naudojama pakaitai kiekviename individualaus kodo DPR, atsižvelgiant į sudarytą DPR grafiką pagal tokią formulę:

$$PF_{DPR} = \text{ROUNDUP} \frac{T}{h}; \quad (40)$$

čia:

- 1) T - atsarginės dalies atstatymo terminas, valandomis;
- 2) h - laikotarpis tarp atsarginės dalies montavimo pradžios dviejuose gretimuose lokomotyvuose DPR grafike, valandos;

Formulė 40 naudojama, kai $T > h$.

DPR grafikas turi būti sudarytas kiekvienai lokomotyvų serijai atskirai, remontus atliekant agregatiniu metodu konvejerio principu, t.y. vienodu laiko dažnumu. Galimas DPR grafiko suskirstymas į etapus, t.y. remontus atliekant tam tikram lokomotyvų kiekiui (porcijai).

2 priede pateikta BR NR ir BR PR vizualizacija, kaip atrodo sukurti būtinieji rezervai atsarginių dalių „Microsoft excel“ programoje.

8.2. Tinkama remonto kokybė

Suplanavus ir įsigijus atsargines dalis sekantis žingsnis būtų – gerinti remonto kokybę. Išnagrinėjus gamintojo pateiktas remontų priežiūrų instrukcijas siūloma jas realizuoti remontuojant lokomotyvus. Pirmas žingsnis būtų nustatyti atliekamus darbus ir ar siūlomi pokyčiai neviršys lokomotyvo prastovos laiko. Siūlomi preliminarūs darbai, laikas ir kainos pateikti (os) 12 lentelėje.

12 lentelė. Siūlomi preliminarūs darbai

Eil. Nr.	Darbo pavadinimas	Bendras žmogaus imlumas min.	Bendra medžiagų Eur.	Darbų kaina
1	Išimti visą įrangą iš R3 modulio.	120		58,20
2	Atlikti modulio valymą.	20		9,7
3	Išardyti ardomas dažnių keitiklių sudedamąsias dalis.	140		67,9
4	Atlikti elementų valymą, mikroporinės gumos šalinimą.	56		27,16
5	Uždėti naują mikroporinę gumą.	28	75,44	13,58
6	Surinkti dažnių keitikius.	140		67,9
7	Pakeisti modulio durų sandarinimo gumas.	15	34,00	7,28
8	Pakeisti dažnių keitiklių savaiminio aušinimo ventiliatorius.	60	50,88	29,10
9	Pakeisti R3 modulio pagrindinį aušinimo ventiliatorių.	120	380	58,20
10	Sudėti į R3 modulį išimtą įrangą.	120		58,20
11	Patikrinti R3 modulyje esančios įrangos veikimą.	10		4,85
Viso:		829	540,32	402,07

TEM TMH lokomotyvo ER1+P6 remonto priežiūros stovinėje yra 36 paros valandos. Darbo laikas per 36 paros valandas yra 24 valandos kitaip tariant dvi dienos. 12 lentelės duomenimis darbų trukmė būtų 829 žmogaus minučių, o tai 13,81 valandos. Lokomotyvo prastova planinio remonto metu ER1+P6 remonto metu pridėjus 12 lentelės nurodytus darbus išlieka ta pati t.y. 36 paros valandos.

8.3. Nustatyta ekonominė nauda atlikus PR pakeitimus

TEM TMH lokomotyvo prastova remonto stovinėje arba depe per 5 metus siekia 84 525 Eur. Bendra suma 250 525 Eur. be atsarginių dalių. Medžiagų preliminari suma 94 556 Eur.

Jeigu iki 2013 m. būtų atsižvelgta į gamyklos gamintojos pateiktas remontų priežiūrų instrukcijas ir būtų paruošti technologiniai procesai ir darbų aprašai įmonės nuostoliai galėtų sumažėti NR metu iki:

1) vadovaujantis 12 lentelės duomenimis:

Preliminariai suma sumažētu per 5 metus medžiagoms:

$$\sum Viso\ medžiagos = Bendra\ suma_{Medžiagos+prastovos\ kaina} - (Medžiagų\ kaina \cdot NR\ kiekis_{keitikliai}) = 250\ 525\ Eur. \quad (41)$$

Suma sumažėtų medžiagoms: 94 556 Eur.

