



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

Martynas Gustaitis

**ŠALDYMO SISTEMOS KONDENSACIJOS ŠILUMOS
PANAUDOJIMO VĖDINIMO SISTEMOSE TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Mindaugas Vaitkūnas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**ŠALDYMO SISTEMOS KONDENSACIJOS ŠILUMOS
PANAUDOJIMO VĒDINIMO SISTEMOSE TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Valdymo technologijos (621H66001)

Vadovas

Doc. dr. Mindaugas Vaitkūnas

Recenzentas

Doc. dr. Vardenis Pavardenis

Projektą atliko

Martynas Gustaitis

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

Martynas Gustaitis

Valdymo technologijos (621H66001)

Baigiamojo projekto „Šaldymo sistemos kondensacijos šilumos panaudojimo vėdinimo sistemose tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 23 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Martyno Gustaičio** baigiamasis projektas tema „Šaldymo sistemos kondensacijos šilumos panaudojimo vėdinimo sistemose tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TVIRTINU:

KTU Elektros ir elektronikos fakulteto

Automatikos katedros vedėjas

doc. Dr. G. Dervinis

201..... ..

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Darbo tikslas:

Sukurti ir ištirti pramoninių šaldymo įrenginių išskiriamos kondensacijos šilumos panaudojimo patalpoms tiekiamo oro šildymui sistemą.

Reikalavimai ir sąlygos:

Suprojektuoti šaldymo įrenginių išskiriamos kondensacijos šilumos efektyvaus panaudojimo patalpų šildymui sistemą vienos įmonės naujai statomose gamybinėse ir biuro patalpose, tuo tikslu išplečiant standartinių šaldymo ir vėdinimo įrenginių funkcines galimybes. Tuo tikslu reikalinga suprojektuoti šilumos nuvedimo į vėdinimo sistemas įrenginius, sudaryti valdymo algoritmus, šilumos srautų valdymui, nubraižyti elektrines schemas. Įvertinti pasiūlytosios kondensacijos šilumos panaudojimo sistemos energetinį efektyvumą.

Projekto struktūra:

1. Įvadas
2. Šaldymo įrenginių ir pastato vėdinimo sistemų apžvalga
 - 2.1. Šaldymo įrenginių apžvalga
 - 2.2. Pastato vėdinimo sistemų apžvalga
3. Kondensacijos šilumos panaudojimo sistemos projektavimas
 - 3.1. Objekto analizė
 - 3.2. Sistemos struktūrinės schemos sudarymas
 - 3.3. Sistemos elementų parinkimas
 - 3.4. Valdymo algoritmo sudarymas
4. Eksperimentinis tyrimas
5. Išvados
6. Literatūros sąrašas

Grafinė dalis

Valdymo sistemos įrenginių principinė jungimo schema

Užduotį gavau: Martynas Gustaitis
(studento vardas, pavardė, parašas)

_____ (data)

Vadovas: Mindaugas Vaitkūnas
(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

_____ (data)

TURINYS

| | |
|---|----|
| ĮVADAS | 9 |
| 1. ŠALDYMO IR VĖDINIMO ĮRENGINIŲ ANALIZĖ | 10 |
| 1.1 ŠALDYMO SISTEMOS PRAMONĖJE | 10 |
| 1.1.1 Optimalus šaldymo sistemos komponavimas pagal temperatūrines grupes | 10 |
| 1.1.2 Garintuvas / oro aušintuvas šaldymo sistemoje | 11 |
| 1.1.3 Šaldymo sistemos mechaninės dalies valdymo ir reguliavimo komponentai | 12 |
| 1.1.4 Šaldymo kompresorių tipai, darbo ribos | 13 |
| 1.1.5 Teorinis šaldymo našumas | 15 |
| 1.1.6 Realus šaldymo našumas | 16 |
| 1.1.7 Suspaudimo procesas | 16 |
| 1.1.8 Suspaudimo šiluma | 16 |
| 1.1.9 Kondensatoriai šalčio gamyboje | 16 |
| 1.1.10 Kondensacijos šilumos naudojimo galimybės | 18 |
| 1.2 VĖDINIMO ĮRENGINIAI PRAMONĖJE | 18 |
| 1.2.1 Vėdinimo įrenginio sandara | 19 |
| 1.2.2 Paimamo ir ištraukiamo oro užsklandų sekcijos | 19 |
| 1.2.3 Oro ištraukimo ir padavimo ventiliatorių sekcijos | 20 |
| 1.2.4 Oro paėmimo ir padavimo filtrų sekcija | 21 |
| 1.2.5 Rekuperatoriaus sekcija | 21 |
| 1.2.6 Vandeningis šildytuvas | 23 |
| 1.2.7 Vandeningė šaldymo sekcija | 24 |
| 2. SISTEMŲ AUTOMATIZAVIMAS | 25 |
| 2.1 VĖDINIMO ĮRENGINIŲ AUTOMATIZAVIMAS | 25 |
| 2.1.1 Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos | 25 |
| 2.1.2 Vėdinimo įrenginio automatizavimo schema | 26 |
| 2.1.3 Valdikliai | 27 |
| 2.1.4 Valdiklio parinkimas | 28 |
| 2.1.5 Oro užsklandų valdymas | 29 |
| 2.1.6 Oro filtrų kontrolė | 30 |
| 2.1.7 Rekuperatoriaus valdymas | 30 |
| 2.1.8 Pirminės šildymo sekcijos valdymas | 30 |
| 2.1.9 Antrinės šildymo sekcijos valdymas | 35 |
| 2.1.10 Šaldymo sekcijos valdymas | 35 |
| 2.1.11 Tiekiamo ir šalinamo oro ventiliatorių valdymas | 35 |
| 2.1.12 Jutiklių parinkimas | 35 |
| 2.1.13 Elektrinės schemas sudarymas | 36 |
| 2.1.14 Jutiklių pajungimo schema | 37 |
| 2.1.15 Vykdyto signalų pajungimo schema | 38 |
| 2.1.16 Jėgos grandinės valdymo schema | 39 |
| 2.2 KONDENSACIJOS ŠILUMOS NUVEDIMO AUTOMATIZAVIMO SCHEMA | 39 |
| 2.2.1 Šaldymo įrenginio techninės charakteristikos | 41 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2 Valdiklio parinkimas | 42 |
| 2.2.3 Dažnio keitiklių parinkimas..... | 42 |
| 2.2.4 Valdymo pavarų parinkimas..... | 43 |
| 2.2.5 Jutiklių parinkimas | 43 |
| 2.2.6 Valdymo signalai..... | 43 |
| 2.2.7 Elektrinės schemos sudarymas | 44 |
| 2.2.8 Sistemos valdymo principas | 46 |
| 3. SISTEMOS MODIFIKAVIMO PAGRINDIMAS | 48 |
| 4. IŠVADOS:..... | 51 |
| 5. LITERATŪRA:..... | 52 |

LENTELIŲ TURINYS

| | |
|--|----|
| 2.1 lentelė. Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos..... | 25 |
| 2.2 lentelė. Automatizuojamos sistemos technologiniai įrenginiai | 26 |
| 2.3 lentelė. Vėdinimo sistemos jutikliai | 27 |
| 2.4 lentelė. Valdiklio Exocompact C281D-3 techniniai duomenys | 29 |
| 2.5 lentelė. Elektros įrenginių sąrašas | 37 |
| 2.6 lentelė. Jutiklių pajungimas | 38 |
| 2.7 lentelė. Vykdyto signalų pajungimo schema..... | 38 |
| 2.8 lentelė. Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos [5]..... | 42 |
| 2.9 Lentelė. Valdymo signalai tarp valdiklių | 43 |
| 2.10 Lentelė. Automatinių jungiklių sąrašas | 44 |
| 3.1 lentelė vėdinimo sistemų šilumokaičių galingumai..... | 48 |

PAVEIKSLŲ TURINYS

| | |
|---|----|
| 1.1 pav. Kompresorinis garinis šaldymo įrenginys | 14 |
| 1.2 pav. Vėdinimo įrenginio pjūvis | 18 |
| 1.3 pav. Vėdinimo įrenginio variklis su sparnuote..... | 20 |
| 1.4 pav. Vėdinimo įrenginio oro filtras | 21 |
| 1.5 pav. Rotacinio šilumokaičio bendrasis vaizdas ir schema..... | 22 |
| 1.6 pav. Plokštelis šilumokaitis. | 23 |
| 1.7 pav. Vėdinimo įrenginio vandens šildytuvas..... | 24 |
| 2.2 pav. Exocompact C281D-3 laisvai programuojamas valdiklis | 29 |
| 2.3 pav. Eksperimentinė schema reakcijos kreivės nustatymui..... | 31 |
| 2.4 pav. Pirmosios eilės su vėlavimu modelio parametrų nustatymas iš šuolinės reakcijos kreivės | 32 |
| 2.5 pav. Pirmosios eilės su vėlavimu modelio parametrų nustatymas | 32 |
| 2.6 pav. Proceso regulatorius Matlab Simulink aplinkoje..... | 33 |
| 2.7 pav. Šildymo kontūro regulatoriaus pereinamojo proceso kreivė | 34 |
| 2.8 pav. Šildymo kontūro regulatoriaus pereinamojo proceso kreivė su koreguotomis dedamosiomis | 34 |
| 2.9 pav. Skaičiuojamoji įrenginių schema..... | 37 |
| 2.13 pav. Skaičiuojamoji elektros įrenginių schema | 46 |
| 3.1 pav. Vėdinimo sistemos duomenys žiemą..... | 50 |

Gustaitis, Martynas. Šaldymo sistemos kondensacijos šilumos panaudojimo vėdinimo sistemose tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Mindaugas Vaitkūnas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 45 psl.

SANTRAUKA

Šiame darbe yra nagrinėjamos dvi pastatų inžinerinės sistemos – šaldymo ir vėdinimo, pritaikant visus automatizavimo komponentus nepriklausomam, nuo žmogaus įsikišimo, darbui garantuoti.

Darbo tikslas – sukurti ir ištirti pramoninių šaldymo įrenginių išskiriamos kondensacijos šilumos panaudojimo patalpoms tiekiamo oro šildymui sistemą.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti literatūros analizę apimančią šaldymo ir vėdinimo įrenginių technologinius procesus, valdymo metodus ir poreikius.
2. Parinkti jutiklius, valdiklius, sudaryti skydų elektrinių jungimų schemas.
3. Sudaryti įrenginių automatizavimo funkcines ir principines schemas.
4. Automatizuoti sistemų darbą.
5. Išanalizuoti gautus duomenis, nustatyti kokia yra sistemų modifikavimo nauda.

Analitinėje dalyje, nagrinėjamos vėdinimo ir šaldymo sistemos, jų valdymo metodai, energijos poreikiai. Analizuojamos kondensacijos šilumos panaudojimo galimybės skirtingose pastato vidaus inžinerinėse sistemose. Pateikiama galimų metodų apžvalga.

Projektinėje, parenkami automatizavimo komponentai – jutikliai, valdikliai, dažnio keitikliai. Pateikiama informacija apie pastato inžinerinių sistemų projektavimo sąlygas. Sudaromos elektrinės, funkcinės ir principinės automatizavimo funkcijos.

Tyrimo dalyje, programuojami valdikliai kondensacinės šilumos nuvedimo sistemai automatizuoti. Atliekama pastato valdymo sistemos sukauptų darbo duomenų analizė, įvertinamas sistemos modifikavimo naudingumas.

Reikšminiai žodžiai: kondensacinė šiluma, automatizavimas, programuojamas loginis valdiklis

Gustaitis, Martynas. Refrigeration system condensing heat recovery to ventilation systems research. Final project of Master's / supervisor doc. dr. Mindaugas Vaitkūnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical System.

Kaunas, 2015. 45 pages.

SUMMARY

In this work contains analyze of two building engineering systems - refrigeration and ventilation applying all automation components to ensure independent use from human intervention.

Objective of this work - refrigeration system condensing heat automated abstraction to the internal building systems.

Work objectives :

1. Analyze literature covering the cooling and ventilation equipment processes, management practices and needs.
2. Select sensors, controls, draw panels electrical wiring diagram.
3. Draw functional automation equipment and principal schemes.
4. Automate systems work.
5. Analyze obtained data, determine systems modification benefits.

The analytical part deals ventilation and cooling systems, their management techniques and energy needs. Analyzed condensing heat recovery options in different building internal engineering systems. Provides an overview of possible approaches.

In the design, selection of automation components - sensors, controllers, frequency converters. It contains information about the building engineering systems design conditions. Made up of electrical, functional and principled automation features.

Part of the study, programmable controllers condensation heat removal system to automate. Carried out building management system accumulated labor data analysis, assessment of the modification utility.

Keywords: condensation heat, automation, programmable logic controller

IVADAS

Šaldymo sistema – tai atitinkamos paskirties vamzdiniais sujungtų įrenginių bei prietaisų visuma, naudojama šilumai paimti iš šaldomo objekto ir perduoti aplinkai, užtikrinant tam tikrą temperatūrą šaldomame objekte. Šaldymo sistemos diegiamos maisto, chemijos, naftos, dujų, lazerių gamybos ir kitose pramonės srityse, technologinių procesų nenutrūkstamam darbui užtikrinti.

Dirbtinio šalčio gamyba – daug energijos reikalaujanti pramonės sritis, todėl daug dėmesio reikalinga skirti šaldymo sistemų efektyvumo didinimo problemoms spręsti.

Tiriamos sistemos darbo grafikas yra nepertraukiamas, kas sukuria puikią galimybę įsisavinti kondensacijos šilumą žiemą, kai šilumos poreikis yra didžiausias. Kondensacijos šiluma yra nukreipiama į pastato vėdinimo sistemas. Šilumos panaudojimui vėdinimo sistemose yra įdiegiama papildoma šildymo sekcija. Atlikus vėdinimo sistemos modifikavimo darbus gaunami 3 šilumokaičiai, kurie naudojami pakopomis: 1 – rekuperatorius, 2 – papildoma šildymo sekcija, naudojanti kondensacijos šilumą, 3 – šildymo sekcija, naudojanti šilumą iš šilumos tinklų. Vasarą šiluma panaudojama tiekiamo į patalpas oro sausinimui, perteklius šalinamas naudojant aušinimo įrenginius.

Vėdinimo proceso metu, blogos sudėties oras yra pašalinamas ir pakeičiamas švriu lauko oru. Vienas pagrindinių sistemos uždavinių yra mikroklimato palaikymas – higienos normos, nurodančios pakankamus šiluminės aplinkos, santykinės oro drėgmės, oro judėjimo greičio, šiluminio spinduliavimo verčių, palaikymas. Vėdinimo metu svarbiausias uždavinys yra efektyvaus patalpų vėdinimo užtikrinimas prarandant mažiausiai šilumos, bei sunaudojant mažiausiai elektros.

Šio darbo tikslas yra šaldymo mašinos darbo metu išskirtą šilumą ne atiduoti į aplinkinę terpę – orą, o nukreipti į vidines pastato sistemas – šilumos ėmėjus ir išanalizuoti sistemos modifikavimo naudą.

Darbe analizuojamos šaldymo ir vėdinimo sistemos, jų valdymo metodai ir priemonės. Automatizuojama šaldymo sistemos kondensacijos šilumos nuvedimo sistema. Automatizuojant vėdinimo įrenginį ir sudarant jo valdymo algoritmą, atsižvelgiama į sistemos modifikavimą. Tiriant duomenis didžiausias dėmesys kreipiamas į šilumos suvartojimo sumažinimą 3-oje sekcijose, kurioje naudojama šiluma iš miesto tinklų.

1. ŠALDYMO IR VĖDINIMO ĮRENGINIŲ ANALIZĖ

1.1 ŠALDYMO SISTEMOS PRAMONĖJE

Vienos iš dažniausiai naudojamų šalčio mašinų pramonėje yra absorbcinės arba kompresorinės.

Absorbcinių šaldymo sistemų panaudojimas yra ribojamas tarpinio nešėjo šiluminių parametrų, kurie nėra mažesni nei $+4^{\circ}\text{C}$, todėl jos gali būti naudojamos daugiau kondicionavimo sistemose, o ne gamyboje. Absorbcinės šaldymo sistemos naudoja gamtines dujas, skystą kurą, perteklinę šilumą, kurios temperatūra turi būti $+80-120^{\circ}\text{C}$. Įvertinus sistemos įrengimo ir eksploatacijos sąlygas, absorbcinę sistemą verta naudoti tik turint perteklinę šilumą.

Kompresorinės sistemos pagal šaldymo agentą yra freoninės ir amoniakinės. Amoniakinės sistemos naudingumo koeficientas yra didesnis už freoninės apie 20%, bet saugaus darbo užtikrinimas šios sistemos kainą sąlyginai mažo galingumo sistemose padaro nekonkurencinga. Amoniakinės šaldymo sistemas finansiškai naudinga diegti, kai šalčio poreikis yra didesnis nei 1000kW . Kompresorinės šaldymo mašinos pagal šaldymo agentą skirstomas į tiesioginio išgarinimo ir tirpalines. Tirpalinės sistemos nėra ekonomiškai naudingos, taip pat agento nutekėjimas gali atnešti didelių materialinių nuostolių. Tirpalinės sistemos gali būti naudojamos objektuose, kuriuose yra aukšti higieniniai reikalavimai.

Šių dienų pramonėje įprasta naudoti freonines tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemas, jos yra efektyvios, jų įrengimo kaštai yra sąlyginai maži. Problema yra su šių sistemų efektyviu kondensacijos šilumos panaudojimu, ši problema darbe ir yra sprendžiama.

1.1.1 Optimalus šaldymo sistemos komponavimas pagal temperatūrines grupes

Norint optimaliai išnaudoti šaldymo sistemas, yra racionalu jas skirstyti į temperatūrines grupes ir jeigu yra galimybė visoms grupėms naudoti atskirus šalčio šaltinius. Dažniausiai pasitaikančias šalčio grupes galima būtų suskirstyti į:

- 1) $+12...+7^{\circ}\text{C}$;
- 2) $+4...~0^{\circ}\text{C}$;
- 3) $-18...-25^{\circ}\text{C}$.

Iš praktikos yra nustatyta, kad efektyviausias skirtumas tarp vartotojo temperatūros ir šaldymo agento temperatūros yra $7-12\text{K}$ tiesioginio išgarinimo sistemose, $10-15\text{K}$ tirpalinėse sistemose.

