

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Automaatikainstituut

KESKKÜTTE REGULAATORI ALGORITMI
UUENDAMINE MATLABIS

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Viktor Reinok

Üliõpilaskood: 104557IAPB

Juhendaja: lektor Andres Rähni

Tallinn

2013

Autorideklaratsioon

Mina, Viktor Reinok, kinnitan, et olen käeoleva töö koostanud iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, seisukohad ja töös kasutatud kirjandusallikad on viidatud. Käesolevat tööd ei ole varem kusagil mujal kaitsmisele esitatud.

Kuupäev:

Autor: Viktor Reinok

Allkiri:

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema: Keskkütte regulaatori algoritmi uuendamine Matlabis

Central heating control algorithm upgrade in Matlab

Teema päritolu: Automaatikajuhtimise ja süsteemianalüüsi õppetool

Lõputöö eesmärgid: Uuendatava regulaatori ja selle paigutuse kirjeldamine keskkütte süsteemis. Nõuete kogumine uuele seadmele ja probleemide kirjeldamine. Regulaatori juhtalgoritmi testkeskkonna koostamine MATLAB Simulink keskkonnas.

Oodatavad tulemused: Et oleks koostatud lihtsustatud keskkütte mudel mille abil oleks võimalik analüüsida regulaatori juhtalgoritmi mõju keskkütte süsteemile. Viia koostatav mudel kujule mille korral oleks võimalik genereerida C kood mikrokontrollerisse laadimiseks.

Lähtetingimused: Olemasoleva regulaatori dokumentatsioon. Uuendatava toote vastutava isiku kogemused.

Lahendatavad küsimused: Simulatsiooni testkeskkonna (süsteemi komponentide mudelite) loomine Simulinkis. Uuendatava keskkütte regulaatori nõuete kogumine. Mudeli ettevalmistamine C koodi genereerimiseks.

Kuupäev: 10.06.2013

Üliõpilane: Viktor Reinok

Allkiri:

Juhendajad: Andres Rähni

Allkiri:

Annotatsioon

Töö eesmärk on anda ülevaade uuendatavast regulaatorist, selle tööpõhimõttest ning paigutusest keskkütte süsteemis. Töös käsitletakse regulaatori EC-12M uuendamist. Leitakse uuendatavale regulaatori seadmele nõuded. Põhiliseks eesmärgiks on aga luua regulaatorile simulatsioonikeskkond algoritmi testimiseks. Töös on toodud mitme keskkütte seadmete matemaatilised mudelid ja nende kirjeldused. Töö tulemuseks valmib lihtsustatud keskkütte mudel, mille abil saab analüüsida regulaatori juhtalgoritmi mõju süsteemile. Kirjeldatakse süsteemi modelleerimise praktilisi külgi lähtudes C koodi genereerimisest regulaatori juhtalgoritmist.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab 54 lehekülge, 5 peatükki, 3 blokkdiagrammi, 7 joonist, 4 pilti, 2 tabelit, 13 graafikut ja 8 mudelit.

Abstract

The work aims to provide an overview of upgradable regulator, operation principle of device and positioning in central heating system. Work describes the controller EC-12M upgrading process and collects requirements for new device. The main goal, however, is to create test environment for regulators control algorithm. Work presents models with descriptions of multiple central heating devices. The work will result in a simplified model of central heating system, which can be used to analyze the impact of the regulators control algorithm on the system. Also there is a description of the practical aspects of modeling based on C code generation controller control algorithm.

The thesis is written in Estonian and contains 54 pages, 5 chapters, 3 block diagram, 7 figures, 3 picture, 2 tables, 13 graphs and 8 models.