2) vadovaujantis 12 lentelės duomenimis:

Preliminariai suma sumažētu per 5 metus darbams:

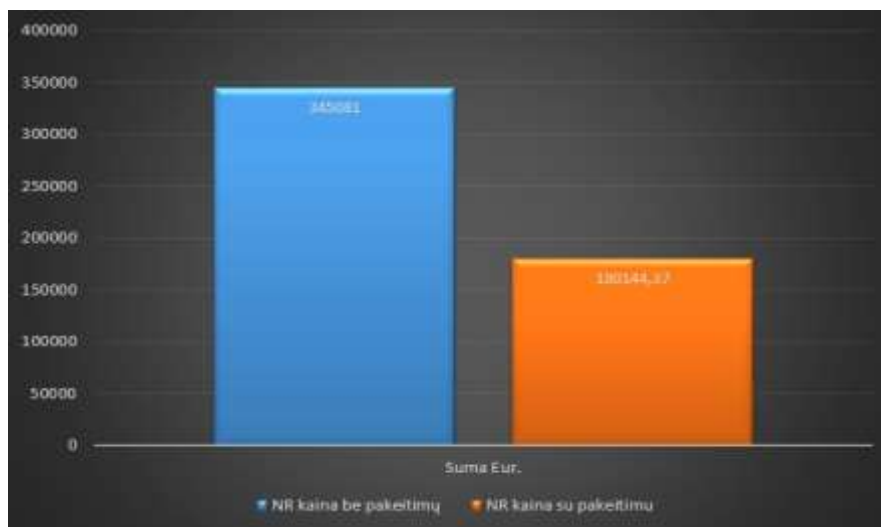
$$\sum Bendra\ suma_{Darbams} = Bendra\ darbų\ suma - (Vieno\ darbo\ kaina \cdot NR\ kiekis_{keitikliai}) = 180\ 144,37\ Eur. \quad (42)$$

Suma darbams sumažėtų: 70 380,63 Eur.

Bendra suma sumažėtų:

$$\sum Viso_{Bendra\ suma} = Suma\ darbams + Suma\ medžiagoms = 164\ 936,63\ Eur. \quad (43)$$

36 paveikslo vaizdinėje diagramoje matosi kaip kinta NR metu sumažintų sąnaudų skirtumas per 5 metus.



36 pav. NR kainų skirtumas po atlikto PR papildymo

Kiekvienai įmonei atsitikęs NR, tai blogas jų remonto kokybės ženklas ir kad panašaus pobūdžio gedimų neįvyktų įmonės visada lėšas planuoja iš anksto ir tai geriausia pritaikyti prie planinio remonto. Kaskart įvykęs NR mažina užsakovo pasitikėjimą, dėl tinkamos remonto kokybės.

8.4. Aplinkos temperatūros mažinimas R3 modulyje

Nagrinėjant TEM TMH lokomotyvų R3 modulių konstrukcijas nustatyti neatitikimai. TEM TMH Nr. nuo 008 iki 035 R3 modulyje sumontuotas kitoks pagrindinis aušinimo ventiliatorius negu TEM TMH Nr. nuo 036 iki 072. 37 paveiksle nurodytas TEM TMH Nr. nuo 008 iki 035 sumontuotas 290 W galios trifazis ventiliatorius įmonės Servo RECAMBIOS, S.A. [19].



37 pav. 290 W galios trifazis ventiliatorius

38 paveiksle nurodytas TEM TMH Nr. nuo 036 iki 072 sumontuotas naujos kartos 370 W galios trifazis ventiliatorius įmonės Ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG [20].



38 pav. 370 W galios trifazis ventiliatorius

Neskaitant to, kad 38 paveiksle nurodyto ventiliatoriaus gabaritai didesni 0,23 karto, šis ventiliatorius telpa vietoje 37 paveiksle nurodyto. Šiuos pakeitimus galima daryti PR metu.

Ventiliatoriaus esančio TEM TMH nuo 008 iki 035 tipas „D2D146-AA02-13“ kaina yra apie 380 Eur.

Ventiliatoriaus esančio TEM TMH nuo 036 iki 072 tipas „K3g097-Ak34-50“ kaina yra apie 183,19 Eur. t.y. net 2,07 karto pigiau negu šiuo metu sumontuoti lokomotyvuose.

