

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪRŲ TECHNIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėja

Doc. dr. Eleonora Guseinoviėnė

PRAMONĖS ELEKTROS ĮRANGOS IR AUTOMATIKOS MAGISTRANTO
STUDIJŲ PROGRAMOS NR. 621H60002
MAGISTRO TEZĖS

**IŠMANIOSIOS LABORATORIJOS ŠILDYMO,
VĖDINIMO, ORO KONDICIONAVIMO
VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS**

Recenzentas:

Vadovas:

Prof. hab. dr. Andrius Antanas Bielskis

Rengė:

TNEI – 10 gr. Aleksandr Grinkov

KLAIPĖDA, 2012



SANTRAUKA

Darbe apžvelgiami išmaniosios šildymo, vėsinimo, vėdinimo sistemos kūrimo aspektai, apžvelgiamos teorinės prielaidos, aprašoma praktinė techninė dalis. Aprašomas sukurtas šildymo sistemos eksperimentinis stendas, atliekami šildymo sistemos tikro mastelio šiluminių procesų eksperimentai. Aptariama patalpos temperatūros reguliavimo, valdant šildymo sistemos agentus, problema. Atliekamas išmanaus galios keitiklio energetinių parametrų tyrimas.



SUMMARY

This research work presents the aspects of smart heating, ventilating and air-conditioning. Also this work presents the theoretical assumptions and practical technical part. This research work describes the designed experimental stand of the heating system, presents the experiments of the heating of thermal processes at the appropriate scale, and describes the problem of the accommodation temperature control managing the agents of the heating system. Also this work presents the research of the intelligent power converter for energy parameters.



LENTELIŲ SĄRAŠAS

1. Lentelė Nr. 1 Eksperimentinio stendo elementų techniniai duomenys.....36
2. Lentelė Nr. 2 Cirkuliacinio siurblio tyrimo valdant jo greitį IGK pagalba rezultatai.....39
3. Lentelė Nr. 3 IGK – cirkuliacinio siurblio energetinio tyrimo suvestinė.....48



PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Išmanaus galios keitiklio principinė schema.....	18
2 pav. Išmanusis galios keitiklis.....	20
3 pav. EDA, EKG ir temperatūros matavimo principinė schema.....	21
4 pav. Psichofiziologinio grįžtamojo ryšio matavimo plokštė ir elektrodai.....	22
5 pav. Tipinė OGR kreivė.....	22
6 pav. Fiziologinių parametrų klasterizavimas naudojant SOM.....	25
7 pav. DSP topologija.....	26
8 pav. Perceptrono sandaros schema.....	26
9 pav. Šildymo prietaiso struktūra.....	28
10 pav. Neraiškiosios logikos neuroninių tinklų valdiklio blokinė schema struktūra.....	32
11 pav. Paklaidos $e(k)$ jos pokyčio $\Delta e(k)$ atstovavimo funkcijos.....	33
12 pav. Trikampė atstovavimo funkcija.....	33
13 pav. Eksperimentinio stendo valdymo mazgas.....	36
14. pav. Šildymo sistemos eksperimentinis stendas.....	37
15 pav. Tinklo analizatorius CA 8335.....	38
16 pav. Greitis 90 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	39
17 pav. Greitis 90 % srovės ir įtampos harmonikos.....	40
18 pav. Greitis 90 % galia.....	40
19 pav. Greitis 80 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	40
20 pav. Greitis 80 % srovės ir įtampos harmonikos.....	41
21 pav. Greitis 80 % galia.....	41
22 pav. Greitis 70 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	41
23 pav. Greitis 70 % srovės ir įtampos harmonikos.....	42
24 pav. Greitis 70 % galia.....	42
25 pav. Greitis 60 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	42
26 Pav. Greitis 60 % srovės ir įtampos harmonikos.....	43
27 pav. Greitis 60 % galia.....	43
28 pav. Greitis 50 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	
29 pav. Greitis 50 % srovės ir įtampos harmonikos.....	
30 pav. Greitis 40 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	



31 pav. pav. Greitis 40 % srovės ir įtampos harmonikos.....	44
32 pav. Greitis 40 % galia.....	45
33 pav. Greitis 30 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	45
34 pav. Greitis 30 % srovės ir įtampos harmonikos.....	45
35 pav. Greitis 30 % galia.....	46
36 pav. Greitis 20 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	46
37 pav. Greitis 20 % srovės ir įtampos harmonikos.....	46
38 pav. Greitis 20 % galia.....	47
39 pav. Greitis 10 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama.....	47
40 pav. Greitis 10 % srovės ir įtampos harmonikos.....	47
41 pav. Greitis 10 % galia.....	48
42 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – pradžia, b – po 60 s.....	49
43 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – po 120 s, b – po 180 s.....	49
44 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – po 240 s, b po 300 s.....	49
45 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 1, a po 360s, b – po 420 s.....	50
46 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 1, a – po 480s, b – po 540 s.....	50
47 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 607 s, b po 674 s.....	50
48 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 741 s, b – po 808 s.....	51
49 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 875 s, b po 942 s.....	51
50 pav. Kaitintuvo galia 250W, greitis 3, a - po 1009 s, b – po 1076 s.....	51
51 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1153 s, b – po 1230 s.....	52
52 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1307 s, b – po 1384 s.....	52
53 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1461 s, b – po 1538 s.....	52
54 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1615 s, b – po 1692 s.....	53
55 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 3, a – po 1742 s, b – po 1792 s.....	53
56 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 3, a – po 1842, b – po 1892 s.....	53
57 pav. Kaitintuvo galia 500 W. greitis 3, a – po 1942 s, b – po 1992 s.....	54
58 pav. Kaitintuvo galia 750W, greitis 1, a – po 2093 s, b – po 2194 s.....	54
59 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 1, a – po 2295 s, b – po 2396 s.....	54
60 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 1, a – po 2497 s, b – po 2598 s.....	55
61 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 2700 s, b – po 2802 s.....	
62 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 2904 s, b – po 3006 s.....	



63 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 3108 s, b – po 3210 s.....	56
64 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3323 s, b – po 3436 s.....	56
65 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3549 s, b – po 3662 s.....	56
66 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3775 s, b – po 3888 s.....	57
67 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4003 s, b – po 4118 s.....	57
68 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4233 s, b – po 4348 s.....	57
69 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4463 s, b – po 4578 s.....	58
70 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 4663 s, b po 4748 s.....	58
71 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 4833 s, b – po 4918 s.....	58
72 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 5003 s, b – po 5088 s.....	59
73 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a – po 5198 s, b – po 5308 s.....	59
74 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a - po 5418 s, b – po 5528 s.....	59
75 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a – po 5638 s, b – po 5748 s.....	60
76 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 1, a po 5851 s, b – po 5954 s.....	60
77 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 1, a – po 6057 s, b – po 6160 s.....	60
78 pav. Kaitintuvo galia 1500 W. greitis 1 , a – po 6263 s, b – po 6366 s.....	61
79 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3 , a – po 6502 s, b – po 6638 s.....	61
80 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3, a – po 6774 s, b – po 6910 s.....	61
81 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3, a – po 7046 s, b – po 7182 s.....	62



TURINYS

Santrauka.....	2
Summary.....	3
Lentelių sąrašas.....	4
Paveikslų sąrašas.....	5
IVADAS.....	9
1. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ.....	11
2. ANALITINĖ METODINĖ DALIS.....	17
2.1 Eksperimentinė įranga.....	17
2.2 Psichofiziologino grįžtamojo ryšio interpretavimas.....	22
2.3 Šildymo, vėsinimo, vėdinimo procesų matematinis aprašymas.....	27
2.4 Neraiškiosios logikos valdiklio taikymas mikroklimato uždaviniams spręsti.....	31
2.5 Eksperimentinio stendo aprašymas ir eksperimento eiga.....	35
3. EKSPERIMENTINĖ TIRIAMOJI DALIS.....	39
3.1 Cirkuliacinio siurblio charakteristikos tyrimas keičiant jo greitį IGK pagalba.....	39
3.2 IGK valdomo cirkuliacinio siurblio energetinis tyrimas.....	39
3.3 Šildymo sistemos stendo šiluminių procesų tyrimas.....	50
IŠVADOS.....	63
LITERATŪROS SĄRAŠAS	
PRIEDAS 1 Technologijos mokslo darbai Vakarų Lietuvoje konferencijos pranešimas	
PRIEDAS 2 Virtualūs instrumentai biomedicinoje 2012 konferencijos pranešimas	



IVADAS

Darbo tikslas parinkti priemones, kurios gali būti naudojamos kuriant išmaniają šildymo, vėdinimo, kondicionavimo sistemą. Parinkti vykdymo agentus, kurie galėtų užtikrinti valdomo mikroklimato parametro platųjį reguliavimo diapazoną, vykdomų operacijų ekonomiškumą, užtikrintų ilgalaikį darbą be remonto. Ištirti aptarnaujančių sistemų valdymo būdus, kurie leistų optimaliausiai funkcionuoti sistemai, užtikrintų „išmaniosios“ sistemos reikalavimus. Ištirti vykdymo agentų darbo charakteristikas, valdant juos pasiūlytais mikroprocesorinio valdymo būdais.

1. Nagrinėjami, Klaipėdos universiteto informatikos katedroje pasiūlyti, aplinkos poveikio žmogaus fiziologiniams parametrų nustatyti metodai. Nagrinėjama psichofiziologinio grįžtamojo ryšio sistema, jos signalų interpretavimo būdai.

2. Kuriamos materialinės priemonės Klaipėdos universiteto Elektrotechnikos katedroje tirti šildymo, vėdinimo sistemų valdymo būdus.

3. Kuriamos priemonės adaptyviai reguliuoti, kontroliuoti vykdymo agentų – vienfazio kintamosios srovės variklio greitį, šiluminės energijos generatoriaus gaminamą šilumos srautą.

4. Nagrinėjami vykdymo agentų nustatytos užduoties palaikymo sistemos, panaudojant neraiškiosios logikos išvedimo sistemas [14].

5. Nagrinėjamos darbo agentams valdyti skirtos schemas. Kintamosios srovės vykdymo agentams naudojamos efektingos įtampos reguliatoriai su simistoriniu valdymu. Apžvelgiami fiziniai procesai, vykstantys šildymo ir vėdinimo sistemose.

6. Atliekamas cirkuliacinio siurblio – šilumos nešėjo dozatoriaus darbo charakteristikų tyrimas, valdant jį įprastu būdu, perjungiant skirtingų greičių apvijas ir keičiant jo sukimosi greitį mikroprocesoriniu būdu. Atliekamas mikroklimato valdymo posistemės – šildymo prietaiso terminų charakteristikų tyrimas termovizoriniu būdu.

Mikroklimato patalpoje arba pastate pasirinkimo ir palaikymo uždavinys yra sudėtingas dinaminis procesas, aprašomas netiesinėmis funkcijomis. Šio uždavinio sprendimui perspektyvūs yra neuroninių tinklų pagrindu sukurti valdikliai.

Neuroninių tinklų pagrindu sukurtas valdiklis šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemai, aprašytas [6], pateikia pagerintų savybių valdymo sistemą, kurioje neuroninių tinklų, skirtų valdomo proceso dinamikai aprašyti, apmokymas vyksta pagal tikimybinės aproksimacijos randomizuotą algoritimą (angl. simultaneous perturbation stochastic approximation algorithm).

Šaltiniuose [12] ir [10] aprašo vienfazinių indukcinėlių variklių greičio reguliavimą vienfazinių ir dvifazinių variklių teorija ir atstojamosiomis ekvivalentinėmis schemomis.



Vienfazė elektros energijos matavimo sistema mikrovaldiklio AtMega32 pagrindu aprašyta [12], duomenų kaupimui naudojamas mikrovaldiklis AtTiny13.

Energijos taupymo faktoriai, šildymo sistemoje taikant cirkuliacinių siurblių sukimosi greičio keitimą, aprašyti [7] ir [11].

Toliau darbe analizuojamos teorinės prielaidos, praktinės priemonės išmaniosios laboratorijos mikroklimato valdymo sistemai ir vykdymo agentams kurti, atliekami praktiniai eksperimentai, nustatant pasiūlytų priemonių energetinį efektyvumą, tiriami terminiai procesai, vykstantys mikroklimato palaikymo sistemos šildymo prietaise, taikant skirtingą šilumnešio srauto reguliavimą.



1. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ

Siekiant sukurti išmaniąją mikroklimato valdymo sistemą, reikia užtikrinti vykdymo agentų, darbo procesų ir aplinkos tam tikro techninio aprūpinimo, kuris leistų valdymo sistemai žinoti apie sistemos esamus parametrus, poveikį daromą aplinkai. Neužtenka projektuojant ir sintezuojant valdymo sistemą užtikrinti sistemos veikimą nuo atitinkamų parametrų pasikeitimų, reikia užtikrinti, kad valdymo sistema dirbtų optimaliai energetiškai, užtikrinant mažiausiai įmanomą elektros energijos suvartojimą, kad sistemos teikiamos paslaugos, komfortas geriausiai atitiktų žmogaus, esančio patalpoje fiziologinę būseną, higienos ir sanitarinius reikalavimus. Šių sudėtingų uždavinių užtikrinimui valdymo sistemoje būtina naudoti neraiškiosios logikos išvedimo sistemas, kurios sėkmingai naudojamos psichofiziologiniam grįžtamajam ryšiui interpretuoti, dirbtinių neuroninių tinklų sistemos netiesinių funkcijų, kuriomis aprašomi sudėtingi patalpos mikroklimato, vykdymo agentų darbo stabilizavimo procesai, prognozavimui [16].

Šiame skyriuje apžvelgiama eilė darbų, kuriuose paliestos temos susijusios su mikroklimato procesus aprašančių funkcijų aproksimavimu, šildymo sistemų išmaniosiomis valdymo sistemomis, elektros energijos monitoringo sistemomis pagrįstomis mikrovaldiklių naudojimu.

Chengyi Guo, Qing Song Wenjian Cai [6] aprašo procesus, vykstančius oro teikimo sistemoje šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo įrenginyje. Šiose mikroklimato sistemose šilumos nešėjas yra oras, kuris praleidžiamas per šilumokaitį, kuris arba sušildo orą, arba atšaldo šalto vandens pagalba. Teikiamo oro temperatūra reguliuojama šalto oro padavimo vožtuvo pagalba. Matuojama išeinančio iš šilumokaičio oro temperatūra. Siekiant užtikrinti užduoties temperatūrą, sistema reguliuojama pagal PID dėsnį su fiksuotais PID koeficientais, šilumos nešėjo srauto pasikeitimo trikdžio poveikį sistemai reguliuoja vidinio kontūro P arba PI reguliatorius. Teikiamo į patalpas oro temperatūros trikdžio poveikį sistemai reguliuoja išorinio kontūro PI arba PID reguliatorius.

Autoriai siūlo išorinį valdymo kontūrą sudaryti iš fiksuoto P reguliatoriaus, o įrenginio dinamikai įvertinti ir jos poveikiui optimizuoti, naudoti neuroninių tinklų valdiklį. Sistemos išėjimas, nusakantis išeinančio šilumos nešėjo temperatūrą, apskaičiuojamas kaip sekančių dydžių suma: vidinio kontūro valdymo signalo – u (šilumos nešėjo padavimo reguliatorius), sistemoje generuojamų triukšmų ε ir išanksto nežinomos netiesinės funkcijos $f(\cdot)$, priklausančios nuo ankstesniais diskretizavimo momentais buvusių sistemos kintamųjų reikšmių. Šiai netiesinei funkcijai linearizuoti, naudojamas išorinio kontūro neuroninių tinklų valdiklis. Priartintos funkcijos paklaidai apskaičiuoti siūloma įvesti priartinimo paklaidos vektorius. Kadangi tiesiogiai priartinimo paklaidos vektoriaus paskaičiuoti n



tiems skaičiavimams panaudoti užduoties sekimo paklaidos reikšmės, pasinaudojus kintamųjų tarpusavio priklausomybėmis, išeinančiomis iš sistemos struktūrinės schemos.

Neuroninių tinklų įėjimo vektorius susideda iš sistemos išėjimo signalo ir jo išvestinės, neuroninių tinklų apmokymui naudojamas neuroninių tinklų netiesinės priartinimo funkcijos paklaidos vektorius. Apmokymas vyksta pagal tikimybinės aproksimacijos randomizuotą algoritmą. Savybių vektorio pagrindo optimizavimo būdui, siūloma naudoti stochastinio daugiamačio optimizavimo metodus, pagrįstus tikimybinės aproksimacijos randomizuotu algoritmu. Šis metodas pagrįstas vienu metu sukeltų sumišimų panaudojimu, šie sumišimai yra dirbtiniai poveikiai, su iš anksto žinomomis savybėmis, kurios užtikrina algoritmo įvertinimo pakankamumą, esant beveik atsitiktiniams trikdžiams. Įėjimo dydžių savybių vektoriai atkeliauja į SPSA (angl. simultaneous perturbation stochastic approximation algorithm) ir pavaizduojami kaip taškai daugiamačiuje euklidiniame erdvėje. Pagal atkeliaujančias apmokymo reikšmes, algoritmas nustato 1 klasių centrus, kurie atitinka tam tikroms priartėjimo vektoriaus reikšmėms. Centrų koordinatės yra savybių vektorių prototipai, su jais palyginami įėjimo signalai. Įėjimo signalo reikšmė priskiriama tam tikrai klasei, sprendžiant iš jos savybių vektoriaus artumo su klasės centru.

Aprašomi tikrojo mastelio eksperimento rezultatai, kuriuose buvo palyginamas valdymo sistemos veikimas su tradicinių PID kaskadinių valdymu ir naudojant išoriniame kontūre neuroninių tinklų valdiklį. Eksperimento esmė buvo užduoties sistemai pakeitimas, lyginama pagal kokį dėsnį veikianti sistema sklandžiau pasieks naujos užduoties temperatūrą, taip pat buvo daromas trikdys sistemai keičiant šilumos nešėjo kiekį. Neuroninių tinklų pagrindo valdiklis greičiau reagavo į užduoties pakeitimą su mažesniu perreguliavimu.

Antras eksperimentas buvo atliktas imituojant sistemos pasenėjimą, tam tikslui buvo pakeistas vidinio kontūro P parametras. Neuroninių tinklų valdiklis geriau prisitaikė prie vidinio kontūro P parametro nusiderinimo, palaikė stabilesnį sistemos darbą, tikslesnę patalpos temperatūrą.

Aprašomas vienfazis elektros energijos skaitiklis [12], susidedantis iš mikrovaldiklio ATmega 32, kuris skaičiuoja iš energijos matavimo mikroschemos ateinančius impulsus, rėlių sistema naudojama prijungti ar atjungti vartotoją prie elektros tiekimo, mikrovaldiklis ATtiny13 naudojamas kaip išmanioji išankstinio apmokėjimo kortelė, energijos matavimo sistema turi skystųjų kristalų ekraną, informacijos išvedimui.

Įtampos signalas ateina nuo vartotojo linijos per įtampos daliklį, kuris susideda iš 1 M Ω ir 1 k Ω varžų. Srovės signalas ateina nuo šunto varžos 3,335 m Ω . Įtampos ir srovės signalai ateina į energijos matavimo mikroschemos AD7751 įtampos ir srovės kanalus.



Energijos matavimo mikroschema AD7751 turi du analoginius – skaitmeninius keitiklius, kurie turi 16 bitų antros eilės sigma delta konverterius. Tikrosios galios reikšmė gaunama iš pilnosios galios reikšmės, pilnoji galia apskaičiuojama sudauginus srovės ir įtampos signalus. Iš pilnosios galios tikroji galia gaunama praleidus pilnosios galios signalą per žemo dažnio filtrą. Energijos matavimo mikroschemos išėjimo signalo dažnis proporcingas tikrajai galiai.

Signalas iš energijos matavimo mikroschemos ateina į ATmega 32 skaitiklį, kuris skaičiuoja, kiek impulsų proporcingų tikrajai galiai, ateina per tam tikrą laiką. Informacija apie suvartotą energiją, naudojamą galią saugoma mikrovaldiklio ATmega 32 atmintyje EEPROM.

Mikrovaldiklis ATtiny13 naudojama kaip išmanioji išankstinio apmokėjimo kortelė, kuri saugo savyje informaciją apie apmokėtus kreditus, kai kreditų skaičius išnaudojamas, išmanioji kortelė siunčia signalą į ATmega32, ir mikrovaldiklis atjungia vartotoją nuo energijos šaltinio.

Energijos matavimo mikroschemos AD7751 išėjimo dažnis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$* = \frac{.22 \cdot 68 \cdot < .}{.}, \quad (1)$$

čia, V_1, V_2 – įtampos ir srovės signalai; Gain – stiprinimo koeficientas; F_{1-4} taktinis dažnis; V_{REF} – atraminė įtampa.

Galios P proporcingos dažniui F reikšmė apskaičiuojama:

$$0 = 3000 \cdot 8, \quad (2)$$

Programinė įranga šiam energijos matavimui surašyta C kalba, kompiliuota ir derinta AVR Studio aplinkoje. Matuoklis kalibruotas laboratorijoje metrologiškai patikrintų prietaisų pagalba.

Vienfazis arba dvifazis indukcinio variklio greičio reguliavimo plačiame diapazone problema apžvelgiama [13]. Šiame darbe siūloma spręsti vienfazių elektros variklių naudingumo koeficiento didinimą, taikant efektyvius greičio reguliavimo būdus, panaudojus sinusoidalinę impulso pločio moduliaciją. Aprašomi vienfazių variklių trūkumai, reguliuojant jų sukimosi greitį mechaninėmis priemonėmis, arba nepakankamą momento tolygumą maitinant pagalbinę tokio variklio apviją, reguliuojant fazės kampą. Siūloma reguliuoti sukimosi greitį, įvedus tarpinę nuolatinės srovės šyną.

Aprašoma dvifazis elektros variklio teorinė bazė. Sukamasis magnetinis laukas, esant vienfaziam maitinimui, sukuriamas įjungus į statoriaus grandinę nuosekliai kondensatorių, bet šis kondensatorius būna parinktas tik tam tikram greičiui. Impulso pločio moduliacijai panaudoti ieškoma strategija jai valdyti. Išvesta variklio momento τ priklausomybė nuo fazinio kampo tarp abiejų apvijų Φ :

$$\leq - \cdot \quad + \quad \cdot \quad " \$ \cdot (*, - 0_2 4 + 2 \cdot < \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad +$$



čia I_{main} – pagrindinės apvijos srovė; I_{aux} – pagalbinės apvijos srovė; n – apvijų vijų santykis; R_f - tiesioginė kompleksinė varža; R_b - atbulinė kompleksinė varža.

Tarpusavio santykis tarp pagrindinės ir pagalbinės apvijų srovių:

$$= \cdot , \quad (4)$$

Optimaliausia strategija impulso pločio moduliacijai parinkta sukurti tokį įtampos šaltinį, kurio įtampos ir dažnio santykis būtų lygus const, pagrindinės ir pagalbinės apvijų įtampų santykis būtų lygus santykiui tarp vijų skaičiaus.

Valdymui naudojamas 8 bitų AVR mikrovaldiklis, varikliui leidžiantis, generuojama žema sinusinė amplitudė, įsibėgėjus, dažnis padidinamas iki 75 Hz siekiant užduotą greitį, tai iššaukia variklio momento sumažėjimą, nes sumažėja variklio srautas. Apvijų įtampų santykis lygus vijų santykiui.

Mikrovaldiklio analoginis skaitmeninis keitiklis naudojamas tikrajai galiai paskaičiuoti, paskaičiuota reikšmė saugoma SRAM atmintyje.

Sinusoide generuojama IPM režime, įtampa skleidžiama esant pastoviam dažniui ir kintamajam darbo ciklui, fazės yra išdėstytos 90 ° kampu. Generuojamas pastovaus dažnio sinusoide paremto darbo ciklo signalas. IPM signalai paremti sinusoide generuojami mikrovaldiklio ATmega8. PORTB1 generuoja signalus pagrindinei apvijai, PORTB2 pagalbinei išlaikant santykį, lygų santykiui tarp vijų skaičiaus.

Atlikti eksperimentai parodo, kad pasiekta gerų rezultatų, užtikrinant pastovų variklio momentą be pulsacijų.

