

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. T. Šimkevičius

2007 06

IEŠMŲ ŠILDYMO SISTEMOS EFEKTYVUMO TYRIMAS
Magistro darbas

Vadovas

Doc. dr. Z. Turauskas

2007 06

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto
Elektros inžinerijos katedros
asist. M. Rauchas

2007 06

Atliko

EM-5 gr. Stud.
V. Novickij

2007 06

ŠIAULIAI, 2007

SUMMARY

Novickij V. Research on the efficiency of railroad switch warming system: Master thesis of electrical engineer/research advisor Doc. dr. Z. Turauskas; Šiauliai University, Technological Faculty, Electrical Engineering Department.- Šiauliai,2007.-43p.

Point heating systems, used by SC „Lietuvos gelezinkeliai“, have to warrant safe and reliable train traffic. It is designed to melt ice which is between point's spike and frame rail and accomplish heating elements' and other system parts monitoring and control according the stated parameters.

The point's blowing system which was installed in the Soviet period worked ineffectively required much technical observation and human resources. In 2001 there was decided to change ineffective system into the modern electronic heating system which could be held by remote control form any railway infrastructure centre. There in the research will be compared the old snow blowing system to the new digital control heating system. Regarding the results, there will be given suggestions to develop the snow blowing system effectiveness.

At present the snow blowing system use a lot of electrical energy, the research is dedicated to optimize the systems and to reeducated use of electrical energy.

TURINYS

Lentelių sąrašas.....	3
Paveikslų sąrašas.....	4
Įžanga.....	5
1. Geležinkelio iešmų šildymo sistemos techniniai reikalavimai ir konstrukcija.....	6
1.1. Šildymo sistemos valdymo būdai.....	6
1.2. Šildymo sistemos kontrolės įrenginiai.....	7
1.3. Šildymo sistemos konstrukcija.....	8
2. Iešmų šildymo sistemos efektyvumo tyrimo teorinė dalis.....	10
2.1. Elektros įrenginių klasifikavimas pagal patikimumą ir efektyvumą.....	10
2.2. Efektyvumo rodikliai.....	11
2.3. Iešmų šildymo sistemos techniniai efektyvumo rodikliai.....	12
2.4. Iešmų šildymo sistemos ekonominio efektyvumo rodikliai.....	12
2.5. Išskirstytų elektros sistemų samprata ir efektyvumo komponentai.....	13
2.6. Funkcinė elektros įrenginio kokybės analizė.....	15
2.7. Elektros įtaiso kokybė ir patikimumas.....	16
2.8. Efektyviausių struktūrų parinkimas.....	17
2.9. Elektros sistemų aprūpinimo efektyvumas.....	17
3. Efektyvumo tyrimo eksperimentinė dalis.....	19
3.1. Naudojamo matavimo priemonės.....	19
3.2. Efektyvumo rodikliai.....	19
3.3. Iešmų šildymo sistemos funkcionalumas.....	20
3.4. Iešmų šildymo sistemos pastovumas, ilgaamžiškumas.....	23
3.5. Šildymo sistemos valdymas.....	27
3.6. Šildymo sistemos gebėjimas susiorganizuoti.....	29
3.7. Ekonominio efektyvumo rodikliai.....	30
3.7.1. Iešmų apiputimo suslėgtu oru sistema.....	30
3.7.2. Iešmų šildymo sistemų elektros energijos suvartojimo analizė.....	33
4. Išvados.....	41
5. Literatūra.....	43

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 Šildymo sistemos techniniai reikalavimai.....	9p.
3.1 Matavimo priemonių sąrašas.....	19p.
3.2 Bėgio temperatūros matavimai.....	24p.
3.3 Kompresorių techniniai parametrai.....	31p.
3.4 Šiaulių ir Joniškio kompresorių suvartota energija.....	31p.
3.5 Vieno iešmo suvartota energija.....	32p.
3.6 Elektros energijos suvartojimo matavimai.....	36p.
3.7 Elektros energijos suvartojimas atsižvelgus į oro temperatūrą.....	36p.
3.8 Šildymo sistemų palyginimas.....	37p.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 Techninio efektyvumo rodikliai.....	11p.
2.2 Algoritmo komponento ryšiai su aplinka.....	18p.
3.1 Efektyvumo rodikliai.....	19p.
3.2 Šildymo sistemos meteorologinių matavimų įrenginys.....	21p.
3.3 Šildymo sistemos meteorologiniai matavimai.....	22p.
3.4 Temperatūros jutiklis.....	23p.
3.5 Tvarkingai pritvirtintas kaitinimo elementas.....	24p.
3.6 Apkaba nelaiko kaitinimo elemento.....	25p.
3.7 Apkaba išlinkusi.....	25p.
3.8 Kaitinimo elementas nepritvirtintas.....	26p.
3.9 Formuoto metalo juosta.....	26p.
3.10 Šildymo sistemos modulių valdymo schema.....	28p.
3.11 Suminė elektros energija atskirų paskirstymo skydų.....	34p.
3.12 Energija suvartota iešmo per visą šildymo sezoną skirtinguose matavimo vietose...34p.	
3.13 Skirtingų sistemų elektros energijos sąnaudos iešmui valyti.....	35p.
3.14 Iešmo elektros energijos sąnaudos skirtingoms sniego ir ledo valymo sistemoms....	38p.
3.15 Iešmo galios sąnaudos skirtinguose šildymo sistemose.....	39p.
3.16 Išlaidų skirtumas elektros energijai tarp šildymo sistemų priklausomybė nuo oro temperatūros.....	39p.

IŽANGA

Iešmų šildymo sistema naudojama AB “Lietuvos geležinkeliai” turi užtikrinti saugų ir patikimą traukinių eismą. Ji skirta tirpdyti sniegą ir ledą, esantį tarp iešmo smailės ir rėminio bėgio, bei atlikti kaitinimo elementų ir kitų sistemos dalių valdymą ir kontrolę pagal nustatytus parametrus.

Tarybiniais laikais naudotina iešmų apipūtimo sistema dirbo neefektyviai, reikalavo daug techninės priežiūros ir žmoniškųjų resursų. 2001 metais nuspręsta pakeisti neefektyviai dirbusia sistema į šiuolaikišką iešmų elektroninio šildymo sistemą, kuria galima būtų valdyti distancinių būdų iš bet kurio geležinkelių infrastruktūros centro.

Tyrime bus sulygintos senos kartos sniego valymo sistemos su nauja skaitmeninio valdymo šildymo sistema. Atsižvelgus į gautus rezultatus bus pateikti pasiūlymai sniego valymo sistemoms efektyvumo didinimui.

Šiuo metų sniego valymo sistemos suvartoja daug elektros energijos, tyrimas skirtas sistemų optimizavimui ir elektros energijos vartojimo mažinimui.

1.GELEŽINKELIO IEŠMŲ ŠILDYMO SISTEMOS TECHNINIAI REIKALAVIMAI IR KONSTRUKCIJA.

Iešmų šildymo sistema naudojama AB “Lietuvos geležinkeliai” turi užtikrinti saugų ir patikimą traukinių eismą. Ji skirta tirpdyti sniegą ir ledą, esantį tarp iešmo smailės ir rėminio bėgio, bei atlikti kaitinimo elementų ir kitų sistemos dalių valdymą ir kontrolę pagal nustatytus parametrus.

Šildymo sistemos Įrenginiai :

- 1.Valdymo spintos (prie iešmų) su centrinio valdymo procesoriumi(toliau CVP).
- 2.Kaitinimo elementai.
- 3.Jutikliai.
- 4.Stoties budėtojo pultas.
- 5.Budinčio (asmens, atsakingo už šildymo sistemos eksploatavimą) kompiuteris .

1.1 Šildymo sistemos valdymo būdai :

1. rankinis : šildymo sistema Įjungiamą ir išjungiamą valdymo spintoje (prie iešmų)
2. distancinis : sistema gali valdyti budintysis , kurio pultas Įrengtas stoties budėtojo patalpoje :galimos šios funkcijos :
 - a) perjungti šildymo sistema iš automatinio valdymo Į distancinį ; po nustatyto laiko sistema perjungiamą Į automatinį valdymą;
 - b) Įjungti kiekvieno iešmo arba iešmų grupės šildymą;
 - c) vaizdo simboliais informuoti apie šildymo sistemos veikimą;
 - d) mirksinčiais vaizdo simboliais ir garso signalų Įspėja apie šildymo sistemos sutrikimus, nesankcionuotą valdymo spintos ar konteinerio atidarymą.

Šildymo sistema turi automatiškai valdyti CVP pagal nustatytus parametrus :

1. šildymas Įjungiamas, esant plikšalai, lijudrai, sningant ir pustant, esant aplinkos temperatūrai $0+1^{\circ}\text{C}$;
2. Šildymas išjungiamas kai bėgio temperatūra pasiekia nustatytą reikšmę. Nustatomas bėgio temperatūros intervalas yra nuo 4 iki 30°C priklausomai nuo aplinkos sąlygų;
3. nuolatinis šildymas Įjungiamas , esant aplinkos temperatūrai žemesnei nei minus 10°C ;
4. nuolatinis šildymas išjungiamas kai bėgio temperatūra yra $+8^{\circ}\text{C}$;
5. Padidina bėgio temperatūra, esant plikšalai, lijudrai, sningant ir pustant. Nustatomas bėgio padidintos temperatūros intervalas yra nuo $+4$ iki $+30^{\circ}\text{C}$ priklausomai nuo aplinkos sąlygų.

CVP turi vykdyti monitoringą ir diagnozuoti šiuos sutrikimus :

1. vienos ar kelių fazių nebuvimą maitinimo kabelyje;
2. kontaktoriaus veikimo sutrikimą;
3. trumpąjį jungimą transformatoriuose, kaitinimo elementuose ar kabeliuose;
4. srovės matavimo sistemos neteisingą veikimą-sugedusi ar atsijungusi;
5. oro ir bėgių temperatūros jutiklių gedimą ar trumpąjį jungimą;
6. nustato maksimalaus leistino šildymo sistemos veikimo valandų limitą viršijimą;
7. nustato maksimalaus leistino kontaktorių jungimų skaičiaus viršijimą;
8. nustato minimalios leistinos izoliacijos varžos viršijimą;
9. nustato maksimalaus leistino instaliuotojo galimumo viršijimą;
10. ryšio sutrikimą tarp valdymo spintų ir stoties budinčiojo pulto arba tarp valdymo spintų ir budinčiojo kompiuterio .

Sistemos parametrų nustatymas, kontrolinis meniu ir sistemos parametrų ir valdymo organų nomenklatūra , apsaugota personaliniais PIN kodais.

1.2 Šildymo sistemos kontrolės Įrenginiai.

Šildymo sistema turi :

- 1.Nuolatinė izoliuojančių transformatorių išvesčių izoliacijos varžos kontrolė.
- 2.Bėgių temperatūros matavimą ir indikaciją.
- 3.Oro temperatūros matavimą ir indikaciją.
- 4.Maitinimo Įtampų matavimą ir kontrolę.
- 5.Maitinimo srovių matavimą ir kontrolę.
- 6.Kaitinimo elementų srovių kontrolę.
- 7.Elektros energijos matavimą (teisinė metrologija).
- 8.Kritulių kiekio matavimą ir kontrolę.
- 9.Nuotekio srovės kontrolė.
11. Vėjo greičio matavimą.

Šildymo sistema veikimo metu neturi skleisti trukdžių, neigiamai įtakojančius automatiniam lokomotyvų signalizacijos Įrenginiams (ALS) ir pritaikyta dirbti elektrifikuotame geležinkelyje su kintamąją 27 KV Įtampa.