Tikslinga yra išsiaiškinti tinkamą įrenginio virimo ir kondensacijos temperatūrą, kad būtų išvengta energijos nuostolių. Šaldymo sistemos našumas priklauso nuo suspaudimo laipsnio – jam didėjant, našumas mažėja, o kartu mažėja ir naudingumo koeficientas.[9]

1.1.2 Garintuvas / oro aušintuvas šaldymo sistemoje

Garintuvas yra šilumokaitis skysčiui arba orui aušinti. Garintuvu gali būti bet koks šilumą perduodantis aparatas, kuriame verda skystis, nukreipiantis šilumą iš šaldomos erdvės arba produkto. Garintuvai gali būti apsemiami arba neapsemiami pagal šaldymo agento sąveiką su aušinamu paviršiumi. Pagal konstrukciją garintuvai skirstomi į lygių vamzdelių tipo, plytelių tipo ir kiautinius garintuvus.

Neapsemiamo garintuvo schema yra paprastesnė - kiautinių garintuvų paviršius yra vamzdžiai, kuriuose verda šaldymo agentas, nes jam nereikia papildomos tepalo grąžinimo įrangos, bet garintuvo paviršiaus plotas reikalingas perduoti tam pačiam šilumos kiekiui yra didesnis.

Skysčiui aušinti dažniausiai naudojami apsemiami garintuvai, tai lygių vamzdelių ar plytelių tipo garintuvai, visas jų paviršius kontaktuoja su viduje verdančiu šaldymo agentu. Šaldymo produktas yra žemos temperatūros nešėjas – gliukolis ar vanduo, jo temperatūrą stengiamasi palaikyti pastovią, dėl to tenka keisti šaldymo agento virimo temperatūrą. Jeigu per daug sumažinsime – sumažės kompresorių našumas ir naudingumas, jeigu per daug norėsime paaukštinti virimo temperatūrą, tada tam pačiam šilumos kiekiui perduoti bus reikalingas didesnis paviršiaus plotas.

Skysčiams aušinti naudojami šilumokaičiai būna plokšteliniai arba gaubtiniai. Plokšteliniai šilumokaičiai turi didesnę šilumos perdavimo koeficientą ir gali būti pagal konstrukciją mažesni, todėl yra plačiau naudojami. Plokšteliniuose šilumokaičiuose paviršiaus plotas dar sumažėja tekant priešpriešiniams fluidų srautams.

Garintuvo našumas yra charakterizuojamas šilumos perėjimo per jo sienelės iš šaldomos erdvės arba iš produkto į viduje verdantį skystį intensyvumu ir išreiškiamas vatais. Bet kokios paskirties garintuvas turi turėti pakankamą šilumos perdavimo koeficientą, kad verdantis šaldymo agentas dideliu intensyvumu sugertų šilumą, tuo pačiu metu sudarydamas reikalingą atšaldymą dirbdamas atitinkamose santykinėse sąlygose. Atšaldant orą, didelė šilumos dalis perkeliama į garintuvą konvekciniomis srovėmis, ventiliatoriaus sudaromomis atšaldomoje erdvėje arba susidarančiomis natūralios cirkuliacijos procese dėl garintuvo ir atšaldomos erdvės temperatūrų skirtumo. Jei produktas yra šiluminiame kontakte su išoriniu garintuvo paviršiumi, tai dėl šilumos laidumo, šiluma persiduoda iš produkto garintuvui. Šiluma turi pereiti per garintuvo sienelės šilumos apytakos procese, nepriklausomai nuo jos padavimo išoriniam

garintuvo paviršiui būdo. Todėl garintuvo našumas - šilumos perėjimo per jo sienelės intensyvumas, priklauso nuo tų pačių faktorių, kurie sąlygoja šilumos tėkmės, veikiant šilumos apykaitai praeinant per bet koki šilumą perduodantį paviršių, intensyvumą. Garintuvo pajėgumą galima nustatyti pagal lygybę:

$$Q_0 = F \cdot k \cdot \theta_m \quad (1.1)$$

čia Q_0 – perduodamos šilumos kiekis W ,

F – garintuvo išorinis paviršiaus plotas m^2 ,

k – šilumos perdavimo koeficientas $W/(m^2 \cdot K)$,

θ_m – vidutinis logaritminis temperatūros garintuvo išorėje ir šaldymo agento temperatūros garintuve skirtumas K . [6]

1.1.3 Šaldymo sistemos mechaninės dalies valdymo ir reguliavimo komponentai

Freoninės šaldymo sistemos sandara:

- termostatinis vožtuvas ;
- elektromagnetinis vožtuvas;
- nusausinimo filtras;
- mechaninis filtras;
- uždaromoji sklendė.

Sudarinėjant visų komponentų visumą yra keliamas pagrindinis uždavinys – išgauti kuo mažesnius hidraulinius nuostolius.

Rekomenduojami hidrauliniai nuostoliai šaldymo sistemoje yra nedidesni nei $2K$, todėl sudarinėjant sistemą, visus komponentus stengiamasi tarpusavyje derinti atsižvelgiant į šį parametą. Vienas svarbiausių komponentų šaldymo sistemoje yra termostatinis vožtuvas. Jį stengiamasi parinkti kuo tiksliau pagal šalčio galią, kad šaldymo agento perkaitimas būtų reikiamo laipsnio.

Pagal tipą, termostatinis vožtuvas galima būtų skirstyti į vožtuvus su išlyginimu ir vožtuvus be išlyginimo. Mechaninis šalčio daviklis reguliuoja termostatinio vožtuvo įpurškiamą šaldymo agento kiekį į garintuvą. Didėjant perkaitinimui, daugiau įpurškiama šaldymo agento, tačiau jei garinant šaldymo agentą labai krinta jo slėgis, reikia termostatinio vožtuvo su išoriniu išlygintuvu, jungiamu prie į siurbimo vamzdžio.

Elektromagnetiniai vožtuvai veikia įjungta/išjungta principu, suveikdinami naudojant sausą kontaktą ir yra skirti šaldymo agento padavimui valdyti.

Termostatinis vožtuvas dėl aukšto efektyvumo ir įvairiapusiško pritaikymo darbui beveik visuose šaldymo įrengimų tipuose, šiuo metu yra, tikriausiai, labiausiai paplitęs šaldymo agento suvartojimo reguliatorius. Automatinis reguliavimo vožtuvas garintuve sudaro pastovų slėgį, o termostatinis vožtuvas palaiko pastovų įsiurbiamų garų perkaitinimą ties išėjimu iš garintuvo, kas leidžia užtikrinti optimalų garintuvo užpildymą šaldymo agentu bet kokių apkrovų metu, išvengiant jo perpilimo į siurbimo vamzdį. Termostatinis vožtuvas yra naudojamas šaldymo agento suvartojimo reguliatorių sistemose, kuriose dažnai ir plačiais diapazonais keičiasi apkrova. Tai sąlygojama tuo, kad termostatinis vožtuvas užtikrina pilną ir efektyvų viso garintuvo paviršiaus naudojimą. Termostatinio vožtuvo pagrindinės dalys: balnelis, membrana, distancinis termobalionas, iš vienos pusės per kapiliarinį vamzdelį sujungtas su membrana, spyruoklė, kurios įtempimas nustatomas reguliaciniu varžtu. Kaip automatiniame reguliavimo vožtuve bei visuose kituose suvartojimo reguliatoriuose, paprastai filtras montuojamas skysto šaldymo agento įėjime į apsauginį nuo užteršimų, galinčių užkimšti šį prietaisą. Termostatinis vožtuvas dirba sąveikaujant trims nepriklausomiems slėgiams: slėgiui garintuve, spyruoklės slėgiui ir garų – skysčio mišinio slėgiui distanciniame termobalione. Termobalionas užsipildo šaldymo agentu, naudojamu įrengime.

Nusausinimo filtrai skirti drėgmei iš šaldymo agento pašalinti, mechaninis filtras smulkioms dalelėms pašalinti. Filtrų užterštumo lygį galima sužinoti tikrinant slėgį, ir jo nuostolius. Taip pat iš to galima spręsti kada yra laikas keisti filtras. Nekeičiant filtrų šaldymo sistemos darbas tampa neefektyviu.

Uždaromosios sklendės dar kitaip vadinamos remontinės sklendės suteikia galimybę aptarnaujančiam personalui atjungti dalį sistemos komponentų maksimaliai sumažinant šaldymo agento nutekėjimą ir atlikti sistemos dalies remonto darbus. Visi išvardinti komponentai turi hidraulinių pasipriešinimą, todėl komplektuojant šaldymo sistemą reikėtų įtraukti tik pačius būtiniausius komponentus.[5]

1.1.4 Šaldymo kompresorių tipai, darbo ribos

Kompresoriai, naudojami šalčio pramonėje:

- 1) stūmokliniai;
- 2) sraigtiniai;
- 3) spiraliniai.

Kompresorių darbo ribos labai panašios, nepriklausomai nuo jų rūšies, bet galių diapazonai yra skirtingi.

Galių diapazonas:

- 1) stūmokliniai – nuo 0,1 kW iki 100 kW;

2) sraigtiniai – nuo 50 kW iki 400 kW;

3) spiraliniai – nuo 2 kW iki 40 kW.

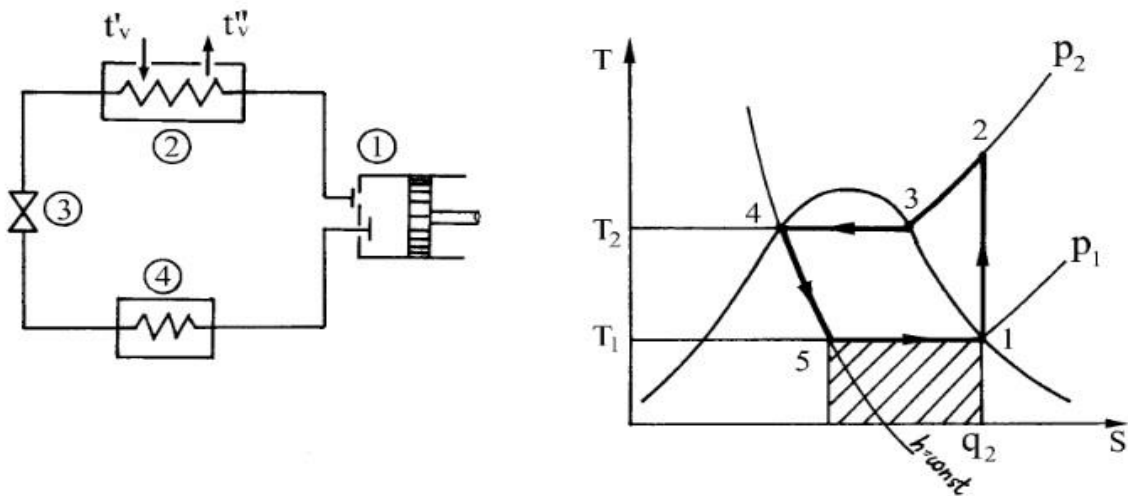
Galios pateikiamos, kai $T_0 = -10^\circ\text{C}$; $T_C = +40^\circ\text{C}$

Kompresorių naudingumo koeficientas išreikštas šalčio ir elektrinės galios santykiu.

$$\text{COP} = P_f / P_e \quad (1.2)$$

COP priklauso nuo kompresoriaus suspaudimo laipsnio – kuo didesnis skirtumas tarp šaldymo agento virimo ir kondensacijos temperatūros, tuo mažesnis COP ir atvirkščiai.

1pav. pateikiama bendrinė kompresorinio garinio šaldymo įrenginio funkcinė schema ir terminė diagrama.



1.1 pav. Kompresorinis garinis šaldymo įrenginys

1pav. pavaizduotą šaldymo įrenginį sudaro: kompresorius – 1, kondensatorius – 2, droselinis vožtuvas – 3 ir garintuvas – 4. Terminėje diagramoje pavaizduoti šie procesai:

- 1-2 adiabatiškai spaudžiamas kompresoriuje drėgnas gas virsta perkaitintuoju, slėgis padidėja nuo p_1 iki p_2 , T_1 iki T_2 ;
- 2-3-4 perkaitintasis gas izobarinio proceso metu virsta sausuoju sočiuoju 2-3 ir susikondensuoja;
- 3-4. Kondensacijos metu 1kg garo netenka q_1 šilumos. Ši šiluma kondensatoriuje 2 atiduodama aplinkos orui arba aušinimo vandeniui, kuri nukreipiama į vidines pastato sistemas – vėdinimo įrenginius;
- 4-5 droseliavimas droseliniam vožtuve 3, kuriame, esant pastoviai entalpijai, dalis kondensato išgaruoja. Slėgis sumažėja nuo p_2 iki p_1 , o temperatūra nuo T_2 iki T_1 .

- 5-1 izobarinis, o kartu izoterminis garavimas. 1kg garo gauna q_2 vienetų šilumos. Tai vyksta garintuve 4, kuris čia sutapdinamas su šaldymo kamera. Ši šiluma atimama iš kameroje esančių kūnų. Toliau ciklas kartojamas.

Šaldymo įrenginio efektyvumas nusakomas šaldymo koeficientu:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{W_k} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}. \quad (1.3)$$

Jis nusako šilumos kiekį, atimtą iš šaldomų kūnų ir tenkantį sunaudoto darbo vienetui. Garavimo ir kondensacijos procesai yra izobariniai, todėl šilumos kiekius galima išreikšti per Δh :

$$q_2 = h_1 - h_5 (\text{procesas } 5-1);$$

$$q_1 = h_1 - h_4 (\text{procesas } 2-3-4);$$

$$h_4 = h_5 (\text{procesas } 4-5).$$

Tuomet šaldymo koeficientas:

$$\varepsilon = \frac{h_1 - h_5}{-h_2 + h_2 - h_1 + h_5} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \quad (1.4)$$

Jo reikšmės dažniausiai yra intervale tarp 3 ir 5 (žiūrėti. 1.1pav.). [6]

1.1.5 Teorinis šaldymo našumas

Kompresoriaus šaldymo našumas priklauso nuo darbo sąlygų, kuriose dirba mašina. Jis nustatomas cirkuliuojančia šaldymo agento mase per laiko vienetą ir nominaliu šaldymo našumu cirkuliuojančio šaldymo agento masės vienetui. Kompresoriaus masės našumas yra lygus masei garų, juo įsiurbiamų per tam tikrą laiko vienetą. Jei darysime prielaidą, kad kompresoriaus naudingo veikimo koeficientas yra 100%, o kompresoriaus cilindras kiekvienu stūmoklio siurbimo žingsniu pilnai prisipildo garais iš siurbimo vamzdžio, tai tūris garų, įsiurbiamų į kompresoriaus cilindrą ir suspaudžiamų per laiko vienetą, bus lygus darbiniam kompresoriaus tūriui. Specifinis tūris – tai atbulinis tankiui dydis. Todėl masės suvartojimas nustatomas darbinio cilindro tūrio ir specifinio įsiurbiamų garų tūrio santykiu: $m = V_p/V$.

Jei masės suvartojimas yra žinomas, tai kompresoriaus teorinį našumą galima apskaičiuoti dauginant masės suvartojimą iš nominalaus 1 kg šaldymo agento šaldymo našumo. [9]

1.1.6 Realus šaldymo našumas

Realus kompresoriaus šaldymo našumas yra visuomet mažesnis už teorinį. Cilindrą užpildančių garų tankis yra mažesnis už tankį garų, esančių siurbimo vamzdyje. Todėl realus į kompresoriaus cilindrą įsiurbiamų garų tūris visuomet bus mažesnis už darbinį cilindro tūrį ir todėl realus kompresoriaus šaldymo našumas visuomet bus mažesnis už teorinį. [9]

1.1.7 Suspaudimo procesas

Šiuolaikiniuose greito veikimo kompresoriuose suspaudimas vykdomas labai greitai. Garai kontaktuoja su kompresoriaus cilindru labai trumpą laiko tarpą. Vidutinis temperatūrų skirtumas tarp šaldymo agento garų ir cilindro sienelės yra santykinai nedidelis. Dėl to šilumos srovė į šaldymo agentą siurbimo metu yra nežymi. Todėl garų suspaudimas šaldymo kompresoriuje paprastai vyksta adiabatiškai. Šaldymo agento garai susispaudžia šaldymo kompresoriuje adiabatiškai, garų temperatūra ir entalpija padidėja proporcingai atliekamo darbo kiekiui. Kuo didesnis suspaudimo darbas, tuo žymesnis temperatūros ir entalpijos padidėjimas. Energetinis suspaudimo proceso metu atlikto darbo ekvivalentas yra vadinamas suspaudimo šiluma. [9]

1.1.8 Suspaudimo šiluma

Suspaudimo proceso prigimtis kompresoriuje yra tokia, kad iš kompresoriaus stumiamų garų temperatūra visada yra aukštesnė už prisotinimo temperatūrą, atitinkančią garų slėgį, tai reiškia, kad stumiami iš kompresoriaus garai visuomet yra perkaitintos būsenos. Garai ataušta iki prisotinimo temperatūros – kondensacijos, pratekėdami per suspaudimo liniją ir viršutinę kondensatoriaus dalį, o tolimesnis šilumos nutekėjimas nuo garų iššaukia jų kondensaciją esant prisotinimo temperatūrai, atitinkančiai slėgį kondensatoriuje. [9]

1.1.9 Kondensatoriai šalčio gamyboje

Kondensatoriai pagal tipus yra skirstomi į:

- 1) oru aušinamus;
- 2) išgarinamuosius;
- 3) hibridinius;
- 4) gaubtinius;
- 5) plokštelines.

Oru aušinamus kondensatorius nėra sudėtinga eksploatuoti, lyginant kainą su kitų tipų kondensatoriais jie gana pigūs ir efektyvūs, bet didžiausias trūkumas, kad visa kondensacijos šiluma yra išmetama į orą.

Išgarinamieji ir hibridiniai kondensatoriai yra vieni iš pigiausių, efektyvūs, bet jų naudojimo kainą išdidina šalto vandens tiekimas į sistemą, kuris reikalingas aušinimui.