Tolesniuose straipsniuose apžvelgiami energijos tausojimo klausimai šildymo sistemoje, keičiant siurblių sukimosi dažnį. [Lin Qgs ,Dongwen Yao ,Min Yan Energy-Saving Analysis on Heating System with Distributed Variable Frequency Pump] apžvelgiamos teorinės prielaidos, susijusios su šilumos nešėjo efektyvaus teikimo būdais reguliuojant spaudimą, greitį. Aprašomi energijos nuostoliai šilumos sistemos vamzdyne:

$$= + (\cdot , \cdot , \quad (5)$$

čia H – slėgio aukštis skysčio einančio per siurblių ar ventiliatorių ,m; h – grįžtamojo slėgio aukštis, m, S – kompleksinė vamzdžių varža, Q – skysčio debetas per vamzdyną, m³/s.

Šildymo sistemose norint sumažinti šilumos nešėjo debitą, galimi skirtingi būdai: sklendės valdymas leidžia sumažinti debitą, nekeičiant siurblio greičio, tuo tarpu padidėja spaudimas, sumažėja naudingumo koeficientas, padidėja suvartojama galia. Keičiant debitą reguliuojant greitį, spaudimas sumažėja, sumažėja naudojama galia. Šilumos nešėjo per siurblių slėgio aukštis priklausomai nuo grįžtamojo slėgio. Siurblio naudingumo koeficientas keičiasi esant tam pačiam šilu



priklausomai nuo grįžtamojo spaudimo. Siurblio veleno galia padidėja, padidėjus grįžtamajam spaudimui, sklendės valdymas neturi įtakos grįžtamajam spaudimui.

Atlikus siurblio našumo paskaičiavimus priklausomai nuo skirtingo spaudimo, siurblio greičio, grįžtamojo spaudimo, autoriai daro išvadą, kad dažninis siurblių reguliavimas naudingas eksploatuojant sistemas be grįžtamojo spaudimo, sistemose su grįžtamu spaudimu dažninio siurblių reguliavimo našumas sumažėja. Atliktas eksperimentas modeliuojant šildymo sistemą su keliais vartotojais, susidedanti iš pagrindinio cirkuliacinio siurblio ir vartotojų paskirstymo siurblių. Imituojamos skirtingi tos pačios sistemos darbo režimai. Atliekamas cirkuliacinio siurblio valdymas pagal slėgį keičiant skirtingų vartotojų valdymo būdą ar vartotojo šildymo sistemą, aptarnauja pagrindinis cirkuliacinis siurblys ar atskiras paskirstymo siurblys. Eksperimento rezultatai parodė, kad mažiausias energijos suvartojimas yra, kai atskirų vartotojų šildymo sistemą aptarnauja atskiri paskirstymo siurbliai.

Vienfazių variklių greičio reguliavimas naudojant Atmel mikrovaldiklius apžvelgiamas [10]. Straipsnyje siekiama nustatyti pigiausią priemonę, kuri leistų atlikti sinusoidalinę impulso pločio moduliaciją (SIPM). Straipsnyje nurodoma, kad Atmel firmos mikrovaldiklis turi pakankamai resursų valdyti vienfazį variklį, SIPM pagalba generuoja impulsus puslaidininkių raktų atidarymui. SIPM charakterizuojasi pastovia amplitude ir skirtingu darbo ciklu kiekviename periode. Impulsų plotis keičiamas tam, kad užtikrintų valdymą pagal įtampą ir sumažintų harmonikas. Dažniausiai signalas generuojamas, trikampi signalą palyginus su atramine, reikiamo dažnio sinusoide. Darbe siūlomas būdas sumažinti elektronikos elementų skaičių ir padaryti SIPM generavimo schemą paprastesne ir pigesne, panaudojus Atmel AT89C2051 mikrovaldiklį. Kaip galios raktus siūloma naudoti aukšto dažnio tranzistorius (BJT), uždaromieji tiristoriai (GTO), MOSFET tranzistoriai, IGBT tranzistoriai.

Srovės komutavimui naudojamas tiltas, prie kurio abiejų pečių vidurinių taškų prijungta apkrova. Per tą patį periodą komutuojami priešingose pečių pusėse esantys raktai, kad išvengtų trumpą jungimą. Valdymas užtikrinamas keičiant puslaidininkių raktų įjungtos ir išjungtos būsenos laiką. Mikrovaldiklio AT89C2051 naudojimas užtikrina skaitmeninį skaliarinės moduliacijos išpildymą. Raktų įjungimo ir išjungimo impulsus generuoja mikrovaldiklis. Atkreipiamas dėmesys į laiko išlaikymą tarp vieno peties puslaidininkių raktų, siekiant išvengti trumpojo jungimo.

Straipsnio autorių buvo atliktas SIPM modeliavimas ir eksperimentas, kurio metu nustatyta, kad mikrovaldiklio generuojamo signalo užtenka raktų komutavimui, kad SIPM dažnis artimas pramoniniam dažniui, pritaikytas 180 μ s laiko išlaikymas pakankamas išvengti trumpojo jungimo, bendros įtampos ir srovės harmonikos sudaro 4 – 8 %.



Pasirinktos magistro tezių temos literatūros ir informacinių šaltinių analizėje siekiama apžvelgti plačią problemą, susijusią su mikroklimato sukūrimu, jo valdymu, techninėmis priemonėmis, kurių dėka galima įtakoti mikroklimato parametrus, problemas susijusias su elektros energijos monitoringu realiu laiku, techninėmis problemomis susijusiomis su šilumos nešėjo paskirstymu. Chengyi Guo, Qing Song Wenjian Cai [6] aprašo adaptyvios šilumos nešėjo tiekimo sistemos naudojimą, norint užtikrinti aukšto tikslumo mikroklimato sistemą, skirtą tiems atvejams, kai griežti reikalavimai temperatūros ir drėgnumo paklaidai. Pasiūlytą neuroninių tinklų apmokymo algoritmą galima taikyti šilumos nešėjo cirkuliacinio siurblio sukimosi greičio paklaidai mažinti, arba mikroklimato vykdymo agentams stabiliąją srovę palaikyti.

Optimaliomis sąnaudomis ir prieinamomis programinėmis priemonėmis sukonstruotą vienfazį elektros energijos skaitiklį siūlo [12]. Elektros energijos skaičiavimo algoritmą ir technines priemones galima panaudoti užtikrinant mikroklimato sistemos energetinį monitoringą.

Įvairių dvifazių ir vienfazių elektros variklių greičio reguliavimo būdų privalumus ir trūkumus aprašo [13], jų pasiūlytas būdas gali būti panaudojamas valdant šildymo sistemos cirkuliacinio siurblio sukimosi greitį.

Šilumos nešėjo cirkuliacijos valdymo būdų privalumus ir trūkumus aprašo [11], [7] pateikia eksperimentų duomenis, kokioms šilumnešio cirkuliacijos sistemoms efektyviau naudoti sklendžių reguliavimą, kokioms reguliavimą keičiant cirkuliacinio siurblio greitį, išanalizavus šią medžiagą darosi aišku, kad sklandžiai reguliuojamo cirkuliacinio siurblio naudojimas leidžia tiksliau kurti mikroklimato paslaugas šildymo sistemos komponentėje.

[10] aprašo vienfazio variklio greičio reguliavimą pasinaudojus AVR mikrovaldiklio resursais.



2. ANALITINĖ METODINĖ DALIS

2.1 Eksperimentinė įranga

Vienfazių mikroklimate sistemos vykdymo agentų valdymui ir elektros energijos matavimui naudojamas išmanusis galios reguliatorius [2] pavaizduotas 1 pav. norint pajungti įtampas ir srovės signalus prie mikrovaldiklio analoginio skaitmeninio konverterio, reikia suderinti tuos signalus su mikrovaldiklio analoginiu skaitmeniniu konverteriu, kuris gali perskaityti signalus nuo 0 iki 5 V. 1 pav. [3] pavaizduotas srovės transformatorius TR 3, nuo kurio imamas srovės signalas, jis yra apkrautas 100 Ω varža, kadangi esant šiai varžai srovės transformatoriaus voltamperinė charakteristika yra tiesinė. Diodai D3, D4 apsaugo nuo įtampos šuolių srovės transformatoriaus išėjime. Elementai C9 R19 sudaro aukšto dažnio filtrą su laiko konstanta :

$$\tau = R \cdot C = 47000 \cdot 1 \cdot 10^{-8} = 0,047 \text{ s} \quad (6)$$

čia R varžos R19 reikšmė, C kondensatoriaus C9 talpa.

Šio filtro signalo pralaidumas f:

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{0,047} = 2,13 \text{ kHz} \quad (7)$$

Aukščiau aprašytas filtras prijungtas ne prie žemės, o prie atraminės įtampos 2,5V. Tokiu būdu signalas pakeltas virš 0, ir keičiasi apie „virtualųjį nulį“ – 2,5 V. IC1B stiprintuvas sustiprina signalą, mažina signalo varžą. R20, C 10 elementai sudaro aukšto dažnio filtrą. Mikrovaldiklio analoginis skaitmeninis konverteris nuskaito srovės parodymus su maždaug 1,8 KHz, pagal Naikvisto teoremą kvantavimo dažnis turi būti 2 kartus didesnis nei matuojamo signalo dažnis, todėl aukštesni dažniai nuslopunami:

$$f_{\text{kvantav.}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00024} = 4,17 \text{ kHz} \quad (8)$$

Šio filtro išėjimo signalas yra paduodamas į mikrovaldiklio analoginį skaitmeninį konverterį.

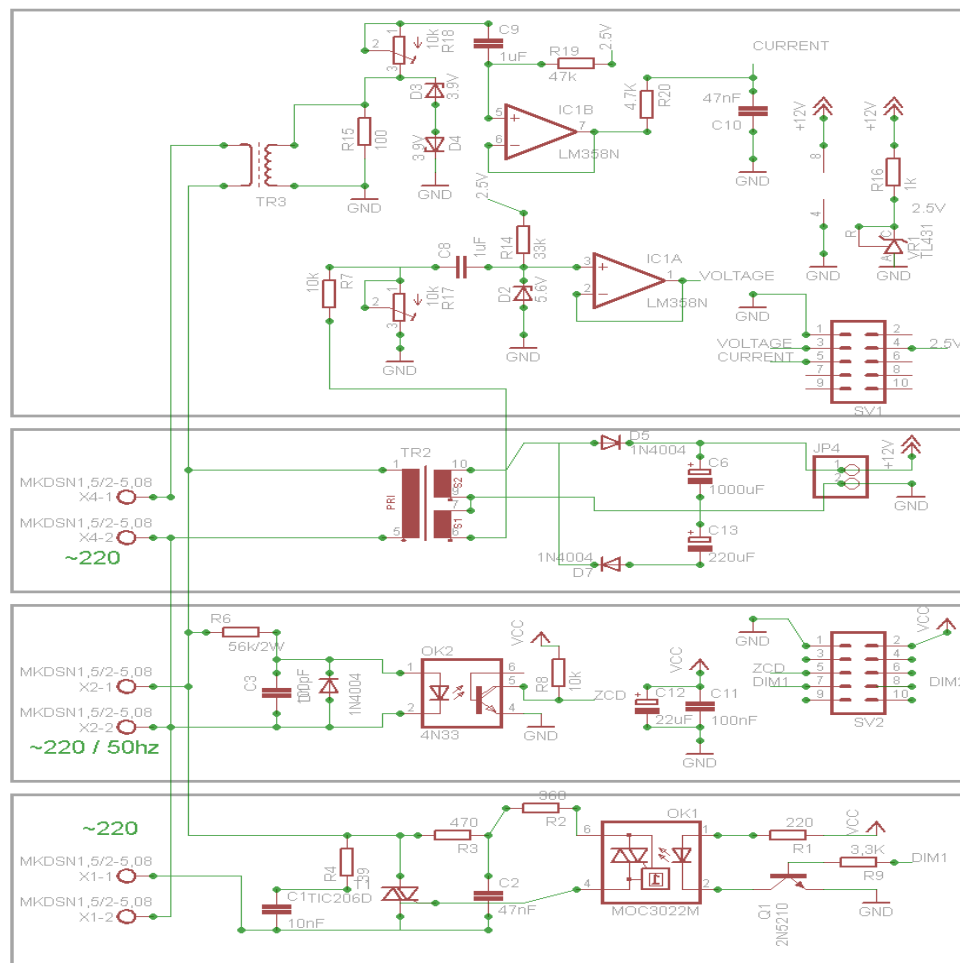
Įtampos matavimui panaudojamas žeminantis transformatorius TR2. R7, R17 suformuoja įtampas daliklį, derinant R17, galima reguliuoti įtampos signalo amplitudę. C8, R 14 elementai suformuoja aukšto dažnio filtrą, filtras prijungtas prie 2,5 V atraminės įtampos, kuri perstumia signalą ties virtualaus 0 – 2,5 V. Stiprintuvas IC1A stiprina signalą. Diodas D2 apsaugo nuo įtampos šuolių. Stiprintuvo IC1A išėjime turime signalą, kuris paduodamas į mikrovaldiklio analoginį skaitmeninį keitiklį. Mikrovaldiklis AtMega32 palaiko diferencialinį skaitmeninio analoginio keitiklio matavimą, tad matavimams galima panaudoti skirtumą tarp dviejų keitiklio kanalų. Taip pat galima prijungti vidinį signalo stiprintuvą, kurio pagalba galima sustiprinti signalą 1, 10, 200 kartus. Stiprinant signalą yra galimybė mažas sroves. Iš srovės transformatoriaus TR3 išeinantis signalas yra 0,1 V amperui,



duos tik 10 mV signalo. AtMega 32 analoginis skaitmeninis keitiklis yra 10 bitų, reiškia naudojant 5 V atraminę įtampą, matavimo raiška bus $5/1024 = 4,8$ mV, tai yra per maža raiška, stiprinimas duos aukštesnę raišką.

Su 10 kartų stiprinimu maksimali matuojama srovė bus 5A, nes srovės transformatorius duoda 0,1 V/A, padauginus iš 10 gausis 1 VA. Didesnėms srovėms matuoti sukuriamas algoritmas, perjungiantis į 1 karto stiprinimą, kai srovė viršija ribą ir grąžintų į 10 kartų stiprinimą, kai srovė žemesnė nei 5 A.

AtMega32 mikrovaldiklyje diferencialiniai kanalai yra pasirenkami keičiant ADMUX registrą. Įtampos ir srovės matavimai nėra atliekami tuo pat metu. Pirmą yra pamatuojamas vienas kanalas, paskui pakeičiamas ADMUX, kad parinkti ir pamatuoti kitą kanalą. Po diferencialinio kanalo pasikeitimo turi praėti 125 μ s, kad stabilizuotųsi vidinis stiprintuvas, todėl uždelsimas tarp matavimų yra mažiausiai 125 μ s.



1 pav. Išmanaus galios keitiklio principinė schema



Matavimų eiliškumas bus toks: įtampa – pauzė, srovė – pauzė, įtampa – pauzė. 2 įtampos matavimai yra tarp 1 srovės matavimo. Paimamas gretimai matuojamų įtampų vidurkis U_v :

$$U_v = \frac{U_{i-1} + U_i}{2}, \quad (9)$$

čia U_{i-1} – įtampos reikšmė prieš matuojant srovę, U_i – įtampos reikšmė pamatavus srovę.

Gaunama aproksimuota reikšmė, kurią galėtume gauti tuo laiko tarpu, kai buvo matuojama srovė. Tokio vidurkio skaičiavimas turės didžiausią paklaidą sinusoidės viršūnėse, tačiau bendra paklaida bus sumažinta. Diferencialiniai matavimai gaunami parenkant 2,5 V atraminę įtampą kaip vieną kanalą, srovės ir įtampos signalus kaip kitą kanalą. 2,5 V atlieka virtualios žemės vaidmenį, aplink kurią svyruoja įtampos ir srovės signalai. Atlikus diferencialinį matavimą, gaunamos 10 bitų reikšmės nuo – 512 iki 511.

Gavus srovės ir įtampos reikšmes iš analoginio skaitmeninio keitiklio, jos apdorojamos. Iš šių reikšmių reikia gauti įtampą, srovę, pilnąją galią, tikrąją galią, reaktyviąją galią, $\cos \varphi$. Efektinės įtampos reikšmės apskaičiuojamos:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}, \quad (10)$$

čia x_1, x_n – per periodą suskaičiuotos reikšmės, n – atliktų skaičiavimų skaičius. Mikrovaldiklyje gautos reikšmės yra sumuojamos uint32_t tipo kintamajame. Kadangi analoginis skaitmeninis keitiklis gražina 10 bitų reikšmes, blogiausiu atveju, maksimaliai į kintamąjį tilps 4096 kvadratinės reikšmės. Iš 50 Hz dažnio periodo reikia suskaičiuoti kuo daugiau reikšmių, po kiekvieno nuskaitymo reikia kuo greičiau apdoroti informaciją ir pradėti naują nuskaitymą. Skaičiuojami pagrindiniai parametrai įtampos kvadratų suma, srovės kvadratų suma, įtampos ir srovės sandaugų suma. Tikroji galia skaičiuojama taip: momentinės vertės yra gaunamos pagal formulę:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (11)$$

čia U momentinė įtampos reikšmė, I – momentinė srovės reikšmė. Šių reikšmių vidurkis yra tikroji galia. Pilnoji galia yra efektinės įtampos ir srovės sandauga. $\cos \varphi$ skaičiuojamas kaip tikrosios galios ir pilnosios galios santykis.

Iš analoginio skaitmeninio keitiklio gauti dydžiai nėra tikri įtampos ir srovės dydžiai, kad jie tokiais taptų, reikia kiekvieną iš jų padauginti iš konstantos C_U , kuri paverčia analoginio skaitmeninio keitiklio reikšmę atitinkamu dydžiu. Pagal formulę:

$$U_{real} = C_U \cdot U_{digital}, \quad (12)$$

Apskaičiuojama tikra įtampos reikšmė. Koeficientai C gaunami eksperimentiniu



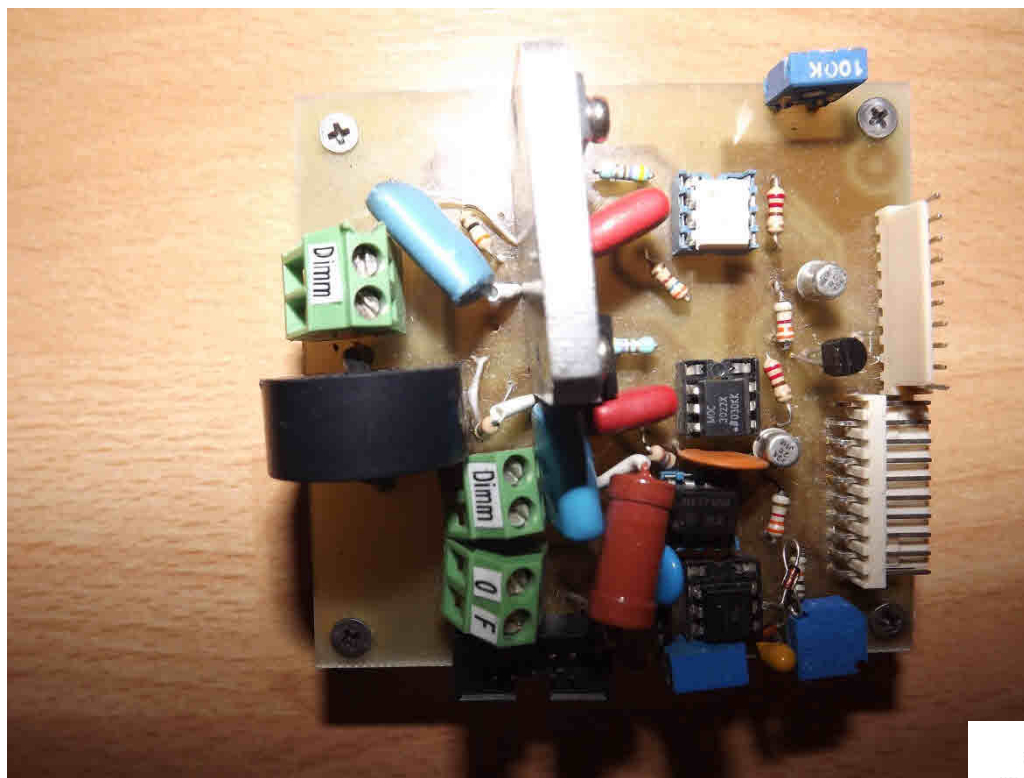
Kaip pagrindiniai mikroklimato valdymo sistemos agentai pasirinkti vienfaziai kintamosios srovės varikliai, šildymo sistemos cirkuliaciniai siurbiai kondicionieriaus išgarintojo ventiliatorius. Kadangi šiuo atveju reikia valdyti kintamąją srovę, pasirinktas galios raktas – simistorius.

Simistoriaus veikimo principas yra atidarymas po tam tikro laiko, kai buvo kirtas 0. Simistorius yra atidaromas padavus impulsą į jo valdymo įėjimą. Kai jis atsidaro, pro jį praeina srovė tol, kol sinusoidė vėl kertą 0. Priklausomai nuo laiko, po kurio atidaromas simistorius yra valdoma vidutinė galia perduodama įrenginiui. Toks valdymo būdas pasižymi dideliu harmonikų skleidimu į tinklą ir mažu $\cos \Phi$, reikalingas filtravimas.

Norint tiksliai paleidinėti simistorių, reikia tiksliai nustatyti 0 kirtimą. Tam reikia sukonstruoti atskirą schemą, kuri duoda impulsus, kai sinusoidė praeina 0, šių impulsų signalas prijungtas prie AtMega32 išorinio pertraukimo.

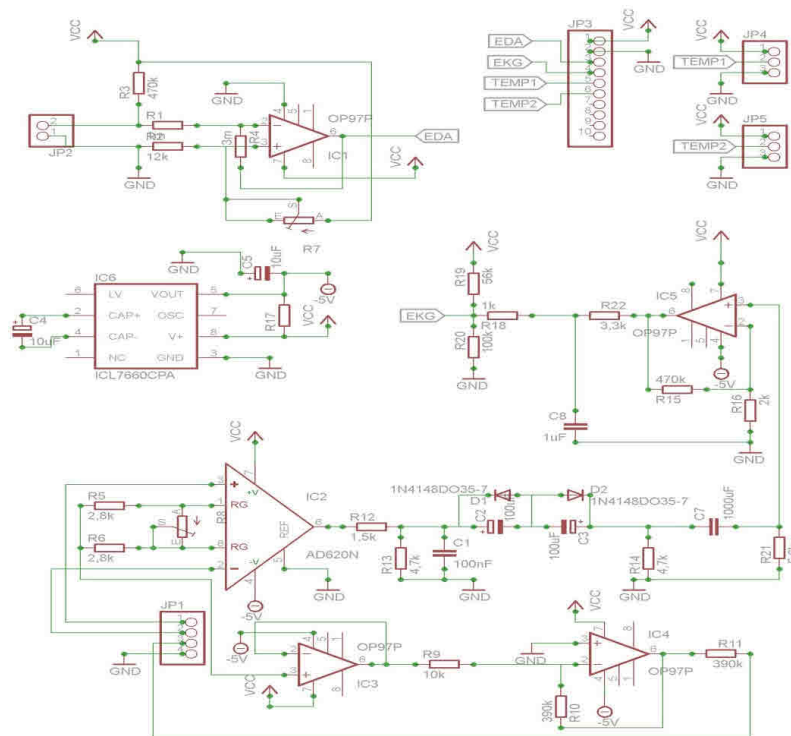
1 pav. gnybtu x4 ateina kintama įtampa 220V, iškarpyta įtampa paduodama į gnybtus x1, x2. C1 R4 sudaro harmonikų filtrą. OK1 yra optoizoliatorius skirtas atskirti galvaniškai valdymo signalą nuo tinklo įtampos.

Simistoriaus uždelsimo laikas yra laikomas OCR1A registre. Kai skaitliukas pasiekia šią reikšmę, įvyksta pertraukimas TIMER1_COMPA ir tada paleidžiamas simistorius.