SISUKORD

Sissejuhatus	10
1. Uuendatav seade: omadused ja kasutusala.....	12
1.1 Üldvaade	12
1.1.1 EC-12M ülevaade ja ajalugu	12
1.1.2 Seadme tööpõhimõte	12
1.2 Seadme ehitus ja paigutus keskküttes süsteemis	14
1.2.1 Seadme EC-12M välimus.....	14
1.2.2 Seadme paigaldamine süsteemi (lihtsustatud).....	15
1.2.3 Regulaatori kasutamine koos õli-, gaasi-või elekterküttega töötava keskküttekatalaga.....	16
1.2.4 Regulaatori kasutamine koos tahkel kütusel töötava keskküttekatalaga.....	17
1.2.5 Regulaatori EC-12M kasutamine koos põrandaküttega.....	19
1.3 Seadme tehnilised näitajad	20
1.3.1 Täiturmehhanismi tehnilised andmed	20
1.3.2 Jõuosa moodud ja kujundus	21
1.4 Keskküttesüsteemi regulaatori küttegaafik	22
1.4.1 Mis on temperatuuri regulaatori küttegaafik?	22
1.4.2 Milleks on vaja küttegaafikut?	22
1.5 EC – 12 küttevee regulaatori küttekõvera parameetrid	22
1.5.1 Graafiku valik.....	22
1.5.2 Graafiku nihe.....	24
1.5.3 Piiramine	25
2. Probleem ja nõuded uuele süsteemile	26
2.1 Üldvaade	26
2.1.1 Miks on vaja uuendada regulaatorit	26
2.2 EC-12M puudused.....	26
2.2.1 Funktsionaalsusest tingitud puudused	26
2.2.2 Tehnilised puudujäägid	27
2.3 Nõuded uuele süsteemile	28
2.3.1 Ülesande püstitus ning eesmärgid	28
2.3.2 Digitaliseerimine	28

2.3.3	Programmkell	28
2.3.4	Mälu	29
2.3.5	Alphanumeraalne LCD ekraan	29
2.3.6	Küttekõvera temperatuuri tõus 0 c kraadi juures.....	30
2.3.7	USB ühendatavus kasutaja arvutiga	30
2.3.8	Juhtimisalgoritmi digitaliseerimine	31
2.3.9	Juhtalgoritmi töö analüüs keskkütte süsteemis	31
3	Ülevaade olemasolevatest tehnoloogiatest ja lahendusviisidest	32
3.1	Mikrokontrolleri valik	32
3.2	Arenduskeskkonna valikud.....	33
3.2.1	Raudvara arenduskeskkonna valik	33
3.2.2	Tarkvara arendusvahendi valik	34
3.2.3	Regulaatori juhtalgoritmi hindamise vahend	35
4	Lahendus	36
4.1	Simulatsiooni testkeskkond Simulingis	36
4.1.1	Segukapi matemaatiline mudel Simulingis	36
4.1.2	Tarbija ehk radiaatori mudel	40
4.1.3	Anduri mudel.....	42
4.1.4	Signaali kohandamine klapi täiturmootorile	42
5	Tulemused ja süsteemi analüüs..... Error! Bookmark not defined.	
5.1	Keskkütte süsteemi analüüs.....	46
5.1.1	Lihtsustatud keskkütte süsteemi mudel.....	46
5.1.2	Kontrolleri algoritmi analüüs	47
5.2	Algoritmist C koodi genereerimine	48
5.2.1	Mudeli valik ja andmetüüpide skaleerimine	49
5.2.2	C koodi genereerimine skaleeritud andmetüüpidega mudelist.....	51
	Kokkuvõte	52
	Kasutatud kirjandus	54
	Lisa 1	55