1.3 Šildymo sistemos konstrukcija.

Iešmų šildymo valdymo elementai sumontuoti spintose, sudarytų iš stiklo pluoštu sustiprintu poliesterio plokščių. Spintų saugumo klasė IP54.

VS-IS-M6 valdymo skidus sudaro :

- Maitinimą į valdymo skydą paduodantis kirtiklis ir valdymo skydo maitinimo prijungimui skirtas D tipo ribinės srovės jungiklis.
- Iešmų kaitinimo elementų grandinės apsaugantys D tipo viršsrovio automatiniai jungikliai su pagal apkrova parinktą vardinę srovę.
- Nuo srovės nuotėkio apsaugantis 30 mA skirtuminės srovės jungikliais.
- Izoliacijos varžą tarp iešmų kaitinimo elementų ir korpuso matuojantis moduliai, išjungiantys kaitinimą sumažėjus izoliacijai iki $27k\Omega$.
- Elektros maitinimo parametrus matuojantis galios matuoklis.
- Maitinimo transformatorius, 27V maitinimo blokas.
- Du 12V akumulatoriai, užtikrinantis sistemos dalinį veikimą (kontrolė), dingus pagrindiniam maitinimui.
- Programuojamas valdiklis ELKO 600 kartu su įvesties ir išvesties moduliais.
- Srovės transformatoriai, maitojantis kiekvieno iešmo kaitinimo elemento naudojama elektros srovę.
- Šildymo sistema , apsauganti nuo kondensato spintų viduje.
- Spintos apšvietimas.
- Skydo durelių padėties jutikliai.
- Šildymo transformatorių apsaugos sistemos.
- Jungikliai nustatantys valdymo skydo veikimą rankinių režimu.

Prie valdymo skydo prijungiami :

- 400V, 50Hz trifazis maitinimas.
- Skiriamieji iešmų šildymo transformatoriai.
- Oro temperatūros, kritulių, vėjo greičio jutikliai,
- Bėgių temperatūros jutikliai,
- Duomenų priėmimo ir perdavimo linijos.

Šildymo sistemos techniniai reikalavimai

Maitinimas	3~50Hz, 400V
Maitinimo sistema	TN-C-S
Vardinė bendra šildymo grandinių tiekiamą galia	48kW
Vardinė vienos šildymo grandinės tiekiamą galia	8kW
Iešmų šildymo grandinių skaičius	6
Apsaugos nuo elektros poveikio klasė	I
Izoliacijos vardinė įtampa	750 V
Skirtuminės srovės aparato nuotėkio srovės vardinis dydis	30mA
Korpuso apsaugos klasė	IP-54
Masė	90 kg
Matmenys	875x1115x315

Valdymo skydas turi apsaugą nuo elektromagnetinių trukdžių ir viršįtampių. Siekiant apriboti viršįtampio ir maitinimo linijose atsirandančių indikuotų arba redukuotų atmosferinių viršįtampių sukeltus padalinius, yra numatyti II klasės 1KV viršįtampio ribotuvai.

2.IEŠMŲ ŠILDYMO SISTEMOS EFEKTYVUMO TYRIMO TEORINĖ DALIS.

Elektros sistemų efektyvumas - tai jos atitikimo poreikiams laipsnis. Suprantama, kad projektuojant, gaminant bei eksploatuojant elektros sistemas, būtina tirti visą jų kokybę apibūdinančių savybių visumą, taip pat itin svarbūs ir Įrenginių efektyvumo tyrimai.

Sistema – tai vienas nuo kito priklausančių komponentų visuma. Priklausyti gali komponentų struktūros, būsenos ir kt. Kad atsirastu sistema, būtinas grįžtamasis ryšys.[1]

2.1. Elektros Įrenginių klasifikavimas pagal patikimumą ir efektyvumą.

Kiekvienos elektros Įrenginių grupės patikimumą geriausiai nusako tam tikri (saviti) rodikliai. Todėl, norint nuodugniau išanalizuoti patikimumo rodiklius, jų ypatumus, taikymo sritis, būtina pirma pagal patikimumą požiūriu suklasifikuoti visus elektros Įrenginius. Žinoma, tai galima padaryti tik iš anksto išsivaizduojant visų rodiklių visumą bei jų taikymo sritis. Galima išskirti tiriamo Įrenginio, šiuo atveju šildymo sistemos, kelėta pagrindinių rodyklių :

- Įrenginio panaudojimo skaičius: šildymo sistema priskiriama prie daugkartinių elektros Įrenginių. Sistema gali sugesti, bet ją galima remontuoti, suderinti ir vėl eksploatuoti. Šildymo sistemai eksploatacijai palengvinti naudojamas nuotolinis valdymas. Tai leidžia efektyviai naudoti žmogiškus resursus ir operatyviai nustatyti sistemos gedimus.
- Įrenginio darbo režimas: skaitmeninio valdymo šildymo sistema dirba laukimo režimu, tai leidžia efektyviai naudoti elektros energiją. Vėliau tyrimo metu bus sulyginta skaitmeninio valdymo sistema su senos kartos elektrinio šildymo sistema(kuri dirba nuolat). Gauti rezultatai parodys Įrenginio darbo režimo parinkimo svarbą energijos taupymui.
- Įrenginio sudėtingumas: šildymo sistema tai sudėtingas Įrenginys, kuriame išskiriami sandaros elementai(valdymo moduliai, kaitinimo elementai, matavimų elementai, galios elementai).Sistemos valdymas yra rezervuotas: ją gali valdyti ir stoties budėtojas, ir budintis asmuo, atsakingas už iešmų šildymą. Sistema gali

adekvačiai reaguoti į savo atskirų modulių gedimus: juos atjungti ir pranešti apie tai būdinčiam.

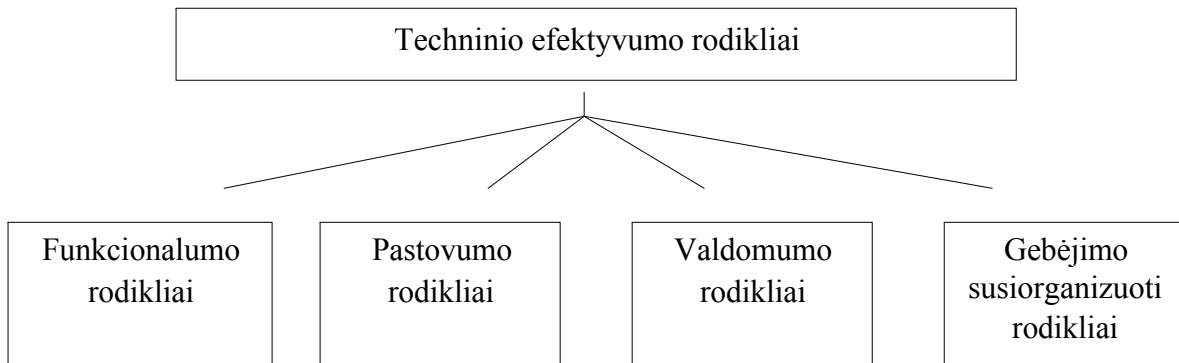
2.2 Efektyvumo rodikliai.

Išskiriame du didelius pogrupius:

- techninio efektyvumo rodikliai;
- ekonominio efektyvumo rodikliai.

Ekonominio efektyvumo rodikliu pagalba nustatomas įrenginio ekonominis efektyvumas, ekonominė projekto dinamika.

Tuo tarpu techninio efektyvumo rodikliai skirstomi į :



2.1 pav. Techninio efektyvumo rodikliai.

Funkcionalumo rodikliai nusako atitikimą funkciniam poveikiams; funkcinį organizuotumą; funkcinį dinamiškumą ir ryšio su aplinka kontroliuojamumą.

Pastovumo rodikliai nusako įrenginių atsparumą; stabilumą; patikimumą ir nesutrikdomumą .

Valdomumo rodikliai nusako įrenginiuose : valdymo platumą(aprėptį) ; valdymo gilumą(laipsnis); valdymo lankstumą; valdymo operatyvumą, valdimo efektyvumą.

Gebėjimo susiorganizuoti rodikliai nusako : situacijų atpažįstamumą ; adaptyvumą; gebėjimą pasirinkti sprendimus.

2.3 Iešmų šildymo sistemos techniniai efektyvumo rodikliai .

Tiriant iešmų šildymo sistema bus analizuojami šie techninio pobūdžio efektyvumo rodikliai :

- a) **Funkcionalumo** : galimybė šildymo sistemai adekvačiai reaguoti į aplinkos sąlygų pasikeitimą – oro temperatūros mažėjimas arba padidėjimas , kritulių kiekio padidėjimas arba sumažėjimas ir vėjo greičio kitimas. Sistemai stabiliai ir patikimai veikti reikalinga informacija apie bėgio temperatūrą. Bėgių temperatūra priklauso nuo oro temperatūros ir daug kitų faktorių : šios funkcijos yra pagrindinės darant išvadas apie šildymo sistemos techninius funkcionalumo rodiklius.
- b) **Pastovumo** : šildymo sistema sudėtingas įrenginys su programinių valdymų, bet toks veiksny, kaip blogai pritvirtintas kaitinimo elementas gali įtakoti blogą bėgių šildymą arba kaitinimo elemento neatstatomą gedimą. Tiriant šildymo sistemą būtina atsižvelgti į kaitinimo elemento tvirtinimą, jei jis nekokybiškas bus pateikti pasiūlymai pagerinti jį.

Sistemos patikimumui įtakoja schemotechniniai sprendimai: skiriamųjų transformatorių panaudojimas, srovės, įtampos ir nuotėkio srovių matavimai. Taip užtikrinamas šildymo įrenginių suderinamumas su kitais geležinkelio automatikos įrenginiais. Geležinkelio bėgis nėra įžemintas, pablogėjus kaitinimo elemento izoliacijai , tarp bėgiu galimas įtampos padidėjimas iki neleistinų didžių. Sistema privalo greitai reaguoti į visus galimus gedimus, atjungti sugedusius elementus ir pranešti tai budinčiajam.

- c) **Valdomumo** : nuotolinio valdymo galimybė ir visų sistemos parametrų keitimas leidžia efektyviai išnaudoti ir pritaikyti sistemą prie įvairių klimato ir kitų geležinkelio stoties sąlygų.
- d) **Gebėjimo susiorganizuoti** : keičiant sistemos nustatymus sistema privalo efektyviai ir aiškiai keisti šildymo parametrus. Esant gedimams sistema privalo selektyviai atjungti sugedusius elementus ir apie tai pranešti stoties budėtojiui. Sistemos veikimas avariniais atvejais bus įvertintas efektyvumo tyrimo išvadose.

2.4 Iešmų šildymo sistemos ekonominio efektyvumo rodikliai .

Pagrindinis sistemos efektyvaus veikimo rodiklis yra efektyvus elektros energijos panaudojimas. Beveik visi techniniai sprendimai yra skirti efektyviai panaudoti kaitinimo elementų galia tirpinti sniegui arba ledui.

Šildymo sistemos ekonominis efektyvumas bus analizuojamas lyginant sistema su iešmų apipūtimo slėgtų orų sistema ir neautomatinė, senos kartos šildymo sistema.