2 pav. Išmanusis galios keitiklis





3 pav. EDA, EKG ir temperatūros matavimo principinė schema

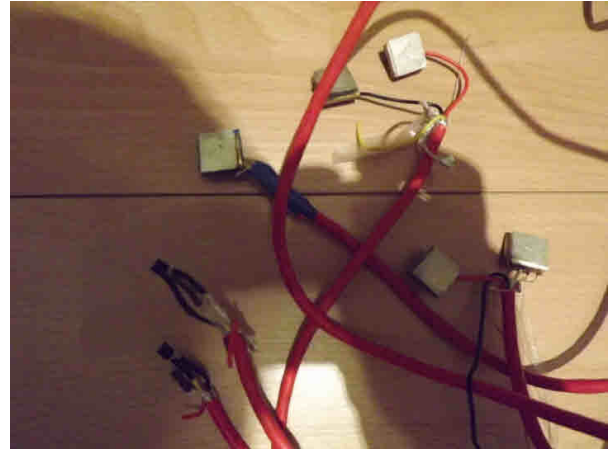
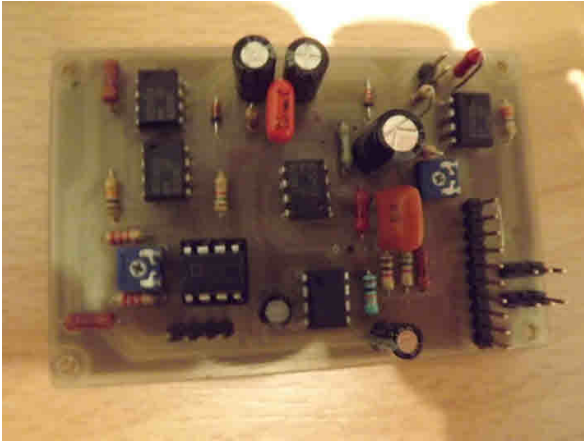
Psichofiziologinis grįžtamasis ryšis atliekamas matuojant žmogaus odos elektrinę varžą, žmogaus kardiogramą, kūno temperatūrą dviejuose taškuose. Signalų nuėmimo sistema techniškai įvykdyta iš elektrodų, operacinių stiprintuvų, instrumentinio stiprintuvo, atraminės įtampos šaltinio, pasyvių ir aktyvaus filtrų (3 pav.) [1]

Odos elektrinės varžos signalas matuojamas elektrodų pagalba, kurie pagaminti iš varinių plokštelių, padengtų sidabru dėl geresnio kontakto ir tam, kad būtų išvengta poliarizacijos efekto. Signalas ateina į operacinį stiprintuvą IC1 per įtampos daliklį R3, R1. Keičiant varžą R7 galima keisti stiprintuvo IC1 išėjimo signalo amplitudę. R4 yra grįžtamojo ryšio varža.

Matuojant žmogaus kardiogramą, kaip įtampos šaltinis naudojama mikroschema ICL7660CPA. Signalas matuojamas nuo žmogaus rankų ir nuo kojos. Signalas, nuo taškų esančių ant žmogaus rankų, ateina į instrumentinio stiprintuvo IC2 įėjimą. Jis sustiprinamas priklausomai nuo signalo ateinančio kitu kanalu, nuo žmogaus kojos, per varžas R5, R6. Kanalo, einančio į elektrodą, prijungtą prie žmogaus kojos stiprintuvai IC3 ir IC4 sujungti inversiškai.

Signalas išėjęs iš stiprintuvo IC2 praeina per aukšto dažnio filtrą, kuris susideda iš R12, C1, jis išfiltruoja aukštesnio dažnio dedamąsias. Žemo dažnio filtras susideda iš komponentų C7, R21, jis atskiria nuolatinę dedamąją ir žemesnio dažnio triukšmus. Stiprintuvo IC5 pagrindu padarytas antrosios eilės aukšto dažnio Butterworth'o filtras, kuris nuima virš 10 Hz dažnio signalus, sumažinti triukšmus.





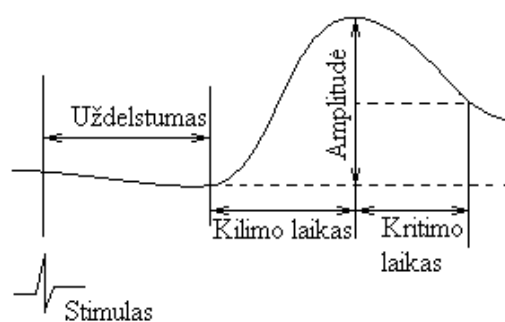
4 pav. Psichofiziologinio grįžtamojo ryšio matavimo plokštė ir elektrodai

2.2 Psichofiziologinio grįžtamojo ryšio interpretavimas

Odos galvaninė reakcija (OGR) yra paprasta, lengvai atkurama ir rezultatyviai panaudojama įvairiuose žmogaus tyrimuose. Tai autonominės nervų sistemos reakcija, kuri pasireiškia dėl odos prakaitavimo liaukų funkcijos kitimo. Prakaitavimo liaukų funkcija yra kontroliuojama galvos smegenų ir šis valdymas vyksta per simpatinę nervų sistemą.

OGR dažnai naudojama kaip vienas pagrindinių fiziologinių signalų, kadangi odos laidumas labai jautriai reaguoja į emocinius sujaudinimus ir tokiu būdu pakankamai informatyviai perteikia žmogaus reakciją į aplinkos pokyčius. Nuo pat pirmųjų tyrimų OGR buvo siejama su emociniais pasikeitimais, nerimu, dėmesingumu.

OGR fiziologinį signalą apibūdina 4 fiziologiniai parametrai, kurie gali būti naudojami kaip kriterijus vertinant paslaugų kokybę (5 pav.) [4]. Pirmasis – tai uždelstumas Lat , kuris nusako laiko tarpą nuo stimulo pradžios iki kreivės kilimo pradžios. Antrasis parametras yra kreivės kilimo laikas RT , t. y. intervalas, nurodantis kiek laiko trunka, kol odos laidumas pasiekia piką. Kitas parametras – amplitudė A , kuri nusako odos laidumo pokytį. Ir parametras HRT , kuris nusako, per kiek laiko banga sumažėja iki pusės amplitudinės reikšmės.



5 pav. Tipinė OGR kreivė



Fizinės OGR matuoklio realizacijos principinė schema pateikta 3 pav. Jo pagrindą sudaro operacinis stiprintuvas OP97P (galima naudoti bet kokį analogišką didelio tikslumo operacinį stiprintuvą), prie kurio įėjimo JP2 jungiami elektrodai, turintys sąlytį su rankos pirštais. Potenciometras R7 leidžia keisti signalo stiprinimo lygmenį. Sustiprintas signalas per išėjimo jungtį EDA gali būti paduodamas į mikrovaldiklio analoginį skaitmeninį keitiklį, kur apdorotas signalas gali būti siunčiamas į personalinį kompiuterį, nutolusią duomenų saugyklą.

Yra žinoma, jog jaudinantis širdies ritmas didėja, nuobodžiaujant – mažėja. Širdies veikla atspindi daug esminių psichologinių ir fiziologinių būsenų, kadangi yra stipriai susieta su simpatine bei parasimpatine nervų sistema. Dėl šių dviejų nervų sistemų įtakos atsiranda širdies ritmo, kitaip tariant, širdies ritmo pasikeitimai. Svarbiausia, šioje vietoje yra tai, jog širdies ritmo pasikeitimas svyruoja tam tikrų dažnių ribose, priklausomai nuo žmogaus emocinės būsenos. Tyrimuose su širdies ritmo pasikeitimu dažniausiai yra naudojamos dvi dažnių komponentės – aukšto (0,15-0,4 Hz) ir žemo (0,04-0,15 Hz) dažnio. Aukšto dažnio širdies ritmo pasikeitimas pasireiškia dėl parasimpatinės nervų sistemos, esant ramybės, atsipalaidavimo būsenoje.

Taigi vertinant paslaugų kokybę, galima naudoti du EKG fiziologinio signalo parametrus (kriterijus) – širdies ritmą ir širdies ritmo kitimą.

Fizinės EKG matuoklio realizacijos principinė schema pateikta 3 pav., kurios pagrindą sudaro instrumentinis stiprintuvas AD620N.

Odos temperatūra keičiasi dėl kraujotakos sistemos pokyčių: kraujagyslių pasipriešinimo ar arterinio kraujospūdžio pasikeitimų, kuriuos reguliuoja autonominė nervų sistema. Tyrimais yra įrodyta, jog odos temperatūra skirtingose kūno vietose kinta skirtingai, priklausomai nuo emocinės reakcijos į stimulą. Pavyzdžiui, odos temperatūra smilkinių srityje didėja patiriant neigiamas emocijas ir mažėja esant teigiamoms emocijoms. Pirštų temperatūros, priešingai negu smilkinių srityje, didėjimas susijęs su teigiamomis emocijomis, mažėjimas – su neigiamomis. Todėl temperatūrą galima laikyti kaip gana reikšmingą kriterijų vertinant žmogaus reakciją į aplinkos pokyčius.

Fiziologinių signalų reikšmingumas pagrįstas parametru interpretavimu, nes tik nuo interpretavimo metodų ir kokybės priklauso jų panaudojimo galimybės. Esminė funkcija, kurią turėtų atlikti robotas ar informacinė sistema paslaugų kokybės vertinimo koncepcijoje – tai interpretuoti duomenis. Šiuo atveju interpretavimas reikštų fiziologinių signalų parametru transformavimą į žmogaus būseną nusakančias klases.



Žmogaus emocinės būsenos dažniausiai interpretuojamos pagal vieną iš šių dviejų modelių: Ekman modelis, kuris apibrėžia šešias diskrečias būsenas (piktas, pasišlykštėjęs, išsigandęs, laimingas, liūdnas, nustebeš) ir Russell [15] pasiūlyta malonumo – susijaudinimo erdvė.

Mokslininkai, kurie remiasi Ekman [8] modeliu, laikosi nuostatos, jog žmogaus būseną nusako aštuonios arba devynios pagrindinės emocijų klasės (nustebeš, laimingas, ramus, mieguistas, liūdnas, pasišlykštėjęs, piktas, išsigandęs, neutralus), o bet kokia kita emocinė būseną (pavargęs, nusivylęs, apstulbęs ir pan.) traktuojama kaip pagrindinių emocijų būsenų klasių poaibis.

Russell pasiūlytas emocijų būsenų klasifikavimo modelis remiasi požiūriu į emocijas kaip į tam tikrą susijaudinimo ir malonumo laipsnį. Tokiu būdu, bet kurią emocinę būseną galima pateikti dvimatėje erdvėje susijaudinimo ir malonumo atžvilgiu.

Daugybė metodų yra taikoma fiziologiniams parametrų interpretuoti. Didžioji dalis šių metodų priskiriama mašininio mokymo bei šablonų aptikimo sričiai. Tai būtent: k artimiausių kaimynų klasifikatorius (angl. k-nearest neighbours – KNN), funkcinė diskriminantinė analizė (angl. functional discriminant analysis – FDA), neuroniniai tinklai, atraminių vektorių mašinos (angl. support vector machines – SVM), miglotoji logika (angl. fuzzy logic), įvairūs regresinės analizės metodai ir kt. Svarbiausias uždavinys, naudojant šiuos metodus, yra pasiekti kuo didesnę koreliaciją tarp gautos interpretacijos ir tikrosios žmogaus reakcijos į aplinkos pokyčius, t. y. kuo tiksliau įvertinti žmogaus fiziologinę būseną.

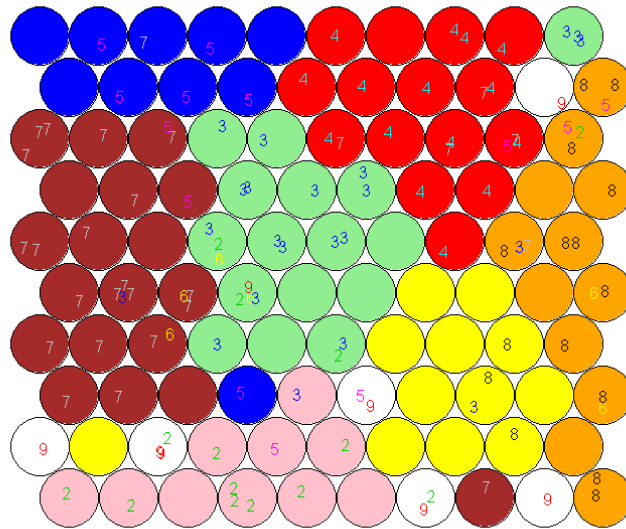
Darbai su neuroniniais tinklais galima naudoti R statistinį paketą (su papildomais kohonen ir AMORE paketais). Darbai su neuroniniais tinklais naudojami 4 OGR parametrai.

Formuojant dirbtinio neuroninio tinklo (DNT) mokymo aibę, neišvengiamai susiduriama su „mokytojo triukšmu“. Šis reiškinys atsiranda dėl sužymėjimo klaidų – kai mokymo egzemplioriui priskiriama klaidinga klasė. Konkrečiai šiuo atveju kartais būna sunku įvertinti realią emocinę būseną dėl jų persidengiamumo. Pavyzdžiui, sunku pasirinkti, kurioje būsenoje esama – ar labiau ramus ar mieguistas, ar ramus, ar liūdnas ir pan. Šiai problemai spręsti pabandydysime panaudoti savaime susitvarkančius žemėlapius SOM, kurie iš naujo sudarydami duomenų imties klasterius turėtų pašalinti sužymėjimo klaidas („mokytojo triukšmą“).

Taigi, SOM tinklui mokyti bus naudojamas neprižiūrimas mokymas, kuris duomenų imtyje ieško natūralių panašumų. Šiuo atveju SOM'as R^4 erdvės įėjimo duomenis paskirsto į dvimatį neuronų masyvą. Kiekvienas neuronas turi taip pat keturmatį savo svorių vektorių.



R aplinkoje yra keletas paketų, kurie leidžia dirbti su SOM neuroniniais tinklais: „kohonen“, „som“, „wccsom“ ir kt.



6 pav. Fiziologinių parametų klasterizavimas naudojant SOM

6 pav. pavaizduotas 10x10 neuronų SOM tinklas, kurio kiekvienas neuronas turi keturmatį svorių vektorių, atitinkantį 4 OGR kriterijus. Paveiksle pavaizduoti skaičiai nusako mokymo imties egzempliorių klasę (alternatyvos numerį), o skirtingos spalvos rodo, kaip tinklas suskirstė klases (alternatyvas) pagal OGR parametų (kriterijų) panašumą. SOM'o neuronai yra sugrupuojami pagal panašumą (atstumą), todėl mokymas kiekvienoje iteracijoje matuojamas vidutiniu atstumu (kurį ir reikia minimizuoti) iki artimiausio neurono.

Nors ir buvo naudojamas neprižiūrimas mokymasis SOM neuroniniam tinklui, tačiau turėdami pradinį duomenis su nurodyta klase, galime įvertinti kiek skiriasi pradiniai duomenys nuo SOM'o gautų duomenų. Klasterizavimo tikslumas lyginant su mokymo imtimi gali būti įvertintas pagal šią formulę:

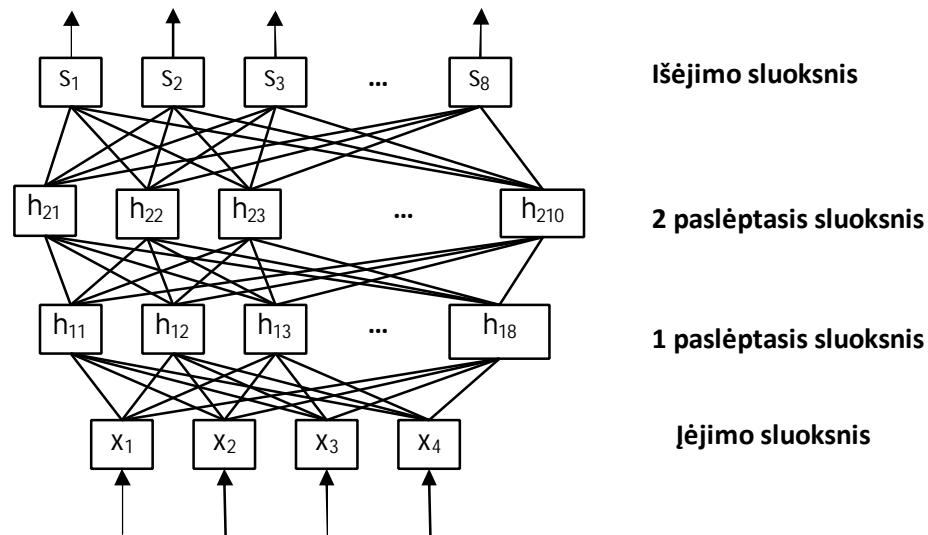
$$A(h|X) = \frac{\sum_{i=1}^N h(x^i) = r^i}{N} \cdot 100\% \quad (13)$$

Čia, $h(x)$ hipotezė, kad x bus priskirtas į atitinkamą klasę, r^i – eksperto nusakyta klasė, N – klasifikuojamų įrašų imties dydis. $h(x^i) = r^i$ lygus 1, kai x^i priskiriamas r^i klasei ir lygus 0 kitu atveju.

Sprendimų priėmimui naudosime daugiasluksnį perceptroną, kurio įėjimo sluoksnį sudarys 4 neuronai, atitinkantys 4 OGR parametrus (OGR kriterijus), o išėjimo sluoksnyje 8 neuromocines būsenas (alternatyvos). Šiuo atveju neuroninis tinklas spręš klasifikavimo u.

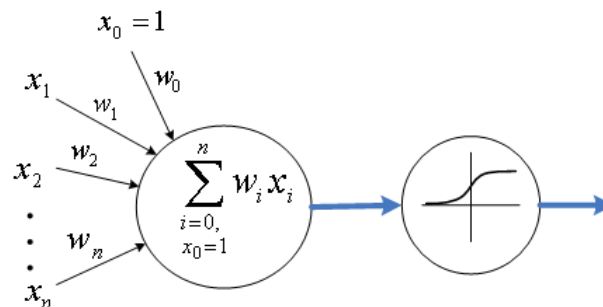


vektorius X atitiks n -tąją klasę, tada, kai n -tasis išėjimo sluoksnio neuronas įgis didžiausią reikšmę, lyginant su kitais išėjimo sluoksnio neuronais.



7 pav. DSP topologija

Pagrindinis DNT elementas yra perceptronas – paprasčiausias biologinio neurono matematinis modelis. Šis modelis susideda iš daugelio įėjimų, kurie yra susumuojami padauginus juos iš tam tikrų, svoriais vadinamų, koeficientų. Gauta suma paduodama į netiesinį išėjime esantį elementą (aktyvavimo funkcija), kurio išėjimo signalas lygus ar artimas nuliui arba artimas vienetui, priklausomai nuo sumavimo metu gauto signalo dydžio (8 pav.).



8 pav. Perceptrono sandaros schema

Šiam uždaviniui spręsti naudojami 2 paslėpti sluoksniai, atitinkamai 8 ir 10 neuronų pirmajame ir antrajame paslėptuose sluoksnuose (gauta mažiausia klasifikavimo paklaida, greitesnis konvergavimas). Paslėptųjų sluoksnių neuronų perėjimo funkcija naudojama tangentinė sigmoidinė, o išėjimo sluoksnyje – sigmoidinė.

Neuroninio tinklo apmokymui ir klasifikavimo tikslumui įvertinti, atliksime 10 kartu 5 dalių kryžmine patikrą. Kryžminės patikros privalumas yra tas, kad visa duomenų imtis panaudojan testavimui. Be to, išvengiama atsitiktinai optimalus (mažiausia paklaida) neuroninio ti



2.3 Šildymo, vėsinimo, vėdinimo, šiluminių procesų matematinis aprašymas

Vandens šildymo prietaisas yra objektas, kurio veikimą galima apibūdinti trimis dydžiais: šilumnešio įėjimas, šilumnešio išėjimas, šilumos atidavimas. Šilumos atidavimą aplinkai galima paskaičiuoti pagal formulę (14)[9]:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (14)$$

čia, U šildymo prietaiso šilumos perdavimo koeficientas; ΔT – temperatūrų skirtumas; A šildymo prietaiso paviršiaus plotas.

Koeficiento U naudojimas reiškia tai, kad šilumos perdavimo procesas, tarp šilumos nešėjo šildymo prietaise ir aplinkos oro, yra sudėtingas. Į jį įeina visi trys šilumos perdavimo būdai: laidumas, perdavimas ir konvekcija. Į (14) įeinančių dydžių reikšmės nustatomos iš išraiškų, kurios suriša standartinį šilumos prietaiso darbo režimą su einamu:

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (15)$$

čia, T_1 įeinančio šilumos nešėjo temperatūra; T_2 – išeinančio šilumos nešėjo temperatūra; T_{in} aplinkos supančio šildymo prietaisą temperatūra.

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (16)$$

čia, m koeficientas įvertinantis šilumos nešėjo kryptį; n, p – eksperimentiškai nustatyti koeficientai priklausantys nuo šildymo prietaiso tipo; ΔT – standartinis temperatūrų skirtumas (paprastai 50 – 60 °).

$$m = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (17)$$

čia, G – šilumos nešėjo per šildymo prietaisą kiekis; G_n - šilumos nešėjo kiekis per šildymo prietaisą standartiniame režime (paprastai 0,1 kg/s).

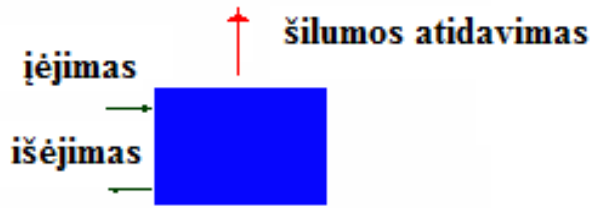
pateiktas matematinis modelis atspindi šildymo prietaiso darbą visame darbo diapazone. Šio modelio trukumas yra inercijos nepaisymas. $U \cdot A$ reikšmė galima rasti eksperimentiniu būdu, taip pat ir skaičiavimo būdu.

Hidrauliniai nuostoliai nustatomi pagal formulę:

$$\Delta P = S \cdot G^2 \quad (18)$$

čia, S – hidraulinis pasipriešinimas.





9 pav. šildymo prietaiso struktūra

Patalpų šiluminio režimo matematiniai modeliai skirti naudojimui automatinio valdymo sistemose, palyginus su modeliais, naudojamais projektavime, turi tam tikrus skirtumus. Sudarant matematinį modelį, automatinio valdymo sistemai būtina užtikrinti aukštą tikslumą, tik tai gali užtikrinti šilumos režimo valdymo tikslumą. Taip pat reikia paisyti apribojimus mikrovaldiklio programai dėl skaičiavimo apimties ir skaičiavimų laiko. Šių sąlygų vykdymas priverčia atsisakyti universalus matematinio modelio ir bandyti sukurti specializuotą modelį. Toks modelis leidžia sumažinti skaičiavimų kiekį ir nesumažinti šiluminio modeliavimo tikslumą.

Siekiant supaprastinti šilumos procesų patalpoje matematinį modelį, reikia sumažinti nepriklausomų kintamųjų skaičių (automatinio valdymo sistemoje tai įėjimo parametrai) pervedant juos į fiksuotus parametrus, valdymo sistemai skirtame modelyje galima išbraukti parametrus, susijusius su patalpos geometriniais dydžiais, konstrukcijų termodinaminėmis savybėmis.

Šiluminio režimo aukštesnio modeliavimo tikslumo galima siekti naudojant eksperimentinius duomenis. Eksperimentiniai duomenys įvedami kaip charakteristikų parametrai. Didelę reikšmę turi duomenų, susijusių su aptvarų šiluminės akumuliacijos charakteristikomis, šilumos apykaitos koeficientais. Tikslus matematinio modelio pasiekimui reikia eksperimentiškai įvertinti atskirų dedamųjų poveikį, šiluminiam patalpos balansui.