Skysčių aušinami gaubtiniai arba plokšteliniai kondensatoriai yra optimaliausias variantas sistemose kuriose yra galimybė panaudoti kondensacijos šilumą vidinėse pastato sistemose. Panaudojimo variantų gali būti keletas – termofikacinio vandens temperatūros pakėlimui, grindiniui šildymui, arba atskira atšaka nuvedant į vėdinimo sistemą, panaudoti temperatūros palaikymui, ar oro parametrų, tokių kaip patalpos drėgmė užtikrinimui. Šių kondensatorių diegimo kaina nėra maža, nes reikia papildomai montuoti šilumos nuvedimo sistemą, bet optimaliai išnaudojant šilumą, sistema gali greitai atsipirkti.

Nenutrūkstamam šaldymo procesui užtikrinti šaldymo agento garai turi kondensuotis kondensatoriuje tokiu pat intensyvumu, koku skystas aušinimo agentas garuoja garintuve. Šiluma iš sistemos per kondensatorių turi išeiti tokiu intensyvumu, koku ji patenka į sistemą per garintuvą ir siurbimo vamzdį bei suspaudimo darbo kompresoriuje. Bet koks virimo intensyvumo padidinimas sąlygoja šilumos perdavimo kondensatoriuje intensyvumo padidėjimą. Šaldymo agento garų šilumos perdavimo aušinimo terpei per kondensatoriaus sienelės intensyvumas yra trijų faktorių funkcija: kondensatoriaus paviršiaus ploto, kondensatoriaus šilumos perdavimo koeficiento, skirtumo tarp šaldymo agento temperatūros ir aušinimo terpės temperatūros. Kiekvienas kondensatorius turi tam tikrą paviršiaus plotą ir šilumos perdavimo koeficientą. Todėl šilumos nutekėjimas per kondensatoriaus sienelės priklauso tik nuo šaldymo agento garų ir aušinimo terpės temperatūrų skirtumo. Kondensacijos temperatūra visada yra lygi aušinimo terpės temperatūrai plus skirtumui tarp besikondensuojančio šaldymo agento temperatūros ir aušinimo terpės temperatūros. Iš to seka, kad kondensacijos temperatūra keičiasi proporcingai aušinimo terpės ir šilumos perdavimo kondensatoriuje intensyvumo pokyčiams.

Kondensacijos slėgis visuomet yra prisotinimo slėgis, atitinkantis šaldymo agento kondensatoriuje garų ir skysčio mišinio temperatūrai. Kai kompresorius neveikia, šaldymo agento temperatūra kondensatoriuje yra lygi supančios aplinkos temperatūrai, o atitinkamas prisotinimo slėgis santykinai bus žemas. Paleidžiant kompresorių, garai perpumpuojami į kondensatorių, bet jie nesikondensuoja, kadangi nėra skirtumo tarp šaldymo agento ir aušinimo terpės temperatūrų, o taip pat ir šilumos perdavimo tarp jų. Vertinant pagal droselinį šaldymo agento suvartojimo reguliatoriaus veikimą, kondensatorių galima vertinti, kaip uždarytą indą, o ir toliau paduodant garus į kondensatorių, slėgis jame pakyla iki tokio taško, kuriam esant garų prisotinimo temperatūra tampa pakankamai aukšta, kad susidarytų reikalingas temperatūrų ir šilumos perdavimo tarp šaldymo agento ir aušinimo terpės skirtumas. Pasiekus reikalingą šilumos perdavimo intensyvumą, garai kondensuojasi tokiu pačiu greičiu, koku jie perspumpuoja į kondensatorių. To pasekoje slėgis kondensatoriuje stabilizuojasi ir lieka daugiau ar mažiau pastovus viso ciklo metu.[4]

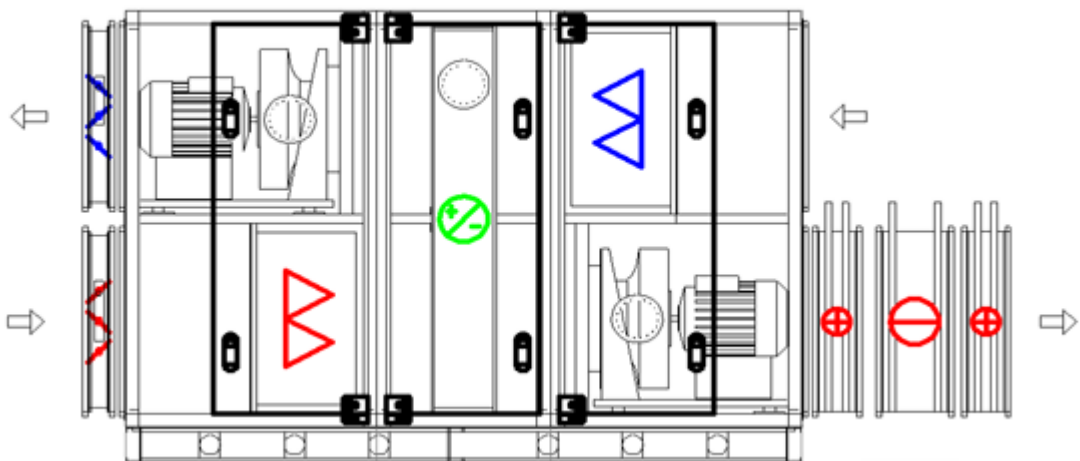
1.1.10 Kondensacijos šilumos naudojimo galimybės

Iki šiol sistemų su kondensacijos šilumos nuvedimu būdavo dažnai atsisakoma dėl šilumnešio panaudojimo problemų:

- 1) gaunama žema nuvedamo vandens temperatūra;
- 2) sunkus šaldymo ir šildymo sistemų suderinimas;
- 3) didelės kapitalinės išlaidos kondensacijos šilumos nuvedimo ir jos panaudojimo sistemų valdymui;
- 4) sunkiai suderinami sezoniniai ciklai – vasaros sezono metu nuo kondensatoriaus nuvedamas šilumos kiekis didžiausias, jos poreikis – mažiausias, ir atvirkščiai.

1.2 VĖDINIMO ĮRENGINIAI PRAMONĖJE

Vėdinimo įrenginio pjūvis pateiktas 3 pav.



1.2 pav. Vėdinimo įrenginio pjūvis

Pagrindiniai vėdinimo įrenginių techniniai rodikliai:

- Tiekiamo oro ventiliatoriaus galingumas – nominali galia
- Tiekiamo oro kiekis
- Ištraukiamo oro ventiliatoriaus galingumas – nominali galia
- Ištraukiamo oro kiekis
- Pirminio šildytuvo šiluminis galingumas
- Antrinio šildytuvo šiluminis galingumas
- Šaldymo šiluminis galingumas

1.2.1 Vėdinimo įrenginio sandara

Visas tiekiamas ir šalinamas oras turi pereiti per ventiliacinės sistemos blokus, tam kad būtų apdorotas ir paruoštas tiekimui ar šalinimui. Iš šalinamo oro, pagal poreikį, turi būti pasisavinama dalis šilumos ir panaudota tiekiamam orui šildyti. Pagrindiniai vėdinimo įrenginį sudarantys elementai:

- oro paėmimo užsklandos sekcija
- ištraukiamo oro užsklandos sekcija
- oro ištraukimo ventiliatoriaus sekcija
- oro paėmimo filtro sekcija
- rekuperatoriaus sekcija – plokštelinio arba rotacinio, arba atskirų srautų
- ištraukiamo oro filtro sekcija
- oro padavimo ventiliatoriaus sekcija
- pirminė vandeninė šildymo sekcija
- vandeninė šaldymo sekcija
- antrinė vandeninė šildymo sekcija

1.2.2 Paimamo ir ištraukiamo oro užsklandų sekcijos

Paimamo ir ištraukiamo oro užsklandos yra identiškos.

Užsklandos gali būti klasifikuojamos pagal jų atliekamą funkciją ventiliacijos sistemoje:

- Reguliuojamoji
- Viršslėginio veikimo
- Moduluojanti
- Užsidaranti gaisro metu
- Užsidaranti priešdūminė

Klasifikuojamos pagal konstrukcijos tipą:

- Plokštelinė
- Membraninė

Klasifikuojamos pagal priimtą oro pralaidumo klasę, kai slėgių skirtumai yra 100Pa.

Pralaidumo klasės yra:

- 1 klasė – reikalavimų nėra
- 2 klasė – mažiau nei 0,2 m³/s užsklandos kvadratiniam metrui
- 3 klasė – mažiau nei 0.04 m³/s užsklandos kvadratiniam metrui

Oro nutekėjimo skaičiavimas yra atliekamas tuomet, kai yra uždarytos sklendės.

Oro srauto nutekėjimas per uždarytas sklendes gali būti apskaičiuojamas jeigu yra žinomas skirtumas slėgių iš abiejų sklendės pusių ir pratekamo oro koeficientas esant 100Pa slėgiui.

$$Q_1 = q_{100} \left(\sqrt{\frac{d_{p1}}{100}} \right) \quad (2.1)$$

Čia:

q_l = faktinis srauto kiekis per vožtuvo m^2 plotą ($m^2/s m^2$)

q_{100} = faktinis srauto kiekis per vožtuvo m^2 plotą esant 100 Pa slėgiui ($m^2/s m^2$)

d_{p1} = faktinis slėgio kritimas per vožtuvą (Pa)

Šiuo atveju tiriamų sistemų įrenginiuose yra moduluojančios užsklandos.

Oro užsklandos yra uždaromos, kai įrenginys nedirba – ventiliatoriai nesisuka, šildymo, šaldymo sekcijos yra neaktyvios. Užsklandų uždarymas apsaugo patalpą nuo natūralaus vėdinimosi.

1.2.3 Oro ištraukimo ir padavimo ventiliatorių sekcijos

Vėdinimo sistemose diegiami ventiliatoriai yra ašiniai arba išcentriniai. Ašinių ir išcentrinių ventiliatorių sparnuotė jungiama su elektros variklio rotoriumi tiesiogiai. Sparnuotė montuojama ant variklio veleno arba yra naudojamos diržinės pavaros. Ašiniai ventiliatoriai naudojami ten, kur paduodamas didelis oro kiekis prie mažo arba vidutinio aerodinaminio pasipriešinimo. Ašiniai ventiliatoriai naudojami ten, kur paduodamas didelis oro kiekis prie mažo arba vidutinio aerodinaminio pasipriešinimo. Variklio ir sparnuotės iliustracija pateikta 1.4 pav.



1.3 pav. Vėdinimo įrenginio variklis su sparnuote

Tiriamoje ventiliacijos sistemoje yra naudojami išcentriniai ventiliatoriai su varikliu sujungti tiesiogiai. Variklis – trifazis asinchroninis, pasirinktas dėl patikimumo pramonėje, gerų elektros sąnaudų rodiklių.

1.2.4 Oro paėmimo ir padavimo filtrų sekcija

Oro filtrai pagal konstrukciją gali būti narveliniai, kišeniniai, gofruotieji, ruloniniai, tepaliniai, elektriniai.

Kišeninių filtrų rėmelis gaminamas iš galvanizuotos skardos. Filtrinė medžiaga iš kintančio tankumo poliesterio, polipropileno ar stiklo pluošto.

Filtrinė medžiaga su specialiu plaušelių išdėstymu leidžia sugerti didelį kiekį dulkių. Kokybiška filtrinė medžiaga ir optimizuota kišenių forma užtikrina ilgaamžį filtro naudojimą.

Kišeniniai filtrai naudojami vėdinimo sistemose, pramonės įrengimuose, kur reikia filtruoti didelį oro kiekį. G3 ir G4 klasės filtrai dažniausiai naudojami kaip pirminiai filtrai prieš aukštesnės klasės filtrus. M5 ir M6 vidutinio filtravimo lygio filtrai. F5, F7 ir F9 klasės filtrai dažniausiai naudojami kaip galutiniai filtrai arba kaip priešfiltrai prieš ypač aukštos klasės filtrus. Kišeniniai filtrai naudojami vėdinimo sistemų agregatuose ore esančių dulkių sugaudymui.

G(Coarse angl.)-šurkštus, prasčiausias filtravimo savybes turintys filtrai. M(medium angl.)-vidutinis, tarpiniai filtrai tarp šurkščių G klasės filtrų ir puikias filtravimo savybes turinčių F(fine anlg.) klasės filtrų.

Dėka savo specialios formos, kišeniniai oro filtrai turi ypač didelį filtravimo plotą. Šie filtrai patalpose palaiko švarų orą, be to, nuo dulkių saugo įrangą.



1.4 pav. Vėdinimo įrenginio oro filtras

Tiekiamas oro filtras yra F7 klasės, šie filtrai skirti administraciniams pastatams, muziejams, aerouostams, ligoninėms, elektroninės įrangos stotims. Šios klasės filtrai leidžia užtikrinti aukštos kokybės oro tiekimą. Ištraukiamo oro filtras yra pasirinktas M5 klasės. Tai yra žemesnės klasės filtras, skirtas filtruoti orui, šalinamam iš administracinių patalpų. Filtrai ne tik apsaugo žmones nuo kenksmingų dalelių ore, bet ir apsaugo vėdinimo sistemą ypač rekuperatorių nuo dulkių, kas padeda išsaugoti aukšta rekuperatoriaus darbo našumą visą darbo laiką.

1.2.5 Rekuperatoriaus sekcija

Rekuperatorius – šilumos atgavimo elementas sumontuotas vėdinimo įrenginyje.

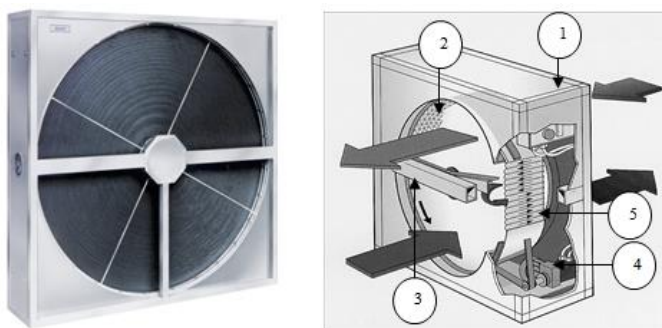
Rekuperatorius vėdinimo įrenginiuose padeda taupyti šiluminę energiją, panaudojant šiltą, išmetamą lauk patalpų orą, sušildyti tiekiamam į patalpas lauko orui.

Vėdinimo įrenginiai su įmontuotu rekuperatoriumi skirstomi pagal jo tipą:

- Plokšteliniai arba priešpriešinių srautų
- Rotaciniai
- Atskirų srautų

Rekuperacija – tai energijos taupymas. Šalinamas iš patalpų oras šilumokaičio pagalba nesimaišydamas pašildo tiekiamą iš lauko orą.

Vėdinimo įrenginiai su rotaciniu rekuperatoriumi didžiąją dalį šilumos, kuri prarandama su ištraukiamu iš patalpos oru, gali panaudoti tiekiamo į patalpas oro pašildymui. Šių įrenginių veikimas pagrįstas šilumos regeneracija – kai besisukdamas aliuminio būgnas absorbuoja šalinamo oro iš patalpų šilumą ir panaudoja ją tiekiamo oro pašildymui. Vėdinimo įrenginiai su rotaciniu šilumokaičiu gali būti dviejų tipų – aliuminio arba aliuminio su hidroskopiniu paviršiumi rotaciniais šilumokaičiais. Rotacinio rekuperatoriaus rotorius yra lyg didelis žiedas, kurio vidurys užpildytas mažo skersmens vamzdeliais. Jis patalpinamas į vėdinimo agregatą tokiu būdu, kad viena jo pusė pertveria oro ištraukimo kanalą, o kita – padavimo kanalą.



1.5 pav. Rotacinio šilumokaičio bendrasis vaizdas ir schema: 1 – korpusas, 2 – rotorius, 3 – prapūtimo segmentas, 4 – variklis, 5 – rotoriaus vamzdeliai.

Įrenginių veikimas su plokšteliniu rekuperatoriumi pagrįstas tuo, kad šalinamo oro šiluma perduodama tiekiamam į patalpas orui per šilumokaičio aliuminio plokšteles. Plokštelinis šilumokaitis sudarytas iš tam tikra tvarka sujungtų profilinių plokštelių, kurios sudaro kanalus orui tekėti. Kanalai, skirti tiekiamam ir šalinamam orui, yra statmeni vienas kitam. Plokštelės gaminamos iš gerą šilumos laidumą turinčių medžiagų. Tiekiamo ir šalinamo oro srautai nesusiliesdami teka statmenomis kryptimis ir laidumu perduoda energiją per juos skiriančius paviršius. Kad plokštelių neužterštų dulkės, tiekiamas ir šalinamas oras valomas filtrais.

Plokštelių rekuperatorių naudingumo koeficientas priklauso nuo sąveikaujančių oro srautų temperatūros skirtumo. Plokšteliniai rekuperatoriai pajėgūs sugrąžinti iki 70% šalinamame ore esančios energijos. Plokšteliniai šilumokaičiai plačiausiai paplitę projektuojant individualių namų, administracinių patalpų vėdinimo sistemas, arba objektuose, kuriuose neleistina oro recirkuliacija.

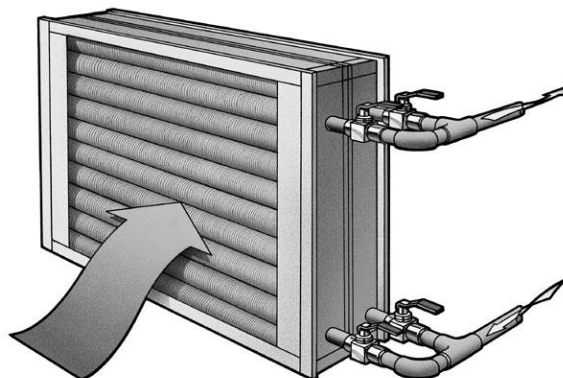


1.6 pav. Plokštelis šilumokaitis.

Atskirų srautų rekuperatorių konstrukcija leidžia įrengti padavimo įrenginį labai dideliu atstumu nuo ištraukimo, jis mažiausiai jautrus žemoms temperatūroms, tačiau naudingumo koeficientas tik apie 55%. Dažniausiai naudojami pramonėje arba medicinos įstaigose esant specifinėms sąlygoms, nes yra brangūs.