2.5 Išskirstytų elektros sistemų samprata ir efektyvumo komponentai.

Elektros sistemos paskirtis lemia tai, kad ji valdo savo sudedamąsias dalis (jų struktūras, funkcijas, būsenas ar kt.), arba (ir) yra skirta kitų objektų valdymui. Šie jos komponentai (kartais net ją sudarančios mažesnės sistemos) išskirstomi teritorijoje, apjungiant juos ryšio priemonėmis. Tai dažnai būdinga įvairaus dydžio sistemoms (mažoms, didelėms, labai didelėms, nesudėtingoms, sudėtingoms, labai sudėtingoms ir kt.) (pvz., temperatūros valdymo sistemoms, telekomunikacijų sistemoms, Įmonių gamybos valdymo sistemoms ir kt.).

Jei sutelktų elektros sistemų kokybę lemia tik jų komponentų kokybė (funkcinės savybės, patikimumas ir kt.), tai jas išskirsčius, dažnai tenka naudoti perdavimo priemonės, ryšio linijas, priėmimo įtaisus ir kt., kurių ypatumai tiek pat svarbūs (vertinant sistemos tinkamumą eksploatacijai) kaip ir pirmųjų. Ypatingai didelę įtaką kokybei daro sistemos komponentų tarpusavio ryšių priemonės.

Visus nustatytus parametrus sistema prisimena ir sutrikus ryšiui ji veikia savarankiškai. Šildymo sistemos valdymas ir kontrolė vykdomą telefoninio ryšio pagalba, bet jam sutrikus visada stoties budėtojas gali įjungti rankinį valdymą.

Kadangi išskirstytos elektros sistemos efektyvumas – tai jos gebėjimo nustatytais sąlygomis atlikti savo funkcijas laipsnis, todėl, jį lemia funkcionalumas, valdomumas, saviorganizuojamumas, pastovumas bei ekonomiškumas.[2].

Išskiriami išskirstytų sistemų efektyvumai. :

- bendras;
- techninis;
- ekonominis;
- funkcinis.

Bendrasis elektros sistemų efektyvumas – tai visų jos savybių atitikimo poreikiams laipsnis.

Skaitmeninio valdymo šildymo sistema leidžia lanksčiai keisti parametrus, ir tobulinti jos

nustatymus eksploataavimo metų: tuo juos bendras efektyvumas aukščiausias iš visų naudotinių sniego valymo sistemų.

Techninis elektros sistemų efektyvumas - tai techninių jos savybių atitikimo poreikiams laipsnis. Techninių požiūriu sistema yra sudėtingas įrenginys, kuriam aptarnauti reikalingas kvalifikuotas personalas. Bet nuotolinio valdymo sistemos leidžia efektyviai ir racionaliai naudoti žmogiškus resursus, ir juos išstumia senos kartos sistemas, reikalaujančias daug aptarnaujančio personalo.

Daugelyje literatūros šaltinių [1, 2 ir kt.] nurodoma, kad techninį E_i efektyvumą galima išreikšti taip:

$$E = \sum_{i=1}^B P_i \cdot E_i ; \quad (2.1)$$

čia P_i - i -osios elektros įrenginio būsenos tikimybė; B – būsenų skaičius; E_i - elektros įrenginio efektyvumas i -ojoje būsenoje.

Kai

$$E_{F_i}(t) = const. , E_{V_i}(t) = const. , E_{S_i}(t) = const.$$

ir nepriklauso nuo išskirstytos sistemos būsenos (visais atvejais nekinta) dydį E_i formulėje galima pakeisti užduoties įvykdymo i -ojoje būsenoje tikimybe. Todėl :

$$E = E_0 \sum_{i=1}^B P_i P_{U_i} ; \quad (2.2)$$

čia E_0 - efektyvumas, kurį sistema užtikrina būdama visiškai tvarkinga; P_{U_i} - tikimybė, kad būdama i -ojoje būsenoje sistema sugebės įvykdyti užduotį.

Ekonominis elektros sistemų efektyvumas – akivaizdu, kad įrengiama nauja sistema turi laikui bėgant atsipirkti. Kuo greičiau įrenginys atsipirks tuo ekonominių požiūriu jis yra efektyvesnis.

Funkcinis elektros sistemų efektyvumas – valyti sniegą arba ledą galima įvairiais būdais: rankinių būdu žmogaus pagalba, nupusti suslėgtų oru, tirpinti kaitinimo elementais, naudoti atvirą ugnį. Įrengiant naujas automatizuoto valdymo geležinkelio stotys šiuo momentu montuojamą tik elektrinio iešmų šildymo sistema, nes jos funkcinis efektyvumas yra geriausias.

Akivaizdu, kad bendras išskirstytos elektros sistemos efektyvumas:

$$E(t) = f(E_F, E_V, E_S, E_P, E_E, t) \quad (2.3)$$

čia: E_F, E_V, E_S, E_P, E_E - funkcinis , valdymo, saviorganizavimo , pastovumo užtikrinimo bei ekonominės sistemos dalių efektyvumai, t – sistemos įdirbis arba darbo laiko momentas. Akcentuojant arba eliminuojant atskiras išskirstytos sistemos savybių grupes, gaunami daliniai efektyvumai, pvz.:

$$\text{funkcinis efektyvumas} - E_F^o(t) = f_F[E_F(t), E_V(t), E_S(t), E_P(t), E_E(t)]; \quad (2.4)$$

$$\text{techninis} - E_T^o = f_T[E_F(t), E_V(t), E_S(t), E_P(t), E_E(t)]. \quad (2.5)$$

2.6 Funkcinė elektros įrenginio kokybės analizė.

Šildymo sistemos tyrimo praktinėje dalyje naudosime funkcinę kokybės analizę.

Funkcinė kokybės analizė (FKA) yra viena iš rezultatyviausių krypčių, leidžiančių kompleksiskai spręsti su elektros įrenginio patikimumu, efektyvumu ir išteklių ekonomija susijusius uždavinius, didinti kokybės ir konkurentabilumo lygį. Šiuo metodu domimasi, nes jis yra svarbus atliekant techninį – ekonominį diagnozavimą ir elektros įrenginio optimizavimą. Todėl jis yra naudojamas daugelyje pramonės šakų.

Funkcinės kokybės analizės esmė yra sisteminis materialių ir organizacinių struktūrų techninis – ekonominis analizavimas, siekiant sukurti kuo efektyvesnį gaminį arba paslaugą. Metodo privalumai yra tame, kad jis sujungia: pirma – technines ir ekonomines savybes, optimizuojant santykį tarp paklausos ir išlaidų tai paklausai patenkinti; antra – visas prekės egzistavimo ciklo dalis: tyrinėjimus; projekto sudarymą; pasiruošimą gamybai; gamybos organizavimą; eksploataciją bei utilizaciją; trečia – tyrinėtojų, gamintojų ir vartotojų poreikius.[3]

Kai buvo pradėtas naudoti šis metodas, jis buvo suprantamas kaip nereikalingų išlaidų paieška jau pagaminus gaminį ar paslaugą. Būtinumą naudoti šį metodą lėmė tai, kad į gaminio savikainą įeina ne tik minimalios išlaidos, susijusios su užduotos įrenginio funkcijos įvykdymu, bet ir išlaidos, susijusios su nepateisinamu schemų sudėtingumu, neracionaliai parinktais elementais, medžiagomis, iš kurių gaminami elementai, o taip pat apibendrintos išlaidos technologijai ir gamybos organizavimui.

Šiuo metu funkcinė kokybinė analizė suprantama kaip metodas sistemiskai nagrinėjantis elektros įrenginio funkcijas (procesus, struktūras), norint sumažinti projektavimo, gamybos ir eksploatacijos išlaidas, tuo pačiu užtikrinant jo kokybę ir naudingumą.

Pagrindiniai FKA tikslai:

- mokslinių tyrinėjimų ir bandymų pasėkoje išaiškinti nepagrįstas išlaidas, tuo pačiu užtikrinant, kad nenukentėtų įtaiso parametrai;
- gamybos ir eksploatacijos etape sumažinti elektros įrenginių sandėliavimo išlaidas, o taip pat išlaidas, susijusias su įtaiso funkcijų gerinimu.

2.7 Elektros įtaiso kokybė ir patikimumas.

Įtaiso patikimumo rodikliai nusako jo gebėjimą nustatytomis ir nenumatytomis sąlygomis atlikti savo funkcijas. Šie rodikliai apibūdina 4 savybes:

- negendamumą;
- ilgaamžiškumą;
- pataisomumą ir
- išsilaikomumą.

Vertinant rodiklių reikšmes, naudojamos dvi detalių grupės, kurios nulemia pačią „kokybės“ sampratą.

Pirmoji samprata remiasi tuo, kad įvairaus lygio reikalavimai elektros įrenginių kokybei yra pateikti normatyviniuose dokumentuose (pvz., standartuose). Įrenginius galima projektuoti arba gerinti, siejant jį su vienu ar keliais iš šių dokumentų. Šiuo atveju įrenginių kokybė nusakoma kaip jo sutikimo su minėtų dokumentų reikalavimais laipsnis.

Antroji samprata įrenginių kokybę apibrėžia kaip jo savybių visumos ir geriausių analogų ar prototipų savybių visumos arba vartotojo pageidaujama savybių visumos skirtumą.

Kiek siauresnis sistemos kokybės apibūdinimas – jos vertė. Sistemos vertė – tai nauda, kurią suteikia ši sistema. Todėl projektuotojo, gamintojo ar vartotojo požiūriu ji bus skirtinga.. Todėl išskirsim 6 įrenginio savybės:

- paskirties savybės;
- efektyvumo;
- patikimumas;
- ergonomiškumas;
- estetiškumas bei
- ekonomiškumas.

Tiriant eksploatacijos procesus nustatyta, jog dažnai dėlto, kad elektros sistemų paskirties, efektyvumo, patikimumo ir ergonomiškumo rodikliai neatitinka poreikių, vartotojas patiria ekonominių nuostolių. [2]

Neteisingai parinkus valymo nuo sniego arba ledo sistemą (pvz. naudoti skaitmeninio valdymo šildymo sistema geležinkelio stočiai, kurioje yra 4 iešmai), galimos didelės nepagrįstos

išlaidos eismui užtikrinti. Taip pat reikia nustatyti kiek meteorologinių stotelių reikia vienai geležinkelio stočiai. Nepagrįstos išlaidos ypač akivaizdžios kai šildymo sistemos valdomos nuotoliniu būdu, naudojant viena meteorologinių matavimų stotelė galima valdyti kelėta sistemų esančių gretimuose stotyse.

2.8 Efektyviausių struktūrų parinkimas.

Paprastų prietaisų visi komponentai dirba vienu metu, kiekvieno jų gedimai sąlygoja viso elektros Įrenginio gedimus. Todėl, nepaisant sujungimo schemas, tokių Įtaisų struktūras patikimumo požiūriu galima vadinti nuoseklaus sujungimo struktūromis. Tačiau elektros Įrenginiai darosi sudėtingesni, daugėja jų funkcijų, todėl neišvengiamai kuriamos sudėtingesnės struktūros, kuriose atsiranda komutavimo priemonės, vidinio intelekto Įtaisai, organizavimosi priemonės, valdymo priemonės ir kiti komponentai. Elektros Įrenginių sudėtingumo didėjimo tempams lenkiant komponentų patikimumo didėjimo tempus, ryškiai mažėja Įtaisų patikimumas. Norint to išvengti, reikia dubliuoti atskirus komponentus. Kai ir tai nebegelbsti, ieškoma būdų, kaip, sugedus kuriam nors komponentui, pašalinti jį iš naudojamos struktūros, rekonfigūruojant Įrenginį. Taip atsiranda struktūrų, algoritmų, funkcijų, programų, informacijos, laiko, energijos ir kiti pertekliai.