Patalpos šiluminių režimų modelis susideda iš dviejų lygčių sistemos: vidaus oro šilumos balanso lygties ir patalpos oro balanso lygties (19) [16]:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} + Q_{17} + Q_{18} + Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} + Q_{26} + Q_{27} + Q_{28} + Q_{29} + Q_{30} + Q_{31} + Q_{32} + Q_{33} + Q_{34} + Q_{35} + Q_{36} + Q_{37} + Q_{38} + Q_{39} + Q_{40} + Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44} + Q_{45} + Q_{46} + Q_{47} + Q_{48} + Q_{49} + Q_{50} + Q_{51} + Q_{52} + Q_{53} + Q_{54} + Q_{55} + Q_{56} + Q_{57} + Q_{58} + Q_{59} + Q_{60} + Q_{61} + Q_{62} + Q_{63} + Q_{64} + Q_{65} + Q_{66} + Q_{67} + Q_{68} + Q_{69} + Q_{70} + Q_{71} + Q_{72} + Q_{73} + Q_{74} + Q_{75} + Q_{76} + Q_{77} + Q_{78} + Q_{79} + Q_{80} + Q_{81} + Q_{82} + Q_{83} + Q_{84} + Q_{85} + Q_{86} + Q_{87} + Q_{88} + Q_{89} + Q_{90} + Q_{91} + Q_{92} + Q_{93} + Q_{94} + Q_{95} + Q_{96} + Q_{97} + Q_{98} + Q_{99} + Q_{100} = 0 \end{aligned} \quad (19)$$

čia Q_i – konvektyvi šiluma perduodama vidaus orui nuo konstrukcijų, besiliečiančių su oru paviršių; Q_j – konvektyvi šiluma perduodama orui nuo šildymo prietaisų; M_i – oro srautai tarp pertvarų (eksfiltracija ir infiltracija); M_j – oro srautas tiesiogiai perduodamas patalpai arba pašalinamas iš jos.

Šilumos kiekis, kurį būtina pateikti į patalpą, kad būtų užtikrintas reikalingas šil

$$Q_{\text{reik}} = Q_{\text{konv}} + Q_{\text{rad}} + Q_{\text{vent}} = (\dots) = \frac{8: < .}{.} . - ,$$



čia Q_{enq} – šilumos nuostoliai per pertvaras dėl šilumos laidumo, W; Q_f – šilumos nuostoliai dėl infiltracijos, $Q_{\text{in H}}$ - vidaus šilumos išsiskyrimas, W; Q_{sum} – šilumos nuostolių suma, W; μ - infiltracijos koeficientas.

Vidaus šilumos išsiskyrimas susideda iš:

$$= \dots + \dots + \dots + 246 + \dots \quad (21)$$

čia Q_{emp} – šiluma išskiriama žmonių esančių patalpoje, W; Q_{eq} – šiluma išskiriama komunikacijų ir įrenginių paviršių, W; Q_{el} - šiluma išskiriama elektros įrenginių, W; Q_{mat} - šiluma išskiriama įkaitusių medžiagų, W; Q_{th} – saulės radiacijos šiluma, W; Q_{tech} – šiluma išsiskirianti nuo technologinių procesų.

Technologiniai procesai gali lemti ne tik šilumos išsiskyrimą bet ir šilumos nuostolius, tada šias dedamąsias reikia įvertinti su minuso ženklu.

Šilumos kiekis eikvojamas ventiliacijai:

$$\dots = \dots \cdot 244 \cdot 8 \dots \quad (22)$$

čia G_{inf} – ateinančio oro masė, kg/val; C_{inf} – oro specifinė šiluma, Wh/kg°C; T_{inf} , T_0 – ateinančio ir lauko oro temperatūra, °C.

Ateinančio oro temperatūra apskaičiuojama pagal:

$$= \dots + \dots \quad (23)$$

čia Q_{inf} - šilumos kiekis kompensuojamas šildymo sistemos, W; T_{leav} – išeinančio iš patalpos oro temperatūra, °C.

Ateinančio į patalpą oro kiekis nustatomas pagal (24):

$$= \dots + \dots \quad (24)$$

čia V patalpos turis, m³; ρ – oro tankis kg/m³; λ_v – oro pasikeitimo dažnis, h⁻¹; G_{inf} – išorės oro masė patenkanti į patalpą dėl infiltracijos, kg/h.

$$\dots = 6 \dots \quad (25)$$

$G_{\text{inf } i}$ + oro masė infiltruojama per i – jį pastato konstrukcijos elementą.

$$\dots = 0, \dots > 0 \quad (26)$$

$$= \dots \quad (27)$$

F_i – i – osios patalpos konstrukcijos plotis, m²; K_{Fi} – oro įsiskverbimo koeficientas nustatomas eksperimentiškai, n – rodiklis, nustatomas eksperimentiškai.

$$= \dots + \dots \cdot \frac{246}{8} - \dots + \dots$$



P_0, P_r – išorės ir vidaus spaudimas patalpos lygyje, Pa; B_i koeficientas priklausantis nuo i – ojo elemento aukščio ir nuo oro temperatūros pasiskirstymo viduje priklausomai nuo aukščio; T_R, T_0 – vidaus oro temperatūra ir išorės oro temperatūra, °K, $W_i = a_i V_0^2$; a_i – koeficientas priklausantis nuo i – ojos konstrukcijos išdėstymo ir aerodinamikos; V_0 – oro greitis, m/s.

$$O_2 = \frac{6g}{\dots} \quad (29)$$

Formulėse 25 – 29 visi parametrai, išskyrus P_{er} , užduodami, P_r išskaičiuojama iš oro masės balanso lygties:

$$O_{22} + 6\dot{g}_{88} = \dots \quad (30)$$

čia G_{leav} oro išeinančio iš patalpos masė, kg/h, apskaičiuojama pagal formulę:

$$\dots = \dots + 2 \dots 4\dot{g}_{668} \quad (31)$$

G_{loc} – oro masė prasiskverbianti pro konstrukcijas; G_{vent} – oro masė išeinanti per ventiliacijos sistemą; G_{infi} – oro paliekančio patalpą per i – ajį konstrukcijos elementą masė.

$$\dots = 0, \quad 0$$

$$\dots = (*, (O_2 \cdot 6g)^{\dots}, \quad > 0 \quad (32)$$

Tam, kad nustatyti P_r panaudojama šia lygtimi:

$$4 \dots 6g_{88} = \dots + \dots - \dots \quad (33)$$

čia:

$$\dots (* = -O_2, (8 \cdot \dots)^{\dots}, \quad < 0$$

$$\dots = 0, \dots, \dots = 0 \quad (34)$$

$$\dots = \dots, (\dots)^{\dots}, \dots > 0$$

Lygties (33) sprendimui įvedamas naujas kintamasis $x = P_r/P_0$, po to (34) perrašoma:

$$= \dots, (\dots - \dots) \cdot \frac{O_2 \dot{g}}{4g}, \quad - \dots < 0$$

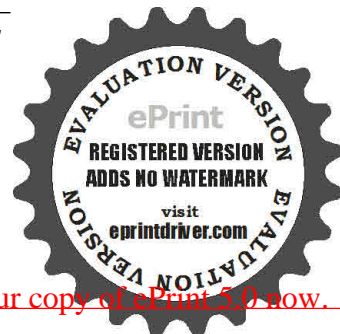
$$\dots (* = 0, 2226g - \dots = 0 \quad (34)$$

$$= \dots, \dots (-O_2 \cdot 6g) \cdot \dots, \quad - \dots > 0$$

čia $\dots = 2_4 + 8 \cdot \dots + \dots = \dots + \dots \cdot \dots$, po pasikeitimu lygtis (33) atrodo:

$$2 \dots 44468 \dots - \dots - \dots \cdot \dots - 2_4 \cdot 8 \cdot \dots + \dots - \dots$$

$$= 0,$$



čia – Hevisaido funkcija.

Formulė (35) sunki sprendimui, tačiau sprendimo sritis pakankamai nedidelė ($1 < x < 1,01$), tai leidžia jį spręsti iteracijų metodu.

Didžiausias laiko praradimas skaičiuojant nestacionarius šiluminius režimus, susijęs su išorinių konstrukcijų šilumos laidumo skaičiavimu. Skaičiuojant matematinį modelį išorinių konstrukcijų ribinės reikšmės susideda iš laisvai besikeičiančių klimato parametrų. Tai sąlygoja išorinių konstrukcijų šilumos laidumo sprendimui naudoti skaitinius metodus. Nepaisant to, kad bendrame sprendime naudojamos tik patalpos konstrukcijų vidaus paviršiaus temperatūros reikšmės ir šilumos srautas per jas, šilumos laidumo lygtis reikia spręsti kiekvienam laiko momentui. Lengviausias būdas paskaičiuoti konstrukcijų vidinio paviršiaus temperatūrą ir šilumos srautą per jas yra pavaizduoti, jas kaip kriterijinių lygčių dydžius vienetiniam šilumos poveikiui ir jas išspręsti Diuamelio integralo pagalba.

2.4 Neraiškiosios logikos valdiklio taikymas mikroklimato uždaviniams spręsti

Blokinė schema pavaizduota 10 pav. aprašo adaptyvųjį neraiškiosios logikos neuroninių tinklų valdiklį, skirtą daugiagentei mikroklimato sistemai. Pateikta struktūra sugeba adaptuotis prie netiesinių dinaminių mikroklimato sistemos vykdymo įtaisų, valdymo procesų ir išorinių trikdžių, užtikrina stabiliąją vykdymo įtaisų maitinimo įtampą [14].

. Valdymo sistemos jutikliai nuskaito skirtingus mikroklimato ir apšvietimo parametrus: patalpos temperatūrą $t(k)$, apšviestumą $E(k)$, drėgnumą $RH(k)$ ventiliuojamo oro greitą $v_a(k)$. Priklausomai nuo mikroklimato, apšvietimo užduoties, nustatytos adaptyviosios valdymo sistemos, vykdymo įtaisai maitinami skirtingos reikšmės reguliuojama įtampa. Priklausomai nuo kontroliuojamo mikroklimato parametro laiko momentu k , skirtingiems sistemos agentams nustatytas skirtingas darbo režimas, kurį nusako jų maitinimo reguliuojama įtampa. Skirtumas tarp užduotos įtampos reikšmės ir įtampos tikrosios reikšmės išreikštas per paklaidą $e(k)$ ir paklaidos pokytį $\Delta e(k)$.

Vykdymo įtaisų maitinimo įtampos reikšmės laiko momentu k gali keistis nuo tam tikros reikšmės $U(k)_{\min}$ iki tam tikros reikšmės $U(k)_{\max}$. Tada vykdymo įtaiso maitinimo įtampos paklaida laiko momentu k , $e(k)$ bus:

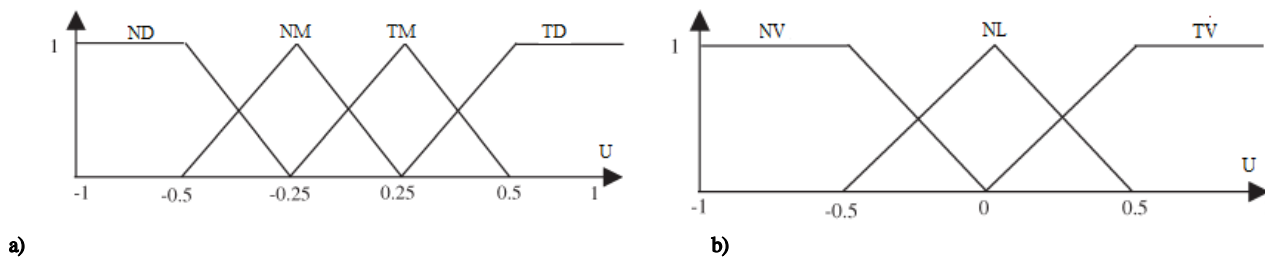
$$e(k) = U_0(k) - U(k) \quad (36)$$

čia $U_0(k)$ – užduota parametro reikšmė; $U(k)$ – tikroji parametro reikšmė.

Vykdymo įtaiso maitinimo įtampos paklaidos pokytis laiko momentu k , $\Delta e(k)$ bus:



nustatytos reikšmės $e(k)=y_0(k)-y(k)$ gali būti apibūdintas kaip neigiamas didelis ND =A1, neigiamas mažas NM = A2, teigiamas mažas TM = A3, teigiamas didelis TD =A4.



11 pav. Paklaidos $e(k)$ jos pokyčio $\Delta e(k)$ atstovavimo funkcijos

Paklaidos pokytis gali būti išreikštas trejomis atstovavimo funkcijomis: neigiama vidutinė NV = B1, nulinė N = B2 ir teigiama vidutinė TV = B3.

Svoriai tarp įėjimo ir atstovavimo sluoksnių yra lygūs vienetui. Neurono $j = 1, 2, 3, 4$ išėjimas $i = 1$ įėjimui ir neurono $j = 1, 2, 3$ antrojo $i = 2$ sluoksnio įėjimui gali būti taip skaičiuojamas: teigiamam trikampio nuolydžiui, jei $X_i \geq a_j$ ir $X_i \leq b_j$,

$$O_{2j} = (X_i - a_j)/(b_j - a_j), \quad (39)$$

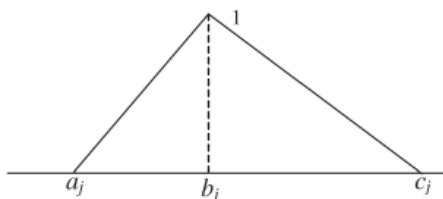
čia X_i yra i -sis įėjimo į antrojo sluoksnio neuroną kintamasis; b_j ir c_j yra 2-jo sluoksnio j -tosios trikampės atstovavimo funkcijos kampų koordinatės.

Kitaip, esant neigiamam nuolydžiui, jeigu $X_i \geq b_j$ ir $X_i \leq c_j$:

$$O_{2j} = (X_i - c_j)/(b_j - c_j), \quad (40)$$

čia c_j yra 2-jo sluoksnio j -tosios trikampės atstovavimo funkcijos kampų koordinatės.

Kiekvienas 10 a pav. trečiojo taisyklių sluoksnio mazgas sudaugina įeinančius signalus ir išveda jų sandaugos rezultata, kaip neraiškiojo valdymo taisyklę. Kiekvienas trečiojo sluoksnio mazgas priima vieną įėjimą iš A1–A4 antrojo sluoksnio mazgų ir kitą įėjimą – iš B1–B3 antrojo sluoksnio mazgų. A1–A4 mazgai išreiškia maitinimo įtampos paklaidos atstovavimo reikšmes, o B1–B3 mazgai išreiškia maitinimo įtampos paklaidos prieauglio atstovavimo reikšmes.



12 pav. Trikampė atstovavimo funkcija



Tuo būdu, trečiajame taisyklių sluoksnyje yra sukurta 12 mazgų neraiškiųjų taisyklių žinių bazė dviem įėjimo kintamiesiems, keturiais lingvistiniais kintamaisiais atstovaujamiems įtampos paklaidos $e(k)$ reikšmes ir trimis lingvistiniais kintamaisiais atstovaujamiems įtampos pokyčio $\Delta e(k)$ reikšmes. Kiekvienas trečiojo sluoksnio mazgo k išėjimas, išreiškiantis k -tosios iš 12 taisyklių įvykdymo galią - antecedentą, yra skaičiuojamas kaip:

$$O_{3k} = W_{3jk} * y_{3j} \quad (41)$$

čia y_{3j} atstovauja j -ąjį įėjimą į 3-jį sluoksnį, o svoris $W_{3jk} = 1$. Išėjimo atstovavimo sluoksnio neuronai sukuria neraiškiasias aibes, kurios yra naudojamos kaip neraiškiųjų taisyklių konsekventai. Kiekvienas išėjimo atstovavimo neuronas priima po du įėjimus - vieną iš paklaidos $e(k)$ grupės, o kitą – iš paklaidos prieauglio $\Delta e(k)$ grupės ir sujungia juos neraiškiaja sąjungos operacija pagal maksimumo funkciją. Ketvirtasis sluoksnis veikia pasinaudodamas trečiojo sluoksnio išėjimais O_{3k} , padaugintais iš jungiančiųjų svorių W_{km} . Jo išėjimai:

$$O_{4m} = \max (O_{3k} * W_{km}) \quad (42)$$

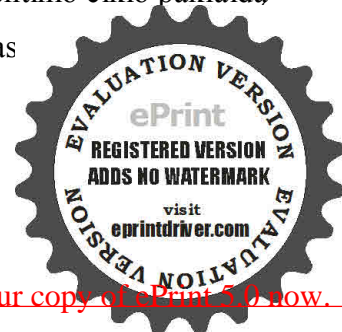
čia skaičius k priklauso nuo jungčių iš 3 sluoksnio į atitinkamą m -ąjį 4 sluoksnio išėjimą; W_{km} jungties svoris yra m -tojo išėjimo, susietojo su k -ąja taisykle, poveikio laipsnis. Šis sluoksnis įtakoja į sistemos stabilumą ir valdymo kokybę. 5 sluoksnis yra išėjimo sluoksnis, veikiantis kaip išraiškintojas (angl. defuzzifier). Vienintelis penktojo sluoksnio mazgas surenka išėjimo neraiškiasias aibes, pagal jų integruotas galias iš 4-tojo sluoksnio ir jas sujungia į vieną neraiškiają aibę. Neuroninės neraiškiosios sistemos išėjimas yra tikrasis dydis (angl. crisp), todėl pertvarkytoji neraiškioji (angl. fuzzy) išėjimo aibė turi būti išraiškinta (angl. defuzzified). Tam buvo panaudotas sumos-sandaugos kompozicijos metodas, skaičiuojantis išraiškintąjį išėjimą kaip vėžio formos darinių (angl. cancrroids) pasvertąjį vidurkį nuo visų išėjimo atstovavimo funkcijų:

$$O_{5o} = \text{Sum}(O_{4m} * a_{cm} * b_{cm}) / \text{Sum}(O_{4m} * b_{cm}) \quad (9)$$

čia a_{cm} ir b_{cm} visiems $m = 1, \dots, 5$ yra atitinkamai išėjimo neraiškiųjų aibių centrai ir pločiai.

Dydžių b_{cm} vertės yra lygios vienetui. Toks normuotasis išėjimas atitinka valdymo signalo poveikio procentinį ciklą, kurį ATmega32 mikrovaldiklis turi generuoti vykdomo įtaisų darbo režimus, maitinimo įtampos pastoviai vertei palaikyti. Jungčių tarp trečio ir ketvirto sluoksnio svoriai W_{km} buvo išreniruoti panaudojant atbulinės sklaidos neuroninį tinklą. Neuroninio tinkle svoriai buvo treniruojami atskirai nuo valdymo proceso, pasinaudojant R-programine aplinka pagal tokį algoritmą:

1 žingsnis: ATmega32 mikrovaldikliui paskaičiuoti valdymo signalo poveikio procentinio ciklo paklaida $E_o = T_o - O_5$, čia E_o , T_o , ir O_5 atitinkamai yra išėjimo paklaida, tikslo valdymo signalas signalas;



2 žingsnis: paskaičiuoti paklaidos gradientą $\delta_m = (T_o - O_{5o}) * (\text{Sum}(O_{4j}(a_{cm} - a_{cj}) \text{ visiems } j = 1 \text{ iki } m-1, (j < m) / \text{Sum}(O_{4j} \text{ visiems } j = 1 \text{ iki } m) * 2$, čia a_{cm} ir b_{cm} visiems $m = 1, \dots, 5$ yra atitinkamai išėjimo neraiškiųjų aibių centrai ir pločiai;

3 žingsnis: paskaičiuoti svorio korekciją $\Delta_{wkm} = \eta \delta_m O_{3k}$ mokymo spartos padidinimui, pasinaudojant Sejnowski – Rosenberg atnaujinimo algoritmu, įvertinančiu praeities svorių efektą ir judėjimo duotąją kryptį svorių erdvėje, skaičiuojant $\Delta_{wkm}(t) = \eta(1 - \alpha)\delta_m O_{3m} + \alpha\Delta_{wkm}(t - 1)$, čia α yra glodinimo koeficientas, kintantis nuo 0 iki 1,0, o η yra mokymosi sparta;

4 žingsnis: atnaujinti svorius $w_{km}(t + 1) = w_{km}(t) + \Delta_{wkm}(t)$, čia t yra iteracijos numeris. Svoriai, siejantieji taisyklių sluoksnį ir išėjimo atstovavimo sluoksnį, yra treniruojami sistemos dinamikos stabilizavimui ir pulsacijų apie darbo tašką minimizavimui.

2.5 Eksperimentinio stendo aprašymas ir eksperimento eiga.

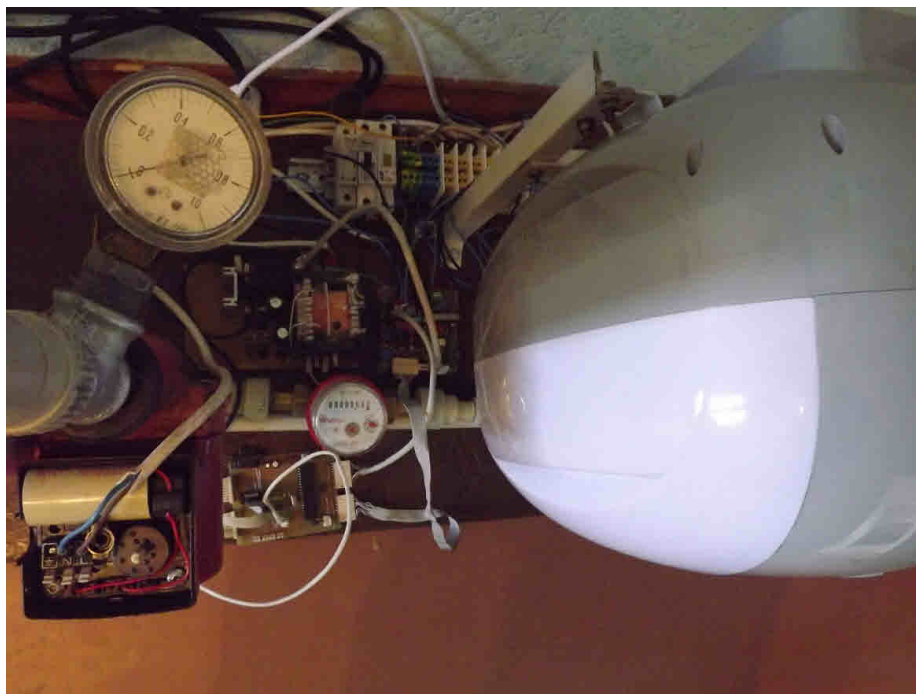
Sukurtas stendas yra minimizuotas tikro mastelio šildymo sistemos maketas, savo sudėtyje turi visus pagrindinius šildymo sistemos elementus, leidžiančius imituoti šildymo sistemoje vykstančius procesus ir stebėti poveikį visai šildymo sistemai valdant vykdomo agentą – cirkuliacinį siurbį. Šiluminiams procesams imituoti naudojamas šilumos generatorius – elektrinis vandens kaitintuvas ET EWH-10. Cirkuliacinis siurblys Grundfoss 25-30 180 įrengtas šilumos nešėjo cirkuliacijai, šiluminės energijos į sistemą dozavimui. Hidraulinių procesų stebėjimui įrengtas vandens skaitiklis. Šilumos generatoriaus sukurtos šiluminės energijos perdavimui aplinkai stende įrengtas radiatorius. Kadangi sistemoje yra įrengtas siurblys, vyksta šiluminis skysčio išsiplėtimas, susidarius nestandartinei situacijai gali sukilti spaudimas, tam tikslui, po siurblio išėjimo įrengtas monometras. Šilumos atidavimo procesams paspartinti eksperimentiniais tikslais, sistemos trikdžio imitavimui įrengtas bešepetėlis nuolatinės srovės variklio varomas ventiliatorius. Ventiliatorius taip pat gali būti naudojamas bešepetėlių variklių valdymo sistemos darbui nagrinėti, pritaikant juos ventiliacijos sistemoje. Stendo elementai sujungti tarpusavyje vamzdžių sistema, kuri naudojama hidraulinėms nuostoliams imituoti.

Stendo elementų techninių savybių aprašymas pateiktas lentelėje 1.



Lentelė Nr. 1 Eksperimentinio stendo elementų techniniai duomenys

Cirkuliacinis siurblys	Vandens kaitintuvas	Radiatorius	Ventiliatorius	Vandens skaitiklis	Monometras
1	2	3	4	5	6
„Grundfoss“ UPS 25-30-180 $I_1=0,10A$, $I_2=0,16A$, $I_3=0,24A$, $P_1=25W$, $P_2=40W$, $P_3=55W$ Spaudymas 10 bar, $U=220V$, Pagalbinės apvijos kondensatorius $2\mu F$, Veikimo temperatūra $110^\circ C$, Saugumo klasė IP44	ET-EWH-10-0 Didžiausia temperatūra $90^\circ C$. Spaudymas 0,8 MPa, $I=6,8A$. Talpa 10 l. $P=1500W$.	„Purmo“ $0,6 \times 0,5$ m. Spaudimas 10 bar. Temperatūra $110^\circ C$. $S_{pav}=1,44\text{ m}^2$ $q_{nom}=712\text{ W/m}^2$, $G=0,018-0,025\text{ kg/s}$	„Papst“ 6224 N $24V$, 750 mA , $18W$. $V=3400\text{ m}^{-1}$, $Q=410\text{ m}^3/h$	„Wehrle“ Standartas LT 1-397 96 Tikslumas $0,0001\text{ m}^3$, Didžiausia temp. $90^\circ C$.	Matavimo ribos 0-1 Mpa.