1.2.6 Vandeninis šildytuvas

Tiekiamo oro temperatūrą galima keisti, koreguojant per šilumnešį tekančio vandens temperatūrą. Reguliavimui sumontuojamas šilumnešio temperatūros mazgas. Šilumnešio mazgas sudarytas iš vandeninio šildytuvo, cirkuliacinio siurblio ir trieigio vožtuvo, kuris yra reguliuojamas elektrinės pavaros pagalba. Norint orą maksimaliai sušildyti, trieigis vožtuvas pilnai atidaromas į tą pusę, kad šilumnešis iš šilumos punkto būtų visiškai nemaišomas su grįžtamu (atvėsusiu) šilumnešiu. Norint gauti tarpines temperatūras tarp aukščiausios ir žemiausios, vožtuvas atidaromas procentaliai, elektrinės pavaros pagalba, remiantis temperatūrinių jutiklių rodmenimis.



1.7 pav. Vėdinimo įrenginio vandens šildytuvas

Esant atšiaurioms oro sąlygoms, žiemą, jeigu vanduo yra naudojamas, kaip šilumnešis – galimas sistemos užšalimas. Sušalusiam vandeniui besiplečiant gali būti pažeista sistema. Šiai problemai spręsti yra įdiegiama priešuzšaliminė apsauga – temperatūrai nukritus žemiau 7 C° vėdinimo įrenginys automatiškai yra stabdomas. Taip pat šilumnešio skysčio sudėtis gali būti koreguojama – vanduo maišomas su glikoliu, kuris neužšąla esant neigiamai temperatūrai.

1.2.7 Vandeninė šaldymo sekcija

Vandeninė šaldymo sekcija veikia šiltuoju metų laiku, kai lauko oro temperatūra yra aukštesnė nei užduota tiekiamą oro temperatūra ir yra reikalingas tiekiamą oro vėsinimas. Šaldymo sekcija atlieka dvi funkcijas – vėsina ir sausina tiekiamą orą. Vandeninės šaldymo sekcijos sandara yra identiška šildymo sekcijai. Atvėsintas šilumnešis į šaldymo sekciją tiekiamas iš šaldymo mašinos.

2. SISTEMŲ AUTOMATIZAVIMAS

2.1 VĖDINIMO ĮRENGINIŲ AUTOMATIZAVIMAS

Vėdinimo sistemoje vyksta daug oro apdorojimo procesų, kuriuos suvaldyti rankiniu būdu būtų labai sudėtinga, todėl sistemos automatizavimui parenkami visi reikalingi komponentai, kad sistemos išvardintos 2.1 lentelėje galėtų veikti be žmogaus įsikišimo.

2.1.1 Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos

2.1 lentelėje pateikiamos pasirinktų vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos – šildymo, šaldymo ir elektriniai sistemos galingumai, filtrų švarumo klasės., triukšmo slopintuvų parametrai.

2.1 lentelė. Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos [5]

| Nr. | PAVADINIMAS IR TECHNINĖS CHARAKTERISTIKOS |
|------------------------------|--|
| Vėdinimo sistema PI-1 | |
| 1. | Modulinė oro tiekimo/šalinimo kamera „Systemair DVCompact 25“ (+6900/-5600 m ³ /h, 350 Pa). |
| 2. | Filtrai kurių klasės: EU7, EU5 ir EU3. |
| 3. | Priešpašildymo ir sausinimo glikolinis kaloriferis 54 kW (45/35°C, et. glikolis 35%). |
| 4. | Vandeninis kaloriferis 54 kW (80/60°C, vanduo). |
| 5. | Glikolinio aušintuvas 30 kW. |
| 6. | Plokštelinis šilumokaitis. |
| 7. | Išcentriniai ventiliatoriai, el. varikliai(~400V, 2x3,0kW). |
| 8. | Modulinis triukšmo slopintuvas -20 dB(A) ortakyje už slopintuvo <50dB(A); |
| Vėdinimo sistema PI-2 | |
| 1. | Modulinė oro tiekimo/šalinimo kamera „Systemair DVCompact 40“ (+9500/-5500 m ³ /h, 350 Pa). |
| 2. | Filtrai kurių klasės: EU7, EU5 ir EU3. |
| 3. | Priešpašildymo ir sausinimo glikolinis kaloriferis 79 kW (45/35°C, et. glikolis 35%). |
| 4. | Glikolinis aušintuvas 40,5 kW su lašelių gaudykle. |
| 5. | Vandeninis kaloriferis 79 kW (80/60°C, vanduo). |
| 6. | Rotacinis šilumokaitis su varikliu ir jo apsukų reguliavimu. |
| 7. | Išcentriniai ventiliatoriai, el. varikliai (~400V, 2x4,0kW). |
| 8. | Modulinio triukšmo slopintuvas -20 dB(A) ortakyje už slopintuvo <50dB(A). |
| Vėdinimo sistema PI-3 | |
| 1. | Modulinė oro tiekimo/šalinimo kamera „Systemair DVCompact 25“ (+6700/-4200 m ³ /h, 350 Pa). |
| 2. | Filtrai kurių klasės: EU7, EU5 ir EU3, už kameros EU9. |
| 3. | Priešpašildymo glikolinis kaloriferis 53 kW (45/35°C, et. glikolis 35%). |
| 4. | Vandeninis kaloriferis 53 kW (80/60°C, vanduo). |
| 5. | Glikolinis aušintuvas 29 kW. |
| 6. | Rotacinis šilumokaitis su varikliu ir jo apsukų reguliavimu. |
| 7. | Išcentriniai ventiliatoriai, el. varikliai (~400V, 2x3,0kW). |
| 8. | Modulinio triukšmo slopintuvas -20 dB(A) ortakyje už slopintuvo <50dB(A). |

| Vėdinimo sistema PI-4 | |
|-----------------------|--|
| 1. | Modulinė oro tiekimo/šalinimo kamera „Systemair DVCompact 20“ (+2700/-2700 m ³ /h, 350 Pa). |
| 2. | Filtrai kurių klasės: EU7, EU5 ir EU3. |
| 3. | Priešpašildymo glikolinis kaloriferis 8 kW (45/35°C, et. glikolis 35%). |
| 4. | Vandeninis kaloriferis 8 kW (80/60°C, vanduo). |
| 5. | Glikolinis aušintuvas 11 kW. |
| 6. | Rotacinis šilumokaitis su varikliu ir jo apsukų reguliavimu. |
| 7. | Išcentriniai ventiliatoriai, el. varikliai (~400V, 2x2,2kW). |
| 8. | Modulinio triukšmo slopintuvas -20 dB(A) ortakyje už slopintuvo <50dB(A). |
| Vėdinimo sistema PI-5 | |
| 1. | Modulinė oro tiekimo/šalinimo kamera „Systemair DVCompact 40“ (+10800/-9100m ³ /h, 300 Pa). |
| 2. | Filtrai kurių klasės: EU7, EU5 ir EU3. |
| 3. | Priešpašildymo glikolinis kaloriferis 65 kW (45/35°C, et. glikolis 35%). |
| 4. | Vandeninis kaloriferis 65 kW (80/60°C, vanduo). |
| 5. | Glikolinis aušintuvas 60 kW. |
| 6. | Rotacinis šilumokaitis su varikliu ir jo apsukų reguliavimu. |
| 7. | Išcentriniai ventiliatoriai, el. varikliai (~400V, 2x4,0kW). |
| 8. | Modulinio triukšmo slopintuvas -20 dB(A) ortakyje už slopintuvo <50dB(A). |

2.1.2 Vėdinimo įrenginio automatizavimo schema

Automatizavimo schemose vaizduojami technologinių įrenginių procesų, atskirų mazgų automatizavimo principai. Schemose pažymimi technologiniai įrenginiai, automatizavimo priemonės ir ryšiai tarp jų. Sudarant automatizavimo schemas nustatomi įrenginiai, kurie bus valdomi automatiškai – sklendžių pavaros ir kiti mechanizmai, sprendžiami mechanizmų automatinės apsaugos klausimai. Automatizavimo schemas naudojamos bendram aprašomos sistemos suvokimui.

Pagrindiniai uždaviniai visoms sistemos yra keliami tokie patys – ventiliatorių darbas reguliuojamas slėgio daviklių pagalba, tiekiamo oro temperatūra palaikoma pagal tiekiamo oro daviklio rodmenis, visos vėdinimo sistemos turi pirminio pašildymo sekcijas. Sistemos skiriasi tik savo rekuperatoriaus tipu ir energiniu, elektriniu galingumu, todėl automatizavimo dalyje jos bus aprašytos, kaip viena sistema. Vėdinimo sistemos automatizavimo schema pateikta 2.1 pav.

Automatizavimo sistemoje esančių technologinių įrenginių sąrašas pateiktas 2.2 lent.

2.2 lentelė. Automatizuojamos sistemos technologiniai įrenginiai

| Eil. Nr. | Pavadinimas |
|----------|-----------------------------|
| 1. | Tiekiamo oro užsklanda |
| 2. | Ištraukiamo oro užsklanda |
| 3. | Tiekiamo oro filtras |
| 4. | Šalinamo oro ventiliatorius |
| 5. | Rekuperatorius |
| 6. | Tiekiamo oro ventiliatorius |

| | |
|-----|--|
| 7. | Ištraukiamo oro filtras |
| 8. | Pirminė šildymo sekcija |
| 9. | Pirminės šildymo sekcijos cirkuliacinis siurblys |
| 10. | Pirminės šildymo sekcijos trieigis vožtuvas |
| 11. | Šaldymo sekcija |
| 12. | Šaldymo sekcijos cirkuliacinis siurblys |
| 13. | Šaldymo sekcijos trieigis vožtuvas |
| 14. | Antrinė šildymo sekcija |
| 15. | Antrinės šildymo sekcijos cirkuliacinis siurblys |
| 16. | Antrinės šildymo sekcijos trieigis vožtuvas |

Automatizavimo schemeje vaizduojamų jutiklių sąrašas pateiktas 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Vėdinimo sistemos jutikliai

| Žymuo | Pavadinimas |
|-------|---|
| T1 | Tiekiamo oro temperatūros daviklis ortakinis |
| T2 | Šalinamo oro temperatūros daviklis ortakinis |
| T3 | Pirminės šildymo sekcijos grįžtamo šilumnešio temperatūros jutiklis |
| T4 | Antrinės šildymo sekcijos grįžtamo šilumnešio temperatūros jutiklis |
| P1 | Tiekiamo oro slėgio daviklis 0÷2500Pa, 0÷10V |
| P2 | Šalinamo oro slėgio daviklis 0÷2500Pa, 0÷10V |
| DPS1 | Tiekiamo oro ventiliatoriaus slėgio skirtumo jungiklis, 40-600pa |
| DPS2 | Šalinamo oro ventiliatoriaus slėgio skirtumo jungiklis, 40-600pa |
| DPS3 | Tiekiamo oro filtro slėgio skirtumo jungiklis, 40-600 Pa |
| DPS4 | Šalinamo oro filtro slėgio skirtumo jungiklis, 40-600 Pa |
| DPS5 | Rekuperatoriaus slėgio skirtumo jungiklis, 40-600pa |
| TS1 | Kapiliarinis apsaugos nuo užšalimo termostatas |

2.1.3 Valdikliai

Vėdinimo sistemos darbas automatizuojamas valdiklių pagalba, kurie skiriasi savo panaudojimo sritimis ir sudėtingumu. Valdikliai pagal savo atliekamas funkcijas skirstomi į:

- Aparatūrinius
- Konfigūruojamus
- Programuojamus

Aparatūriniai valdikliai – tai paprasčiausi valdikliai skirti konkrečiai užduočiai atlikti. Vartotojas šiuo valdikliuose gali koreguoti tik nuostatas ir regulatoriaus perdavimo koeficientą. Šio tipo valdikliuose nėra galimybės keisti programinės įrangos, naudojama tik numatytoji valdiklio logika.

Konfigūruojami valdikliai - tai valdikliai, turintys iš anksto parašytas programas ir panaudojimo sritį. Vienas valdiklis gali būti skirtas tik vienai specifinei sričiai, pvz. oro ruošimo kameros valdymas, katilinės valdymas, šilumos punkto valdymas, karšto vandens

ruošimo valdymas, temperatūros valdymas, zoninė kontrolė, slėgio palaikymas. Vartotojas negali keisti šio tipo valdiklių programinės įrangos, bet gali skirtingai išnaudoti I/O galimybes, kiekvienam jų priskirdamas skirtingas veikimo funkcijas. Šie valdikliai yra lankstesni nei aparatūriniai, tačiau jų funkcionalumas ribojamas gamintojo numatytomis veikimo funkcijomis.

Programuojamieji loginiai valdikliai. Programuojamasis loginis valdiklis (ang. PLC-Programmable Logical Controller) yra universali technologinių įrenginių ir procesų automatizavimo priemonė, naudojama praktiškai visose šiuolaikinėse vėdinimo sistemose. Programuojamasis loginis valdiklis (PLV) turi bent vieną mikroprocesorių ir yra sudarytas pagal mikroprocesorinės sistemos sudarymo principus. Todėl PLV galima laikyti sistema susidedančia iš dviejų dalių – techninės ir programinės. PLV pasižymi didelėmis valdymo ir informacijos apdorojimo galimybėmis. Jie programinėmis priemonėmis lengvai pritaikomi įvairiems valdymo uždaviniams spręsti ir gali būti perprogramuojami pagal poreikį. Naudojant PLV ir jiems pritaikytas programavimo kalbas sukuriamos lanksčios, patikimos valdymo sistemos, galinčios užtikrinti aukštą automatizavimo lygį. Pastatų automatikos valdikliuose paprastai naudojama LAD, FBD arba STL programavimo kalbos.

2.1.4 Valdiklio parinkimas

Nagrinėjamos vėdinimo sistemos nuo standartinių skiriasi tuo, kad turi 3 šildytuvus – rekuperatorių, pirminio šildymo sekciją ir antrinio šildymo sekciją, kurių veikimas turi būti suderintas, taip kad jos veiktų paeiliui. Konfigūruojamų valdiklių trūkumas yra toks, kad nėra galimybės matyti kaip „mąsto“ valdiklis, mes tik galime stebėti, kokius parametrus jis išduoda valdiklio išėjime be teisės juos pasikoreguoti, kaip mes patys to norime. Siekiant pilnai stebėti ir kontroliuoti valdymo procesus reikalinga pasirinkti laisvai programuojamą valdiklį.

Šiandieninėje rinkoje laisvai programuojamų valdiklių vėdinimo sistemoms pasirinkimas yra gana nemažas. Vieni daugiausiai paplitusių valdiklių yra TAC Xenta, Carel pCO, Regin Exocompact, Siemens Desigo. Nei vieno iš išvardintų modelių negalima būtų laikyti lyderiu savo srityje, „geležies“ kainų santykis yra panašus, skiriasi programinės įrangos naudojimo sąlygos – už vienu gamintojų programas reikia mokėti, kiti programinę įrangą tiekia ir apmokymus organizuoja, nemokamai. Renkantis valdiklius svarbiausia nuspręsti ar pasirinktas valdiklis sugebės įgyvendinti konkrečiai sistemai priskirtas užduotis, ar valdikliai turi gerą dokumentaciją ir jų tuometinę kainą rinkoje. Tiriamų sistemų darbui pasirinkti valdikliai yra Regin Exocompact, tai nėra pigiausias pasirinkimas, bet jie turi gerą dokumentaciją, nemokamą programinę įrangą ir tiekėjų įmonė Lietuvoje turi specialistus

gebančius suteikti profesionalią pagalbą programavimo klausimais, ko kiti gamintojai negali visada užtikrinti.

Valdymo įtaisas „Exocompact C281D-3“ pateiktas 2.2 pav.



2.2 pav. Exocompact C281D-3 laisvai programuojamas valdiklis

Valdiklį programuoti ir valdyti galima naudojant EXO laidą, prijungtą prie kompiuterio, kuriame veikia „EXO-designer“ programinė įranga. Pilnam funkcionalumui reikalinga ir MS SQL duomenų bazė, paprastiems projektams pakankama nemokama Express versija. Oro apdorojimo įrenginių valdymo programa, turi užtikrinti šias funkcijas:

Pagrindiniai Regin Exocompact valdiklio techniniai duomenys pateikti 2.4lent.

2.4 lentelė. Valdiklio Exocompact C281D-3 techniniai duomenys

| | |
|---------------------------|--|
| Vaizduoklis | 4 eilučių, 20 simbolių |
| Maitinimo įtampa | 24V AC, 6VA |
| Analoginiai įėjimai AI | 0... 10 V DC įtampa arba PT1000, 12 bitų A/K |
| Skaitmeniniai įėjimai DI | Diskretiniai išėjimai |
| Universalūs įėjimai UI | Gali veikti kaip analoginiai arba skaitiniai įėjimai su jau aprašytais charakteristikomis |
| Analoginiai išėjimai AO | Nustatoma DC 0...10 V; 2...10 V; 10...0 V arba 10...2 V įtampa. 8 bitų keitiklis K/A su apsauga nuo trumpo jungimo |
| Skaitmeniniai išėjimai DO | 24 V AC trijų būsenų išėjimai, pastovios 0,5 mA srovės |

Įėjimų ir išėjimų skaičius priklauso nuo konkretaus valdiklio modelio, valdiklio pavadinime esantys skaičiai reiškia bendrą įėjimų ir išėjimų skaičių pvz. C281D-3 turi 28 I/O, D raidė nurodo, kad valdiklis komplektuojamas su vaizduokliu valdiklio korpuse, C raidė, kad yra laisvai programuojamas, o skaičius 3 nurodo valdiklių kartos numerį.

2.1.5 Oro užsklandų valdymas

Oro užsklandos, veikiant vėdinimo sistemai turi būti pilnai arba dalinai atsidariusios. Vėdinimo įrenginiui išsijungus arba dingus įtampai oro užsklandos turi automatiškai

užsidaryti, taip išvengiant natūralios ventiliacijos iš lauko, ypač šaltuoju metų laiku. Žiemą dingus įtampai ir neužsidarius užsklandoms, atsiranda šildytuvų užšalimo tikimybė – dingus įtampai taip pat neveiktų kaloriferio reguliavimo cirkuliacinis siurblys.

Pavaros parenkamos pagal reikalingą sukimo momentą. Daugelis pavarų gamintojų pateikia kokios pavaros yra tinkamos atsižvelgiant į užsklandos gabaritus.