Blokkdiagramm 1.1.2.1 Kahe kontuuriga kontuuriga süsteem	13
Blokkdiagramm 2.4.2.1 Traditsiooniline arendusprotsess ilma arendusvahenditega	33
Blokkdiagramm 2.4.2.2 Simulatsiooni tarkvara kasutav arendusprotsess	34
Joonis 1.2.2-1 Kolmekäigulise klapiga süsteem	15
Joonis 1.2.2-2 Neljakäigulise klapiga süsteem.....	15
Joonis 1.2.2-3 Ventiilklapiga süsteem.....	15
Joonis 1.2.3-1 Regulaatori paigutust süsteemis kirjeldav joonis	16
Joonis 1.2.4-1 Regulaatori paigutust süsteemi kirjeldav joonis	17
Joonis 1.2.7-1 Regulaatori paigutust kirjeldav joonis	19
Joonis 1.3.2-1 Ventiiliajami mõõdud pealt- ja külgsuure	21
Pilt 1.2.1-1 EC-12M.....	14
Pilt 1.3.2-1 BELIMO SM240 ajam	21
Pilt 5.2.1-1 Fixed Point Toolbox'i andmetüüpide skaleerimise automaatsed menüü.....	49
Pilt 5.2.2-1 Genereeritud koodi failid.....	51
Tabel 2.4.1-1 PIC 18F4550 spetsifikatsioonid.....	33
Tabel 5.2.1-1 Fixed Point Toolbox'i muutujate valik	50
Graafik 1.5.1-1 Küttekõvera valik: Kütteevee- ja välisõhu temperatuuri suhe	22
Graafik 1.5.2-1 Küttekõver: nihe mööda kütteevee temperatuuri telge.....	24
Graafik 1.5.3-1 Küttekõver: Kütteevee maksimaalse temperatuuri piiramine	25
Graafik 2.3.6-1 Küttekõvera tõus 0 °C kraadi juures.....	30
Graafik 4.1.1-1 Klapi dokumentatsiooni rõhulangu ja vedeliku hulga läbivoolu seos	38
Graafik 4.1.1-2 Rõhulangu logaritmilise valemiga sobitamine vastava dokumentatsiooni graafikuga.....	38
Graafik 4.1.1-3 Temomix D20 dünaamika sobitus kaaludega.	39
Graafik 4.1.1-4 Termomix D20 dünaamika kattuvus dokumentatsiooniga ja piiraja.....	40
Graafik 4.1.4-1 Signaali generaatori sisend ja väljund piiratud vahemikus.....	43
Graafik 4.1.4-2 Režiimi ümberlülituse vahemik	43
Graafik 4.1.4-3 Uue perioodi genereerimine väikeses vahemikus.....	44
Graafik 5.1.2-1 Kp ja Ki paremeeter	48
Graafik 5.2.1-1 Ujuvkoma ja skaleeritud täisarvu simulatsiooni vahe	50
Mudel 4.1.1-1 Seguklapi mudel üldvaade.....	36
Mudel 4.1.1-2 Seguklapi mudeli dimensionaalne koefitsient	37
Mudel 4.1.1-3 Klapi mudeli rõhulangu kompensatsioon	37

Mudel 4.1.1-4 Klapi mudeli bloki „termomix d20“ sisu – Klapi dünaamika	39
Mudel 4.1.2-1 Soojusvahetuse mudel mahtuvusega (tarbija mudel)	41
Mudel 4.1.3-1 Anduri mudel koos hüppekaja graafikuga.....	42
Mudel 4.1.4-1 Täiturnootorile sobiva impulss signaali generaator.....	45
Mudel 5.1.1-1 Keskkütte süsteemi mudel (suurem pilt lisades)	46

SISSEJUHATUS

Hooneautomaatika valdkond on üks levinumaid kui ka jätkuvalt huvi koguv valdkond. Hoonete suurenevad energeetikanõudmised panevad otsima uusi lahendusi küttekulude kokkuhoidmiseks ja efektiivseks kasutuseks. Enim levinuim hoone küttemudel on keskkütte mudel mille korral soojusenergiat transporditakse vedeliku kaudu tarbija radiaatoriteni. Sellises keskkütte süsteemi kasutamine koos automaatregulaatoriga teeb selle süsteemi parimaks madalaimate küttekulude tõttu. Autoril esines võimalus kokku puutuda sarnase regulaatori uuendamise protsessiga.