Šildymo sistemoje naudojami du būdai užtikrinti pastovų ir kokybišką jos darbą avariniais atvejais:

- valdymo rezervavimas;
- kaitinimo elementų pilna darbo kontrolė (nuotiekio srovių matavimai, naudojamos srovės matavimai, šildomo bėgio temperatūros matavimai).

2.9 Elektros sistemų aprūpinimo efektyvumas.

Sukūrus (iš pavienių elektros Įrenginių) eksploatacijos metu išskylantiems uždaviniams spręsti būtinas (racionalias) Įtaisų visumas (kompleksus, sistemas), reikalingos Įvairios papildomos priemonės. Visas šias priemones galima suskirstyti į keletą grupių[2]:

- technines priemones;
- algoritmus;
- programas;
- informaciją ir kt.

Techninių priemonių visumą sudaro:

- pagalbinės elektros sistemoms funkcionuoti būtinos priemonės;
- elektros sistemų ir jos dalių kontrolės priemonės;

- informacijos rinkimo, kaupimo ir saugojimo priemonės;
- skaičiavimo priemonės.

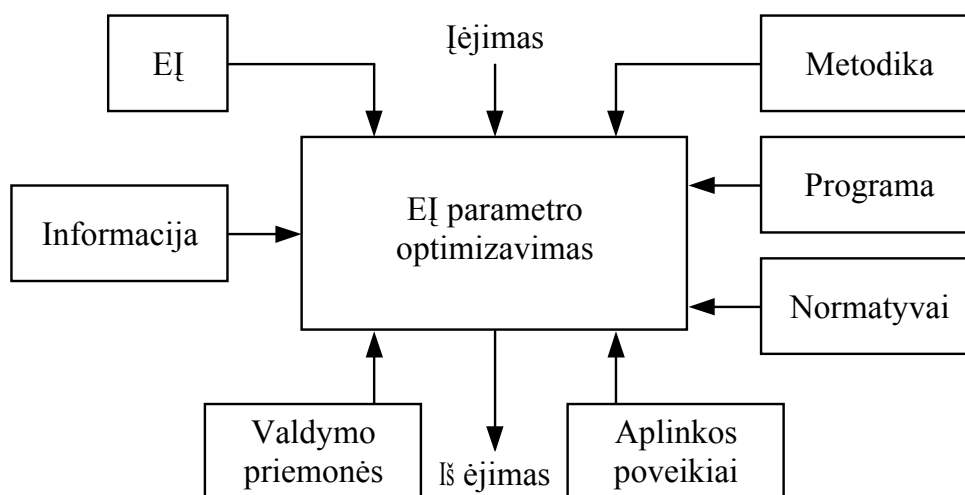
Funkcionavimo algoritmai realizuoja atskirų elektros sistemų įtaisų panaudojimo technologijas, pasirinktą informacijos rinkimo, kaupimo, analizės bei saugojimo tvarką, sprendimų priėmimo logiką ir kt.

ES programos sudaro galimybes realizuoti pasirinktus elektros įrenginio panaudojimo, kontrolės, apsaugos bei valdymo metodus.

ES informaciją sudaro duomenų bei normatyvinių reikalavimų masyvai, užtikrinantys efektyvų kiekvieno elektros įrenginio funkcionavimą.

Svarbu pabrėžti, kad ir jos lemia sistemos užduoties įvykdymo tikimybę bet kuriuo laiko momentu.

Daugeliui elektros sistemų funkcionavimo algoritmo komponentų (blokų) galima sudaryti schemą, panašią į pateiktą 2.2 pav.



2.2 pav. Algoritmo komponento ryšiai su aplinka.

Skaitmeninio valdymo šildymo sistemos modulių priklausomybė parodyta 3.11 pav. Šildymo sistemos valdymas bus apžvelgtas žemiau praktinio tyrimo dalyje.

3.EFEKTYVUMO TYRIMO EKSPERIMENTINĖ DALIS.

Praktinio tyrimo objektas : Įvairių stočių skaitmeninio valdymo šildymo sistemos; Įvairių stočių neautomatinės šildymo sistemos; Šiaulių ir Joniškio stočių sniego apiputimo suslėgtu oru sistemos.

Neautomatinio valdymo šildymo sistemose naudojami tie patys kaitinimo elementai, kaip ir skaitmeninio valdymo sistemose. Neautomatinė šildymo sistema Įjungia/išjungia stoties budėtojas.

Sniego apiputimo suslėgtu oro sistema bus aprašyta vėliau 3.7.1 pastr.

3.1 Naudojamos matavimo priemonės.

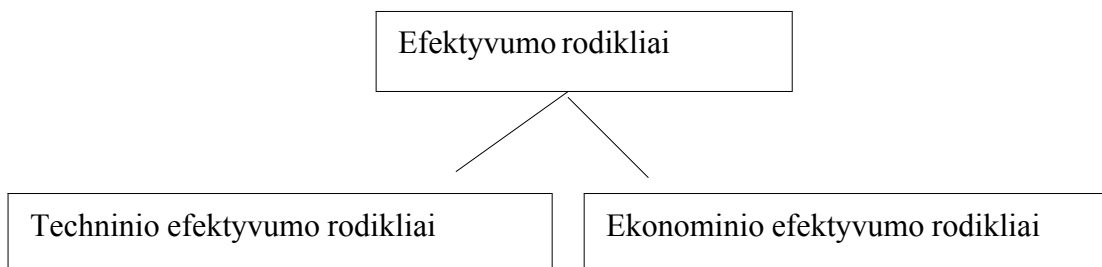
Visi matavimai buvo atliekami naudojant metrologiškai patikrintas arba kalibruotas matavimo priemonės. Matavimo priemonių sąrašas parodytas 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė

Matavimo priemonių sąrašas			
Matavimo priemonė	tipas	Tikslumo klasė	Naudojimo sritis
Multimetras	UT-70B	2.0	Temperatūros matavimai
Multimetras	UT-70D	0.5	Srovės, Įtampos matavimai
Skaitmeninis elektros energijos skaitiklis	EPQM	0.5	Elektros energijos matavimai
Elektros energijos skaitiklis	SA4U-I672M	2	Elektros energijos matavimai
Motovalandų skaitiklis	US-A	-	Darbo laiko matavimai

3.2 Efektyvumo rodikliai.

Kaip jau minėjome efektyvumo rodikliai išskiriami į du didelius pogrupius :



3.1 pav. efektyvumo rodikliai.

Ekonominio efektyvumo rodikliu pagalba nustatomas Įrenginio ekonominis efektyvumas, ekonominė projekto dinamika

Tuo tarpu techninio efektyvumo rodikliai skirstomi į:

- Funkcionalumo rodikliai.
- Pastovumo rodikliai.
- Valdymo rodikliai.
- Gebėjimo susiorganizuotis rodikliai.

3.3 Iešmų šildymo sistemos funkcionalumas.

Funkcionalumo rodikliai nusako atitikimą funkciniam poveikiams; funkcinį organizuotumą; funkcinį dinamiškumą ir ryšio su aplinka kontroliuojamumą.

Šildymo sistemos funkcionalumas tai galimybė sistemai adekvačiai reaguoti į aplinkos sąlygų pasikeitimą – oro temperatūros mažėjimas arba padidėjimas, kritulių kiekio padidėjimas arba sumažėjimas ir vėjo greičio kitimas. Sistemai stabiliai ir patikimai veikti reikalinga informacija apie šildomo ir nešildomo bėgio temperatūrą.

Geroms funkcionalumo rodikliams užtikrinti naudojami įvairūs matavimai:

1. Bėgių temperatūros matavimas.
2. Oro temperatūros matavimas.
3. Maitinimo įtampų matavimas.
4. Maitinimo srovių matavimas.
5. Kaitinimo elementų srovių kontrolę.
6. Elektros energijos matavimą (teisinė metrologija).
7. Kritulių kiekio matavimas.
8. Vėjo greičio matavimas.

Matavimai atliekami atskirai abejose stoties pusėse.

Oro temperatūros, bėgių temperatūros, kritulių kiekio ir vėjo greičio matavimai leidžia optimaliai šildyti bėgius ir taupyti elektros energiją. Tikslingumas statyti keletą meteorologinių stotelių yra abejotinas: tyrimo metų nustatyta, kad vienoje stotyje stotelių atlikti matavimai identiški.

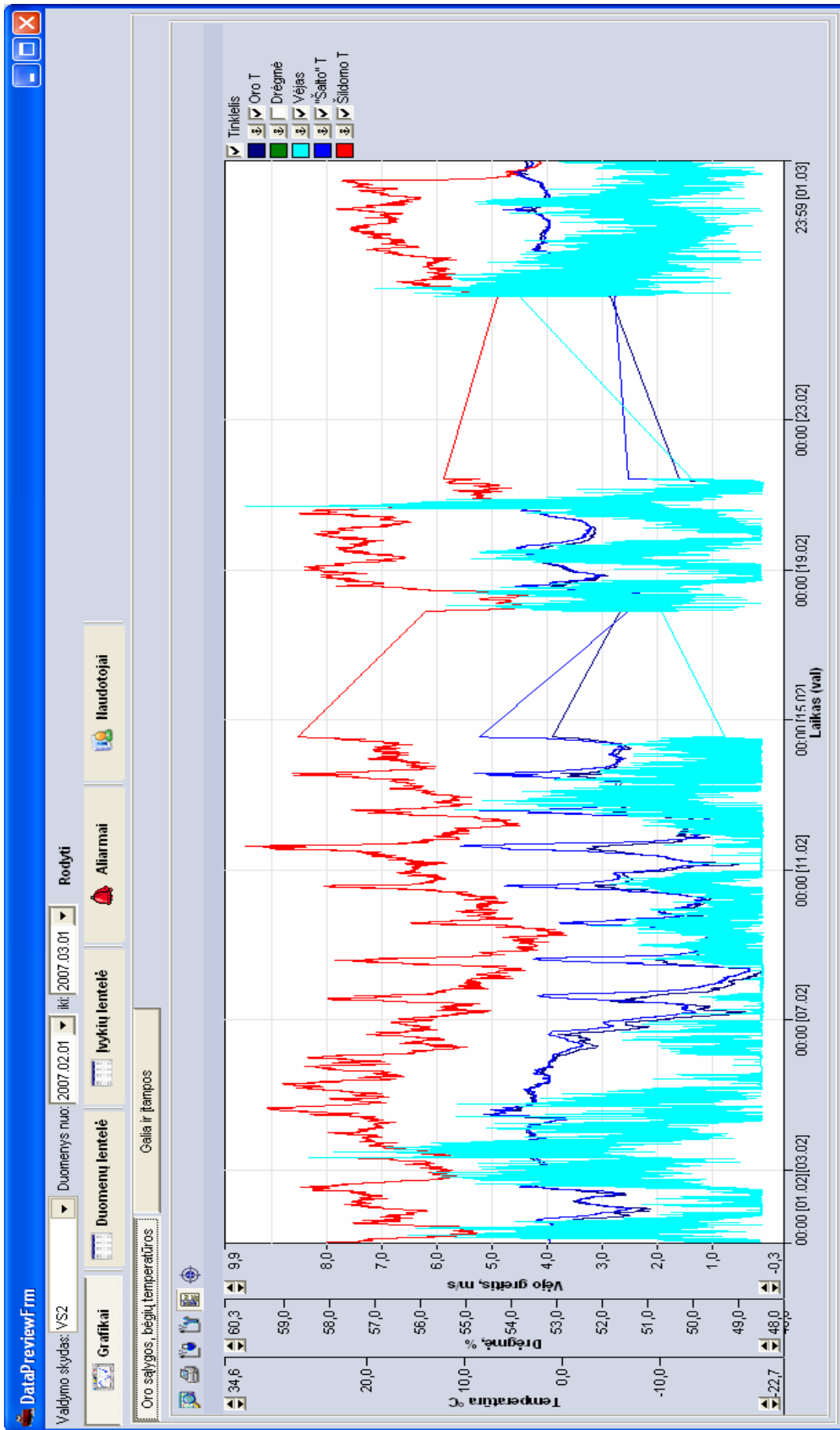
3.2 pav. pateiktas meteorologinės stotelės pavyzdys.