Pavara parenkama remiantis reikalavimais:

- Pavaros maitinimas turi būti 24VAC
- Pavara turi būti spyruoklinė – sklendžių uždarymui įtampos dingimo atveju
- Pavara turi būti moduliuojanti – daliniam oro užsklandos atidarymui

2.1.6 Oro filtrų kontrolė

Norint, kad vėdinimo sistema tiekėtų ir ištrauktų numatytąjį kiekį oro, yra reikalingi švarūs oro filtrai. Užsiteršus oro filtrams mažėja jais pratekančio oro srautas, taip pat blogėja tiekiamo oro kokybė.

Oro filtrų indikacijai naudojami oro slėgio skirtumo jungikliai. Didėjant filtro užterštumo lygiui susidaro slėgių skirtumai prieš ir už filtro – prateka mažiau oro. Pasiekus nustatytą oro slėgių skirtumą, slėgio skirtumo jungiklyje relės kontaktai persijungia ir paduoda signalą į valdiklį. Valdiklis praneša apie užsikimšusius oro filtrus. Parenkant oro slėgio skirtumo jungiklį pagrindinis parametras yra slėgio nustatymo ribos.

Oro filtro parametrai pateikti vėdinimo sistemos techniniuose duomenyse.

2.1.7 Rekuperatoriaus valdymas

Įrenginiuose su rotaciniu rekuperatoriumi, rekuperatoriaus žiedas yra sukamas trifazio elektros variklio, kurį priklausomai nuo variklio tipo galima valdyti dažnio keitiklio pagalba arba specialiu moduliu skirtu rekuperatorių valdymui. Kadangi ratas sukasi lėtai, ne visada yra tikslinga reguliuoti jo greitį ir jeigu komplektacija leidžia, valdymui galima naudoti paprasčiausią kontaktorių, kuriam įsijungus, rotorius žiedas pradeda sukuti pilnu greičiu.

Įrenginiuose su plokšteline rekuperatoriumi, rekuperatoriaus sklendžių valdymo kampą reguliuoja pavara analoginiu signalu.

2.1.8 Pirminės šildymo sekcijos valdymas

Pirminė šildymo sekcija valdoma pagal tiekiamo oro temperatūros jutiklį. Esant šilumos poreikiui kurio nesugeba patenkinti rotacinis rekuperatorius įjungiamas šildytuvo reguliavimo mazgo siurblys. Trieigis reguliavimo mazgo vožtuvas atidarinėjamas procentaliai atsiradusiam šilumos poreikiui patenkinti. Kuo daugiau vožtuvas atidarytas, tuo didesnis šilumos poreikis patenkinamas. Tiriamose vėdinimo sistemose pirminei šilumos sekcijai

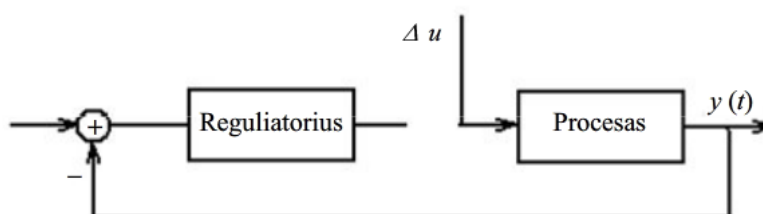
tiekiamas vanduo ir glikolio mišinys iš šalčio mašinos. Vandens ir glikolio mišinys panaikina užšalimo tikimybę prie neigiamos temperatūros, todėl prieš užšaliminius termostatus nėra montuojamas. Pirmiausiai naudojant vidinės pastato sistemos šilumą sumažinami vėdinimo sistemos eksploataavimo kaštai. Trieigio vožtuvo valdymui yra montuojama elektrinė pavara, kuri turi tenkinti jai keliamus reikalavimus:

- Pavara turi būti moduliuojanti – atsidarinėti procentaliai, pagal esamą šilumos poreikį
- Pavaros maitinimas turi būti 24V – tokia įtampa naudojama automatikos valdymo grandinėje

Tiriamose vėdinimo sistemose veikia keletas PI reguliatorių, kad sistema veiktų stabiliai, jie turi būti suderinti. PI reguliatorius eliminuoja statinę paklaidą, tačiau sistemos reakcija yra daugiau svyruojanti, integralinės dedamosios poveikis didina sistemos polinkį į nestabilumą, kai didinamas reguliatoriaus proceso stiprinimas K_r . Šiame darbe pateikiamas vieno reguliatoriaus derinimas, tokiu pat principu gali būti suderinti ir likę reguliatoriai. Dauguma reguliatorių derinimo metodų remiasi prielaida, kad valdomojo proceso dinamika gali būti apskaičiuojama pirmosios eilės perdavimo funkcija su vėlavimu:

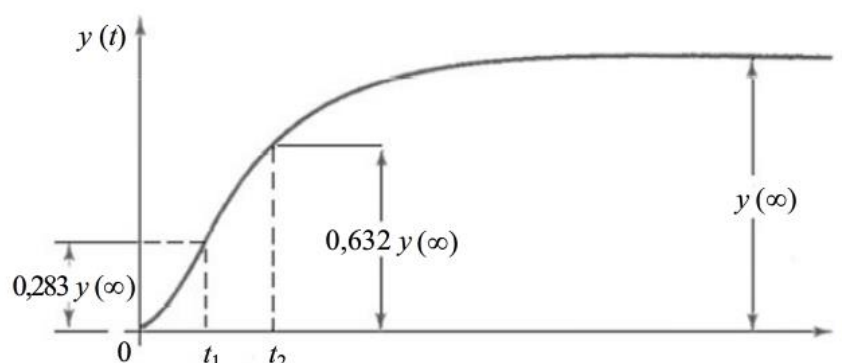
$$W_{pr}(s) = \frac{K_{pr}}{T_{pr}s+1} e^{-\tau_{pr}s} \quad (2.2)$$

čia: K_{pr} – proceso stiprinimo koeficientas, T_{pr} – atstojamoji laiko pastovioji, τ_{pr} – atstojamoji vėlavimo trukmė, s – Laplaso operatorius.



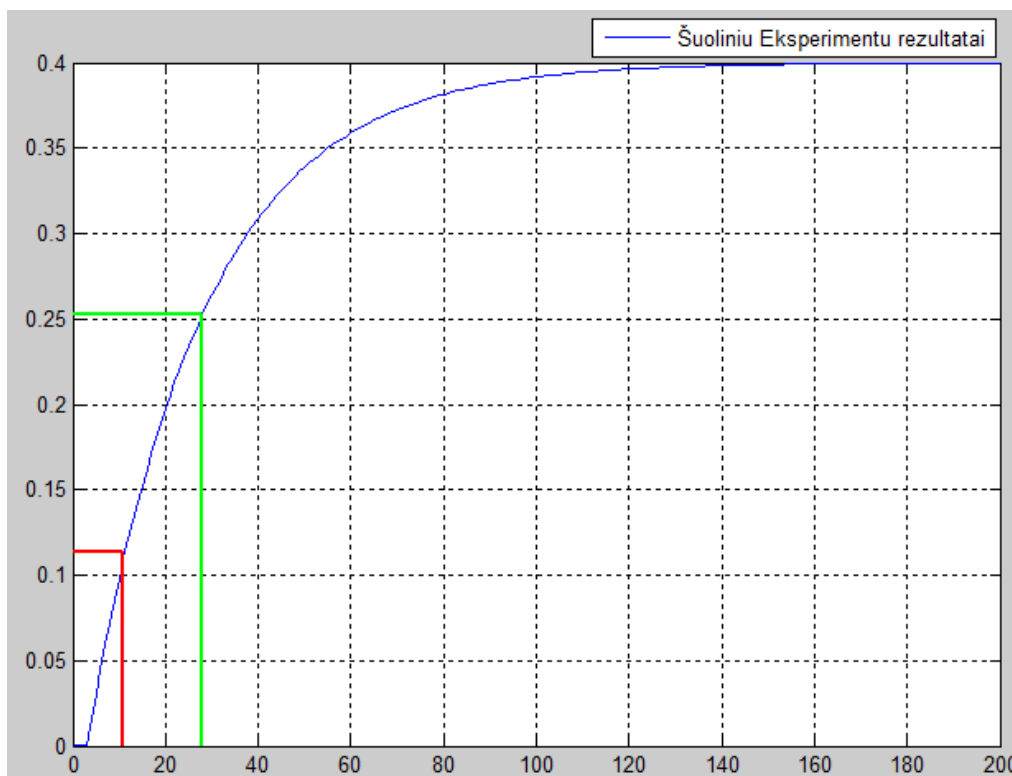
2.3 pav. Eksperimentinė schema reakcijos kreivės nustatymui [7]

Šiame darbe naudosim grafinį modelį, kuris remiasi modelio ir proceso reakcijos kreivės sutapimu dviejuose taškuose greito kitimo srityje, kurį pasiūlė C.L. Smith.



2.4 pav. Pirmosios eilės su vėlavimu modelio parametru nustatymas iš šuolinės reakcijos kreivės [7]

Rekomenduojami taškai yra t_1 ir t_2 .



2.5 pav. Pirmosios eilės su vėlavimu modelio parametru nustatymas

$$t_1 = (\tau_{pr} + T_{pr}/3) = 3 + 24/3 = 11 \text{ (s)} \quad (2.3) [7]$$

$$t_2 = (\tau_{pr} + T_{pr}) = 3 + 24 = 27 \text{ (s)} \quad (2.4) [7]$$

Šiuos taškus atitinka reakcijos kreivės taškai:

$$y(t_1) = 0.283 * y + y_0 = 0.283 * 0.3918 = 0.1108 \quad (2.5) [7]$$

$$y(t_2) = 0.632 * y + y_0 = 0.632 * 0.3918 = 0.2475 \quad (2.6) [7]$$

$$y = y(\infty) - y(0) = 0.3917 - 0 = 0.3917 \quad (2.7) [7]$$

Nustačius reakcijos kreivės t_1 ir t_2 , kaip parodyta 12pav. atstojamoji laiko pastovioji ir atstojamoji vėlavimo trukmė apskaičiuojama taip:

$$T_{pr} = \frac{3}{2}(t_2 - t_1) = \frac{3}{2}(27 - 11) = 24 \quad (2.7) [7]$$

$$\tau_{pr} = (t_2 - T_{pr}) = (27 - 24) = 3 \quad (2.8) [7]$$

Proceso stiprinimo koeficientas:

$$K_{pr} = \frac{y(\infty) - y(0)}{\Delta u} = \frac{0,3917}{1} = 0,3917 \quad (2.9)[7]$$

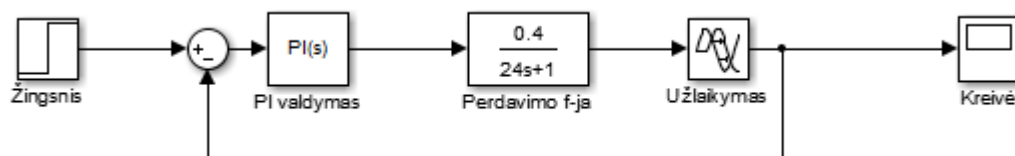
$$W_{pr}(s) = \frac{0,4}{24s+1} e^{-3s} \quad (2.10)[7]$$

Turėdami pirmos eilės perdavimo funkciją, galime derinti reguliatorių. Reguliatorius šiame darbe derinamas analiziniu metodu. Naudojame formules derinti PI reguliatorių, kai pageidaujamas perreguliavimas yra 20%:

$$K_r = P = \frac{0,7 \cdot T_{pr}}{K_{pr} \cdot \tau_{pr}} = \frac{0,7 \cdot 24}{0,4017 \cdot 3} = 14 \quad (2.11)[8]$$

$$T_i = I = \frac{K_r}{0,7 \cdot T_{pr}} = \frac{14}{0,7 \cdot 24} = 0,83 \quad (2.12)[8]$$

Matlab Simulink aplinkoje sumodeliuojame šildymo proceso reguliatorių:



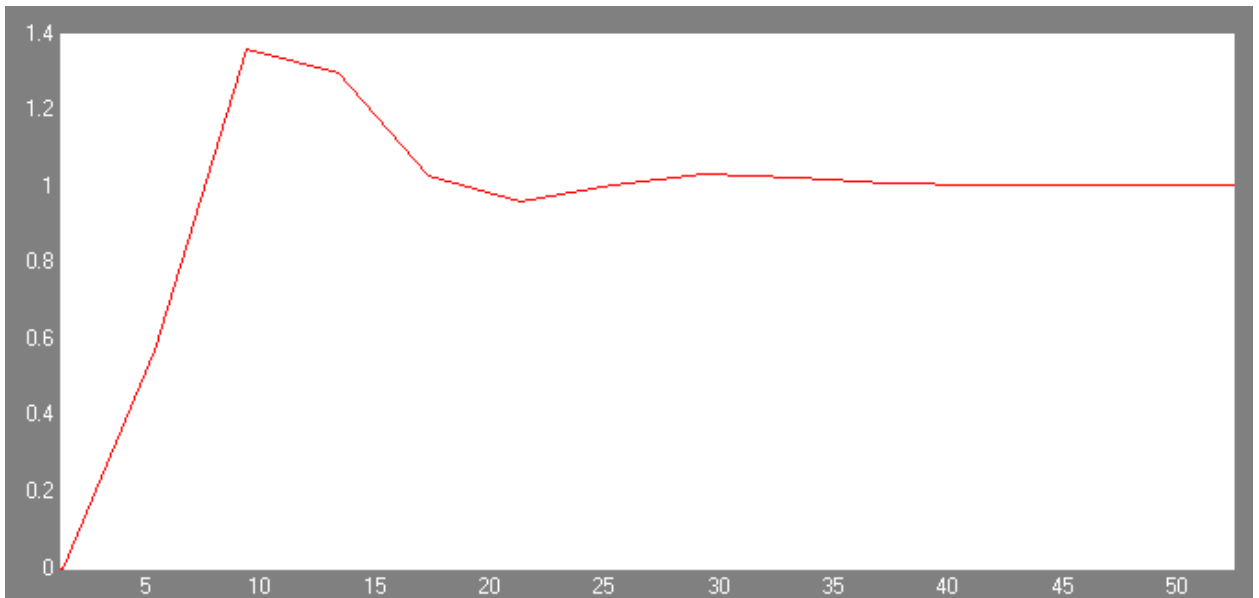
2.6 pav. Proceso reguliatorius Matlab Simulink aplinkoje.

Į PI regulatoriaus bloką įrašomas šildymo proceso regulatoriaus dedamosios:

Proporcinė dedamoji $P = 14$,

Integralinė dedamoji $I = 0,83$.

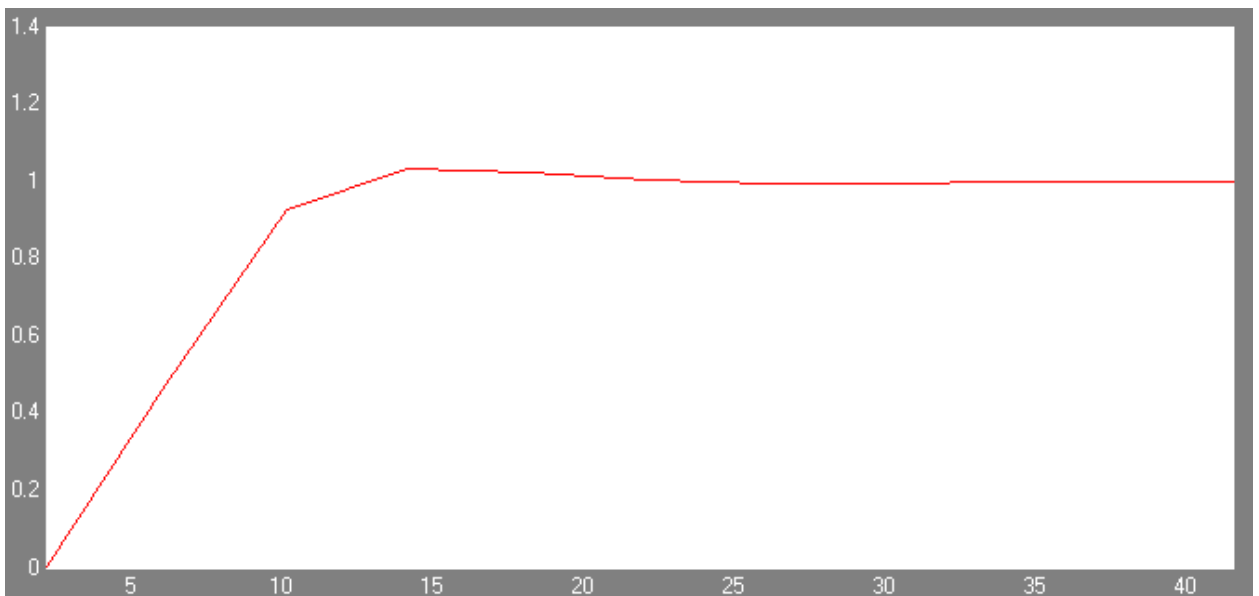
Suvedus visus reikiamus duomenis į reguliatorių, galime atlikti simuliaciją, kurio metu gauname regulatoriaus pereinamojo proceso kreivę.



2.7 pav. Šildymo kontūro regulatoriaus pereinamojo proceso kreivė

14pav. Galime matyti kad pereinamojo proceso perreguliavimas yra apie 38%, o trukmė 45s, todėl reikalinga koreguoti dedamasias P ir I.

Pasirinkus proporcinę dedamąją $P = 8.9$, ir integralinę dedamąją $I = 0,359$ rezultatai pateikiami 15pav.



2.8 pav. Šildymo kontūro regulatoriaus pereinamojo proceso kreivė su koreguotomis dedamosiomis

Iš gauto grafiko matome, kad proceso trukmė yra apie 40s, o perreguliavimas nesiekia 10%.

2.1.9 Antrinės šildymo sekcijos valdymas

Esant šilumos poreikiui didesniai nei sugeba padengti rotacinis rekuperatorius ir pirminė šildymo sekcija yra naudojama antrinė šildymo sekcija. Antrinė šildymo sekcija naudoja šilumnešį iš šilumos punkto. Šildytuvo reguliavimo mazgo siurblys veikia analogiškai pirminiam šildytuvo reguliavimo mazgo siurbliui. Trieigio vožtuvo pavara parenkama tokia pati kaip ir pirminiam šildytuvo reguliavimo mazgui.