Remiantis 12 lentelės duomenimis, pakeisti R3 modulio pagrindinį aušinimo ventiliatorių užtrunka 120 žmogaus minučių arba 2 valandas. Kauno ceche tokių lokomotyvų yra 11. Kadangi šis pakeitimas nėra NR, tai galima atlikti prie PER, kuris vyksta kiekvienam lokomotyvui kas 500 moto valandų. Ventiliatorių pakeitimas truktu laikotarpyje nuo 50 iki 60 kalendorinių dienų neatliekant lokomotyvui NR.

Medžiagų kaina:

$$\sum Viso_{medžiagos} = lok. skaičius \cdot naujo venti. kaina = 2\,015,09 \text{ Eur.} \quad (44)$$

Darbo kaina:

$$\sum Viso_{darbo\ kaina} = lok. skaičius \cdot (pakeitimo\ laikas_{val.} + patikrinimo\ laikas_{val.}) \cdot \text{ikaini}_{s\ vienos\ val.} = 383,25 \text{ Eur.} \quad (45)$$

Bendra kaina:

$$\sum Viso_{bendra\ kaina} = Viso_{medžiagos} + Viso_{darbo\ kaina} = 2398,34 \text{ Eur.} \quad (46)$$

9. Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas

Magistro baigiamajame projekte ištirti manevrinių lokomotyvų TEM TMH gedimai, kurie susiję su dažnių keitikliais. Aprašyta TEM TMH serijos lokomotyvo, dažnių keitiklių konstrukcija, veikimo principas. Atlikta lokomotyvo prastovų neplaniniuose remontuose analizė pagal gedimų klasifikacijas. Nustatyti labiausiai pasikartojantys gedimai. Siekiant išsiaiškinti NR nuostolius atlikti skaičiavimai dėl patirtų nuostolių kelyje, remonto stovynėje ir nuostoliai patirti dėl dažnių keitiklių gedimų. Atlikta tyrimo analizė dėl aplinkos temperatūrų, santykinių oro drėgmių ir vibracijų, įvairiais metų laikais poveikio aplink dažnių keitiklius, 10-ies mėnesių duomenų vidurkiai:

- 1) Lauko vidutinė temperatūra – 22,18 °C;
- 2) Lauko vidutinė oro drėgmė – 56,1 %;
- 3) R3 modulio apatinio jutiklio vidutinė temperatūra – 16,38 °C;
- 4) R3 modulio apatinio jutiklio vidutinė drėgmė – 34,81 %;
- 5) R3 modulio viršutinio jutiklio vidutinė temperatūra – 23,28 °C;
- 6) R3 modulio viršutinio jutiklio vidutinė drėgmė – 34,82 %;
- 7) R3 modulio vibracijų lygio vidurkis – 0,03 m/s²;
- 8) R3 modulio vyraujančių dažnių vidurkis – 0,98 Hz.

Tačiau analizuojant vienos kelionės duomenis nustatyta, kad lokomotyvas šiltuoju metu laiku visą kelionę dirbo esant nerekomenduojamai temperatūrai t.y. R3 modulyje aplink dažnių keitiklius vyravo didesnė negu + 40 °C temperatūra ir viršijo leistiną gamyklos gamintojos nurodytą, kuri yra nuo -25 °C iki + 40°C [21]. Tokiu atveju visos elektros sudedamos dalys kaista, kas įtakoja netinkamą dažnių keitiklių perkaitimą ir visa apsauginė elementų dangą pažeidžiama, tokiu atveju oro temperatūra, drėgmė prasiskverbia pro pažeistą apsauginę dangą ir įtakoja netinkamą elementų darbą.

Nustatyta galima prielaida dėl atsirandančių gedimų, kuri susijusi su netinkama atliekama priežiūra planinio remonto metu. AB “Lietuvos geležinkeliai“ nekreipė dėmesio į gamintojo nurodytus remonto technologijos rekomendacinio požiūrio reikalavimus, dėl ko galimai įvyksta gedimai, kurių kaina siekia 345 081 Eur.

Aprašyti galimi variantai, kaip sumažinti prastovas neplaniniuose remontuose. Suformuota lokomotyvų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimo ir palaikymo tvarka, kuri reglamentuoja lokomotyvų techninei priežiūrai vykdyti reikalingų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimą ir palaikymą, kadangi tinkamas atsarginių dalių įsigijimas yra įmonės pelno dalis. Pateikta ekonominė nauda, dėl sumažinimo lokomotyvų prastovos neplaniniuose remontuose.