3.2 pav. šildymo sistemos meteorologinių matavimų įrenginys.

Visus matavimų rezultatus meteorologinė stotelė perduota ryšių kanalais į centrinį būdinčio asmens kompiuterį. Tai leidžia kontroliuoti sistemos veikimą nuotoliniu būdu ir sumažinti pinigines lėšas aptarnaujančiam personalui išlaikyti. Taip pat galima ryšių pagalba meteorologinių matavimo stotelių parodymus naudoti kitoms skaitmeninio valdymo sistemoms valdyti (ypač tai yra aktualu mažoms stotims).

Matavimų rezultatų pavyzdys parodytas 3.3 pav.



3.3 pav. šildymo sistemos meteorologiniai matavimai.

Iš pateiktų grafikų matome, kad šildomo bėgio temperatūra 90% priklauso nuo šalto bėgio temperatūros matavimo rezultatų. Vėjo greičio ir oro temperatūros matavimai mažai įtakoja bėgių šildymą. Matome kad sistema turi ryšio sutrikimų. Bėgio temperatūra matuojama temperatūros jutiklio pagalba:



3.4 pav. temperatūros jutiklis.

3.4 Iešmų šildymo sistemos pastovumas, ilgaamžiškumas.

Šildymo sistema sudėtingas įrenginys su programinių valdymų, bet toks veiksnys, kaip blogai pritvirtintas kaitinimo elementas gali įtakoti blogą bėgių šildymą arba kaitinimo elemento neatstatomą gedimą.

Šildymo elementai, temperatūros jutikliai, tvirtinimo apkabos naudojami ypatingai sunkiomis sąlygomis:

1. Dregmė.
2. Aukštos ir žemos temperatūros.
3. Dideles vibracijos. Ypatingai didelės atliekant kelio tankinimo darbus.

Atliekant tyrimą buvo pastebėta, kad kas dešimtą tvirtinimo apkabą neatlieka savo funkcijų: yra išlenkta, nukritusi arba nelaiko kaitinimo elemento.

Nepritvirtintas kaitinimo elementas blogai šildo bėgį.

Matavimų metų buvo nustatyta, kad bėgis išyla 18% mažiau ten kur buvo blogas kaitinimo

elemento prigulimas prie bėgio. Matavimų duomenys pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė

Bėgio temperatūros matavimai.

Bėgio temperatūra T esant geram kaitinimo elemento prigulimui, °C	Bėgio temperatūra T ₁ esant blogam kaitinimo elemento prigulimui(40sm), °C	Bėgio temperatūra T ₂ esant blogam kaitinimo elemento prigulimui(60sm), °C	Skirtumas n %
22	19	17	18
18	15	14,5	18

Skirtumas paskaičiuotas naudojantis formulė:

$$n = \frac{T}{(T_1 + T_2)/2} * 100 ; \quad (3.1)$$

Sniego arba ledo tirpinimui 18% bėgio temperatūros sumažėjimas įtakos beveik neturi, bet didelė šiluminė varža tarp bėgio ir kaitinimo elemento didina elektros energijos suvartojimą ir gali įtakoti kaitinimo elemento perkaitinimą ir neatstatomą gedimą. Sekančiuose nuotraukose demonstruojamas kaitinimo elemento tvirtinimas.



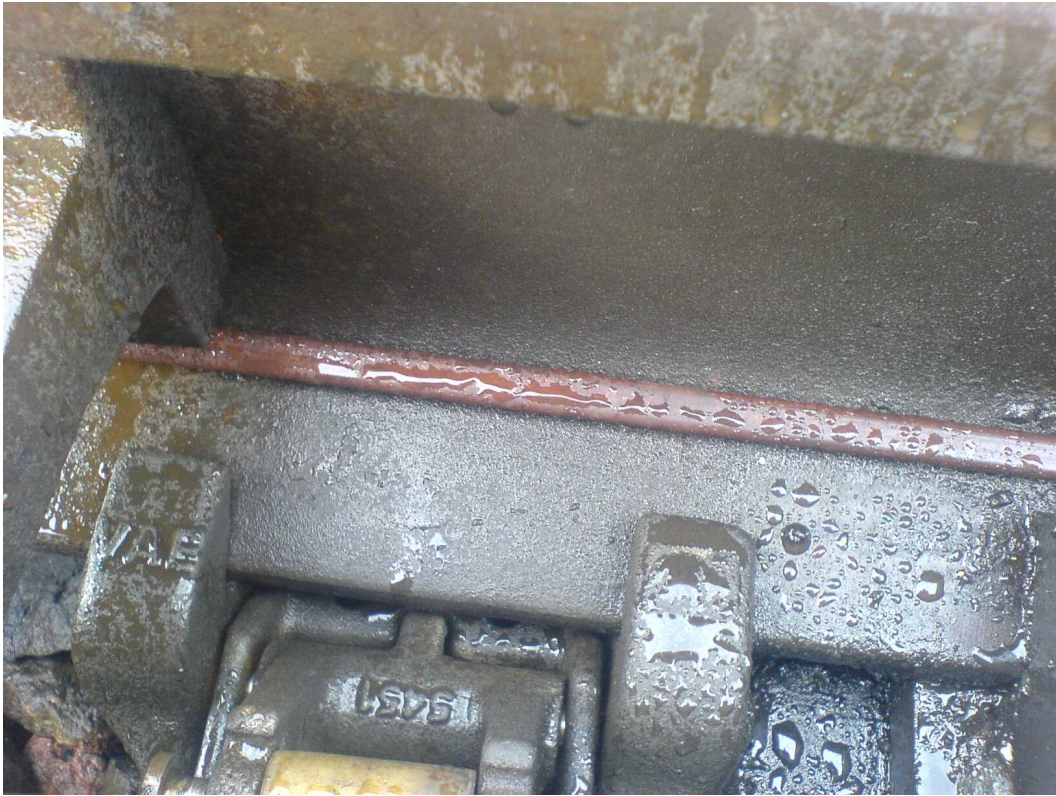
3.5 pav. tvarkingai pritvirtintas kaitinimo elementas.



3.6 pav. apkaba nelaiko kaitinimo elemento.



3.7 pav. apkaba išlinkusi.



3.8 pav. kaitinimo elementas nepritvirtintas.

Visais atvejais kaitinimo elemento perkaitinimas akivaizdžiai matomas-perkaitimo vietoje jis turi rudą atspalvį.

Kaitinimo elemento tvirtinimas turi būti tobulinamas.

Apžvelgsim kelėta būdų ir pasiūlymų :

- a) tvirtinimo apkabų mechaninio atsparumo didinimas (tai galima pasiekti naudojant platesnę metalinę juostelę, gaminti apkaba iš formuoto metalo, kaip parodyta pav.3.9)
- b) klijuoti kaitinimo elementą;
- c) tvirtinant, tarp kaitinimo elemento ir bėgio naudoti gero šiluminio laidumo pasta;
- d) didinti tvirtinimo apkabų skaičių.



3.9 pav. Formuoto metalo juosta.

Sistemos patikimumui įtakoja schemotechniniai sprendimai: skiriamųjų transformatorių panaudojimas, srovės, įtampos ir nuotėkio srovių matavimai. Taip užtikrinamas šildymo įrenginių suderinamumas su kitais geležinkelio automatikos įrenginiais.

Geležinkelyje naudojamą automatinę lokomotyvinę signalizaciją ir automatinės bluokotės įrenginiai. Jai veikiant geležinkelio bėgiais teka nuo 1A iki 6A kintama 50Hz arba 25 Hz srovė. Potencialų skirtumas tarp bėgių apie 3V. Didesnė įtampa labai pavojinga automatikos įrenginiams ir aptarnaujančiam personalui. Įtampos padidėjimas gali sukelti gedimus, kurie pakeistų automatikos įrenginių būklę, tai leistų stoties budėtojų nukreipti traukinius vienas į kitą. Tam išvengti būtina naudoti šiuos priemonės:

- Skiriamųjų transformatorių panaudojimas.
- Nuotėkio srovių matavimai.
- Kaitinimo elementų srovių kontrolę.

Skiriamųjų transformatorių panaudojimas apsaugo aptarnaujanti personalą, taip pat šildimo elemento staigaus izoliacijos pramušimo atveju neleidžia pakilti įtampai tarp žemės ir bėgio.

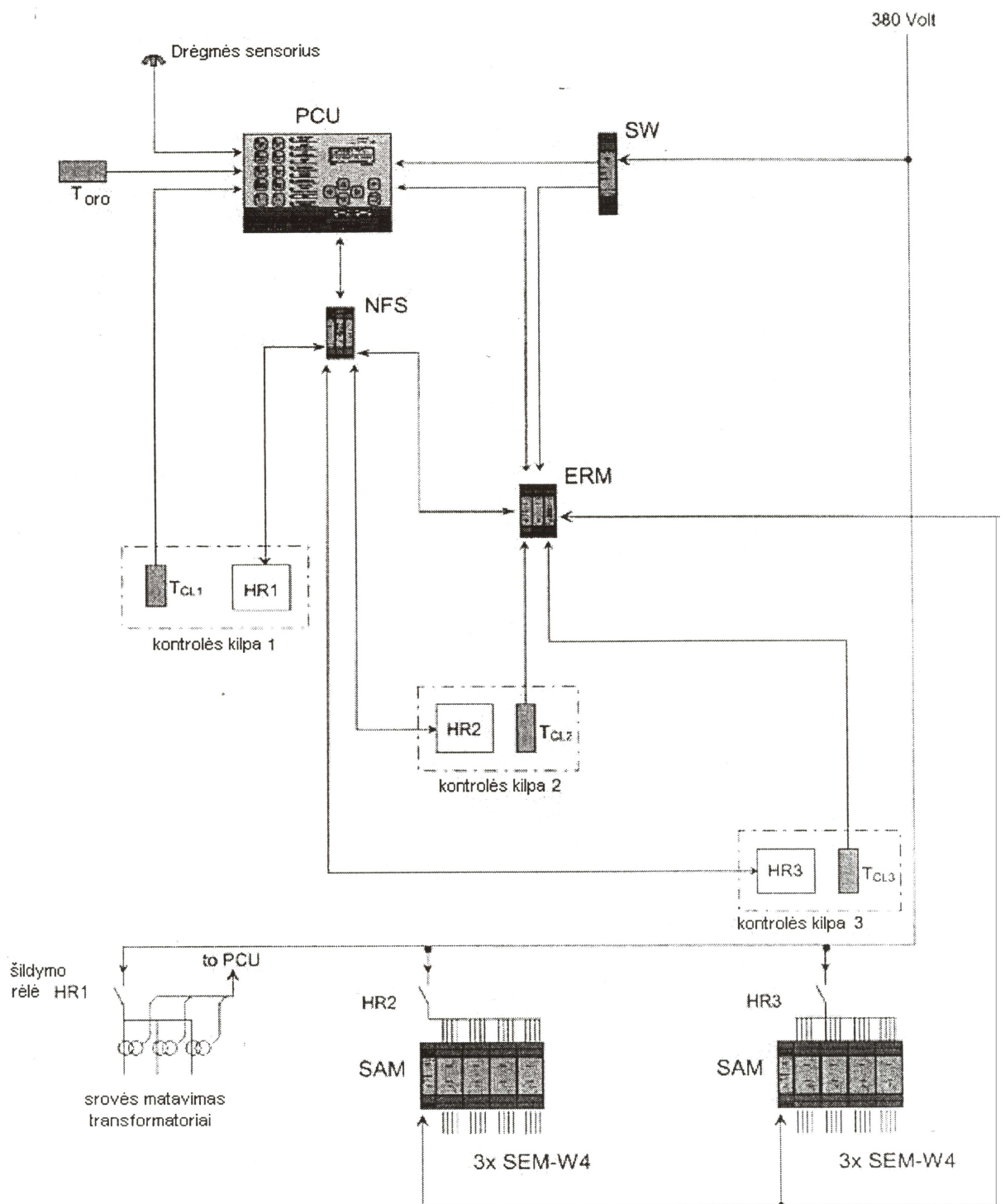
Nuotėkio srovių matavimai leidžia selektyviai atjungti grupę elementų, kuriuose įvyko gedimai. Srovės kontrolė leidžia stebėti kaitinimo elementų senėjimą, ir laiku keisti juos.