Esimeses peatükis kirjeldatakse uuendatava regulaatori mudelit lähtudes seadme ehitusest kui ka kirjeldatakse regulaatori paigutust ning mõju keskkütte süsteemile. Teises peatükis loendatakse uuendatava regulaatori puudujäägid ja probleemid ning püstitatakse nõuded uuele digitaalsele süsteemile. Uue regulaatori mudeli disaini nõuete lahendusi lõputöö ei käsitle kuigi need nõuded annavad väljavaate kontrolleri uuenduse protsessile kui ka reguleerimise algoritmi koostamisele. Kolmandas peatükis leitakse ja põhjendatakse lahendusi olulisematele nõuetele. Neljandas peatükis käsitletakse simulatsioonikeeskonna loomist. Samuti kirjeldatakse regulaatori algoritmi digitaliseerimisest ning regulaatori simulatsioonikeskkonna elemente. Sellest peatükis kirjeldatakse keskkütte elementide mudeleid ning nende omadusi. Viiendas peatükis tuuakse välja töö tulemused milleks on regulaatori simulatsioonikeskkonna keskkütte mudel ning selle kirjeldus. Samuti selles peatükis kirjeldatakse kõikide eelnevate peatükkides räägitu tulemusel koostatud keskkütte mudeli kasutusest regulaatori juhtalgoritmi analüüsist ja selle tulemustest. Viiendas peatükis on lisaks juhtalgoritmi analüüsi võimaluse kirjeldamisele veel C koodi genereerimise protsessi kirjeldamine MATLAB Simulinki keskkonnas mis annab selle tööle praktilise tulemuse.

Töö peaks andma hea ülevaate keskkütte süsteemi temperatuuri reguleerimisest ning selle elementide modelleerimisest kui ka keskkütte lihtsustatud mudeli kokkupanekust Simulinki keskkonnas.

1. UUENDATAV SEADE: OMADUSED JA KASUTUSALAD

1.1 Üldvaade

1.1.1 EC-12M ülevaade ja ajalugu

EC-12M on keskküttega väikemaja kütteregulaator. Selle seadme eelkäijaks oli EC-12 mis oli omakorda Soome firma Oumani vanema regulaatori alusel tehtud seade. M-mudeli eelkäijal oli töötav ja kasutatav mudel, kuigi sellel olid mõned tehnilised puudujäägid mida sai väikese vaevaga kõrvaldada. Uue M-mudel väljatöötamise ülesanne anti edasi projekteerimisbüroole, kust tuligi uusima regulaatori disain. Eelkõige analoogjuhtskeem ja tehnilised arvutused. Tasuks veel mainida, et isegi regulaatori uuendamata mudel EC-12 täitis tööfunktsioone autonoomsemalt ja kvaliteetsemalt võrreldes Oumani vanema regulaatoriga. Regulaatori uuendatud mudel EC-12M on paigaldatud umbes 3000 eesti kodusse ning selle hooldeteenust pakutakse siiani. Selle seadme väljatöötaja kui ka arendaja oli ettevõtte AS Ecomatic.