Antrinio šildytuvo šilumnešis yra vanduo. Vėdinimo įrenginiui neveikiant, prie neigiamos temperatūros, atsiranda šildytuvo užšalimo tikimybė, siekiant to išvengti įrengiama priešūžšaliminė apsauga susidedanti iš dviejų dalių:

1. Grįžtamo šilumnešio srauto stebėjimo
2. Priešūžšaliminio termostato

Suveikus bent vienai apsaugai įrenginio darbas yra stabdomas ir pradedamas tiekti didžiausios temperatūros šilumnešis. Pašalinus užšalimo pavojaus priežastis įrenginys automatiškai nepasileidžia, prižiūrintis darbuotojas turi įsitikinti, kad nėra užšalimo pavojaus ir paleisti įrenginį rankiniu būdu arba pastato valdymo sistemos pagalba.

2.1.10 Šaldymo sekcijos valdymas

Šaldymo sekcija yra naudojama atsiradus poreikiui vėsinti patalpoje esantį orą. Šaldymo sekcijos šilumnešis yra vandens ir glikolio mišinys atkeliaujantis iš šalčio mašinos. Glikolis neužšąla ir prie neigiamos temperatūros, todėl priešūžšaliminė apsauga jam nėra įrenginama. Šaldytuvo reguliavimo mazgas neturi cirkuliacinio siurblio, o jo trieigio vožtuvo pavara yra identiška aprašytai šildytuvo pavarai.

2.1.11 Tiekiamo ir šalinamo oro ventiliatorių valdymas

Tiekiamo ir šalinamo oro ventiliatorių darbas valdomas pagal laiko programą nustatomą valdiklyje. Tiekiamo ir šalinamo oro kiekis priklauso nuo ventiliatorių darbo greičio, kuris reguliuojamas dažnio keitiklių pagalba. Oro kiekis valdomas pagal oro srauto jutiklius.

Dažnio keitikliai parenkami pagal vėdinimo įrenginio variklių įtampą ir galingumą.

2.1.12 Jutiklių parinkimas

Oro vėdinimo sistemoje parenkant temperatūrinius jutiklius reikia žinoti jų tipą ir montavimo pobūdį, pagal tai jie skirstomi į:

- Kambario temperatūros jutiklius
- Lauko temperatūros jutiklius
- Įmerkiamus temperatūros jutiklius
- Priglaudžiamus temperatūros jutiklius

- Ortakio temperatūros jutiklius

Šiose vėdinimo sistemose yra naudojami įmerkiami ir ortakiniai temperatūros jutikliai.

NTC20 įmerkiami temperatūriniai vandens jutikliai naudojami priešužšaliminei šildymo sekcijų apsaugai. NTC20 jutikliai yra termistorinio tipo. Šio tipo jutiklių veikimo principas pagrįstas metalo savybe keisti elektrinį laidumą priklausomai nuo temperatūros pokyčio.

Termistoriniai temperatūros jutikliai skirstomi pagal jų nominalią varžą prie 25C. NTC20 jutiklio varža prie 0C yra 70203Ω, prie 25C – 20kΩ. Pakitus temperatūrai 1C jutiklio varža pakinta 2008Ω. Esant tokiam dideliame varžos pokyčiui galima tiksliai nustatyti temperatūros pokytį.

Ortakinis oro temperatūros jutiklis skirtas tiekiamo ir šalinamo oro temperatūrai matuoti. Oro temperatūros jutikliai parenkami PT1000. Jie montuojami ant ortakio, jutiklį įleidžiant į ortakio vidų, o dėžutę ir pajungimo kontaktus pritvirtinant ortakio išorinėje dalyje.

Varžiniai temperatūros jutikliai skirstomi pagal jų nominalią varžą prie 0C. Pt100 jutiklio varža prie 0C yra 1000Ω. 1C temperatūros skirtumas daro įtaką 4Ω varžos kitimui. Toks varžos kitimas leidžia tiksliai išmatuoti temperatūros pokytį.

Kapiliarinis apsaugos nuo užšalimo termostatas yra montuojamas antrinės šildymo sekcijos apsaugai nuo užšalimo.

Jeigu temperatūra nukrenta žemiau nustatytosios reikšmės, perduodamas valdymo signalas į valdiklį ir vėdinimo sistema automatiškai yra stabdoma.

Oro slėgio jutikliai montuojami ortakyje ir yra skirti palaikyti laiko programoje nustatytus tiekiamo ir ištraukiamo oro srautus. Jutikliai parenkami su slėgio matavimo ribomis nuo 0 iki 2500Pa.

Diferencinis slėgio jungiklis turi spyruoklinę membraną prijungtą prie relės kontaktų. Diferenciniui slėgiui viršijus nustatytus parametrus, relės kontaktai persijungia. Diferencinis slėgio jungiklis naudojamas ventiliatorių, filtrų ir oro kondicionierių, šilumokaičių priežiūrai, stebėjimui.

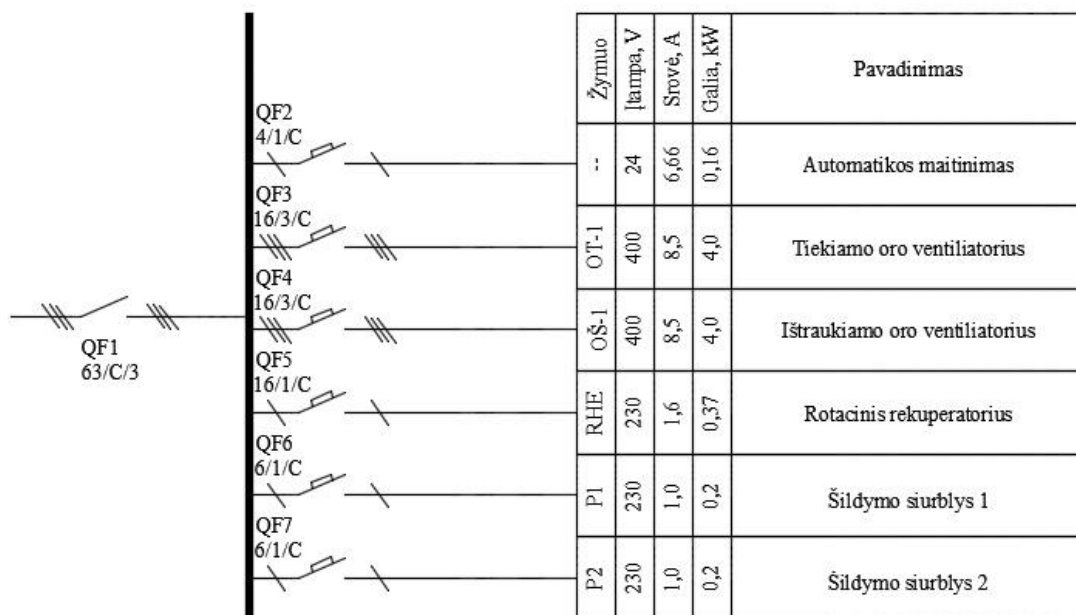
2.1.13 Elektrinės schemos sudarymas

Jėgos grandinės schema, tai visų elektros įrenginių maitinimas automatikos skyde. Kiekvienam, prie automatikos skydo prijungtam elektros įrenginiui projektuojamas automatinis išjungiklis, jei yra reikalingas įtampos nutraukimas – ir magnetinis kontaktorius. Automatinis išjungiklis saugo elektros įtaisą nuo trumpų jungimų ir perkrovų. Vėdinimo įrenginiui projektuojamas maitinimas šiems elektros įrenginiams:

2.5 lentelė. Elektros įrenginių sąrašas

| Nr. | Pavadinimas |
|-----|--|
| 1. | Tiekiamo oro ventiliatorius |
| 2. | Šalinamo oro ventiliatorius |
| 3. | Rotacinio rekuperatoriaus variklis (jeigu rekuperatorius plokštelinis, jam maitinimo nereikia) |
| 4. | Pirminio šildytuvo cirkuliacinis siurblys |
| 5. | Antrinio šildytuvo cirkuliacinis siurblys |

Elektros įrenginiams numatomi automatiniai jungikliai, nurodomi įrenginių elektriniai parametrai - skaičiuojamoji schema pateikta 2.9 pav.



2.9 pav. Skaičiuojamoji įrenginių schema

Valdymo skydų principinėse schemoje suprojektuotas pajungimas tiekiamo (OT-1), šalinamo (OŠ-1) oro ventiliatoriams, kurie maitinami ir valdomo dažnio keitiklių pagalba DK1 ir DK2, o rotacinio rekuperatoriaus valdymas (RHE), siekiant sutaupyti valdiklio analoginių išėjimų skaičių, projektuojamas be dažnio keitiklio, o su magnetiniu kontaktoriumi – šiuo atveju rekuperatorius dirbs pilnu pajėgumu, rekuperatorius valdomas relės K2 pagalba. Cirkuliaciniai siurbliai (P1 ir P2). K1, K2 relės paleidžia oro šalinimo, tiekimo ventiliatorius ir rotacinį rekuperatorių pagal gaunamus diskretinius signalus iš valdiklio. Automatiniai išjungikliai parinkti pagal įrenginių srovę.

2.1.14 Jutiklių pajungimo schema

Visi vėdinimo sistemoje esantys jutikliai pajungiami į automatikos skyde esančio valdiklio reikiamus įėjimus. Jutikliai, kurių išėjimai gaunami, kaip kontaktai yra jungiami į diskretinius įėjimus (DI). Jutikliai, kurių išėjimas yra gaunamas kaip 0..10V signalas yra jungiami į

analoginius valdiklio įėjimus (AI). Valdiklyje yra ir universalūs įėjimai, kuriuos galima išnaudoti, kaip diskretinius arba, kaip analoginius įėjimus schemoje projektuojamų jutiklių sąrašas pateikiamas 4.5 lent.

2.6 lentelė. Jutiklių pajungimas

| Nr. | Pavadinimas | Žymuo | Išėjimo signalas |
|-----|---|-------|--------------------------------|
| 1. | Tiekiamo oro temperatūros jutiklis | TE1 | Varžinis, 1000Ω prie 0°C |
| 2. | Šalinamo oro temperatūros jutiklis | TE2 | Varžinis, 1000Ω prie 0°C |
| 3. | Antrinio šildytuvo grįžtamo šilumnešio srauto temperatūros jutiklis | TE4 | Termistorinis, 20000 prie 25°C |
| 4. | Priešužšaliminis termostatas | TS1 | Kontaktas (NU) |
| 5. | Tiekiamo oro srauto slėgio jutiklis | PE1 | 0-10V |
| 6. | Šalinamo oro srauto slėgio jutiklis | PE2 | 0-10V |
| 7. | Tiekiamo oro filtrų slėgio skirtumo jungiklis | DPS3 | Kontaktas (NA) |
| 8. | Šalinamo oro filtrų slėgio skirtumo jungiklis | DPS4 | Kontaktas (NA) |
| 9. | Pirminio šildytuvo grįžtamo šilumnešio temperatūros jutiklis | TE3 | Termistorinis, 20000 prie 25°C |
| 10. | Rotacinio rekuperatoriaus užšalimo apsauga-slėgio jungiklis | DPS5 | Kontaktas (NA) |
| 11. | Tiekiamo oro ventiliatoriaus slėgio jungiklis | DPS1 | Kontaktas (NA) |
| 12. | Šalinamo oro ventiliatoriaus slėgio jungiklis | DPS2 | Kontaktas (NA) |

2.10 pav. schemoje pateikta visų jutiklių pajungimo schema į automatikos skydą. Iš pateiktos schemos matoma į kokius įėjimus jutikliai yra pajungti. Temperatūriniai jutikliai jungiami į analoginius įėjimus (AI) arba į universalius (UI). Jutiklių, kurių išėjimo signalas yra kontaktas yra jungiami į diskretinius įėjimus (DI) arba į universalius įėjimus (UI).

Pastate kilus gaisrui, vėdinimo sistema turi būti automatiškai išjungiamą, tam yra numatytas gaisro signalas gaunamas iš gaisro centralės, jungiamas į diskretinį įėjimą (DI). Pagal rekomendacijas signalas turi būti normaliai uždaras kontaktas, kilus gaisrui – atviras kontaktas.

Tiekiamo ir šalinamo oro srauto slėgio jutiklių išėjimo signalai yra 0-10V, jie gali būti jungiami į analoginius (AI) arba į universalius įėjimus (UI).

2.1.15 Vykdyto signalų pajungimo schema

Pajungiamų signalų sąrašas pateikiamas 4.6 lentelėje.

2.7 lentelė. Vykdyto signalų pajungimo schema

| Nr. | Pavadinimas | Žymuo | Maitinimo įtampa | Valdymo signalas |
|-----|------------------------------|-------|------------------|------------------|
| 1. | Tiekiamo oro sklendės pavara | DA1 | 24V | DO (24V) |
| 2. | Šalinamo oro sklendės pavara | DA2 | 24V | DO (24V) |

| | | | | |
|----|---|-----|-----|------------|
| 3. | Pirminės šildymo sekcijos trieigio vožtuvo pavara | VA1 | 24V | AO (0-10V) |
| 4. | Šaldymo sekcijos trieigio vožtuvo pavara | VA2 | 24V | AO (0-10V) |
| 5. | Antrinės šildymo sekcijos trieigio vožtuvo pavara | VA3 | 24V | AO (0-10V) |
| | | | | |

Tiekiamo ir šalinamo oro sklendžių pavaros valdomos signalo gaunamo iš valdiklio pirmo diskretinio išėjimo (DO1), K1 relės pagalba. Trieigių vožtuvų pavaros (VA1, VA2, VA3) yra valdomos signalo iš valdiklio analoginių išėjimų (AO3-AO5), pavarų valdymo signalas yra (0-10V). AO1 ir AO2 valdo dažnio keitiklius kontroliuojančius tiekiamo ir šalinamo ventiliatorius. Valdymo signalai pateikiami 2.10 pav.

2.1.16 Jėgos grandinės valdymo schema

Šiame skyriuje pristatomas jėgos grandinės valdymas. Relių ir kontaktorių pagalba valdomi ventiliatoriai: OT-1 ir OŠ-1 ventiliatorių darbas reguliuojamas dažnio keitiklių pagalba (DK1 ir DK2). DK1 ir DK2 paleidžiami kartu su tiekiamo ir šalinamo oro sklendžių pavaromis, gavus signalą iš valdiklio DO1, K1 relės pagalba. Rotacinio rekuperatoriaus variklis darbą pradeda gavęs signalą iš DO2 per K2 relės kontaktą suveikdinus magnetinį kontaktorių KM1. Jėgos grandinės jungimai pateikiami 2.10 pav.

2.2 KONDENSACIJOS ŠILUMOS NUVEDIMO AUTOMATIZAVIMO SCHEMA

Kondensacijos šilumos nuvedimo mazgui projektuojamas atskiras skydas VAS-ŠM, kuris valdytų visus automatikos komponentus užtikrinančius optimalų šilumos įsisavinimą. Skydas komplektuojamas su visa privaloma įranga – automatiniais jungikliai, dažnio keitikliais, valdikliais ir kitais valdymo elementais.

Sistemą sudaro du šaldymo agregatai, pirmasis dirba nuolatos, antrasis – jeigu pirmajam trūksta galios arba jam sugedus. Abi sistemos yra analogiškos – K1 ir K2, šalčio sistemų aprišimo kontūrai taip pat identiški. Funkcinė šaldymo sistemos kondensacijos šilumos nuvedimo schema pateikta 2.11 pav.

Šaldymo agregatą sudaro šalčio generatorius, 3 pakopų aušyklė, šalčio agento cirkuliacinis siurblys ir kondensacijos šilumos nuvedimo cirkuliacinis siurblys valdomi dažnio keitikliais. Šalčio ruošimo sistemoje stebimos tiekiamo ir grįžtamo iš aušyklės šalčio agento temperatūros T9 ir T10, srautas. Aušinimo kontūre palaikoma užduota grįžtama į sistemą fluideo temperatūra, valdant dažnio keitikliu veikiančio siurblio P1 darbo našumą ir aušyklės darbo intensyvumą jungiant pakopomis. Tokios šaldymo sistemos yra dvi, jos identiškos. Tikslas - palaikyti nepertraukiamą šalčio tiekimą technologijai. Šalčio sistemos šaltnešiu aprūpina vėdinimo

agregatus, patalpų oro vėsinimo sistemas. Skaičiuojamosios šaltnešio temperatūros kondicionavimo sistemoms - 7/12 °C, technologiniam aušinimui 15°C, vanduo.

Šiluminės energijos taupymo tikslu šaldymo sistemų aušinimo kontūre numatyta atšaka vėdinimo sistemoms, taip grąžinama šiluminė energija išsiskyrusi sistemos darbo metu. Reikalingos temperatūros palaikymui šiame kontūre, numatyti du triegiai vožtuvai su el. pavaromis (VA4), bei cirkuliacinis siurblys P4. Kai yra nepakankama pagrindinės šaldymo sistemos pajėgumo, valdiklis paleidžia ir šaldymo sistemą K-2. Šaldymo sistemos patiekiamos kartu su gamykloje įrengta apsaugine grupe ir srauto jutikliais, kurie yra susiejami su valdymo įranga.

Ventiliatoriumi I-25 šalinamas oras iš šalčio sistemų patalpos. Ventiliatorius valdomas nuo patalpoje esančio temperatūros daviklio.

Kondensacijos šilumos temperatūra yra ~40-45°C, ji yra nuvedama į papildomai sumontuotą vėdinimo įrenginio šildymo sekciją su triegiu vožtuvu leidžiančiu palaikyti užduotus temperatūrinius parametrus, ji yra sumontuota prieš sekciją šildomą miesto tinklų energija aprūpintu šilumnešiu. Jeigu yra šiltasis metų laikotarpis ir šiluma vėdinimo įrenginyje nėra reikalinga, atidarinėjama pavara nukreipianti šilumos srautą į aušinimo įrenginius, kartu įjungiami aušinimo įrenginiai. Vėdinimo sistemos valdiklis programuojamas taip, kad esant žemesnei, nei užduota tiekiamo oro temperatūrai pirmiausia būtų naudojamas rekuperatorius, tik tada, kai neužtenka jo šiluminio galingumo pradedama naudoti šildymo sekcija su šilumnešiu iš šaldymo sistemos ir galiausiai neužtenkant šiluminių pajėgumų, naudojama energija iš miesto tinklų.