3.5 Šildymo sistemos valdymas.

Sistemos valdymas atliekamas nuotoliniu būdu. Valdyti sistemą gali stoties budėtojas:

Įjungti arba išjungti šildymą, taip pat įjungti rankinį valdymą. Didesnės valdymo teises turi šildymo sistemų operatorius: jis gali keisti visus sistemos parametrus nuotoliniu būdu, naudojant kompiuterinę programą.

Sistemos modulių valdymo schema parodyta 3.10 pav.



3.10 pav. Šildymo sistemos modulių valdymo schema.

SW (Įtampos relė) modulis seka 3x380V maitinimo Įtampą , kuria naudoja šildymo elementai.

SW modulis stebi tris Įeinančios maitinimo Įtampas fazes.

ERM modulis yra išplėtimo modulis , naudojamas tada, kai instaliuota daugiau nei 3 elementų grupės, ar kai 2 elementų srovės matuojamos atskirai.

Šio modulio pagalba galima Į PCU galima perduoti maksimumą 48 elementų grupių srovių matavimų signalus.

SAM (srovės matuoklis) modulis nuskaito 4 atskirų elementų grupių srovių parodimus ir perduoda jos ERM moduliui.

NFS modulis tai vietinė bendra instaliacijos kontrolė. Jis leidžia sistema Įjungti rankinių būdu.

Jei PCU sugenda ,pvz. trenkus žaibui , visos reles atsijungs. Šioje situacijoje, turint NFS modulį reles rankinių būdu galima Įjungti pastoviam veikimui.

PCU(proceso kontrolės blokas)-programuojamas kontrolės kompiuteris –yra kiekvienos šildymo sistemos širdis. Prie PCU prijungiami oro detektorius(nustatantis drėgme, aplinkos temperatūra ir vėjo greitį)ir bėgio temperatūros jutikliai. PCU automatiškai Įjungia/išjungia šildymą naudodamas kelis temperatūros kontrolės grįžtamojo ryšio kontūrus (CL) .

Per pramoninį telefoninį arba GSM modemą , prijungta prie PCU instaliaciją per nuotolį galima valdyti iš valdymo centro. Yra galimybė vietoje keisti nustatimus ir valdyti sistemą per RS232 sąsają naudojant nešiojamą kompiuterį.

Tai leidžia aptarnaujančiam personalui operatyviai atlikti remonto darbus ir suderinti sistema prie vietos sąlygų.

Šių modulių pagalba nuotolinių būdu tikrinama visa instaliacija, maitinimo Įtampų dydžiai, srovių dydžiai, tai leidžia atsisakyti vietinio aptarnaujančio personalo ir nustatyti gedimus budinčio asmens kompiuterio pagalba.

3.6 Šildimo sistemos gebėjimas susiorganizuoti.

Keičiant sistemos nustatymus sistema efektyviai ir aiškiai keičia šildymo parametrus. Esant gedimams sistema selektyviai atjungia sugedusius elementų grupės ir apie tai praneša budinčiam. Žiūrint Į 3.3 pav. aiškiai matome, kad sistema labai jautriai reaguoja Į klimato pasikeitimus, tai apsprendžia sistemos jautrumą ir gebėjimą susiorganizuoti.

3.7 Ekonominio efektyvumo rodikliai.

Ekonominis šildymo sistemos efektyvumą galima analizuoti atsižvelgus į :

- a) sistemos įrengimo kaštus.
- b) sistemos eksploatavimo kaštus.

Pagrindinis sistemos efektyvaus veikimo rodiklis yra efektyvus elektros energijos panaudojimas. Beveik visi techniniai sprendimai yra skirti efektyviai panaudoti kaitinimo elementų galia tirpinti sniegui arba ledui. Taip pat didelė įtaką turi lėšos personalui išlaikyti.

Šildymo sistemos ekonominis efektyvumas bus analizuojamas lyginant sistema su iešmų apipūtimo suslėgtų orų sistema ir neautomatinę, senos kartos šildymo sistema.

3.7.1 Iešmų apipūtimo suslėgtu oru sistema.

Iešmų apipūtimo suslėgtu oru sistema naudojama didesnėse stotyse.

Sistema sudaro:

- a) Kompresorius.
- b) Sinchroninis elektros variklis.
- c) Asinchroninis paleidimo variklis.
- d) Automatikos įrenginiai.
- e) Oro aušinimo sistema.
- f) Kompresorių aušinimo sistema.
- g) Slėgto oro transportavimo tinklas.
- h) Vožtuvai valdomi SCB automatikos.

Kompresorių veikimo apskaitai naudojami kalibruoti motovalandų skaitikliai. Žinant kompresorių techninius parametrus apitiksliai apskaičiuojama kompresorių suvartota energija.

Tyrimas buvo atliekamas dvejose stotyse :

1. Šiaulių geležinkelio stotis- vidutinio dydžio.
2. Joniškio geležinkelio stotis- mažo didžio.

Kompresorinių techniniai parametrai nurodomi 3.3 lentelėje.

Kompresorinių techniniai parametrai.

Stotis	Iešmų kiekis, vnt.	Kompresorių galia, KW	Oro slėgis, Bar	Našumas 10m ³ /min.
Šiaulių geležinkelio stotis	60	150	8	20
Joniškio geležinkelio stotis	16	56	8	8

Tyrimo metų motovalandų skaitiklių parodymus registruojam kas 2 savaitės.

Suvertotai energijai apskaičiuoti naudojam formulė:

$$W = P \cdot t \cdot k; \quad (3.2)$$

Čia : k- pataisos koeficientas (priimame k=1.05);

P-sinchroninių variklių galia;

t-motovalandų skaitiklių parodymai.

Kad galima būtų suliginti iešmų apiputimo suslėgtu oru sistemą su kitomis sistemomis, kompresorių suvertota energija registruojame ir apskaičiuojame kas 2 savaitės. Matavimų rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė

Šiaulių ir Joniškio kompresorių suvertota energija.

Stotis	Matavimų savaitė																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
W ₁ , kWh Šiaulių kompr.	337		165			7.5				1192	5010	3577		240	1777		
W ₂ , kWh Joniškio kompr.	128.5									173.6	1036	970		212	180		

Kompresoriai įjungiami/išjungiami stoties budėtojo, atsižvelgus į vietinės oro sąlygas.

Kad tiksliau suliginti su kitomis ieško valymo nuo sniego ir ledo sistemomis perskaičiuojame galias vienam valomam iešmui.

$$W = \frac{\frac{W_{1n}}{60} + \frac{W_{2n}}{16}}{2}; \quad (3.3)$$

Čia : W_{1n} -Šiaulių kompresorinės elektros energijos sąnaudos per savaitę n;

W_{2n} -Joniškio kompresorinės elektros energijos sąnaudos per savaitę n.

Skaičiavimų rezultatai pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė

. Vieno ieško suvartota energija.

	Matavimų savaitė																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I ieško suvartuota energija, kWh	6.8		1.4			0.1				15.35	74.15	60.1		8.65	20.45		

Šiuos duomenys naudosime vėliau lyginant šia sistema su šildymo sistemomis.

Kompresorinių ir suslėgto oro transportavimo tinklui pastoviai priežiūrai reikalingas personalas.

Jo išlaikymo kaštai nepriklauso nuo gamtos sąlygų. Taip pat apiputimo suslėgtu oru sistema , naudojama jau kelėta dešimtmečių turi kelėta didelių kitų trukumų:

- a) Iešmai blogai valomi esant šlapdribai;
- b) virš suglaustų rėminio bėgio ir smailės sniegas išvis nevalomas: iešmai persivedus į kitą padėtį ,gražinimas atgal labai apsunkintas;
- c) Iešmams palengvinti persiversti į kitą padėtį naudojamas tepalas sustingsta ir neatlieka savo funkcijų.
- d) Sistema sniegą nupučia visai šalia bėgių ir pravažiuojantys traukiniai , sukeldami didelius vėjo gūsius Įpučia ji atgal tarp rėminio bėgio ir smailės.
- e) apiputimas vyksta dideliais intervalais.

Todėl efektyvumas iešmų apiputimo suslėgtu oru sistemos, nepaisant mažo elektros energijos suvartojimo nėra didelis.

3.7.2 Iešmų šildymo sistemų elektros energijos suvartojimo analizė.

Elektros energijos suvartojimo analize atlikome 5 stotyse :

- Šilėnų st.- senos kartos neautomatinė šildymo sistema.
- Žaliukų st.- senos kartos neautomatinė šildymo sistema.
- Zoknių st.- mikroprocesorinio valdymo šildymo sistema.
- Kužių st.- senos kartos neautomatinė šildymo sistema.
- Tytuvėnų st.- mikroprocesorinio valdymo šildymo sistema.

Visi matavimai buvo atliekami kas 2 savaitės nuo šildymo sezono pradžios.