1.1.2 Seadme tööpõhimõte

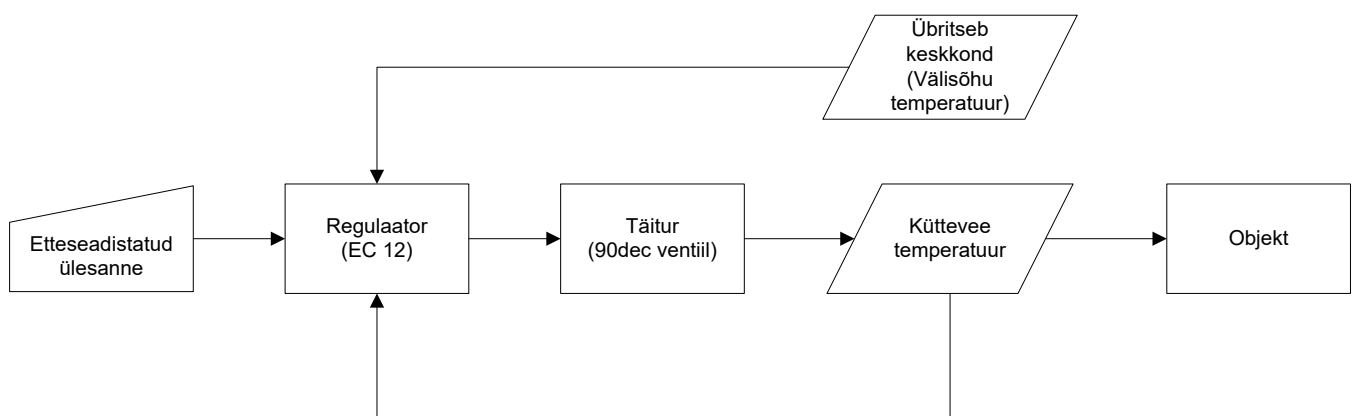
Seadme, keskkütte süsteemi kütteeve temperatuuri regulaatori EC – 12M eesmärk on toatemperatuuri reguleerimine välisõhu temperatuuri kaudu. Ehk siis regulaator on lahtise kontuuriga süsteem. See on väga vana ning töökindel meetod toatemperatuuri korrigeerimiseks, eelkõige sellepärast, et hoone sisetemperatuurile mõjutab kõige suuremas osas välisõhu temperatuur [9]. Seade ei saa otseselt andmeid päiksekiirguse või toatemperatuuri kohta. Kütteeve temperatuuri reguleerimine toob kaasa stabiilsuse ning see omakorda mugavuse kütteses ning säästmise ülekütmise probleemi lahendamisel.

Sellist reguleerimismetoodikat kasutades on vajalik teada välistemperatuuri ja kütteeve temperatuuri suhet. Teisisõnu peab olema info, et kui palju tuleb tõsta kütteeve temperatuuri sõltuvalt välisõhu temperatuurist. Sellist ülesannet täidab seadme küttekõver mis on sisuliselt selle seadme põhiline kasutajaliides ning seadepunkti määr reguleerimise parameetrina. Sellest lähemalt punktis **Error! Reference source not found. Error! Reference source not found.**

Küteveetemperatuuri reguleerimine toimub läbi täiturseadme milleks on ventiil- või kolmikklapp. Muutes täituri asendit muutub pealevoolu suhe hoone tarbijaahela (kütteradiaatorid) ning toiteahela (akumulaatormahuti ja katel) vahel. Seadme EC-12M toimeklapi asendi muutmiseks on sisseehitatud täiturmootor mille abil teostatakse klapi juhtimine.

Seade kogub andmeid ümbruskonna kohta kahe takistusanduri kaudu mis on seadme külge ühendatud juhtmega. Kütteevee andur on klapi ja tsirkulatsioonipumba vahel ning välisõhu temperatuuri mõõtev andur paikneb hoone varjulisemal poolel tuulevaikses kohas.

Seade asub täiturklapi korpuse sees ehk siis juhtklapiga samas ruumis, mis on enamikjuhtudel kelder või kütteruum. Seadme külge on veel võimalik ühendada universaalset programmkellamoodulit ja seadurnuppu millega saab mõjutada küttekõverat elamu ruumi.