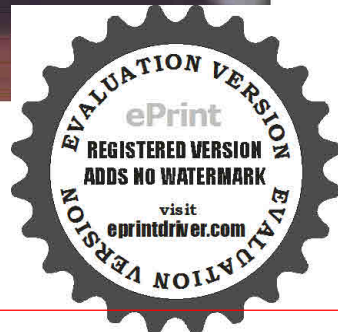


13 pav. Eksperimentinio stendo valdymo mazgas





14. pav. Šildymo sistemos eksperimentinis standas



Pasitelkus šildymo sistemos stendą ir kitą įrangą, buvo atlikti keli eksperimentai:

1. Buvo nustatyta cirkuliacinio siurblio charakteristika, valdant jį išmanaus galios reguliatoriaus pagalba. Buvo paskaičiuota kiek vandens perpumpuoja cirkuliacinis siurblys keičiant jo greitį, išmanaus galios reguliatoriaus pagalba.

2. Buvo atliktas išsamus išmanaus galios reguliatoriaus energetinis tyrimas, tinklo analizatoriaus Chauvin Arnoux (15 pav.). pagalba. Buvo nuimami įtampos, srovės parodymai, įtampos, srovės aukštesnių harmonikų lygiai, $\cos \varphi$, pilnoji galia, reaktyvioji galia, tikroji galia.

3. Buvo atliktas šiluminių procesų vykstančių šildymo sistemoje termovizinis tyrimas. Buvo stebėta, kokie procesai vyksta priklausomai nuo cirkuliacinio siurblio sukimosi greičio, taip pat buvo keičiamas šilumos srautas iš šilumos generatoriaus. Eksperimento metu buvo matuojamas šilumos nešėjo kiekis, praeinantis per radiatorių, laikas, elektros energija, suvartota cirkuliacinio siurblio.



15 Pav. Tinklo analizatorius CA 8335



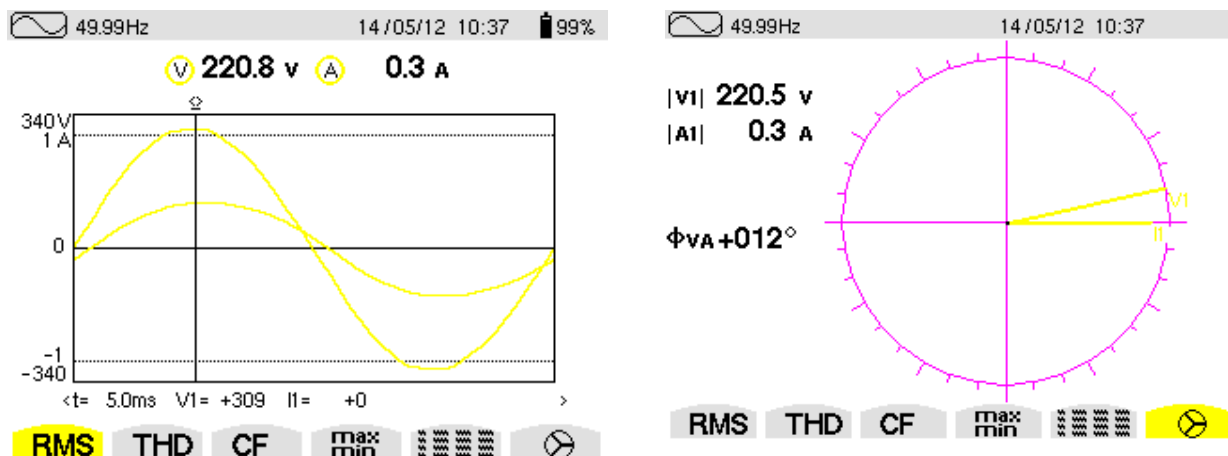
3. EKSPERIMENTIŲ TIRIAMOJI DALIS

3.1 Cirkuliacinio siurblio charakteristikos tyrimas keičiant jo greitį IGK pagalba

Lentelė Nr. 2

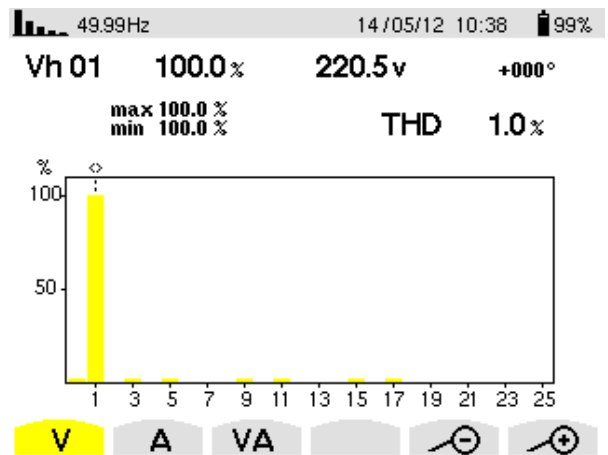
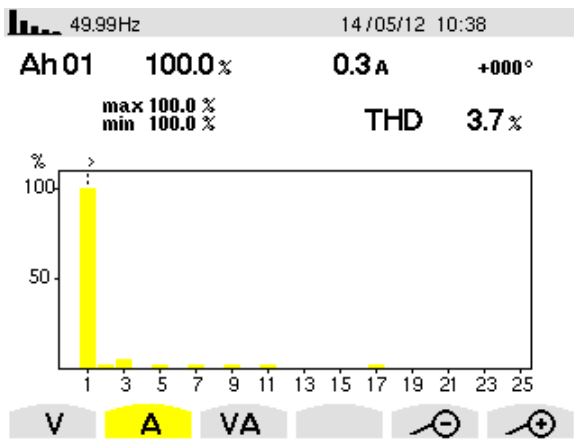
IGK nustatytas režimas	Galia, W	Perpumpuoto vandens kiekis, l	Laikas, m	Elektros energijos sąnaudos, Wh	Vandens greitis, l/s
90%	62,5	50	14,43	14,60	0,056
80%	61,0	31	09,02	9,15	0,057
70%	59,3	30	08,35	8,41	0,058
60%	57,0	30	08,29	8,08	0,058
50%	54,0	30	08,30	7,65	0,058
40%	53,3	30	08,05	7,10	0,061
30%	48,8	34	10,33	8,13	0,053
20%	44,3	40	08,06	5,90	0,082

3.2 IGK valdomo cirkuliacinio siurblio energetinis tyrimas

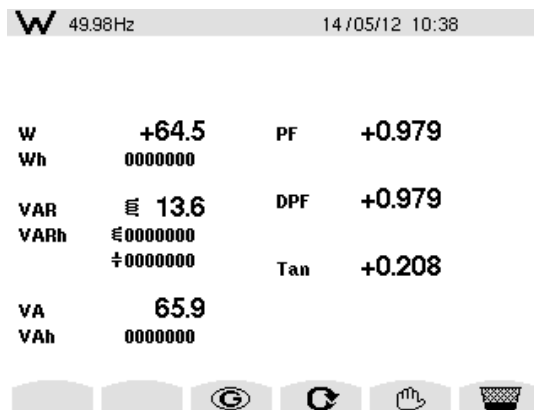


16 pav. Greitis 90 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

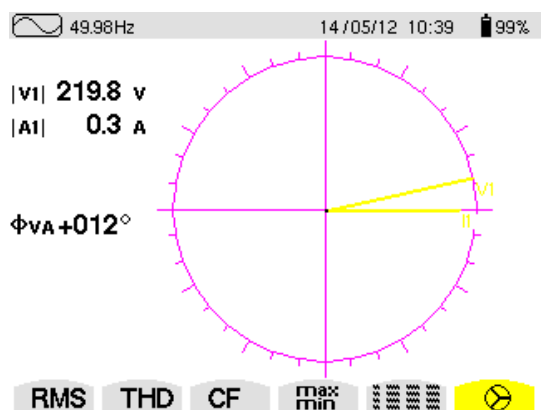
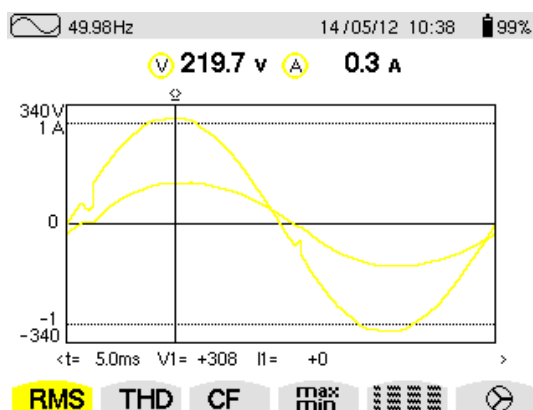




17 pav. Greitis 90 % srovės ir įtampos harmonikos

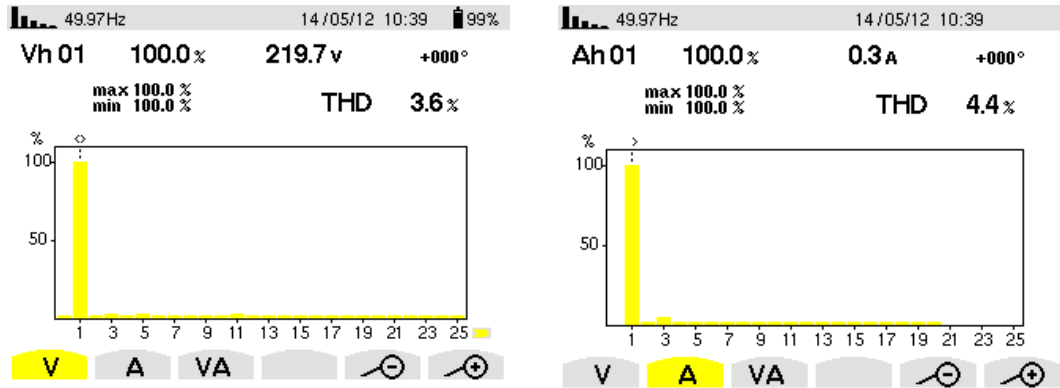


18 pav. Greitis 90 % galia.

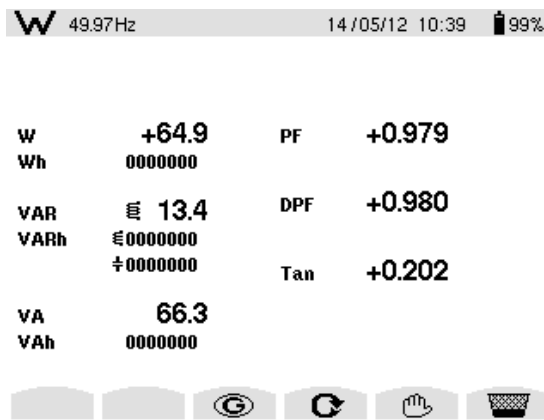


19 pav. Greitis 80 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

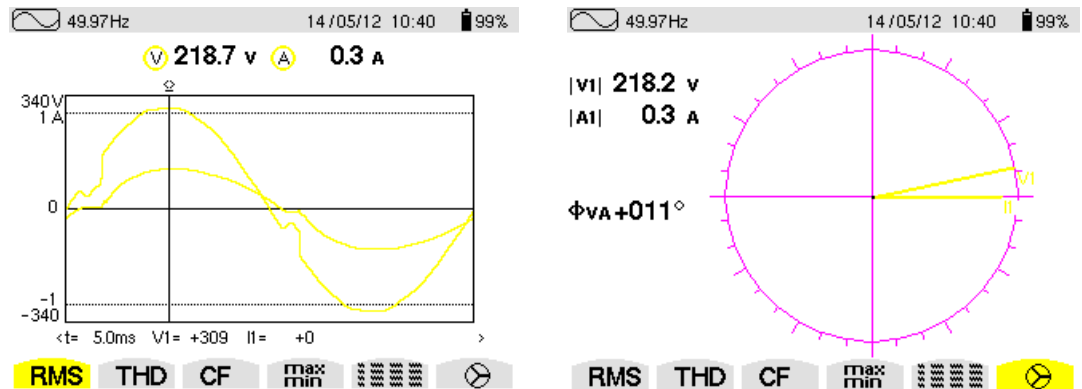




20 pav. Greitis 80 % srovės ir įtampos harmonikos

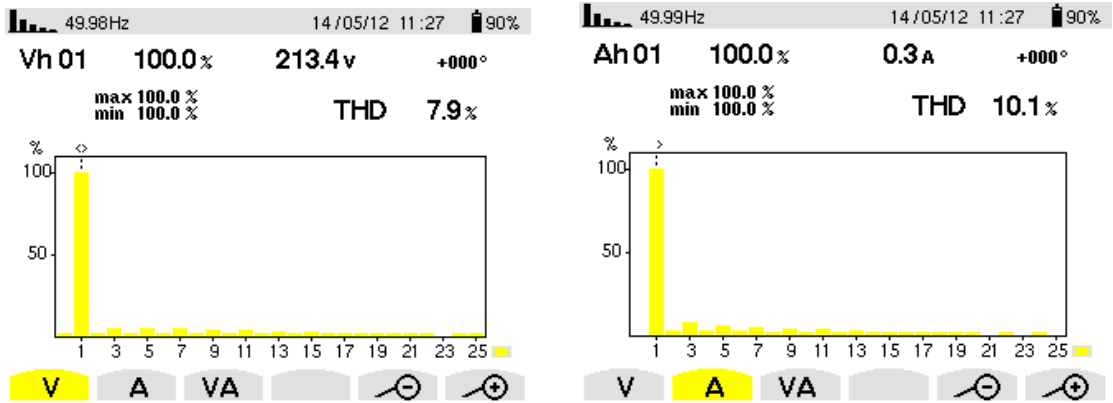


21 pav. Greitis 80 % galia

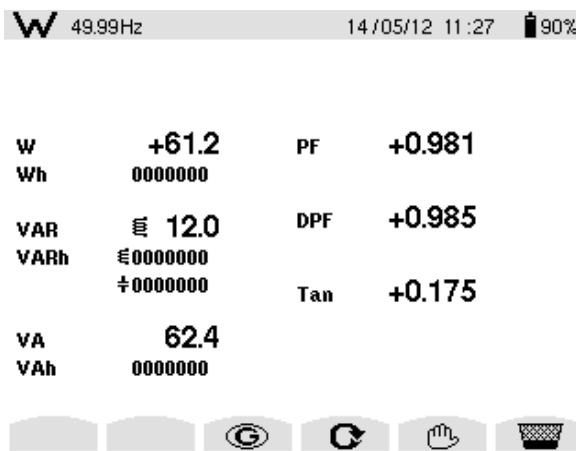


22 pav. Greitis 70 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

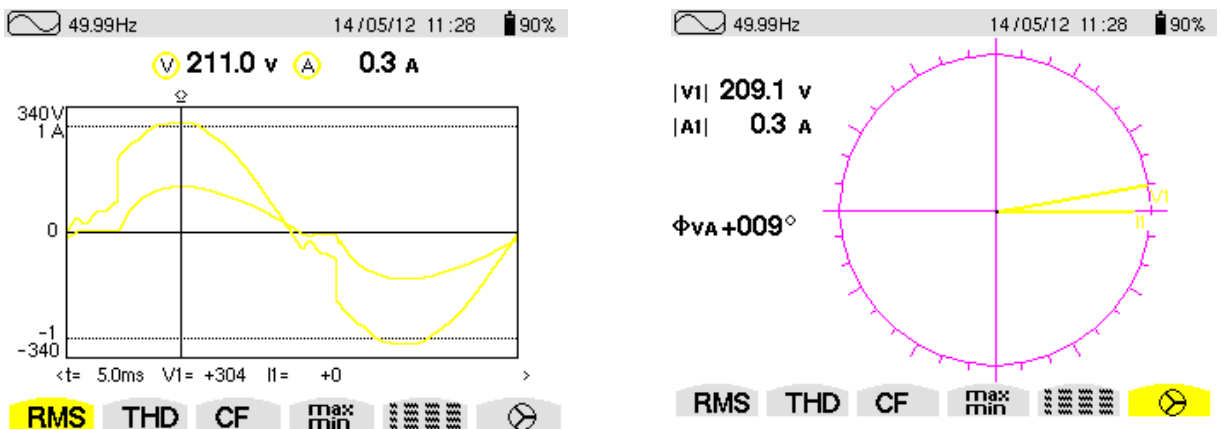




23 pav. Greitis 70 % svrovės ir įtampos harmonikos

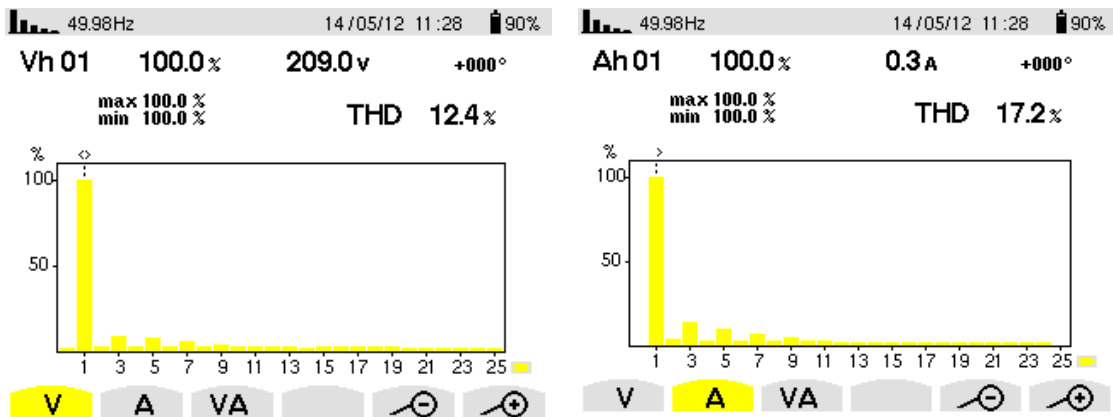


24 pav. Greitis 70 % galia



25 pav. Greitis 60 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

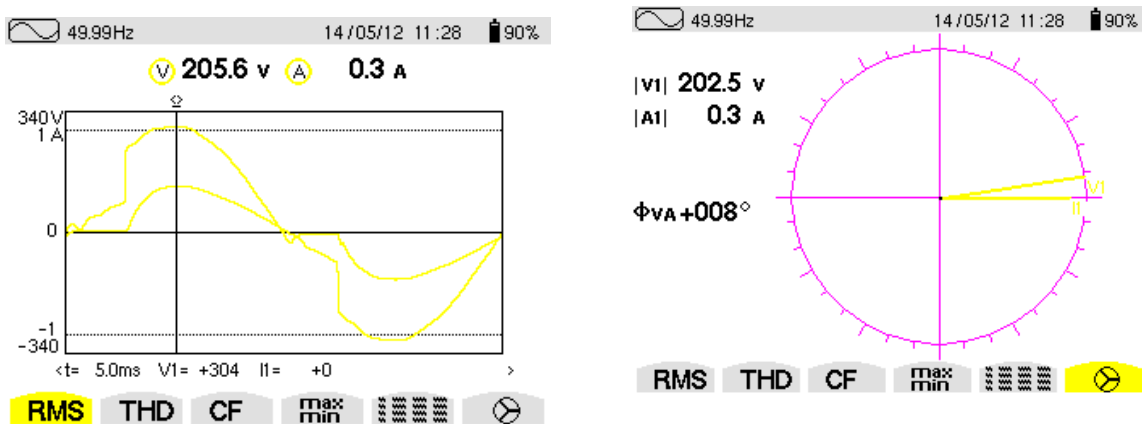




26 pav. Greitis 60 % srovės ir įtampos harmonikos

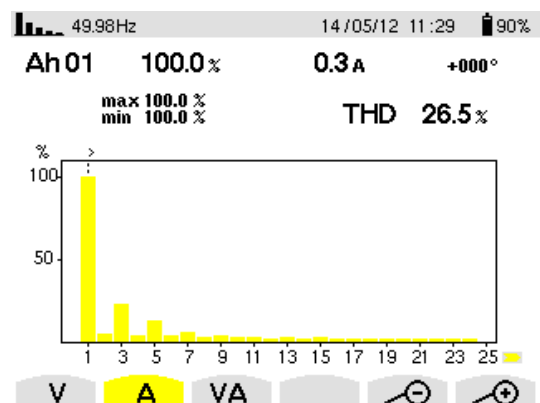
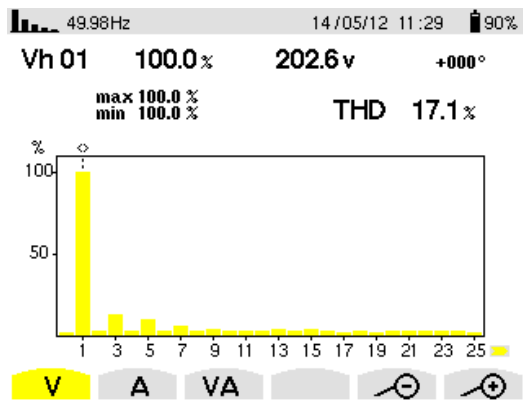


27 pav. Greitis 60 % galia

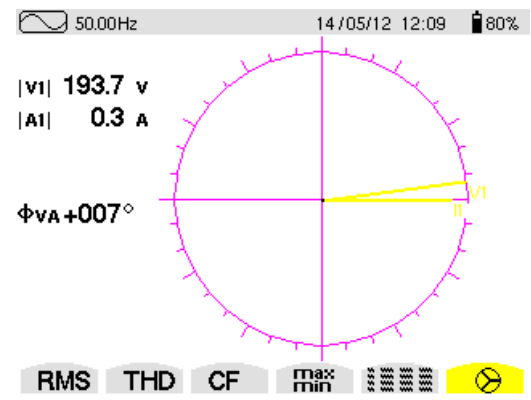
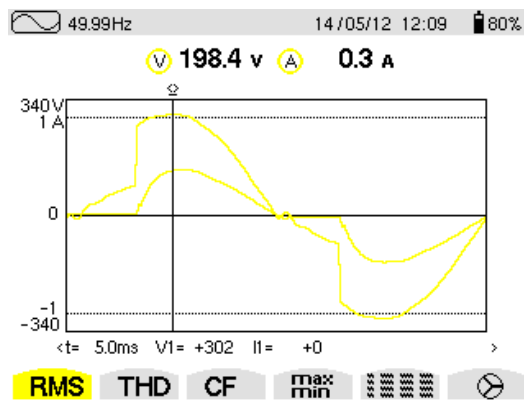


28 pav. Greitis 50 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

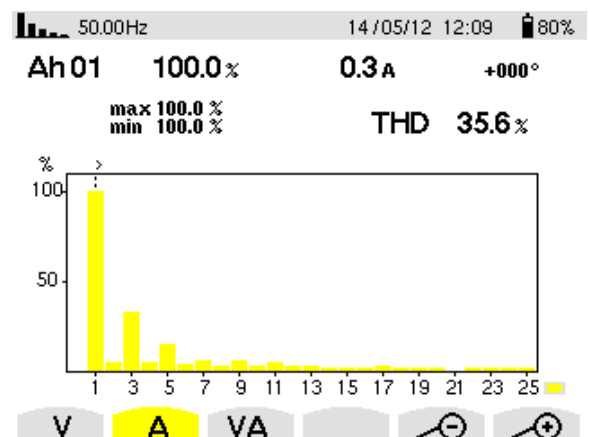
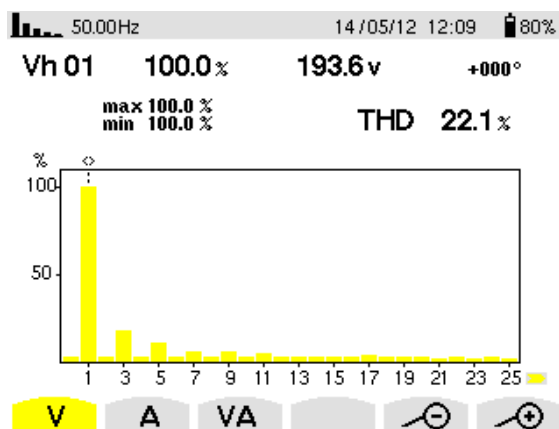