Vidutinė temperatūra paskaičiuota pagal formulę :

$$t_{vid} = \frac{\sum_{n=1}^n t_n}{n};$$

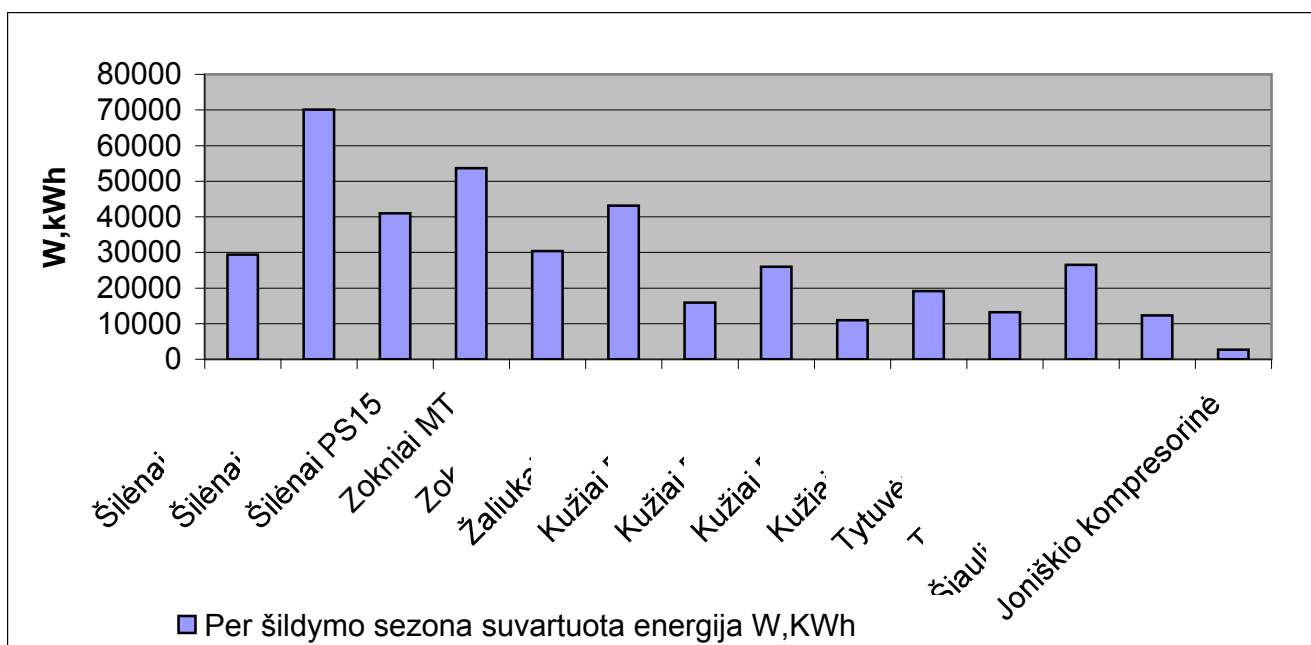
(3.4)

Cia: t_n -dienos temperatūra matavimo metu;

n-dienų skaičius.

Suvertota elektros energija matuojama su metrologiškai patikrintais skaitmeniniais elektros skaitikliais.

Matavimų rezultatai pateikti 3.11 pav.

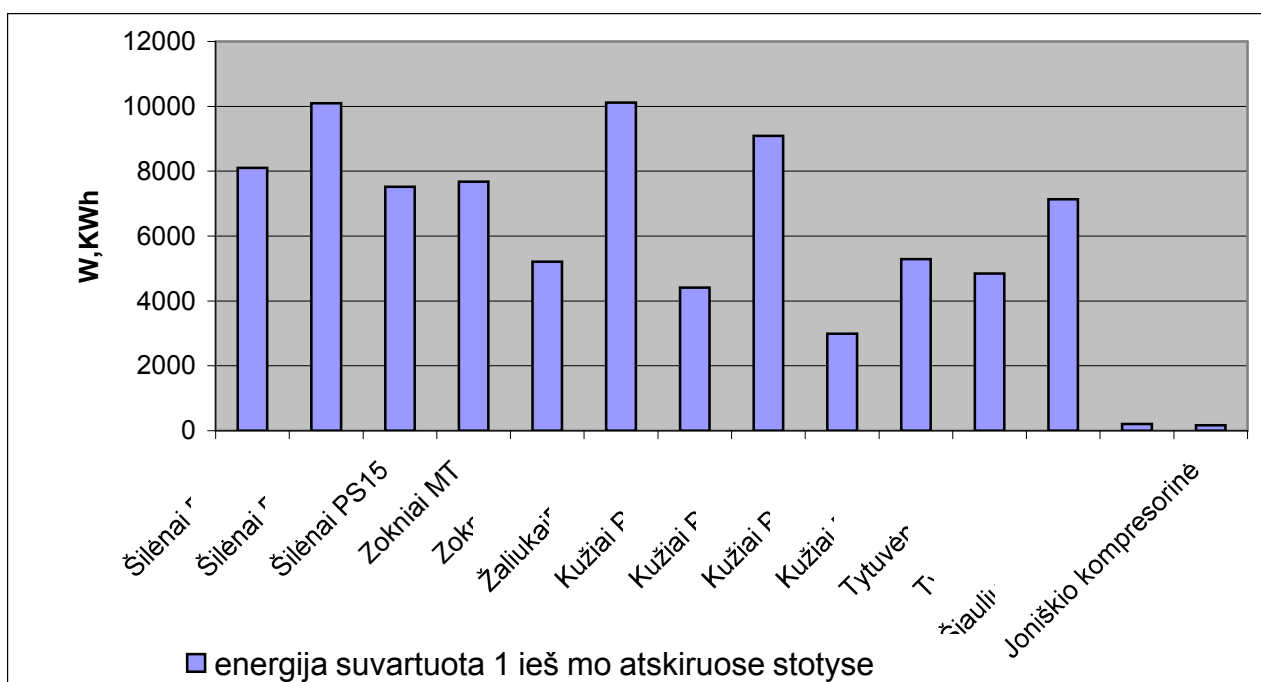


3.11 pav. suminė elektros energija atskirų paskirstymo skydų.

Tikslesni matavimų rezultatai pateikti lentelėse 3.6 ir 3.7.

Kad galima būtų liginti sistemas apskaičiuojame suminę suvartotą elektros energiją atskirai neautomatinio valdymo šildymo sistemų ir skaitmeninio valdymo šildymo sistemų. Taip pat apskaičiuojame 1 iešmo suvartota energija per visą šildymo sezoną skirtinguose stotyse.

Skaičiavimų rezultatai pateikti 3.12 pav.



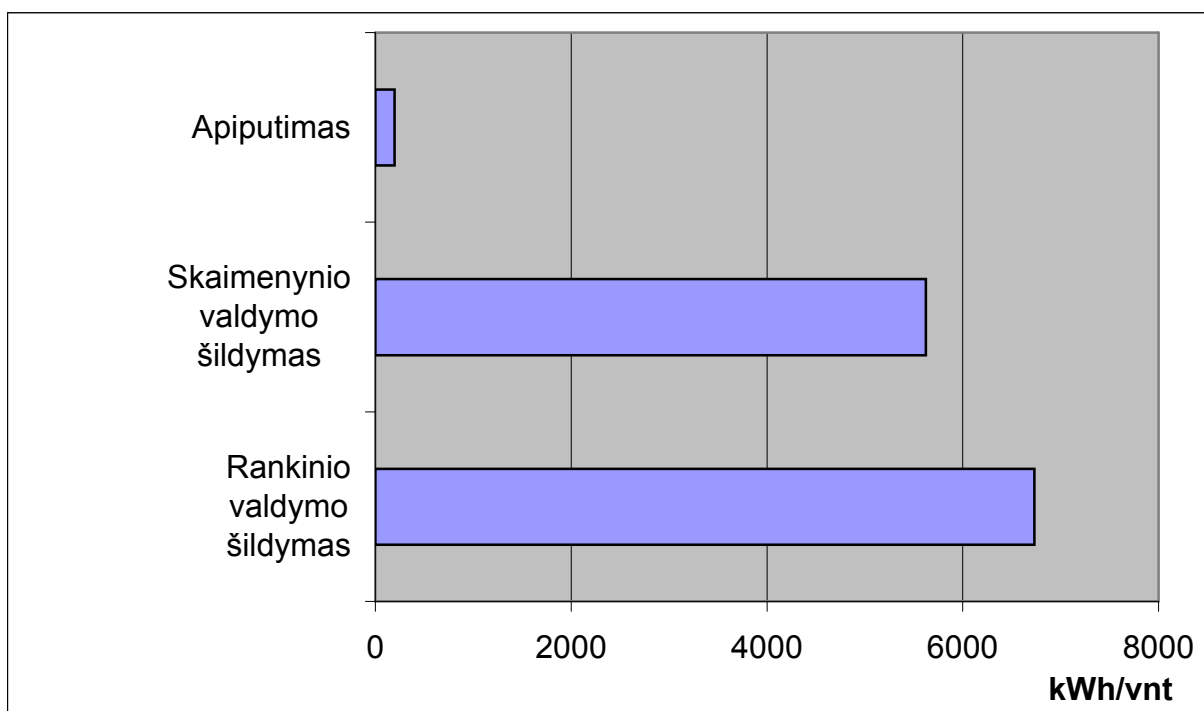
3.12 pav. Energija suvartota 1 iešmo per visą šildymo sezoną skirtinguose matavimo vietose.

Vėliau apskaičiuojame 1 iešmo suvartotą elektros energiją skirtingoms sistemoms.

$$W_1 = \frac{\sum W_n}{n}; \quad (3.5)$$

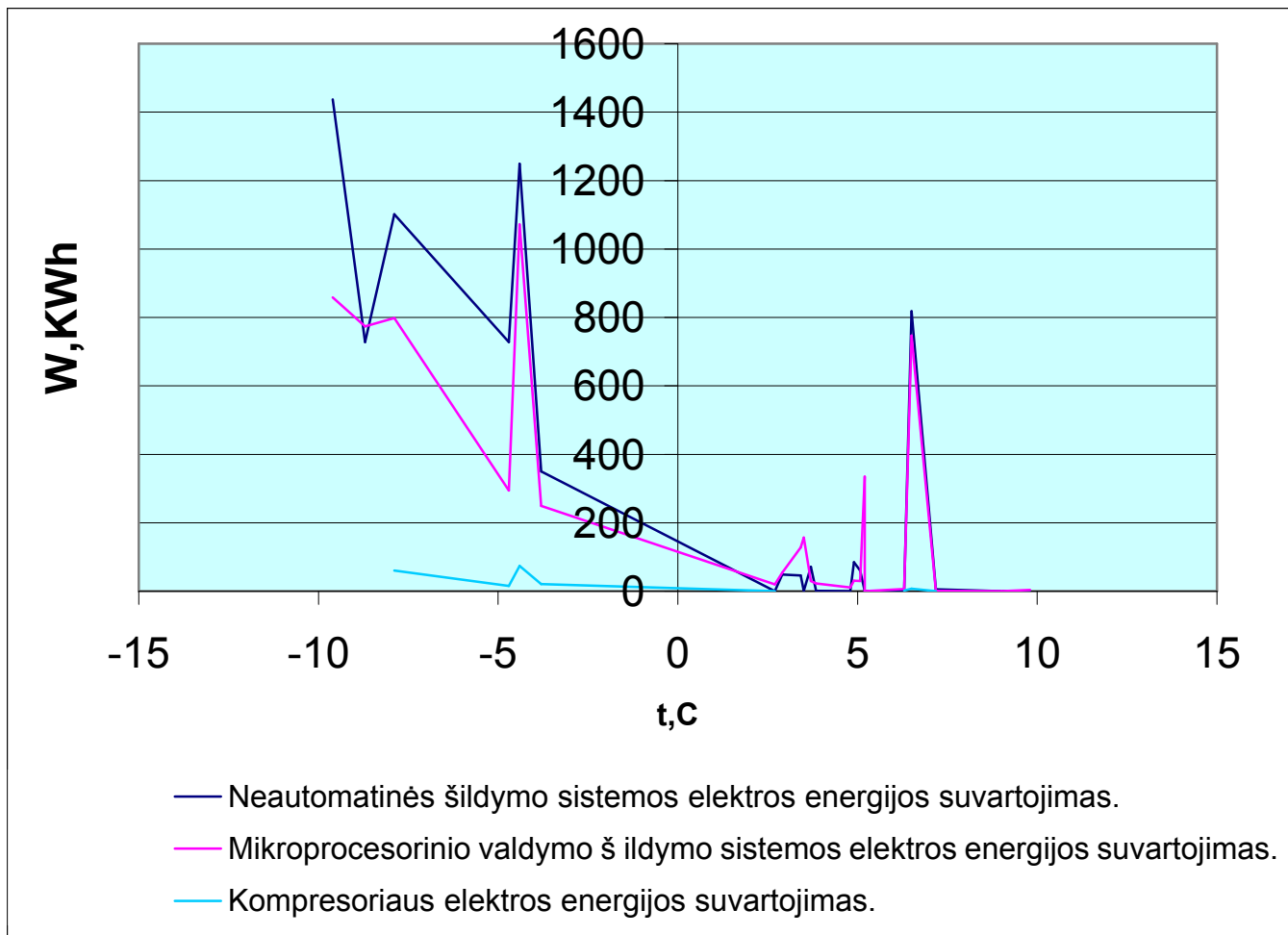
Čia: W_n - iešmų grupės suvartota elektros energija;

n -iešmų kiekis.