Blokkdiagramm 1.1.2.1 Kahe kontuuriga süsteem

1.2 Seadme ehitus ja paigutus keskküttes süsteemis

1.2.1 Seadme EC-12M välimus

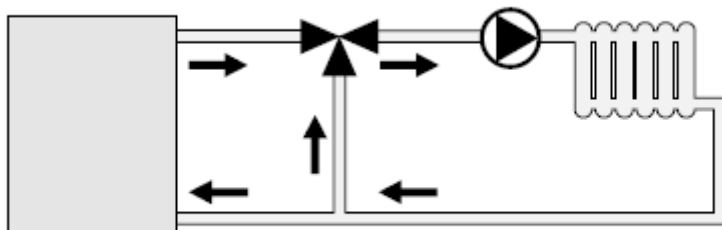


Pilt 1.2.1-1 EC-12M

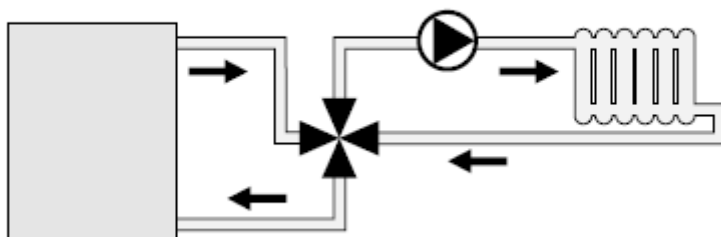
Pilt 1.2.1-1 on kujutatud EC-12M küttevee regulaator. See seade on juba valmis toodangu foto, mis on väga sarnane kujult tootega BELIMO SM240, sest seda on kasutatud kui regulaatori jõu osa. BELIMO SM240 on sisuliselt kolmejuhtmeline motoriseeritud juhtklapi asendi muutja, mille esimene rakendusala on ventilatsiooniklappide kontroll [2]. EC -12M (pildil), korral seadme korpus on karkassist väljaulatuv karp mille sees on alalisvoolumootor Reduktorite jõu ülekande süsteem on karkassi suurem ja lamedam osa. Karbiku sees asub peale alalisvoolumootori ka seadmejuhtskeem ning see on ka seadme kasutajaliideseks.

1.2.2 Seadme paigaldamine süsteemi (lihtsustatud)

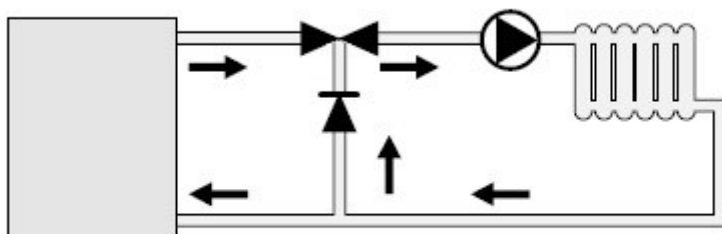
Seadet võib paigaldada nii kolme kui ka nelja käigulisele ventiilile järgnevalt:



Joonis 1.2.2-1 Kolmekäigulise klapiga süsteem



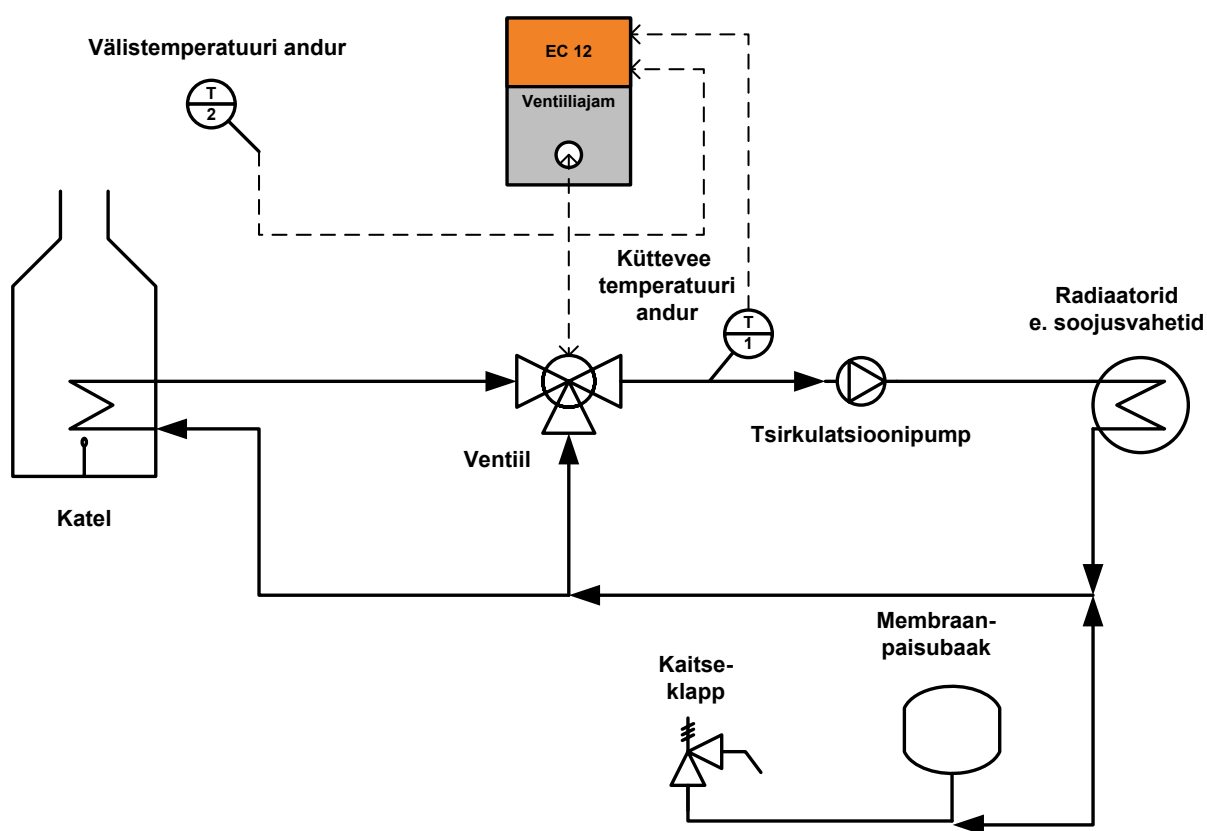
Joonis 1.2.2-2 Neljakäigulise klapiga süsteem



Joonis 1.2.2-3 Ventiilklapiga süsteem

Joonistel nr. 1.2.2. -1-3 on kujutatud lihtsustatud keskkütte süsteem. Hall ristkülik on katel või küttekeha, keskel on kujutatud ventiili (kas kolme või neljakäiguline juhtklapp kui ka ventiilklapp), kolmnurk ringi sees on tsirkulatsiooni pump ja radiaatorid ehk soojusevahetid. Ainus asi mida regulaator juhib on juhtklapi asend.