Pastaruoju metu Lietuvoje vyraujančios aplinkos temperatūros yra ganėtinai aukštos, o lokomotyvai, nepaisant oro sąlygų eksploatuojami, todėl baigiamajame projekte taip pat aprašytas vienas

iš galimų variantų, kaip sumažinti R3 modulyje aplinkos vyraujančią temperatūrą t.y. sumontuoti galingesnį 370 W R3 modulio aušinimo ventiliatorių ir pateikta įgyvendinimo kaina, kuri siekia 2398,34 Eur.

Lokomotyvų eksploatacinis tarnavimo laikas būna iki 40 metų. TEM TMH serijos lokomotyvai eksploatuojami nuo 2009 m. Atsižvelgiant į pateiktą gedimų statistiką, reikėtų įmonei priimti sprendimus dėl lokomotyvo elektros moduliuose, o labiausiai R3 modulyje aplinkos temperatūros mažinimo greta esančios įrangos, nes greitu metu lokomotyvams neplaninis remontas bus būtinas, o dėl šios priežasties mažės įmonės pelnas.

Išvados

1. Apžvelgta TEM TMH serijos lokomotyvų ir R3 modulių konstrukciją, nustatyta, kad R3 moduliai yra trijų modifikacijų.
2. Išanalizavus TEM TMH serijos lokomotyvų dažnių keitiklių gedimus, nustatyta, kad GS tipo dažnių keitikliai sugedo 115 kartų, SE tipo – 37 kartus, SK tipo – 22 kartus.
3. Nustatyta, kad per 5 metus 20 lokomotyvų sugedo 663 kartus. Išanalizavus lokomotyvų prastovas NR pagal gedimų tipus, nustatyta, kad dažnių keitiklių gedimai sudaro 26,4 % visų gedimų, t.y. 175 gedimai.
4. Nustatyti labiausiai pasikartojantys gedimai, tai nuolatinės įtampos dingimas, kuris sudaro 53 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų ir radiatoriaus perkaitimas kartu su temperatūros viršijimu, kurie sudaro 28 % visų GS tipo dažnių keitiklių gedimų.
5. Siekiant išsiaiškinti NR nuostolius kelyje atlikti skaičiavimai, kai lokomotyvas sugenda tempiant įvairaus ilgio, svorio sąstatus skirtingais maršrutais. Maršrutu Šeštokai – Palemonas, 17-os transporterinių aštuonašių vagonų transportavimo gedimų nuostoliai susiję su lokomotyvu, kelyje siekia 1419,9 Eur. vienam lokomotyvui. Remonto stovynėje prastovas vieno lokomotyvo be atsarginių dalių siekia 350 Eur. Per 5 metus bendri nuostoliai siekia 250 000 Eur.
6. Tyrimo metu nustatyta, kad šiltuoju metu laiku lokomotyvas dažnai dirba esant nerekomenduojamai temperatūrai t.y. R3 modulyje greta dažnių keitiklių vyrauja didesnė, nei + 40 °C temperatūra, kuri viršija leistiną gamyklos gamintojos nurodytą temperatūrą (nuo -25 °C iki + 40°C).
7. Pasiūlytas sprendimas dėl temperatūros mažinimo R3 modulyje t.y. vietoje 290 W sumontuoti 370 W aušinimo ventiliatorių. Atlikus pakeitimo darbus, kaina kuri NR siekė 345081 Eur. sumažėtų iki 180 142,62 Eur. Šiuo metu šis pasiūlymas jau pradėtas įgyvendinti viename TEM TMH serijos lokomotyve.
8. Suformuota lokomotyvų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimo ir palaikymo tvarka, kuri reglamentuoja lokomotyvų techninei priežiūrai vykdyti, reikalingų atsarginių dalių būtinojo rezervo suformavimą ir palaikymą.

Literatūros sąrašas:

1. TECHNIKOS ISTORIJA [interaktyvus]. 2003 [žiūrėta 2018-05-03]. Prieiga per: <http://technikosistorija.lt/2013/12/05/gelezinkeliu-atsiradimas/>
2. П. Станек, Я. Джурны. ЛОКОМОТИВ СЕРИИ ТМХ. *Техническое описание*. 4-8090-046-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2009 г.
3. П. Станек, Я. Джурны. ЛОКОМОТИВ СЕРИИ ТМХ. *Руководство по обслуживанию*. 4-8091-053-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2009 г.
4. П. Станек, Я. Джурны. ЛОКОМОТИВ СЕРИИ ТМХ. *Руководство по обслуживанию*. 4-8092-053-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2009 г.
5. UAB „ELINTA“ [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018-05-03]. Prieiga per: http://www.elintosprekyba.lt/lt/g/daznio_keitikliai-control_techniques
6. П. Станек, Я. Джурны. ТЕПЛОВОЗ ТЭМ ТМХ. *Техническое описание*. 4-8090-099-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2013 г.
7. П. Станек, Я. Джурны. ТЕПЛОВОЗ ТЭМ ТМХ. *Инструкция по эксплуатации*. 4-8091-098-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2013 г.
8. И. Гаврила. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ. R3 PM120-3, PM120-3B, PM120-3C TGP016092_1., Чешская Республика: EVPU a.s., 2013 г.
9. Control Techniques Drives Limited. *Приступаем к работе с Commander SK*. 0472-0000-02, Редакция: 2, 2005 г.
10. Control Techniques. *Руководство пользователя по Commander SE*. 0452-0025, 2009 г.
11. ZAVECKAS, Valentas. *Elektrotechnikos pagrindai: mokomoji knyga* [interaktyvus]. Vilnius: Technika, 2012 [žiūrėta 2018-04-04]. VP1-2.2-ŠMM 07-K-01-023. Prieiga per: http://dspace.vgtu.lt/jspui/bitstream/1/1434/1/1383-S_Zaveckas_Elektrotechnika_WEB.pdf
12. *Aukštoji matematika*. [žiūrėta 2018-04-04]. Prieiga per: <http://www.ematematikas.lt/forumas/funkcijanaturinis-logaritmas-t5208.html>
13. AB „Lietuvos geležinkeliai“. *Krovinių vežimo tarifų knyga, TKT-LG: įsigalioja nuo 2018-01-01* [interaktyvus] [žiūrėta 2018-01-21 d.]. Prieiga per: <https://cargo.litrail.lt/documents/12770/5683177/TKT-LG+LT.pdf/b579d4d8-4dd9-4823-8453-763855f92f34>
14. AB „Lietuvos geležinkeliai“. *Krovinių vežimo tarifų knyga, TKT-LG: įsigalioja nuo 2018-01-01* [interaktyvus] [žiūrėta 2018-01-21 d.]. Prieiga per: <https://cargo.litrail.lt/documents/12770/5683177/TKT-LG+LT.pdf/b579d4d8-4dd9-4823-8453-763855f92f34>

15. AB „Lietuvos geležinkeliai“. *Papildomų paslaugų, susijusių su krovinių vežimu, kainynas PP-LG: įsigalioja nuo 2017-11-30 m.* [interaktyvus] [žiūrėta 2018-01-21 d.]. Prieiga per: https://cargo.litrail.lt/documents/12770/5683177/Kainynas+PP-LG_2018+m.pdf/27636177-bcec-44ca-a51a-de32429ea144
16. AB „Lietuvos geležinkeliai“. *Papildomų paslaugų, susijusių su krovinių vežimu, kainynas PP-LG: įsigalioja nuo 2017-11-30 m.* [interaktyvus] [žiūrėta 2018-01-21 d.]. Prieiga per: https://cargo.litrail.lt/documents/12770/5683177/Kainynas+PP-LG_2018+m.pdf/27636177-bcec-44ca-a51a-de32429ea144
17. PASLAUGŲ PIRKIMO TECHNINĖ SPECIFIKACIJA. *Lokomotyvų įrangos darbo sąlygų tyrimas:2015-11-12* [interaktyvus] [žiūrėta 2018-01-21 d.]. Prieiga per: http://www.cvpp.lt/index.php?option=com_vptpublic&task=sutartys&Itemid=109
18. Я. Джурны. ТЕПЛОВОЗ ТЭМ ТМХ. *Инструкция по уходу.* 4-8092-097-00, Чешская Республика: CZ LOKO a.s., 2012 г.
19. Servo RECAMBIOS, S.A. *AC centrifugal fan.* Prieiga per: <http://www.sr-electricmotors.com/pdf/d2d146-aa02-13.pdf>
20. Ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG. *EC dual centrifugal blowe with brushless DC motor.* Prieiga per: https://www.galco.com/techdoc/ebm/k3g097-ak34-50_dat.pdf
21. И. Гаврила. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ. *R3 PM120-3, PM120-3B, PM120-3C TGP016092_1.*, Чешская Республика: EVPU a.s., 2013 г.