29 pav. Greitis 50 % srovės ir įtampos harmonikos



30 pav. Greitis 40 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama



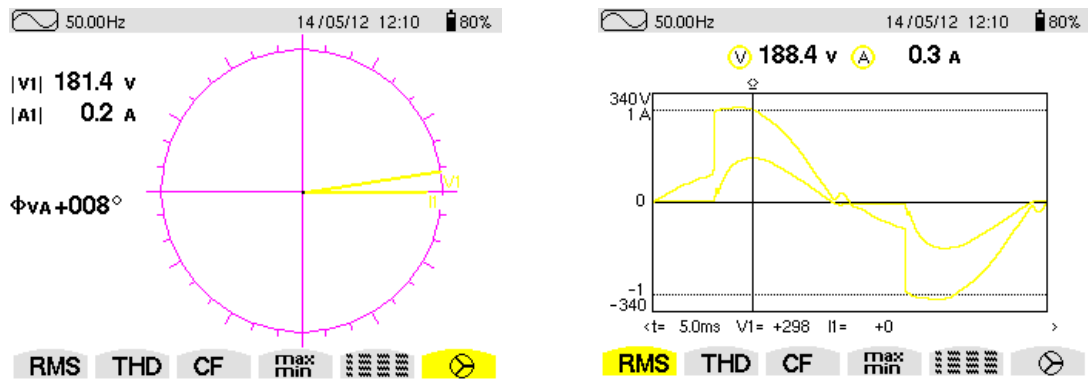
31 pav. Greitis 40 % srovės ir įtampos harmonikos



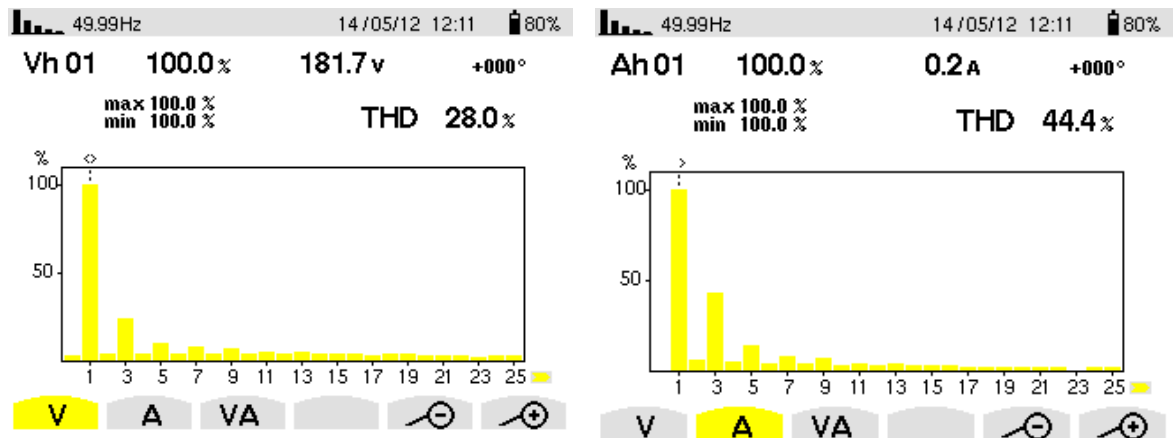
W	+53.4	PF	+0.964
Wh	0000000		
VAR	14.7	DPF	+0.991
VARh	0000000		
	0000000	Tan	+0.136
VA	55.4		
VAh	0000000		



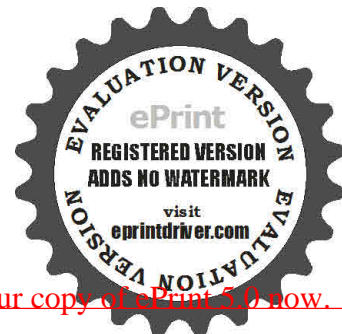
32 pav. Greitis 40 % galia

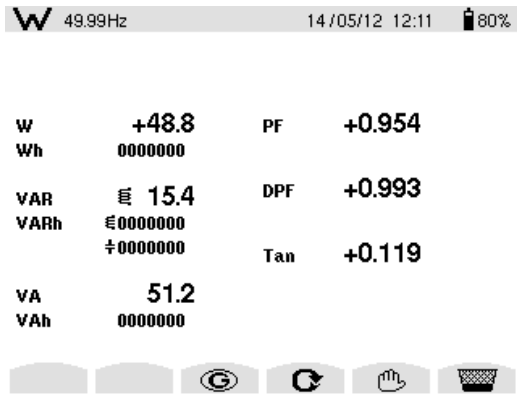


33 pav. Greitis 30 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

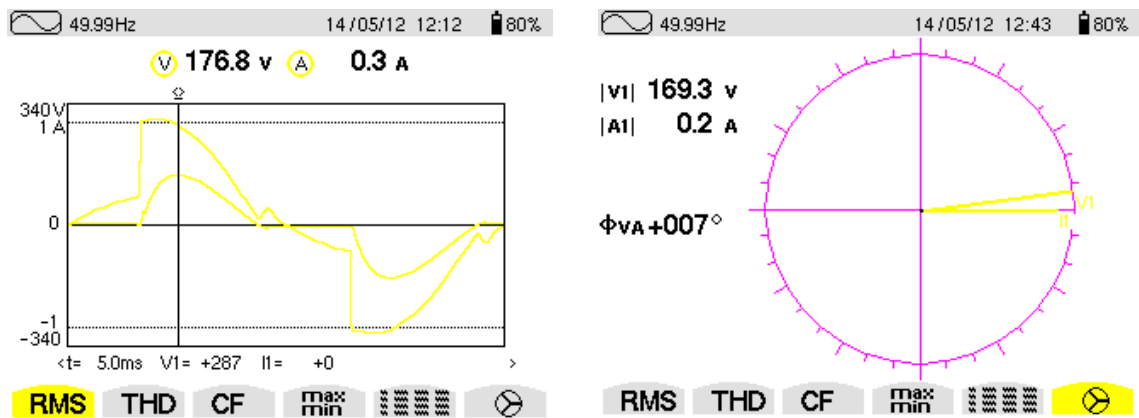


34 pav. Greitis 30 % srovės ir įtampas harmonikos

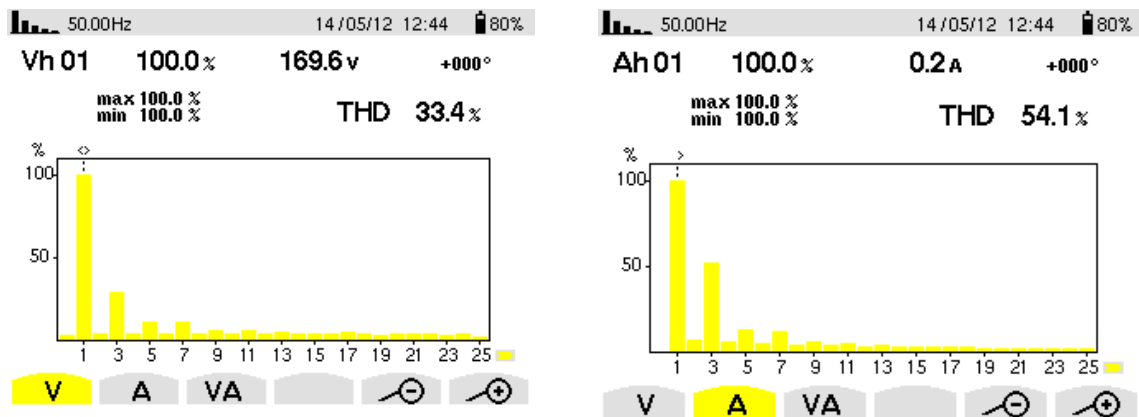




35 pav. Greitis 30 % galia

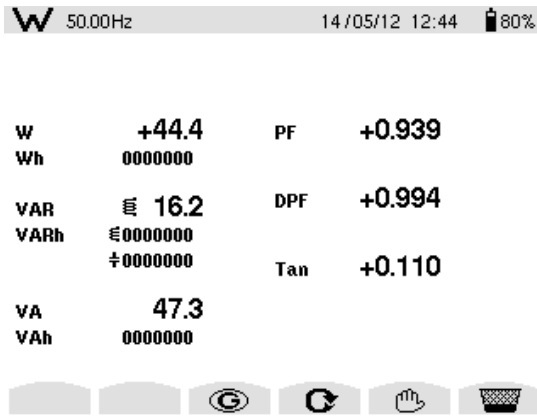


36 pav. Greitis 20 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama

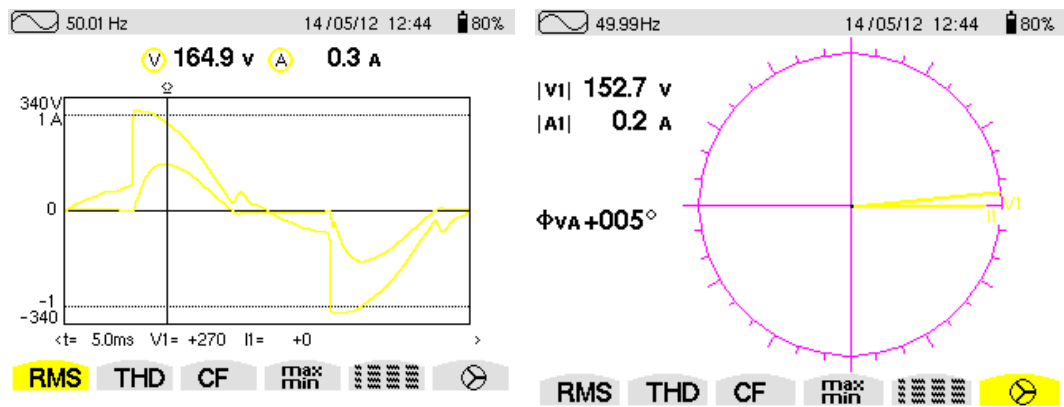


37 pav. Greitis 20 % srovės ir įtampos harmonikos

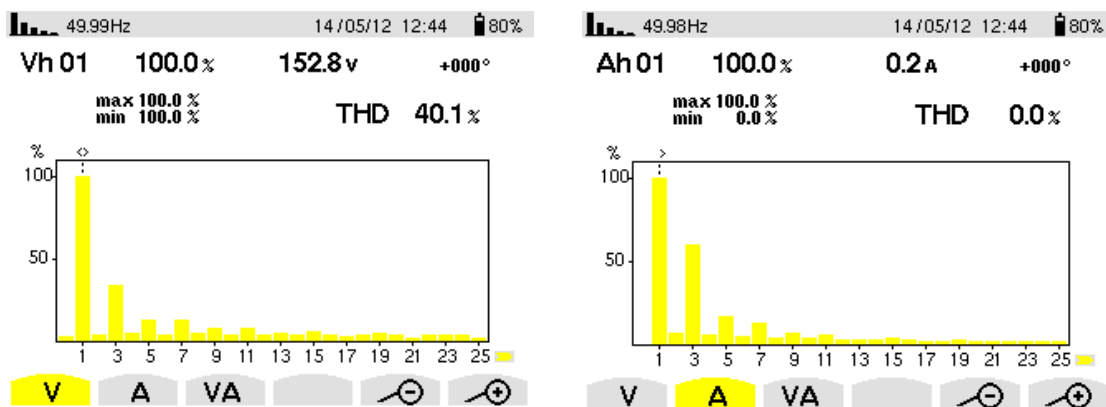




38 pav. Greitis 20 % galia



39 pav. Greitis 10 %, sinusoidė ir vektorinė diagrama



40 pav. Greitis 10 %rovės ir įtampos harmonikos



W +38.3 **PF +0.926**
Wh 0000000
VAR € 15.6 **DPF +0.996**
VARh €0000000 **Tan +0.088**
‡0000000
VA 41.4
VAh 0000000



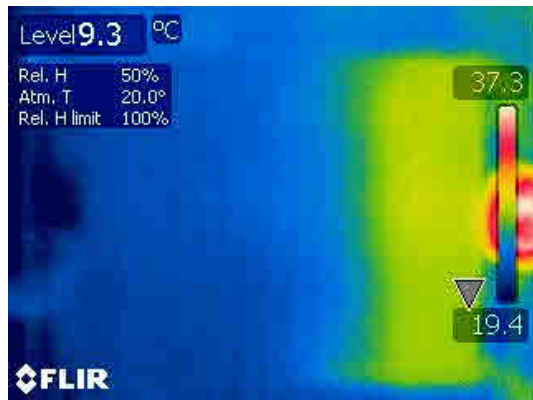
41 pav. Greitis 10 % galia

Lentelė Nr. 3 IGK – cirkuliacinio siurblio energetinio tyrimo suvestinė.

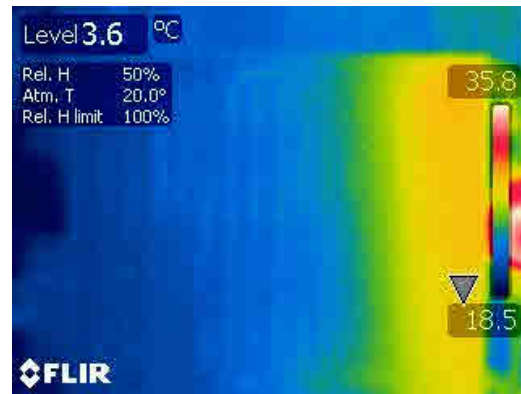
Greitis, %	Įtampa, V	Srovė, A	Kampas φ	U harm. %	A harm. %	Galia, W	Galia, VAR	Cos φ
90	220,0	0,3	12	1,0	3,7	64,5	13,6	0,979
80	219,0	0,3	12	3,6	3,4	64,9	13,4	0,979
70	218,0	0,3	11	7,9	10,1	61,2	12	0,981
60	211,0	0,3	9	12,4	17,2	59,4	12,6	0,978
50	205,6	0,3	8	17,1	26,5	-	-	-
40	198,4	0,3	7	22,1	35,6	53,4	14,7	0,964
30	188,4	0,3	8	28,0	44,4	48,8	15,4	0,954
20	176,8	0,3	7	33,4	54,1	44,4	16,2	0,939
10	164,9	0,3	5	40,1	-	38,3	15,6	0,926



3.3 Šildymo sistemos stendo šiluminių procesų tyrimas



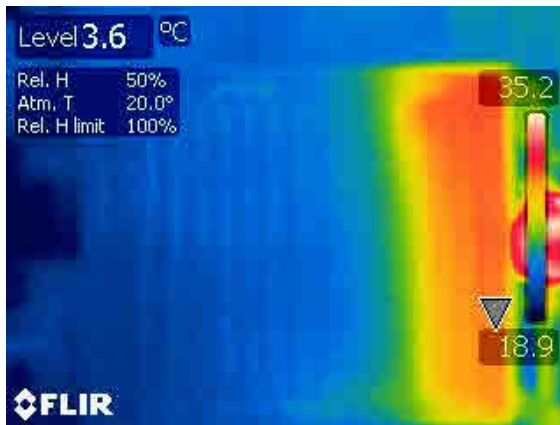
a



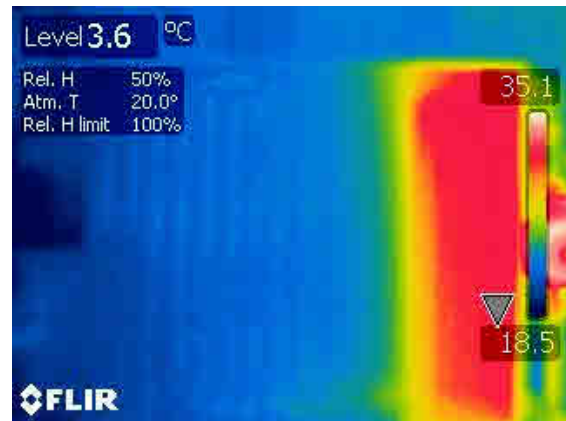
b

42 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – pradžia, b – po 60 s.

Vandens kiekis per radiatorių – 10 l.



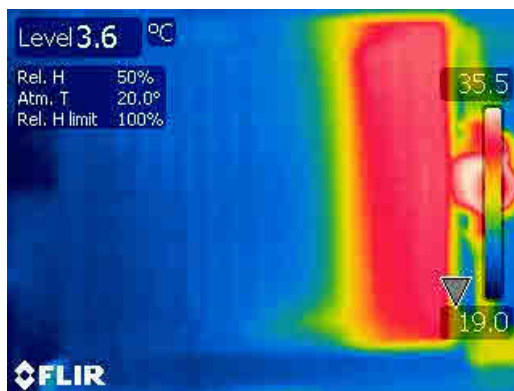
a



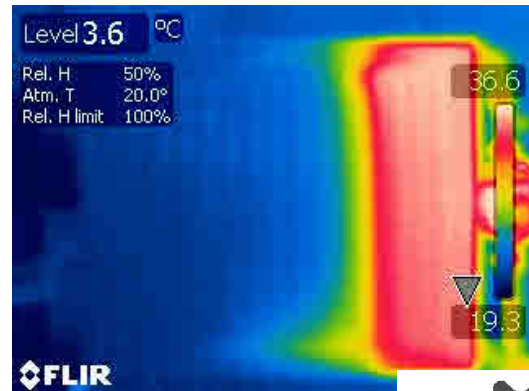
b

43 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – po 120 s, b – po 180 s.

Vandens kiekis per radiatorių – 10 l.



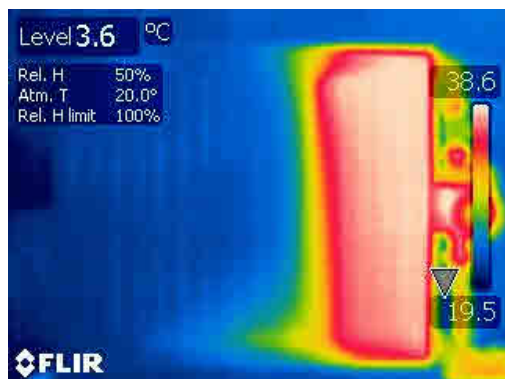
a



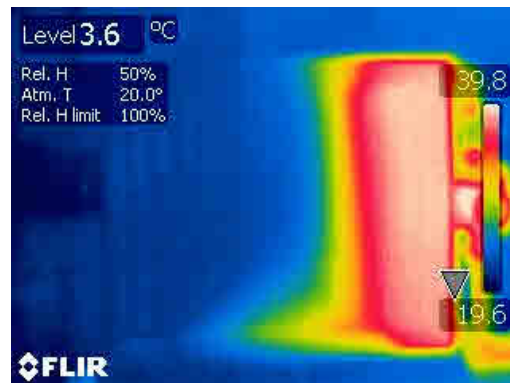
b

44 pav. Kaitintuvo galia 250 W, siurblio greitis 1. a – po 240 s, b





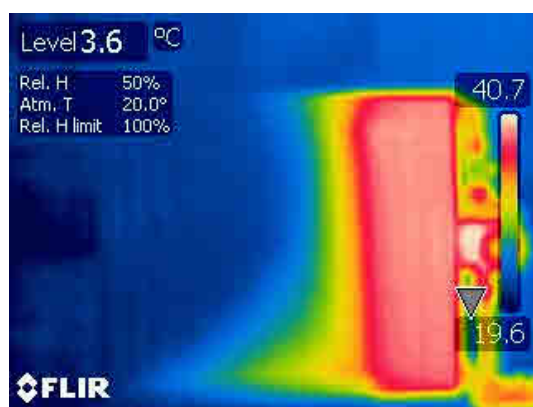
a



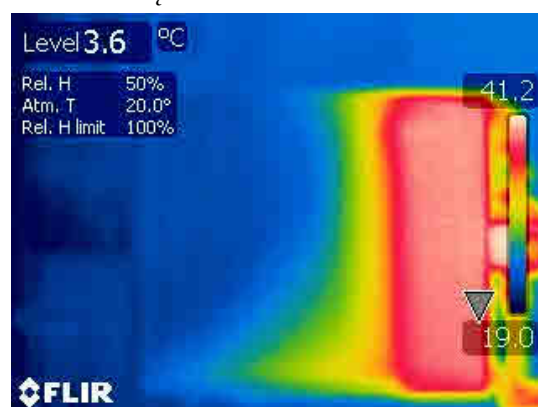
b

45 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 1, a – po 360s, b – po 420 s

Vandens kiekis per radiatorių 9 l



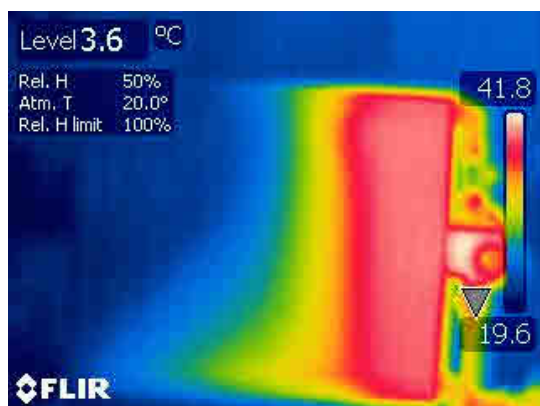
a



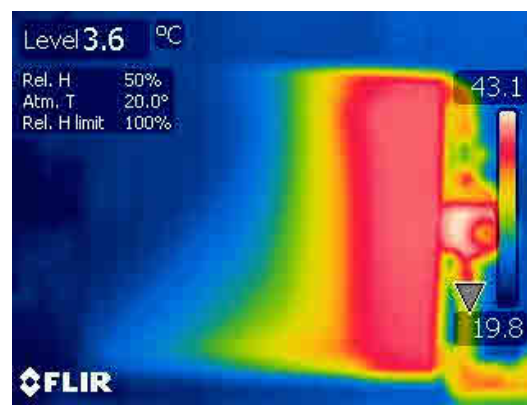
b

46 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 1, a – po 480s, b – po 540 s

Vandens kiekis per radiatorių 9 l



a

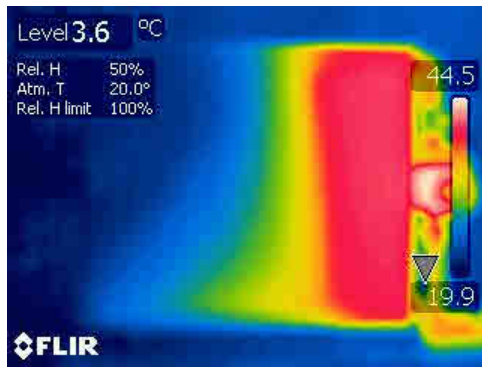


b

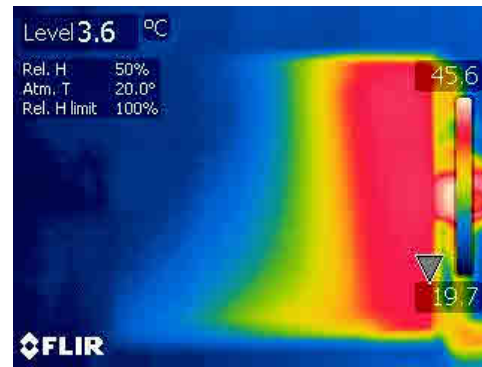
47 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 607 s, b po 674 s

Vandens kiekis per radiatorių 5 l



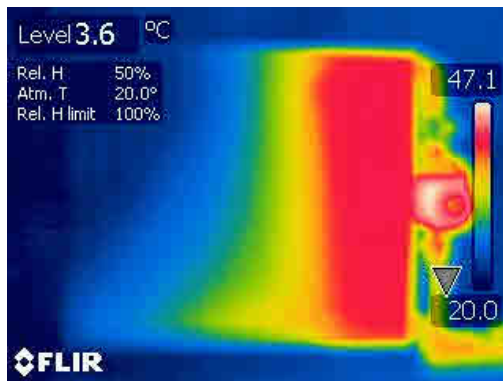


a

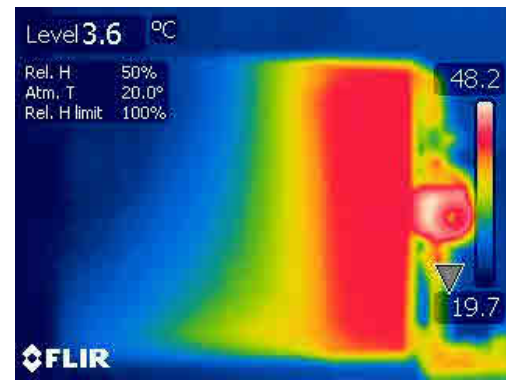


b

48 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 741 s, b – po 808 s
Vandens kiekis per radiatorių 5 l.