Skyde esančių valdiklių ekranuose atvaizduojama visų siurblių, temperatūrų indikacija, įdiegtas valdymas "RANKINIS-IŠJUNGTA-AUTOMATINIS" iš valdiklio klaviatūros. Taip pat numatyta veikiančių aušyklių ventiliatorių darbo ir avarijos indikacija.

Gaisro metu ventiliatorius I-25 stabdomas pagal gaisro centralės signalą - normaliai uždaras kontaktas nutraukiamas gaisro metu.

Kadangi šalčio poreikis yra nepertraukiamas visus metus, nepriklausomai nuo sezoniškumo, atsiranda puiki galimybė panaudoti kondensacijos šilumą vėdinimo sistemose. Dažniausiai norint panaudoti kondensacijos šilumos nuvedimo sistemą yra susiduriama su sezoniškumo problema – kai vidinėms pastato sistemoms yra reikalinga šiluma, žiemos sezono metu, šaldymo sistemos būna apkrautos mažiausiai, nes šalčio poreikis yra arba labai mažas, arba jo nėra visai. Kuomet šaltis yra reikalingas gamybiniais procesams atsiranda galimybė daug efektyviau ir ekonomiškiau įsisavinti šilumą išskirtą šaldymo ciklo metu.

Šilumos atsirandančios šaldymo ciklų metu efektyvus nepanaudojimas jau daug metų vadinamas energijos švaistymu, kuris mažina šaldymo įrenginių ekonominę efektyvumą.

Laikoma, kad optimaliausia, gerai suderinta sistema išskirs kuo mažesnės temperatūros šilumnešį.

Priklausomai nuo objektų paskirties ir įrenginių tipo ir jų išdėstymo yra diegiamos sistemos, kuriose kondensacijos šiluma panaudojama šildyti karštam vandeniui, grindiniam šildymui, arba tiesiog aušyklių pagalba yra atvėsinama ir grąžinama į sistemą reikiamos temperatūros.

Grandiniam šildymui, mano manymu, naudoti šio tipo šilumą nėra efektyvu nes, į grindis temperatūra turi būti paduodama 27-30°C, siekiant apsaugoti betono sluoksnį nuo sutrūkinėjimo. Grindinio šildymo vamzdynas stipriai pakeltų statybos sąnaudas, kolektorinėse spintose reikėtų sumontuoti didelį skaičių pavarų, kurias turėtų valdyti kambario termostatai, nesant šaldymo poreikiui, o kartu ir kondensacijos šilumos atsirastu poreikis papildomo šilumos šaltinio. Tam reikėtų daryti papildomą kontūrą šilumos punkte. Papildomas šilumokaitis, elektrinė pvara, cirkuliacinis siurblys, temperatūriniai davikliai, valdiklio keitimas ar perprogravimas, statybos kaštus padarytų neadekvačiai didelius. Manau, kad grindų šildymas būtų naudingas tik šaldymo cechuose arba analogiškuose pastatuose apsaugant grindis nuo apledėjimo. Įrengus papildomą šilumos mazgą su cirkuliaciniu siurbliu ir trieige elektrine pvara, galima būtų sumažinti šilumnešio temperatūrą iki ~12°C laipsnių ir nenaudojant kolektorinėje spintoje pavarų, su normaliai atvirais vožtuvais paduoti šilumnešį į grindis. Grįžtamo srauto temperatūra būtų apie 0-2°C laipsnius ko pilnai pakaktų, kad grindys būtų neapledėjusios ir saugios.

Karštam vandeniui šilumos nuvedimą daryti irgi yra problematiška, nes šilumnešio temperatūra yra per žema, būtų taip pat reikalingas papildomas šilumos šaltinis. Nesant pastovaus šilumos nuėmimo, vis tiek reikėtų naudoti aušykles termofikato aušinimui.

Esant sąlygoms, kai šaldymo sistemos yra tame pačiame – techniniame aukšte, kaip ir vėdinimo įrenginiai, optimaliausias būdas panaudoti kondensacijos šilumą yra nukreipimas į vėdinimo įrenginius. Sistemos modifikacijai iš vėdinimo įrenginių pusės yra reikalinga įdiegti po papildomą šildymo sekciją su cirkuliaciniu siurbliu ir trieigį vožtuvą, valdomą elektrinės pavaros. Kondensacijos šilumos nuvedimo kontūre reikalinga įdiegti ir valdyti trieigius vožtuvus su elektrinėmis pavaromis, kurios būtų valdomos pagal sistemos temperatūrinius parametrus apsprendžiant kuria kryptimi nuvesti šilumnešį, ar į vėdinimo, ar į aušinimo įrenginius. Srauto cirkuliaciją sistemoje užtikrina siurbliai. Slėgio relės, apsaugo siurblius ir sistemą nuo tuščios eigos. Papildymo siurbliai užtikrina sistemos nustatytą sistemą.

2.2.1 Šaldymo įrenginio techninės charakteristikos

Pasirinkta šaldymo mašina pateikta 2pav.. Įrenginį sudaro garintuvas, kompresoriai, kondensatorius, hidraulinis modulis. Naudojamas šalčio agentas – 35% etilenglikolis (7-12°C).

Kompresoriaus tipas – sraigtinis. Kontūrų skaičius – 2. Mašina užpildoma šaldymo agentu R410A. Garintuvas – lituotas, plokštelinis. Darbo slėgis šaldymo agento pusėje 30bar, etilenglikolio pusėje - 10bar. Kondensatoriaus vamzdeliai besiūliai, variniai.

Gamykliškai pateikiama valdymo automatika su valdikliu atliekanti tokias funkcijas, kaip tiekiamo vandens temperatūros nustatymas, šaldymo mašinos galingumo valdymas, tiek pagal tiekiamąją, tiek pagal grįžtamąją šaltnešio temperatūrą, darbinių parametrų kontrolė, darbinių režimų ir gedimų diagnostika, variklio apsauga nuo dažno pakartotino pasileidimo, kompresorių darbo laiko apskaitos ir suvienodinimo funkcija. NXW šaldymo sistemos siurbliai dirba su šaldymo agentu R410A, siurbliai sumontuoti vidiniame sistemos bloke kartu su kompresoriais. Įrenginys pasižymi mažais matmenimis, žemu triukšmo lygiu, aukštu naudingumo koeficientu. 2.8 lentelėje pateikiamos sistemų techninės charakteristikos, kadangi abi šalčio mašinos yra identiškos, aprašoma tik viena.

2.8 lentelė. Vėdinimo įrenginių techninės charakteristikos [5]

| Nr. | | PAVADINIMAS IR TECHNINĖS CHARAKTERISTIKOS |
|-----|--|---|
| | | Šalčio mašina K-2/K-3 |
| 1. | Kompresorių 4, dviejose kontūruose. | |
| 2. | Garintuvas plokštelinis | |
| 3. | Kondensatorius plokštelinis | |
| 4. | Šaldymo galingumas 384kW, kai atiduodamas šaltnešis yra 7°C, o grįžtamas 12°C. | |
| 5. | Kondensatoriaus vandens srautas 78655l/h | |
| 6. | Šildymo galingumas 420kW, kai paduodamas šilumnešis 45°C, o grįžtamas 40 °C. | |

2.2.2 Valdiklio parinkimas

Valdiklis parenkamas laisvai programuojamas, jis turi užtikrinti valdymą šių elementų: 3 vienetų siurblių valdomų dažnio keitikliais, 5 siurblių ir 1 ventiliatoriaus valdymas uždarais kontaktais, surinkti informaciją iš temperatūrinių ir 2 slėginių jutiklių, išduoti ir priimti gedimo, starto ir darbo signalus iš šaldymo sistemos, valdyti 3 pakopų aušyklę, valdyti 3 pavaras analoginiu signalu. Kadangi sistemos turi dirbti viena nepriklausomai nuo kitos, gedimo atveju dubliuoti viena kitos darbą pasirenkami valdikliai yra kiekvienai sistemai atskiri, ir sujungiami tarpusavio ryšiais, o ne vienas valdiklis su išplėtimo moduliais, taip sugedus vienam valdikliui ar valdymo grandinei, būtų užtikrinamas nepertraukiamas šaldymo sistemos darbas. Parinktas valdiklis „Unitronics JAZZ UA24“.

2.2.3 Dažnio keitiklių parinkimas

Dažnio keitikliai užtikrina labai tikslų variklio valdymą, gali didinti, mažinti ir išlaikyti pastovų variklio sukimosi greitį, naudojamas tik reikiamas energijos kiekis. Tokiu būdu išvengiama papildomų mechaninių prietaisų mažinančių variklio apsukas – reduktorių, diržinių pavarų, o kartu yra sutaupoma elektros energija. Elektros varikliai sunaudoja didžiąją dalį

elektros energijos, kai variklius valdome pagal jiems tenkančias apkrovas, elektros suvartojimas tampa tikslingesnis ir nuo variklio apkrovos galima sutaupyti nemažą dalį elektros energijos. Dažnio keitikliai parenkami pagal elektros variklio techninius parametrus. Pagal darbinę įtampą išsiaiškinama ar elektros įrenginiui reikalingas vienfazis ar trifazis maitinimas, jeigu trifazis, tuomet kokio voltažo fazės turi būti. Šioje sistemoje parenkami dažnio keitikliai trifaziai, kurie išėjime perduoda 400V įtampą, pagal galingumą atitinkamai parenkami 1vnt. 4kW ir 2vnt. 2,2kW. Prieš naudojant dažnio keitiklyje reikia sukongigūruoti kelis pagrindinius parametrus, kuriuos galime matyti LCD ekranėlyje, arba jeigu keitiklis neturi tokio, tuomet prisijungus su kompiuteriu – variklio darbinė srovė, darbinis dažnis, įsibėgėjimo ir stabdymo laikai, gedimo signalo išdavimas. Gamintojų yra didelis pasirinkimas tai: Optidrive, Lenze, Danfoss, Vacon, Siemens ir kiti.

2.2.4 Valdymo pavarų parinkimas

Pavaros parenkamos su analoginiu valdymo signalu siekiant išgauti didesnį tikslumą ir paprastesnį valdymą, 24V 50Hz/60Hz, atsižvelgiant į mechaninio vožtuvo modelį parenkamas pavaros tipas. Valdymo įėjimo signalas 0-10V, galia 5.000N, kadangi procesai nėra greiti, gali būti ir negreitaeigė. Pavaros valdys srauto kryptį, ar srautą nukreipti į aušinimo įrenginius, tuo atveju jei vėdinimo įrenginiai neturi šilumos poreikio, ar nukreipti į vidines pastato sistemas.

2.2.5 Jutiklių parinkimas

Priglaudžiamas oro temperatūros jutiklis skirtas vandens srauto temperatūrai matuoti. Srauto temperatūros jutikliai parenkami PT100. Jie montuojami ant vamzdžio, jutiklį priglaudžiant ant vamzdžio, o dėžutę ir pajungimo kontaktus pritvirtinant ant papildomų konstrukcijų.

Varžiniai temperatūros jutikliai skirstomi pagal jų nominalią varžą prie 0C. Pt100 jutiklio varža prie 0C yra 100Ω. 1C temperatūros skirtumas daro įtaką 0,4Ω varžos kitimui. Toks varžos kitimas leidžia tiksliai išmatuoti temperatūros pokytį.

2.2.6 Valdymo signalai

Gedimo signalus formuoja VAS – ŠM skyde esantys valdikliai, įvertinant visas aplinkybes.

2.9 Lentelė. Valdymo signalai tarp valdiklių

| Nr. | Kontūras | Valdiklis | Tipas | Elementas | Pastaba |
|-----|----------|-----------|-------|-----------|---|
| 1. | Bendras | A1 | NA | O0/K1 | Darbo signalas P1 siurbliui |
| 2. | Bendras | A1 | NA | O1/K2 | Darbo signalas P2 siurbliui |
| 3. | Bendras | A1 | NA | O2/K3 | Darbo signalas gliukolio papildymo siurbliui, kai slėgis sistemos kontūre nėra pakankamas |

| | | | | | |
|-----|---------|----|-------|--------|---|
| 4. | Bendras | A1 | NA | O3/K4 | Darbo signalas gliukolio papildymo siurbliui, kai slėgis sistemos kontūre nėra pakankamas |
| 5. | Bendras | A1 | NA | O4/K5 | Darbo signalas oro šalinimo ventiliatoriui, kai patalpos temperatūra yra peraukšta. |
| 6. | Bendras | A1 | NA | O5 | Darbo signalas į A2 valdiklį, pareikalavimas paleisti K2 šalčio sistemą. |
| 7. | Bendras | A1 | NA | O6 | Darbo signalas į A3 valdiklį, pareikalavimas paleisti K3 šalčio sistemą. |
| 8. | Bendras | A1 | 0-10V | V0 | Siurblio P1 valdymas dažnio keitikliu |
| 9. | Bendras | A1 | 0-10V | V1 | Pavaros VA5 valdymas |
| 10. | K3 | A2 | NA | O0/K6 | Darbo signalas P6 siurbliui |
| 11. | K3 | A2 | NA | O1/KM1 | Darbo signalas P5 siurbliui |
| 12. | K3 | A2 | NA | O2/K7 | Šaldymo sistemos paleidimas |
| 13. | K3 | A2 | NA | O3/K8 | Gedimo ir stabdymo signalas į šaldymo sistemą |
| 14. | K3 | A2 | NA | O4/K9 | Aušinimo įrenginio paleidimas 1 pakopa |
| 15. | K3 | A2 | NA | O5/K10 | Aušinimo įrenginio paleidimas 2 pakopa |
| 16. | K3 | A2 | NA | O6/K11 | Aušinimo įrenginio paleidimas 3 pakopa |
| 17. | Bendras | A2 | 0-10V | V0 | Siurblio P6 valdymas dažnio keitikliu |
| 18. | Bendras | A2 | 0-10V | V1 | Pavaros VA1 valdymas |
| 19. | K2 | A3 | NA | O0/K12 | Darbo signalas P4 siurbliui |
| 20. | K2 | A3 | NA | O1/KM2 | Darbo signalas P3 siurbliui |
| 21. | K2 | A3 | NA | O2/K13 | Šaldymo sistemos paleidimas |
| 22. | K2 | A3 | NA | O3/K14 | Gedimo ir stabdymo signalas į šaldymo sistemą |
| 23. | K2 | A3 | NA | O4/K15 | Aušinimo įrenginio paleidimas 1 pakopa |
| 24. | K2 | A3 | NA | O5/K16 | Aušinimo įrenginio paleidimas 2 pakopa |
| 25. | K2 | A3 | NA | O6/K17 | Aušinimo įrenginio paleidimas 3 pakopa |
| 26. | Bendras | A2 | 0-10V | V0 | Siurblio P4 valdymas dažnio keitikliu |
| 27. | Bendras | A2 | 0-10V | V1 | Pavaros VA4 valdymas |

Valdymo signalų jungimo schema pateikiama 2.12pav.

2.2.7 Elektrinės schemos sudarymas

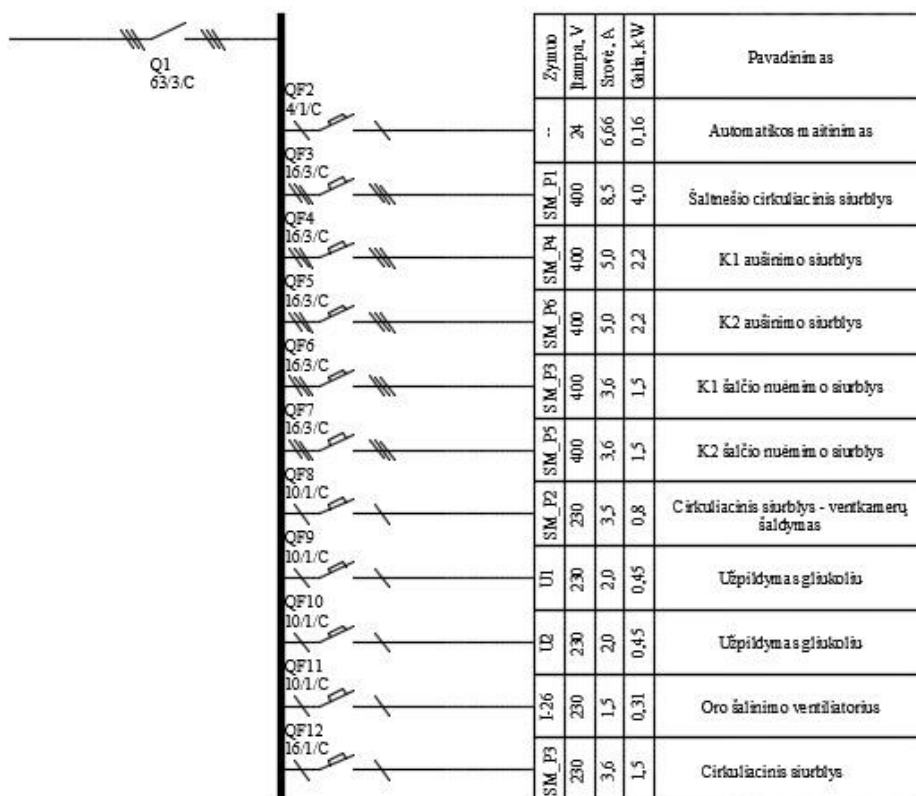
Visi elektros įrenginiai valdomi iš skydo ir maitinami 230V ar 400V įtampa yra apsaugoti automatiniais jungikliais - įtaisais, kuriais atjungia elektros grandinę atsiradus gedimui, tuo apsaugodamas elektros imtuvą ir maitinimo grandinę. Daugeliu atvejų automatiniai jungikliai yra daug lankstesnė saugiklių alternatyva, nes yra lengvai atstatomi ir jų nereikia keisti atsiradus gedimui. Gedimai – tai dažniausiai perkrovos ir trumpieji jungimai, bet jungikliai taip pat sugeba apsaugoti nuo fazinės įtampos patekimo ant įžemintų elektros įrenginio dalių.