3.13 pav. Skirtingu sistemų elektros energijos sąnaudos iešmui valyti.

Skaičiavimų rezultatai pateikti 3.8 lentelėje ir 3.14 pav.

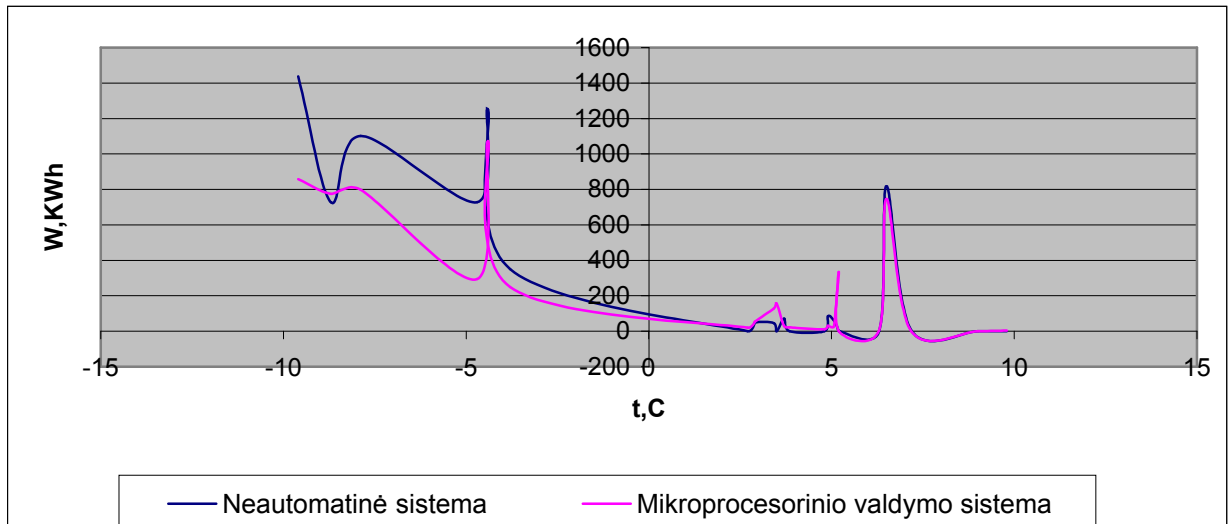


3.14 pav. iešmo elektros energijos sąnaudos skirtingoms sniego ir ledo valymo sistemoms.

Matome , kad daugiausia elektros energijos vartoja senos kartos neautomatinė šildymo sistema; mažiausiai apiputimo suslėgtu oru sniego valymo sistema.

Dėl mažo suslėgtu oro sistemos efektyvumo ir dydelių eksploatacinių išlaidų tiek sistemos priežiūrai, tiek personalui juos panaudojimas mažesnėse stotyse yra neracionalus. Juos panaudojimas galimas tik ten kur suslėgtas oras naudojamas ir kitoms geležinkelio stoties infrastruktūros poreikiams(vagonų stabdiklių eksploatacija, oro pašto eksploatacija).

Toliau apžvelgsim skirtingų šildymo sistemų galios sąnaudas. Sulyginti panaudota elektros energiją padės pav.3.15



3.15 pav. ieško galios sąnaudos skirtinguose šildymo sistemose.

Matome didelį skirtumą tarp sistemų esant minusinei oro temperatūrai. Apskaičiuojame tą skirtumą pinigine išraiška.

$$s = (W_1 - W_2) \cdot k ; \quad (3.6)$$

Čia: W_1 -elektros energija suvartota 1 ieško neautomatinėje sistemoje;

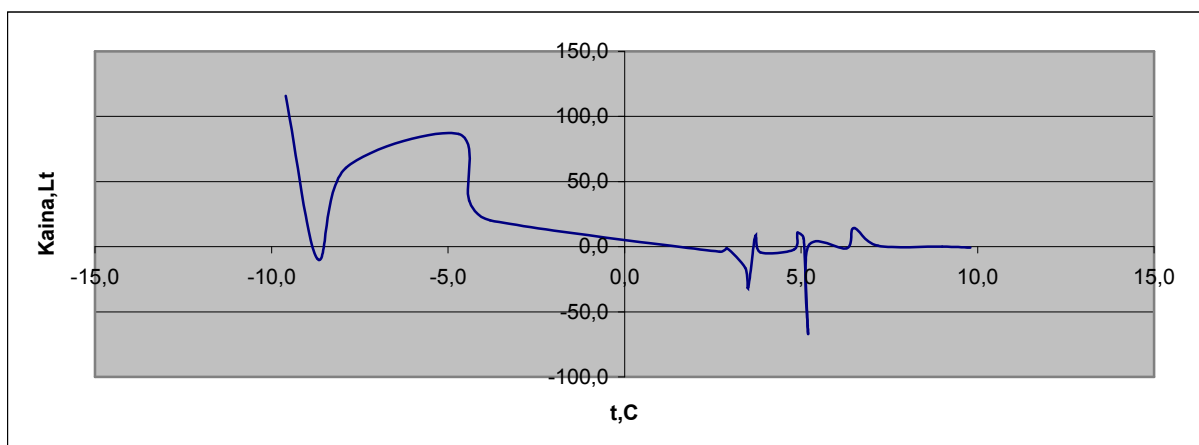
W_2 -elektros energija suvartota 1 ieško skaitmeninio valdymo sistemose;

k -elektros energijos kaina(priimame 0.2Lt.).

Vėliau apskaičiuojame viso šildymo sezono elektros energijos išlaidų skirtumų sumą.

$$S = \sum s_n ; \quad (3.7)$$

Čia: s_n -skirtingu savaitių elektros energijos išlaidų skirtumas.



3.16 pav. Išlaidų skirtumas elektros energijai tarp šildymo sistemų priklausomybe nuo oro

temperatūros.

Gauname rezultata $S = 221.8$ Lt vienam iešmui per šildymo sezoną. Įvertinus tai, kad elektrinio iešmų šildymo sistemų pagalba valoma apie 230 vnt. iešmų (Šiaulių geležinkelio infrastruktūra), gauname apie 51 tūkst. Lt. sutaupytų lėšų panaudojus skaitmeninio valdymo sistemas.

Neautomatinės sistemas reikia tobulinti. Naudojant termoregulatorius, kurie kontroliuotu šildomo bėgio temperatūrą galima sumažinti energijos sąnaudas. Taip pat galima naudoti meteorologinius matavimus, atliekamus skaitmeninių sistemų gretimuose stotyse. Tuo atveju turi būti užtikrintas patikimas ryšys tarp stočių.

Vienos šiuolaikinės skaitmeninės sistemos diegimas kainuoja nuo 200 iki 300 tūkst. Lt. Sistemos kaina priklauso nuo techninių sąlygų, pateiktų užsakovui. Nesunku paskaičiuoti, kad mažoms stotims sistemos įrengimo kaštai atsipirks tik už kelių dešimtmečių.

4. IŠVADOS

Šiame darbe buvo tiriamas techninis ir ekonominis skaitmeninio valdymo iešmų šildymo sistemos efektyvumas. Naudojant funkcinę kokybės analizę, jai buvo išskirti efektyvumo rodikliai, ir nustatytos kokybės ir patikimumo principai. Skaitmeninio valdymo šildymo sistemai buvo priešpastatyta senos kartos šildymo sistema ir sniego valymo suslėgtu oru sistema.

Ekonominiu požiūriu tyrimo metu nustatyta:

- Sniego valymo suslėgtu oru sistemos techninis efektyvumas yra toks, kad ji negali įvykdyti užduočių be aptarnaujančio personalo pagalbos.
- Elektros energijos sąnaudos mažiausios sniego valymo suslėgtu oru sistemoje.
- Skaitmeninių šildymo sistemų diegimas racionalus tik didesnėse stotyse.
- Mažose stotyse, ypatingai kur yra stoties budėtojas, kuris valdo šildymą, neautomatinių šildymo sistemų eksploatacija pateisinama.

Techniniu požiūriu tyrimo metu nustatyta :

- Kaitinimo elementų tvirtinimas nekokybiškas.
- Netikslinga montuoti keletą meteorologinių stotelių vienoje stotyje.
- Neautomatinių sistemų efektyvumą galima padidinti jas modernizuojant..
- Mažų stočių iešmų šildymui, meteorologiniams matavimams galima naudoti šalia esančio geležinkelio mazgo meteorologinę stotelę.
- Nuotolinio valdymo ryšių sutrikimai ,neleidžia atsisakyti vietinio valdymo.

Darbe yra pateikti pasiūlymai kaitinimo elemento tvirtinimo tobulinimui:

- tvirtinimo apkabų mechaninio atsparumo didinimas (tai galima pasiekti naudojant platesnę metalinę juostelę, gaminti apkaba iš formuoto metalo, kaip parodyta pav.3.9)
- klijuoti kaitinimo elementą;
- tvirtinant, tarp kaitinimo elemento ir bėgio, naudoti gero šiluminio laidumo pasta;
- didinti tvirtinimo apkabų skaičių.

Neautomatinės šildymo sistemas reikia modernizuoti. Naudojant termoregulatorius , kurie

kontroliuotu šildomo bėgio temperatūrą galima sumažinti energijos sąnaudas. Taip pat galima naudoti meteorologinius matavimus, atliekamus skaitmeninių sistemų gretimuose stotyse. Tuo atveju turi būti užtikrintas patikimas ryšys tarp stočių.

Šiuo metu AB "Lietuvos geležinkeliai" iešmų šildymo sistemų elektros energijos sąnaudos yra didelės. Brangstant elektros energijai juos dar didės, ir šildymo sistemų elektros energijos sąnaudų mažinimas liks aktualus.

5.LITERATŪRA

1. Čereška A. Kokybes analize ir valdymas /A.Čereška, V. Pauža. Vilnius, 2005. 133 p.
2. Balaišis P. Integruotų informacinių sistemų efektyvumas/P. Balaišis, D. Eidukas, A.Valinevičius, M. Žilys .Kaunas, 2004. 156 p.
3. Kaupienė D.Funkcinė elektroninių Įtaisų kokybės analizė. Kaunas, 2003. 47 p.
4. Elektros Įrenginių Įrengimo taisyklės, Vilnius, 2001.
5. Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklės, Vilnius, 2002. 285p.
6. Techniniai geležinkelio naudojimo nuostatai, Vilnius, 2004. 156p.
7. Iešmų elektrinio šildymo sistema. Darbo projektas, Vilnius, 2005. 420p.
8. Vekteris V.Matavimų teorija ir praktika/V. Vekteris,A. Kasparaitis, S. Kaušinis, R. Kanapėnas. Vilnius,2000. 380p.