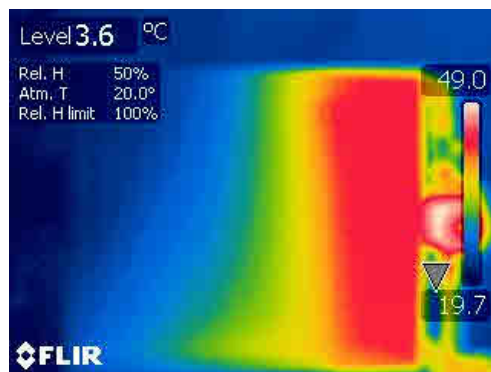


a

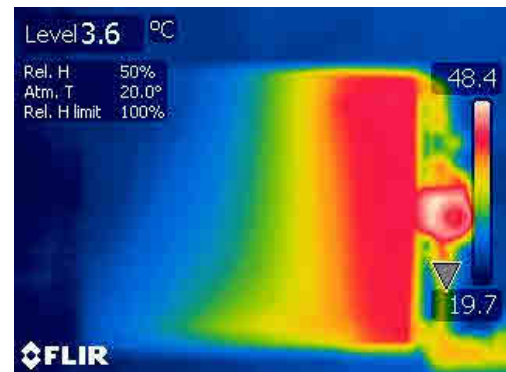


b

49 pav. Kaitintuvo galia 250 W, greitis 3, a – po 875 s, b po 942 s
Vandens kiekis per radiatorių 5 l.



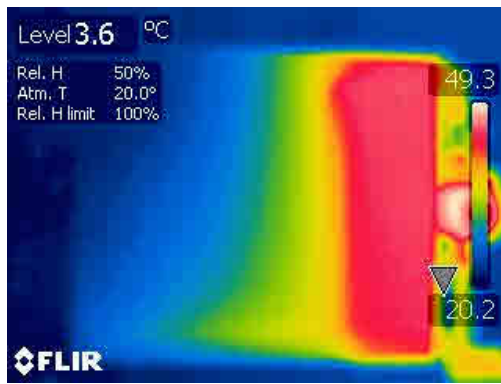
a



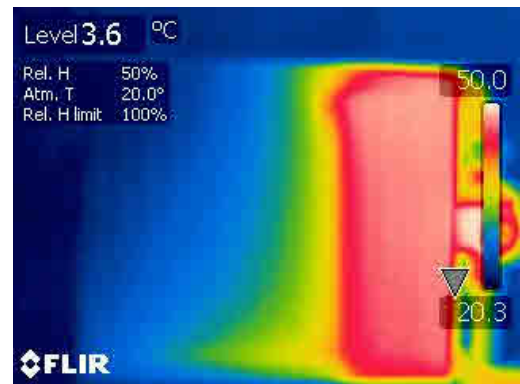
b

50 pav. Kaitintuvo galia 250W, greitis 3, a - po 1009 s, b – po 10
Vandens kiekis per radiatorių 5 l





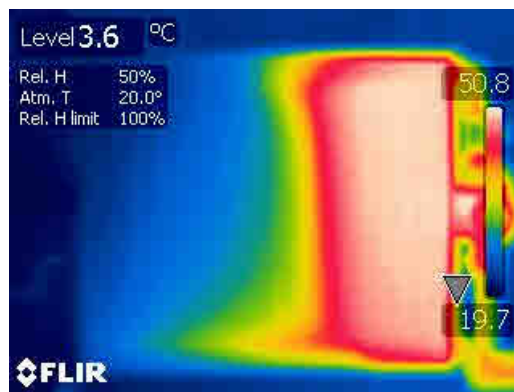
a



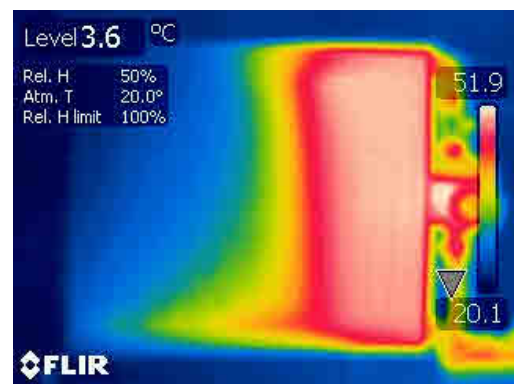
b

51 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1153 s, b – po 1230 s.

Vandens kiekis per radiatorių 6,25 l



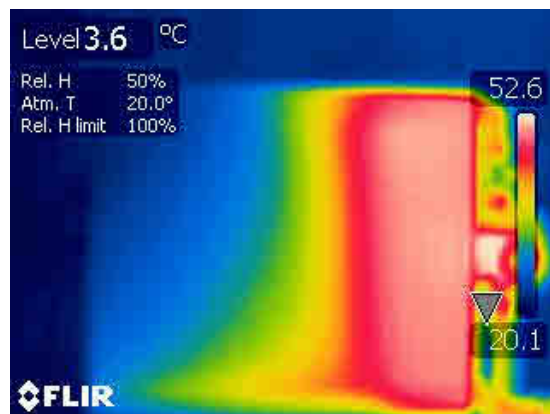
a



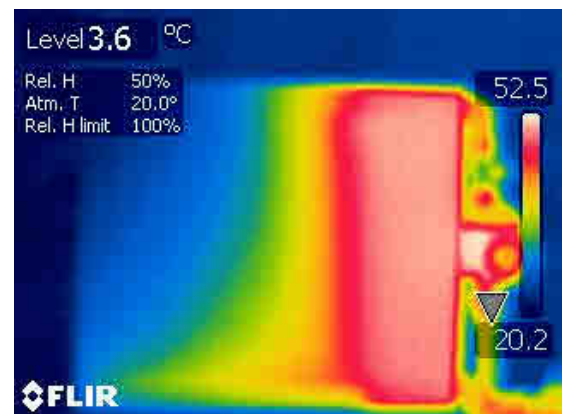
b

52 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1307 s, b – po 1384 s

Vandens kiekis per radiatorių 6,25 l



a

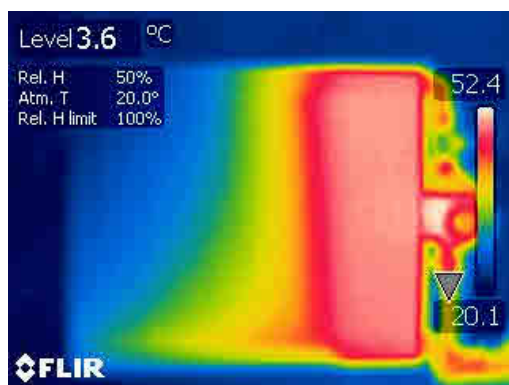


b

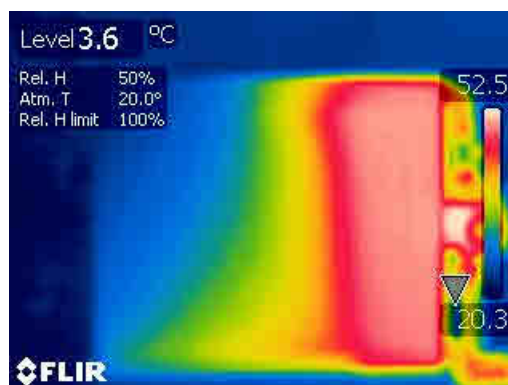
53 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1461 s, b – po 1538 s

Vandens kiekis per radiatorių 6,25 l



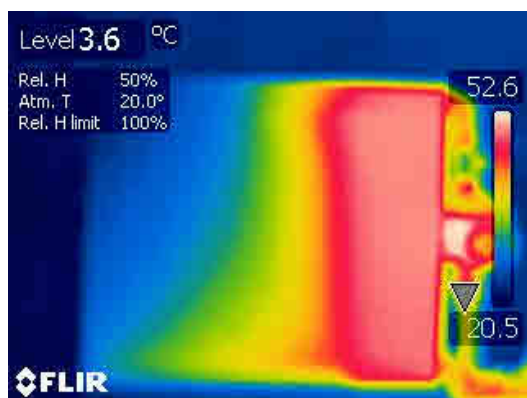


a

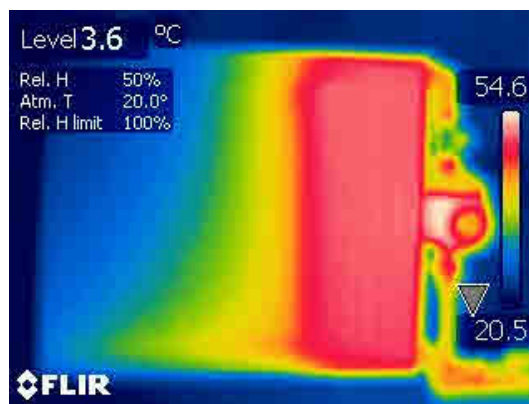


b

54 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 1, a – po 1615 s, b – po 1692 s
Vandens kiekis per radiatorių 6, 25 l

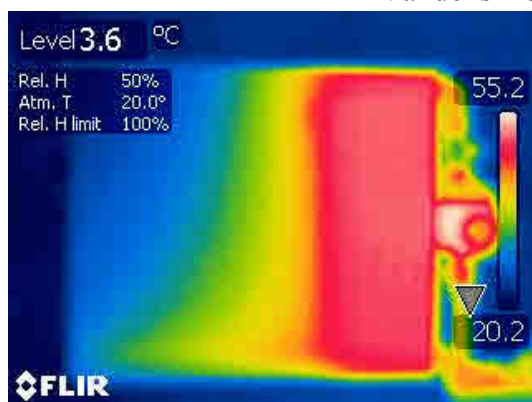


a

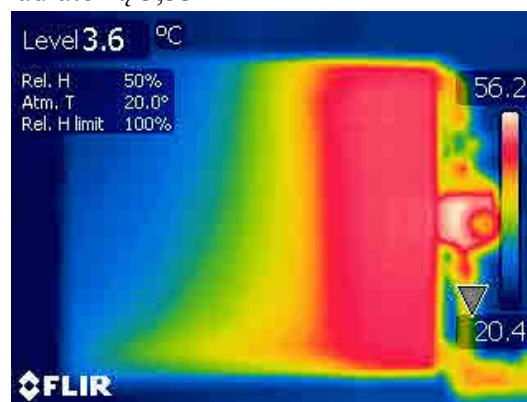


b

55 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 3, a – po 1742 s, b – po 1792 s
Vandens kiekis per radiatorių 3,33 l



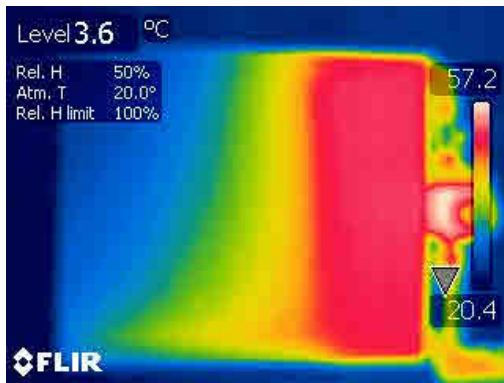
a



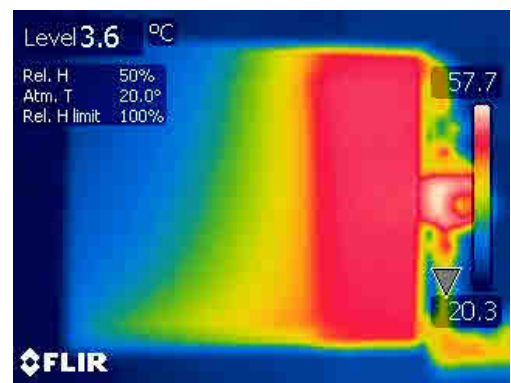
b

56 pav. Kaitintuvo galia 500 W, greitis 3, a – po 1842, b – po 1892 s
Vandens kiekis per radiatorių 3, 33 l



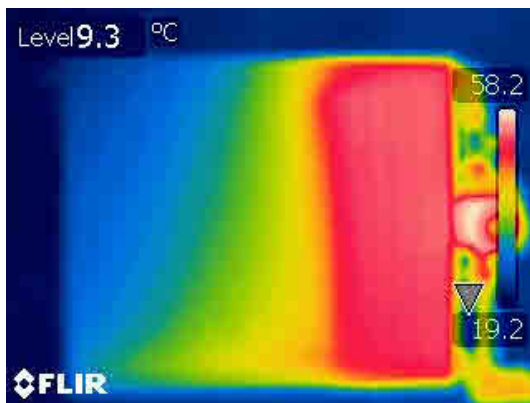


a

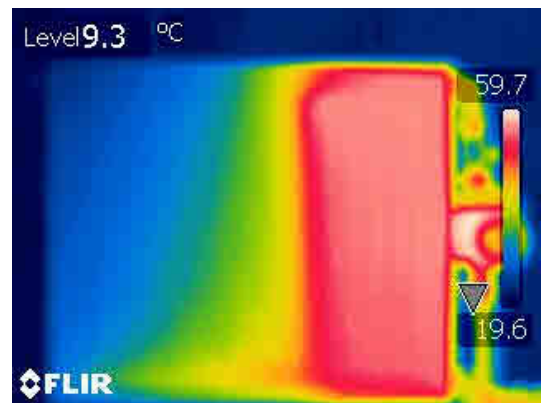


b

57 pav. Kaitintuvo galia 500 W. Greitis 3, a – po 1942 s, b – po 1992 s
Vandens kiekis per radiatorių 3,33 l

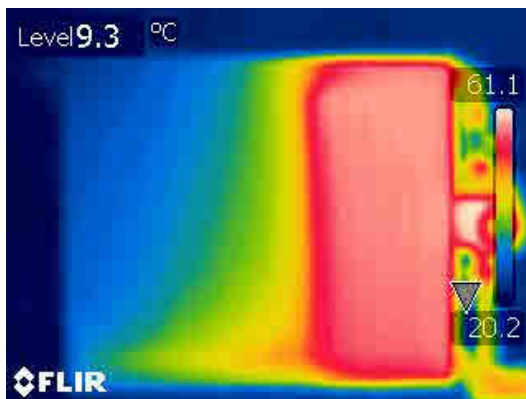


a

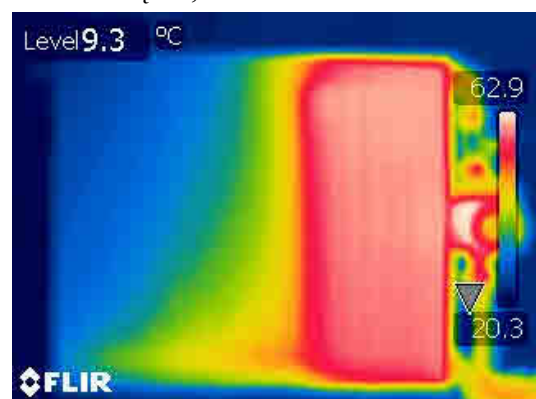


b

58 pav. Kaitintuvo galia 750W, greitis 1, a – po 2093 s, b – po 2194 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,6 l

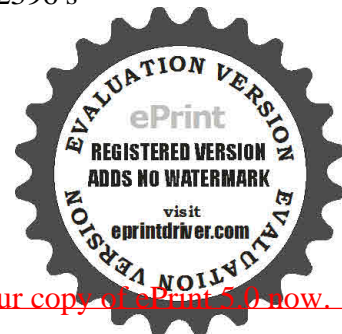


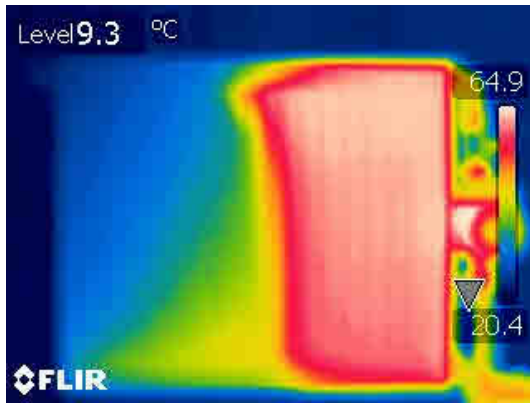
a



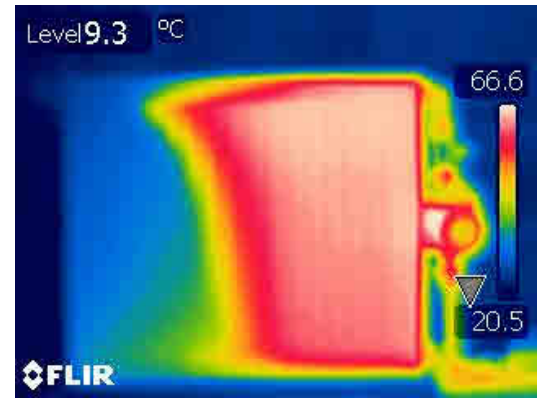
b

59 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 1, a – po 2295 s, b – po 2396 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,6 l



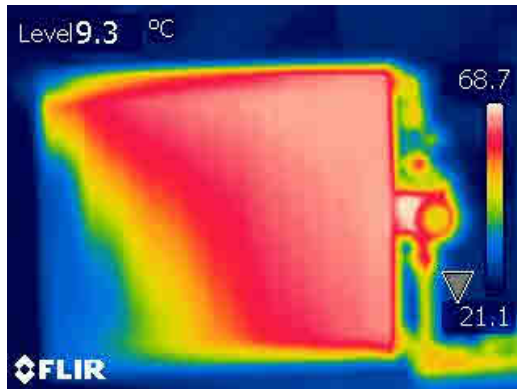


a



b

60 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 1, a – po 2497 s, b – po 2598 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,6 l

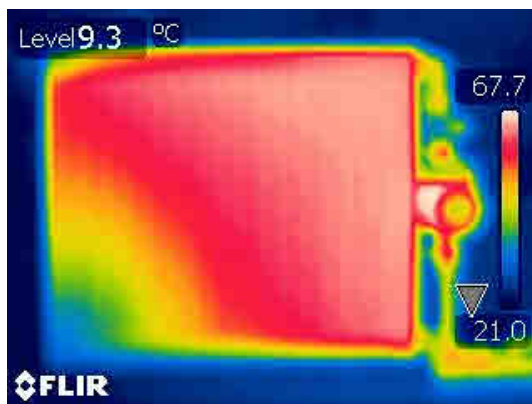


a

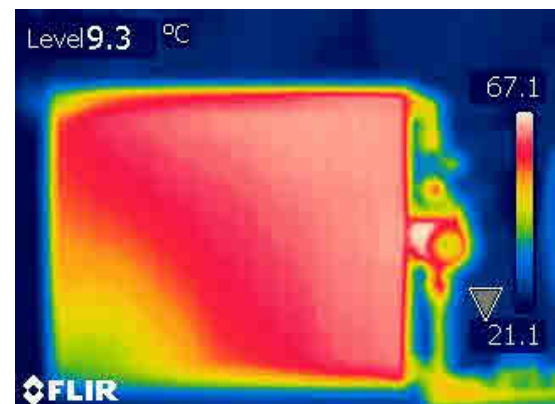


b

61 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 2700 s, b – po 2802 s
Vandens kiekis per radiatorių 8,83 l.



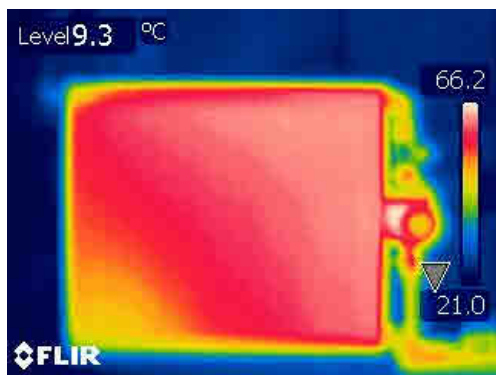
a



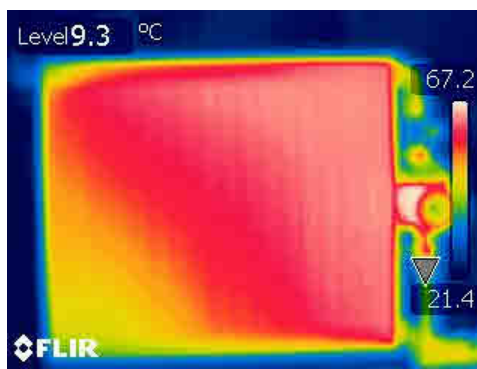
b

62 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 2904 s, b – po 3000 s
Vandens kiekis per radiatorių 8,83 l





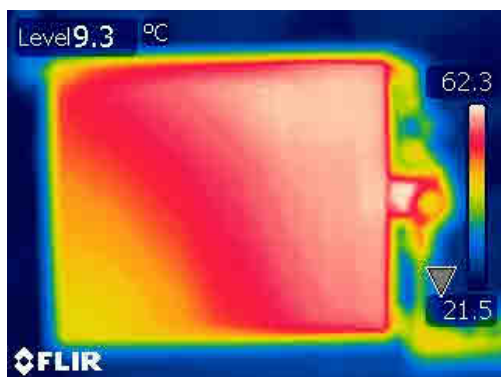
a



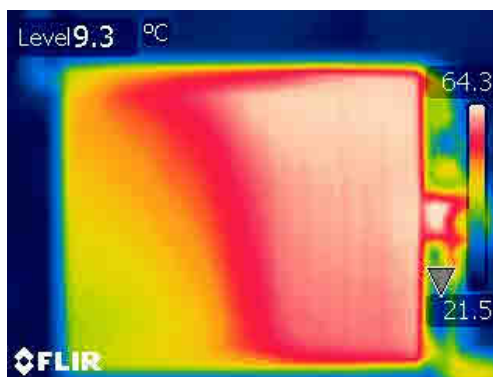
b

63 pav. Kaitintuvo galia 750 W, greitis 3, a – po 3108 s, b – po 3210 s

Vandens kiekis per radiatorių 8,83 l



a



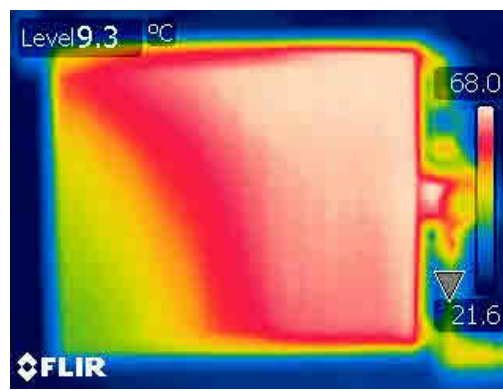
b

64 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3323 s, b – po 3436 s

Vandens kiekis per radiatorių 11,5 l



a

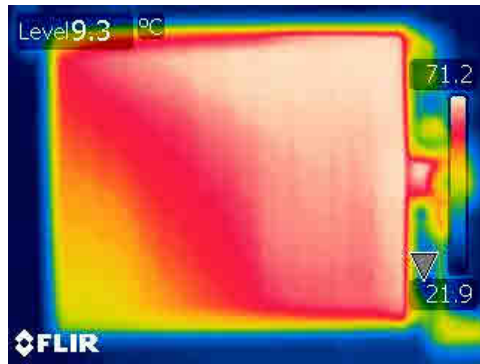


b

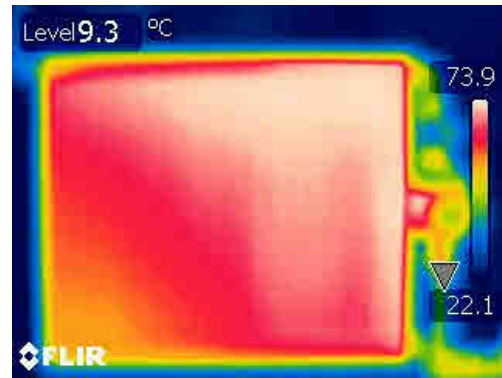
65 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3549 s, b – po 3