2.10 Lentelė. Automatinių jungiklių sąrašas

| Nr. | Žymuo | Tipas | El. prietaisas |
|-----|-------|--------|----------------------------------|
| 1. | QF1 | 63/3/C | Įvadas |
| 2. | QF2 | 4/1/C | Automatikos maitinimas |
| 3. | QF3 | 16/3/C | Šaltnešio cirkuliacinis siurblys |

| | | | |
|-----|------|--------|--|
| 4. | QF4 | 16/3/C | K2 aušinimo siurblys |
| 5. | QF5 | 16/3/C | K3 aušinimo siurblys |
| 6. | QF6 | 16/3/C | K2 šalčio nuėmimo siurblys |
| 7. | QF7 | 16/3/C | K3 šalčio nuėmimo siurblys |
| 8. | QF8 | 10/1/C | Cirkuliacinis siurblys – ventkamerų šaldymas |
| 9. | QF9 | 10/1/C | Sistemos užpildymo glikoliu siurblys |
| 10. | QF10 | 10/1/C | Sistemos užpildymo glikoliu siurblys |
| 11. | QF11 | 10/1/C | Oro šalinimo ventiliatorius |
| 12. | QF12 | 16/1/C | Cirkuliacinis siurblys |

Automatiniai jungikliai yra parenkami pagal nominalią srovę, maksimalią atjungimo srovę ir suveikimo charakteristiką. Naudojami yra C charakteristikos automatiniai jungikliai, kurie yra mažiau jautrūs ir yra rekomenduojami naudoti tinkluose su induktyvinėmis apkrovomis, kai grandinėje galimas didelis srovės padidėjimas. C charakteristikos jungikliai nustatyti suveikti, kai srovė, tekanti per jungiklį, bus nuo 5 iki 10 kartų didesnė už jungiklio nominalią srovę. Daugelis gamintojų siūlo miniatiūrinius automatinius jungiklius su atkirtos srove nuo 6kA iki 10kA. Ji turi būti visada didesnė už laukiamą trumpojo jungimo srovę tame taške, kur stovės automatinis jungiklis yra sumontuotas. Trumpojo jungimo srovė yra nustatoma pagal linijos varžą - kilpos fazė-nulis varža, o linijos varža gali būti lengvai išmatuota su šiuolaikiniais kilpos fazė-nulis varžos matavimo įtaisais. Skaičiuojamoji elektros įrenginių schema pateikiama 2.13. Jėgos grandinės valdymo schema pateikiama 2.12 pav.



$U_{inst} = 400 \text{ V}$
 $I_{sk} = 41,36 \text{ A}$
 $P_{sk} = 13,57 \text{ kW}$

2.13 pav. Skaičiuojamoji elektros įrenginių schema

2.2.8 Sistemos valdymo principas

Svarbiausias uždavinys yra sistemos nepertraukiamas darbas, 2.12pav. pateiktoje valdymo schemoje yra suprojektuoti 3 valdikliai – A1, A2, A3. A2 ir A3 valdymo signalai, jutikliai ir visi komponentai yra analogiški, abu valdikliai atlieka tas pačias valdymo funkcijas. A1 valdiklis apjungia A2 ir A3 valdiklius, nusprendžia, kuriam duoti darbo signalus, stebi ar yra pakankamas šalčio palaikymas.

A1 valdiklis: stebi tiekiamo TE2 šaltnešio iš akumuliacinės talpos temperatūrą, jeigu nėra palaikoma pakankamai žema temperatūra ir trūksta šaldymo pajėgumų įjungia ir antrąją šaldymo mašiną. TE1 jutiklis stebi tiekiamo technologijai šaltnešio temperatūrą, pagal kurio parametrus valdo VA5 pavarą, užtikrinant stabilų užduotos temperatūros palaikymą.

P1 siurblių priklausomai nuo PDE1 srauto daviklio vertės, palaiko užduotą srauto laidumą, siurblio valdymas vyksta dažnio keitikliu, davus starto signalą, sausą kontaktą, ir valdymo signalą 0-10V. Jeigu šaldymo sistemų patalpoje temperatūra – TE12 būna didesnė, nei užduota temperatūra, įjungiamas oro ištraukimo ventiliatorius I-25, ventiliatorius nepaleidžiamas jeigu lauko oro temperatūra yra didesnė, nei užduota temperatūros riba patalpoje. Slėgio jungiklių PDS1 ir PDS2 pagalba yra valdomi gliukolio papildymo siurbliai, atitinkamai U1 ir U2. A1 valdiklis sprendžia kuriai šaldymo sistemai dirbti, norint suvienodinti darbo laiką, sistemos dirba pamainomis, kas 1 mėnesį, arba vienai sistemai sugedus.

A2 valdiklis: stebi iš šaldymo mašinos tiekiamo TE3 ir grįžtamo TE4 šaltnešio temperatūrą į/iš akumuliacinės talpos. TE5 temperatūros jutiklio pagalba gali stebėti kondensacijos šilumos temperatūrą, TE6 stebima grįžtama kondensacijos šilumos temperatūra, valdiklis remdamasis šiomis temperatūrinėmis vertėmis sprendžia ar yra šilumos nuėmimas iš vėdinimo sistemų ar yra reikalinga atidarinėti VA1 sklendę, ir kiek procentaliai ją atidaryti, sklendės valdymas vykdomas 0-10V analoginiu signalu. Jeigu pavara uždaro trieigį vožtuvą, tokiu atveju visa kondensacijos šiluma nukreipiama į vėdinimo sistemas, jeigu vėdinimo įrenginiai neturi šilumos poreikio ir neatlieka temperatūros nuėmimo, tokiu atveju pavara atidarinėja iš šilumnešis nukreipiamas į lauke esančius aušinimo įrenginius, kurie atvėsinę šilumnešį jį gražina į šaldymo mašiną. Temperatūros nuėmimas turi būti apie 10°C, ir grįžtama šilumnešio temperatūra neturi būti aukštesnė nei 35 °C. Jeigu srauto vėsinimas vyksta aušinimo įrenginio pagalba, priklausomai nuo to kiek reikia sumažinti temperatūrą įjungiamos aušyklių pakopos, kurių čia yra 3 – kuo didesnę šilumos nuėmimą reikia padaryti, tuo daugiau aušyklės pakopų yra įjungiamos. Jeigu sistema nesugeba palaikyti darbinių sąlygų, sistema formuoja

gedimo signalą, kurį perduoda šalčio sistemos valdikliui. Taip pat gedimo signalas yra gaunamas iš šaldymo sistemos valdiklio, tokiu atveju yra bandoma paleisti antrąją šaldymo sistemą. Iš šaldymo mašinos sistemos gedimo signalas yra formuojamas jei nėra pakankamas kondensacijos šilumos nuėmimas, nėra signalo iš kurių nors daviklių, jeigu nėra palaikomi darbiniai parametrai.

A3 valdiklis: analogiškas A2 valdikliui, todėl atskirai neaprašomas.

3. SISTEMOS MODIFIKAVIMO PAGRINDIMAS

Vėdinimo sistemos šildymo kontūro energinis efektyvumas skaičiuojamas, priimant, kad sistema dirba prie -23°C lauko oro temperatūros, šildymo kontūro temperatūros perkritis yra 10°C – tiekiamo glikolio temperatūra yra 45°C , o grįžtamo iš šildymo sekcijos yra 35°C , šildymo vožtuvo pavara yra atsidariusi 100%, oro srautas maksimalus. Esant tokioms sąlygoms gamintojas pateikia optimaliausius šilumokaičius. Šilumokaičių savybės, sistemose, pateikiamas 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė vėdinimo sistemų šilumokaičių galingumai

| Nr. | Sistemos pavadinimas | Oro srautas, m^3 | Energetinis galingumas, kW |
|-----|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1. | VAS-PI1 | +6900/-5600 | 54 |
| 2. | VAS-PI2 | +9500/-5500 | 49 |
| 3. | VAS-PI3 | +6700/4200 | 53 |
| 4. | VAS-PI4 | +2700/-2700 | 8 |
| 5. | VAS-PI5 | +10800/-9100 | 65 |

Vietovės klimatologiniai duomenys:

1. Projektinė išorės lauko temperatūra -23°C
2. Vidutinė šildymo sezono temperatūra -0.7°C
3. Projektinė šildymo temperatūra 21°C

Vidutinis šilumos energijos poreikis vėdinimui PI-1 sistemai:

$$P_{\text{vėd}} = V^{\text{tiek}} * 0.34 * (\theta_{\text{projekt}} - \theta_{\text{lauko}}) / 3600 = 6900 * 0.34 * (21 - (-23)) / 3600 = 28,7 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) = 28,7 * (21 - (-0.7)) / (21 - (-23)) = 14,1 \text{ kWh}$$

Suvartotas energijos kiekis vėdinimui per metus:

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}}, \text{ kWh}$$

$h_{\text{vėd}}$ – vidutinis vėdinimo sistemos darbo laikas, per metus - 3024h

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}} = 14,7 * 3024 = 44452,8 \text{ kWh}$$

Vidutinis šilumos energijos poreikis vėdinimui PI-2 sistemai:

$$P_{\text{vėd}} = V^{\text{tiek}} * 0.34 * (\theta_{\text{projekt}} - \theta_{\text{lauko}}) / 3600 = 9500 * 0.34 * (21 - (-23)) / 3600 = 39,5 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) = 39,5 * (21 - (-0.7)) / (21 - (-23)) = 19,4 \text{ kWh}$$

Suvartotas energijos kiekis vėdinimui per metus:

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}} = 19,4 * 3024 = 58665,6 \text{ kWh}$$

Vidutinis šilumos energijos poreikis vėdinimui PI-3 sistemai:

$$P_{\text{vėd}} = V^{\text{tiek}} * 0.34 * (\theta_{\text{projekt}} - \theta_{\text{lauko}}) / 3600 = 6700 * 0.34 * (21 - (-23)) / 3600 = 27,8 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) = 27,8 * (21 - (-0.7)) / (21 - (-23)) = 13,7 \text{ kWh}$$

Suvartotas energijos kiekis vėdinimui per metus:

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}} = 13,7 * 3024 = 41428,8 \text{ kWh}$$

Vidutinis šilumos energijos poreikis vėdinimui PI-4 sistemai:

$$P_{\text{vėd}} = V^{\text{tiek}} * 0.34 * (\theta_{\text{projekt}} - \theta_{\text{lauko}}) / 3600 = 2700 * 0.34 * (21 - (-23)) / 3600 = 11,2 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) = 11,2 * (21 - (-0.7)) / (21 - (-23)) = 5,5 \text{ kWh}$$

Suvartotas energijos kiekis vėdinimui per metus:

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}} = 5,5 * 3024 = 16632,6 \text{ kWh}$$

Vidutinis šilumos energijos poreikis vėdinimui PI-5 sistemai:

$$P_{\text{vėd}} = V^{\text{tiek}} * 0.34 * (\theta_{\text{projekt}} - \theta_{\text{lauko}}) / 3600 = 10800 * 0.34 * (21 - (-23)) / 3600 = 44,9 \text{ kWh}$$

$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) \text{ kWh}$$

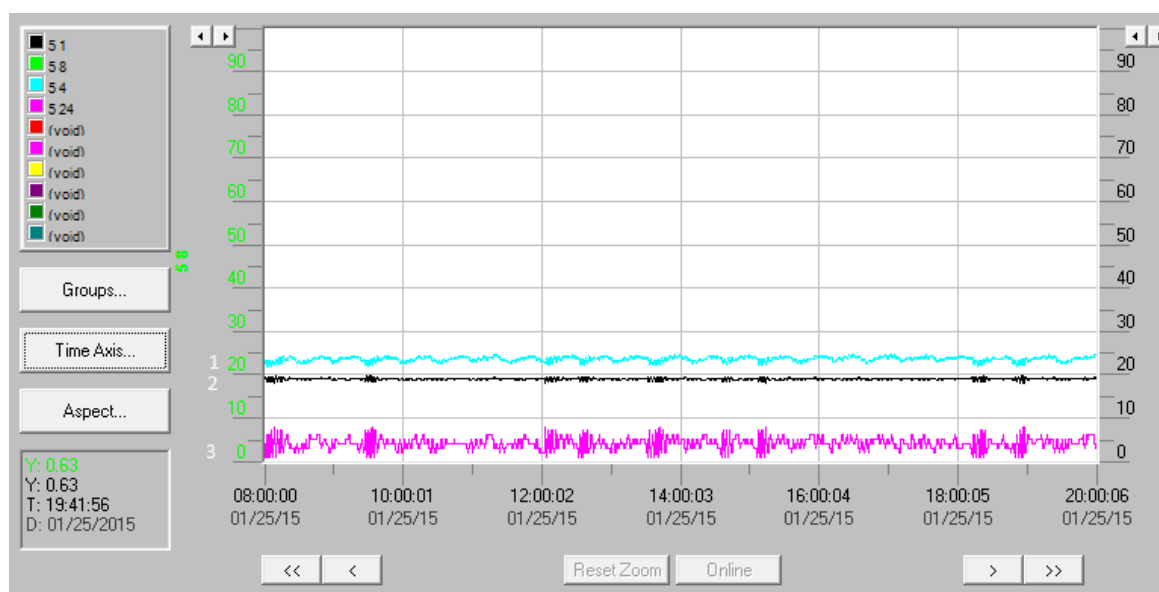
$$P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} = P_{\text{vėd}} * (\theta_i - \theta_{\text{vid}}) / (\theta_i - \theta_{\text{lauko}}) = 44,9 * (21 - (-0.7)) / (21 - (-23)) = 22,14 \text{ kWh}$$

Suvartotas energijos kiekis vėdinimui per metus:

$$Q_{\text{vėd}} = P_{\text{vėd}}^{\text{vid}} * h_{\text{vėd}} = 22,14 * 3024 = 66951,3 \text{ kWh}$$

Bendras šilumos energijos poreikis per metus yra apie 228130 kWh. Pagal energijos skaitiklio duomenis šilumos punkte, sumontuotame ant kontūro skirto vėdinimo įrenginiams, suvartojimas yra 137062 kWh. Įsivainus pastato perteklinę šilumą galima sutaupyti apytiksliai 91068 kWh. Esant šilumos poreikiui pirminio pašildymo kontūro trieigio vožtuvo pavara gali atsidaryti 100%, bet nesant pakankamai aukštos temperatūros glikolio iš šaldymo sistemos – kai nėra šalčio poreikio, o kartu ir išskiriamos šilumos, yra atidarinėjama antrinės šildymo sekcijos trieigio vožtuvo pavara. Sistemos duomenys yra kaupiami, todėl galima palyginti, kuriuo metu, kiek procentaliai yra naudojama šilumos antrinėje ar pirminėje šildymo sekcijoje. Duomenų atvaizdavimas vykdomas pastato valdymo sistemos grafiniu atvaizdavimo įrankiu. 3.1 pav. atvaizduoti 3 sistemos parametrai, iš kurių galima matyti, kad palaikoma tiekiamo oro

temperatūra, kai antrinės šildymo sekcijos pavara atidaryta procentaliai labai mažai, o termofikatas iš šilumos tinklų yra tik apie 25%.



3.1 pav. Vėdinimo sistemos duomenys žiemą

3.1 pav. skaičius 1 – į antrinę šildymo sekciją paduodamo šilumnešio temperatūra, 2 – tiekiamo oro temperatūros vertė, 3 – vožtuvo pavaros darbo signalo vertė.

Duomenų vertės skiriasi priklausomai, nuo konkrečios vėdinimo sistemos priešpašildymo sekcijos energinio galingumo, jeigu jis yra mažas, tokiu atveju šilumos sunaudojimas iš miesto tinklų yra didesnis.

4. IŠVADOS:

1. Literatūros analizė parodė, kad vieni efektyviausių pramoninių šaldymo įrenginių yra kompresoriniai gariniai agregatai, o vėdinimo sistema su dvejomis šildymo sekcijomis pasižymi aukštu gražinamos šilumos procentu, sąlyginai mažais eksploatacijos kaštais, dėl rekuperatoriaus darbo ir pirminės šildymo sekcijos, kuri naudoja šilumnešį iš vidinės pastato sistemos.
2. Vėdinimo sistemos darbo režimų reguliavimas naudojant laisvai programuojamus valdiklius leidžia sutaupyti energijos – mažinant oro kiekį, tiekiamo oro temperatūrą, nustatant savaitinį darbo režimą pagal darbo grafiką, suderinus PI reguliatorius pirminiam ir antriniam šildymo kontūrams.
3. Sudarinėjant šilumos nuvedimo principinę automatizavimo schemą priimtas sprendimas naudoti atskirus valdiklius kiekvienam šaldymo kontūrai atskirai, kad gedimo atveju viena sistema neįtakotų kitos sistemos ir darbas vyktų nepertraukiamu režimu.
4. Sudaryta funkcinės, jėgos, jutiklių pajungimo, maitinimo grandinės vėdinimo ir šaldymo įrenginiams, paaiškinamas sistemos veikimo principas.
5. Remiantis teoriniu skaičiavimu apskaičiuota, kad modifikavus sistemą sutaupoma apytiksliai 40% reikalingos šiluminės energijos vėdinimo kontūrai.

5. LITERATŪRA:

1. **Vincas Vytautas Vasiliauskas Šaldymo sistemos KTU 2005** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 15 d.] Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/43/saldymo-sistemas/>
2. **AERMEC produkcijos pristatymas, aprašymai** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <http://www.aermec.com/en-en/prodotti/default.asp?id=133&ftype=wchiller&sun=nxw>
3. **Programuojami loginiai valdikliai** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <http://unitronics.com>
4. **Šaldymo sistemos** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: http://www.rolvika.lt/site/files/failai/Inzinerine_informacija/saldymo_sist_aprasas_ir_skaic2.pdf
5. **Automatizavimo įrangos tiekėjas** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <http://nit.lt>
6. **Vincas Vytautas Vasiliauskas Šaldymo procesų ir aparatų skaičiavimai** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 15 d.] Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/859/saldymo-procesu-ir-aparatu-skaiciavimai/>
7. **Donatas Levišauskas Automatinio reguliavimo sistemų derinimas** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/einfo/420/automatinio-reguliavimo-sistemu-derinimas/>
8. **Dale E. Seborg, Duncan A. Mellichamp, Thomas F. Edgar, Francis J. Doyle III Process Dynamics and Control**, 2010, 582p.
9. **Danish Energy Management 2004** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/pdfai/EVA%20pramoneje%20vadovas%20knyga.pdf>
10. **RSN 156-94 – Statybinė klimatologija. Žin., 2004. Nr. 24-394.** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: <http://www.egna.eu/a/egna.eu/projektavimas/statybin-klimatologija>
11. **STR 2.09.04:2002 „PASTATO ŠILDYMO SISTEMOS GALIA“** [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.] Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=320473&p_query=&p_tr2=