Vandens kiekis per radiatorių 11,5 l



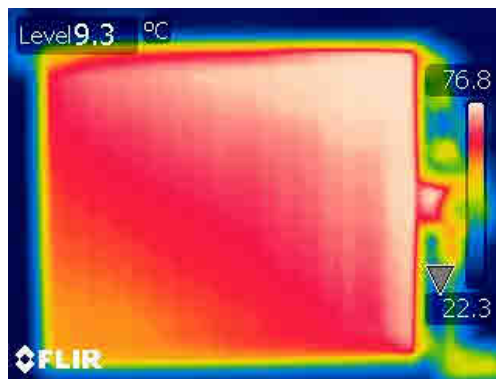


a

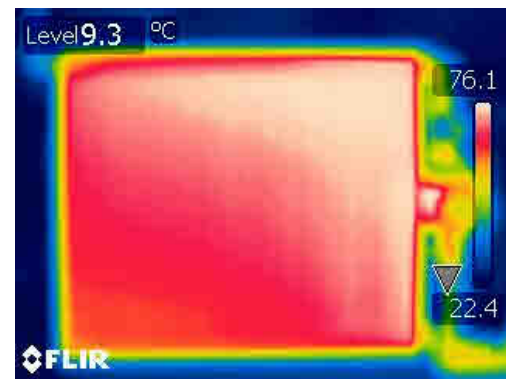


b

66 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 1, a – po 3775 s, b – po 3888 s
Vandens kiekis per radiatorių 11,5 l

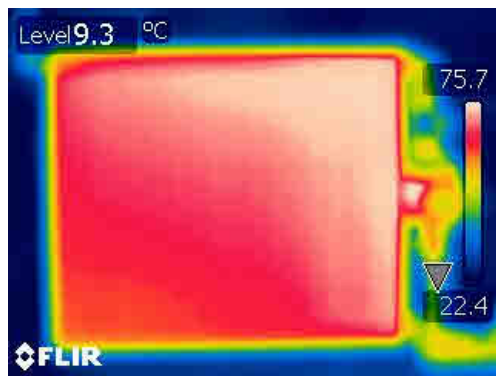


a

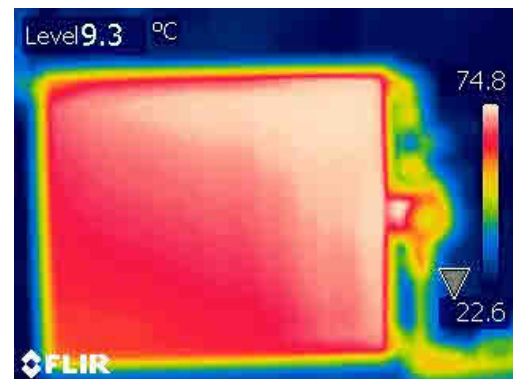


b

67 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4003 s, b – po 4118 s
Vandens kiekis per radiatorių 9,83 l



a



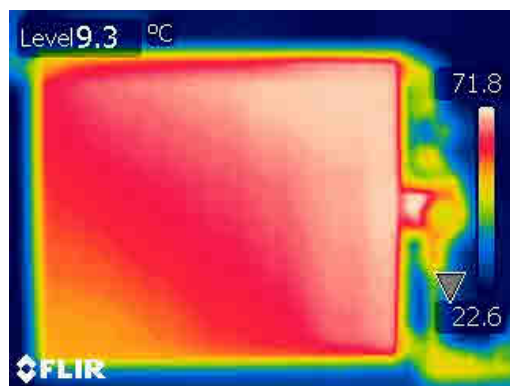
b

68 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4233 s, b – po 4348 s
Vandens kiekis per radiatorių 9,83 l





a

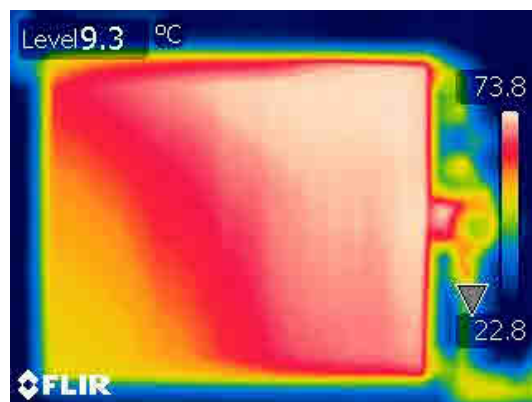


b

69 pav. Kaitintuvo galia 1000 W, greitis 3, a – po 4463 s, b – po 4578 s
Vandens kiekis per radiatorių 9,83

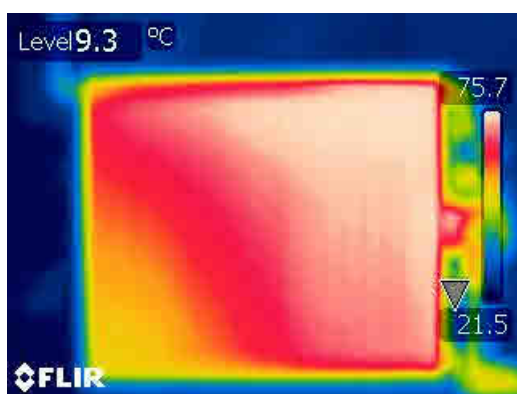


a

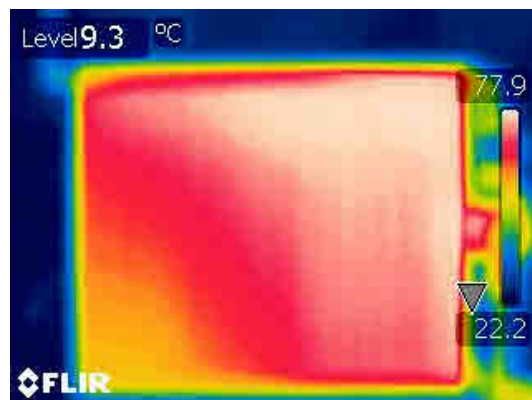


b

70 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 4663 s, b po 4748 s
Vandens kiekis per radiatorių 10,5 l



a



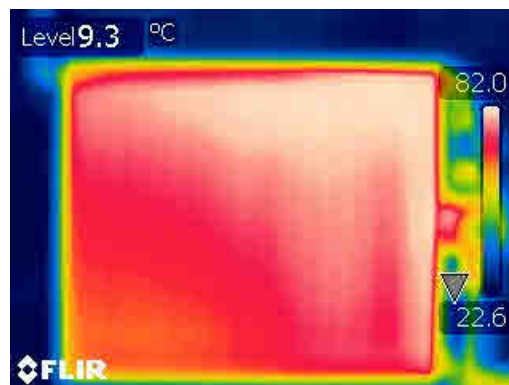
b

71 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 4833 s, b – po 4
Vandens kiekis per radiatorių 10,5 l





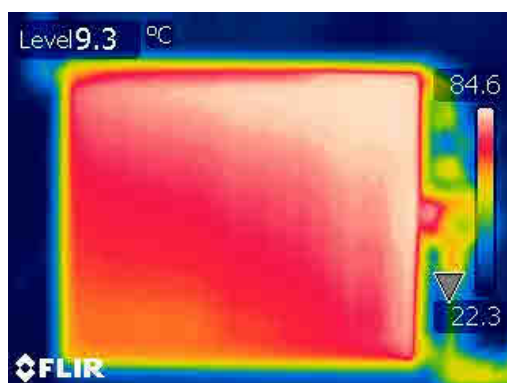
a



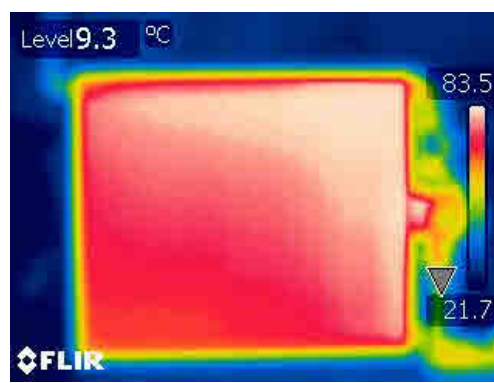
b

72 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 1, a – po 5003 s, b – po 5088 s

Vandens kiekis per radiatorių 10,5 l



a



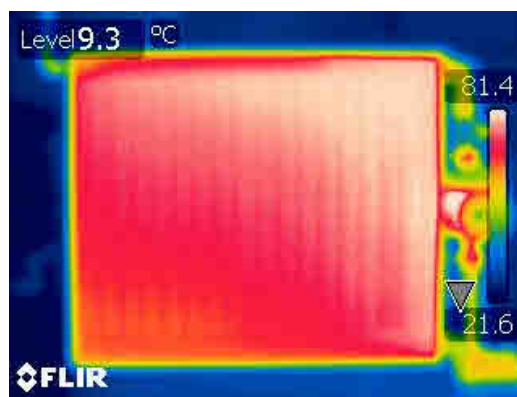
b

73 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a – po 5198 s, b – po 5308 s

Vandens kiekis per radiatorių 9 l



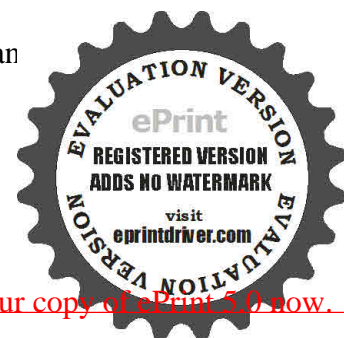
a

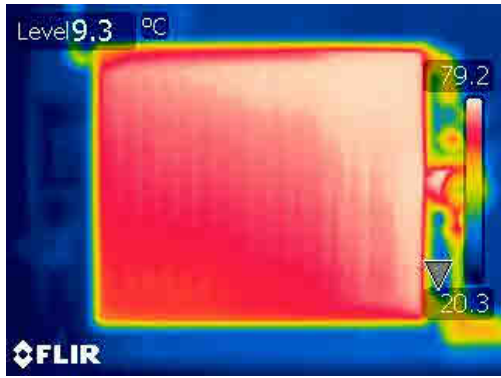


b

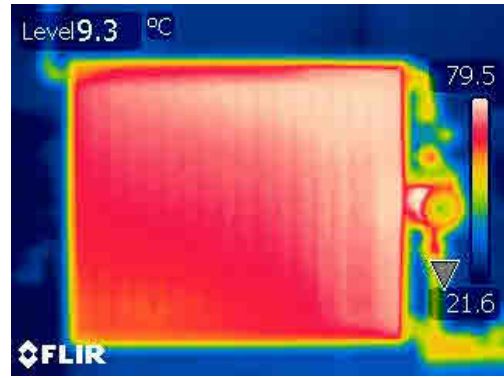
74 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a - po 5418 s, b – po 5528 s Van

radiatorių 9 l



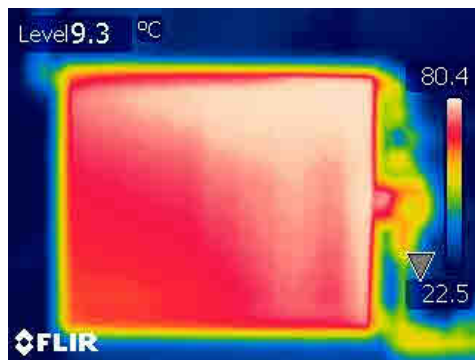


a



b

75 pav. Kaitintuvo galia 1250 W, greitis 3, a – po 5638 s, b – po 5748 s
Vandens kiekis per radiatorių 9 l



a

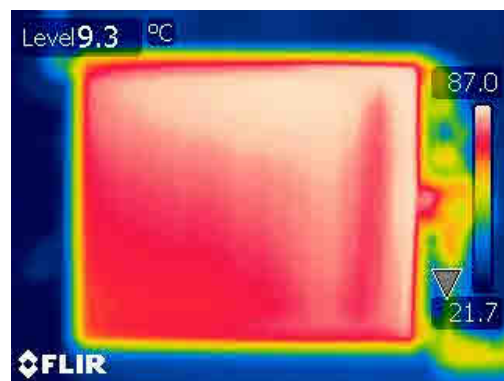


b

76 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 1, a po 5851 s, b – po 5954 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l



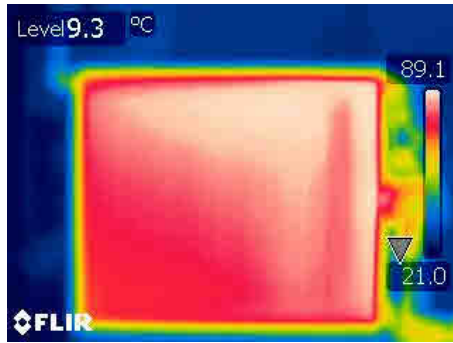
a



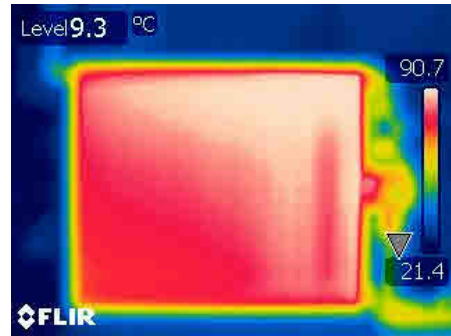
b

77 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 1, a – po 6057 s, b – po 6160 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l



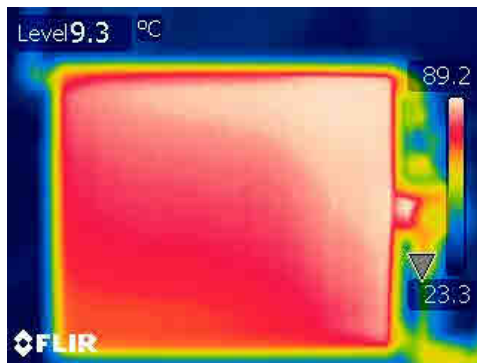


a



b

78 pav. Kaitintuvo galia 1500 W. Greitis 1 , a – po 6263 s, b – po 6366 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l

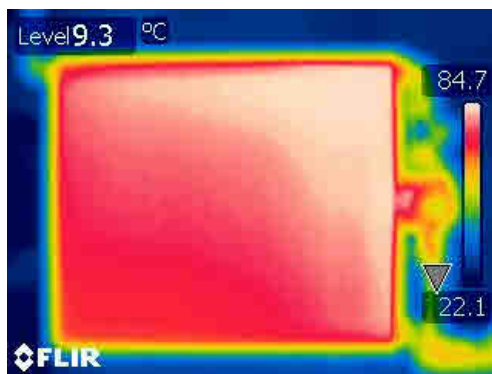


a

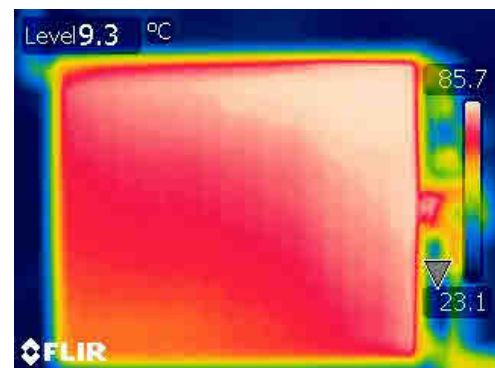


b

79 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3 , a – po 6502 s, b – po 6638 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l

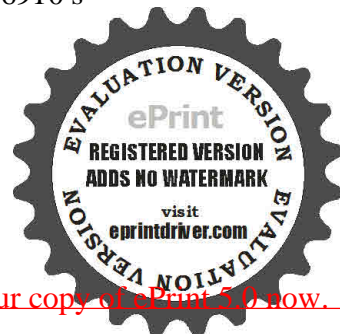


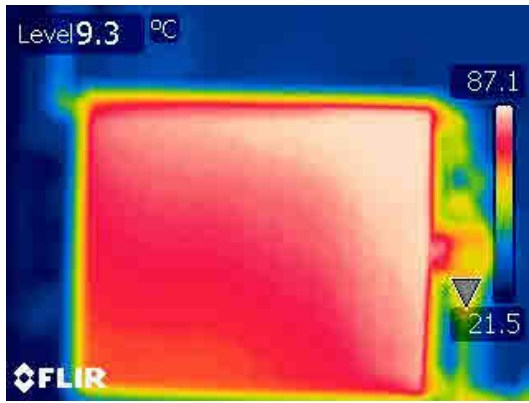
a



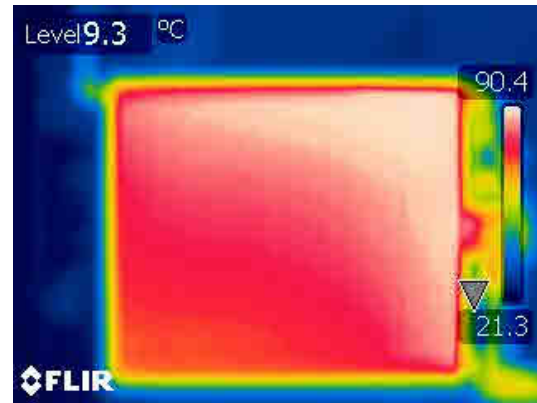
b

80 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3, a – po 6774 s, b – po 6910 s
Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l





a



b

81 pav. Kaitintuvo galia 1500 W, greitis 3, a – po 7046 s, b – po 7182 s

Vandens kiekis per radiatorių 12,3 l



IŠVADOS

Darbe išnagrinėti išmaniosios mikroklimato sistemos kūrimo aspektai.

Tyrimas parodė, kad taikant išmanųjį mikroklimato valdymą, galima naudotis psichofiziologinio grįžtamojo ryšio signalais, kurie keičiasi priklausomai nuo žmogaus emocinės būsenos. Taikomi šių signalų interpretavimo metodai leidžia nustatyti, kokį poveikį žmogui turi patalpos, kurioje jis yra, parametrai ir kaip reikėtų keisti šiuos parametrus norint, kad jie geriausiai atitiktų žmogaus komfortui.

Sukurta materialinė bazė, tirti mikroklimato valdymo uždavinius – sukonstruotas šildymo sistemos tyrimo standas.

Sukurtos mikroschemos, leidžiančios adaptyviai reguliuoti mikroklimato uždavinius, stebėti sistemos darbo poveikį.

Išnagrinėti adaptyvaus mikroklimato užduoties palaikymo būdai, pasinaudojus dirbtinių neuroninių tinklų neraiškaus išvedimo valdikliu.

Nagrinėjant išmanaus galios regulatoriaus galimybę reguliuoti dvifazio indukcinio variklio greitį, nustatyta, kad tokio tipo varikliams simistorinis valdymas neduoda stabilių rezultatų, kadangi pagalbinė variklio apvija dirba sukuriant skirtumą tarp fazių kondensatoriaus pagalba. Šis kondensatorius parenkamas optimalus, priklausomai nuo gamykloje nustatyto varinio variklio greičio, keičiant variklio greitį simistoriaus pagalba, pasikeičia rotoriaus kompleksinė varža ir statoriaus grandinė nebetenkina optimalių parametru, variklio darbas pasidaro nestabilus, srovė pulsuojanti.

Atliekant šiluminių procesų, vykstančių šildymo sistemoje, galimybės keisti temperatūrą patalpoje, keičiant cirkuliacinio siurblio greitį, tyrimą nustatyta, kad norint keisti cirkuliacinio siurblio sukimosi greitį keičiant jo statoriaus įtampa ir tuo pačiu šilumos nešėjo kiekį per šildymo prietaisą, tenka susidurti su sudėtingais procesais, veikiančiais skysčio tekėjimą šildymo sistemoje. Atliekant tyrimą nustatyta, kad pašildytas cirkuliuojantis vanduo neišstumia šaltesnio vandens iš šildymo prietaiso, o sudaro mažesnę ratą ir išeina per išėjimo vamzdį, o likusio šaltesnio vandens šildymas vyksta ne cirkuliacijos būdu, o šilumos laidumo tarp skirtingų temperatūrų skysčių. Šiuo atveju cirkuliuojančio vandens greitis neturi didelės reikšmės. Kuo didesnis temperatūrų skirtumas tarp cirkuliuojančio šilto vandens ir vandens, esančio radiatoriuje, tuo vyksta greitesnis šilumos perdavimas.

Norint įrengti temperatūros daviklius, reikia nepamiršti apie temperatūros šildymo prietaise nevienodą pasiskirstymą. Tam, kad gauti kuo tikslesnius duomenis, reikia įrengti daviklį labiausiai reprezentuojančioje dalyje.

Taip pat atliekant tyrimą pastebėta, kad skysčio šildymo sistemoje tekėjimą priklausomai nuo temperatūros. Keičiantis temperatūrai, keičiasi skysčio savybės



sistemos elementų savybės, keičiasi tarpusavio hidraulinis balansas. Taigi, temperatūros palaikymas patalpoje, valdant cirkuliacinį siurblį, darosi komplikuoatas, todėl praktikoje dažniausiai tam naudojamos reguliuojamos sklendės ant šildymo prietaisų, o cirkuliacinis siurblys naudojamas šilumos nešėjo cirkuliacijai padidinti arba pamažinti, priklausomai nuo padidėjusio ar sumažėjusio hidraulinio pasipriešinimo reguliuojant sklendes.

Dvifazių indukcinų variklių su pagalbinę kondensatorine apvija greičio reguliavimui vietoje simistorinio valdymo geriau naudoti schemas su tarpine nuolatinės srovės grandimi, valdomu inverteriu sinusoidalinės impulso pločio moduliacijos pagalba.



LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Bielskis A. A., Drungilas D., Gričius G. Autonominės emocijų nustatymo sistemos vystymas // Vadyba. – 2008, Nr. 2, p. 17 – 22.
2. Bielskis A. A., Kazlauskas A., Jurgilaitė A., Lenkauskaitė A., Palikša V., Pocius E., Skarulskytė V., Stonys T., Žutautas L. Afekto būsenos atpažinimu pagrįstų mikroklimato kokybės rodiklių matavimo sistemos kūrimas // Virtualus instrumentai Biomedicinoje. Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos medžiaga. – Klaipėda, 2011. p 77 – 92.
3. Birškytė R., Gričius G., Bielskis A. A. Development of Smart Supply Unit Designed for Testing Quality of Electrical Power // Technologijos mokslo darbai Vakarų Lietuvoje VIII. Konferencijos pranešimų medžiaga. - Klaipėda, 2012
4. Drungilas D. Skaitmeninių pavarų išmanaus valdymo sistemos autonominio paslaugų kokybės vertinimo priemonių kūrimas. – 2011. vma.ku.lt/study/mod/resource/view.php?id=3675
5. Gudzinskas J., Lukoševičius V., Martinaitis V., Tuomas E. Šilumos vartotojo vadovas. – Vilnius, 2011. – 296 p.
6. Chengyi Guo, Quing Song Wenjian Cai A Neural Network Assisted Cascade Control System for air handling unit. // IEEE Transaction on Industrial Electronics. – 2007, Vol. 54, Nr. 1, pp 620 – 628.
7. Dongwen Yao, Lin QIU Analysis of the Impact of Energy-Saving Factors on the Heating System with Distributed Variable Frequency Pump// - 2009 International Conference on Advanced in Energy Engineering.
8. Ekman P., All Emotions are Basic. // The nature of emotion. Fundamental questions. - New York, 1994. - 341 p.
9. Horan T. J. Control Systems and Applications of HVAC. New Jersey. 2007 – 514 p.
10. Ismail B., Taib S., Mohd Saad A. R., Isa M., Daut I. Development of Control Circuit for Single Phase Inverter Using Atmel Microcontroller // International Conference on Man – Machine System - 2006
11. Lin Qgs ,Dongwen Yao, Min Yan Energy-Saving Analysis on Heating System with Distributed Variable Frequency Pump // - 2010 International Conference on Advanced in Energy Engineering.
12. Mejbaul Haque, Kamal Hossain, Mortuza Ali, Rafiqul Islam Sheikh Microcontroller Based single Phase Digital Prepaid Energy Meter for Improved Metering and Billing System // International Journal of Power Electronics and Drive System – 2011, Vol 1, Nr. 2, pp. 139 –



13. Petreus D., Palaghita N., Farcas C., Dobra P. Digital Control of a Two Phase Motor. // Powering – Setubal, 2007, Nr. 12, pp. 760 – 764.
14. Rubaai A., Ofoli A. R., Burge L. Garuba M. Hardware implementation of an adaptive network based Fuzzy Controller for DC – DC Converters // IEEE Tansactions on Industry Applications, Vol. 41, No. 6, pp. 1557-1565.
15. Russel J. A. A Circumflex Model of Affect. // Jornal of Personality and Social Psichology – 1980. Vol 3 Nr. 6, pp. 1161 – 1178
16. Tabunshikov Y. Mathematical Models of Thermal Conditions in Buildings. - Boca Raton, 2003. – 193 p.
17. Zadeh L. A. Fuzzy Logic // - 1988 Computer, Vol 1 Nr. 1, pp. 83-93.