1.2.3 Regulaatori kasutamine koos õli-, gaasi-või elekterkütel töötava keskküttekatalaga



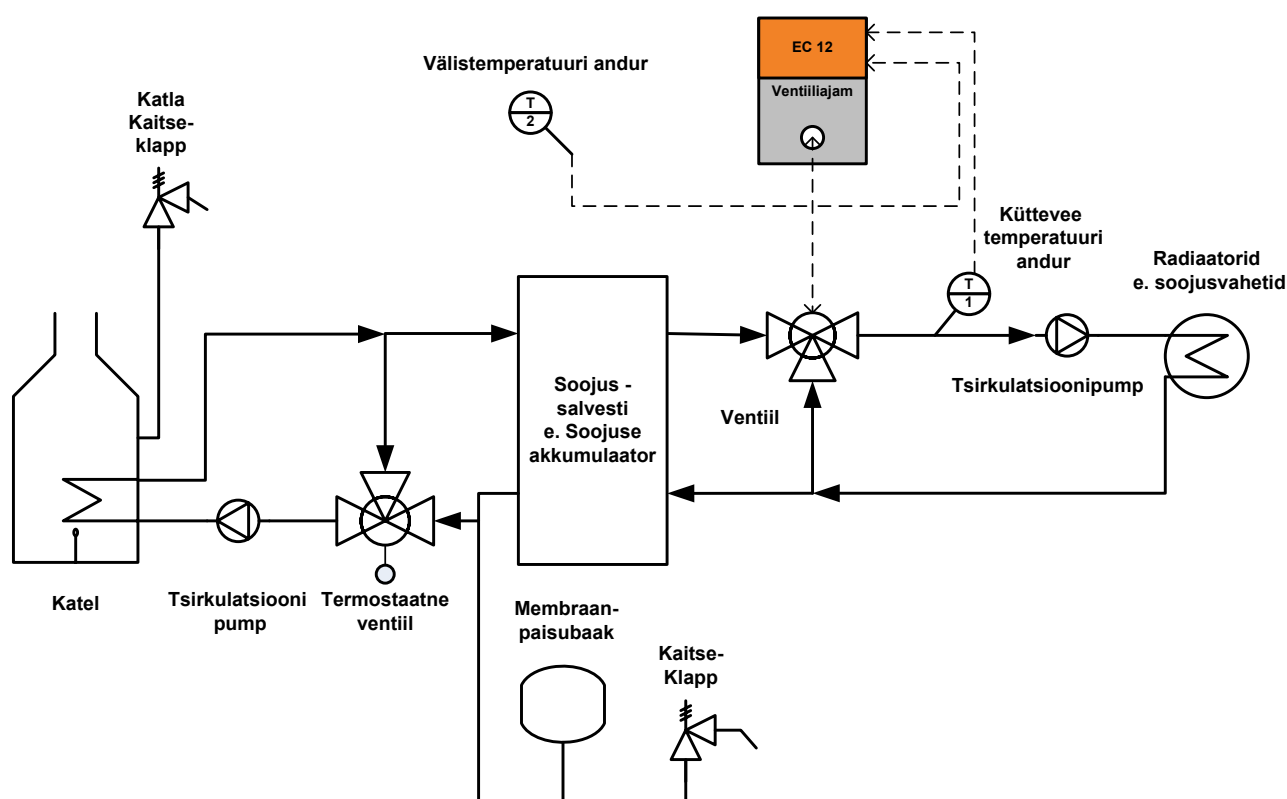
Joonis 1.2.3-1 Regulaatori paigutust süsteemis kirjeldav joonis

Vedel- või gaasikütte puhul on soovitatav kasutada automaatpõletit, elekterküttega katla puhul termostaatjuhtimisega küttekehi selleks, et katla töö oleks stabiilsem ning katel suudaks koormuse muudatustele reageerida.

Kütteaine põlemiseks vajalik õhk sisaldab alati rohkem või vähem aurustunud olekus vett. Vedelal või gaasiküttel töötavatel kateldel tuleb katlavee temperatuuri hoida kastepunktist kõrgemal, et katla veesärgi välispindadel ei tekiks kondensaati. Soovitatav katlavee minimaalne temperatuur on $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Membraan-paisupaak koos kaitseklapiga paigaldatakse rõhu madalamas punktis, mis antud joonise järgi on peale soojusvaheteid ehk radiaatoreid.

1.2.4 Regulaatori kasutamine koos tahkel kütusel töötava keskküttekatalga



Joonis 1.2.4-1 Regulaatori paigutust süsteemi kirjeldav joonis

Tahkel, (aga ka vedelal) kütusel töötavate katelde puhul on soovitatav kasutada soojussalvestit.

Soojussalvestiga keskkütte süsteem võimaldab maksimaalselt kasutada katelde võimsusi, saavutades sellega katelde töö kõrgeimat kasutegurit. Kütte-ja sooja tarbevee vajaduste järsu kõikumiste korral aitab soojussalvesti hoida keskkütte toitesüsteemi tööd sujuvamana. Tahkel kütusel töötavate, eriti kütteainest gaasi välja põletamise põhimõttel töötavate kõrge

kasuteguriga katelde puhul on soojussalvesti kasutamine vältimatu. Elekterkütte puhul võimaldab soojussalvesti kasutada öist, odavamat elektrit.

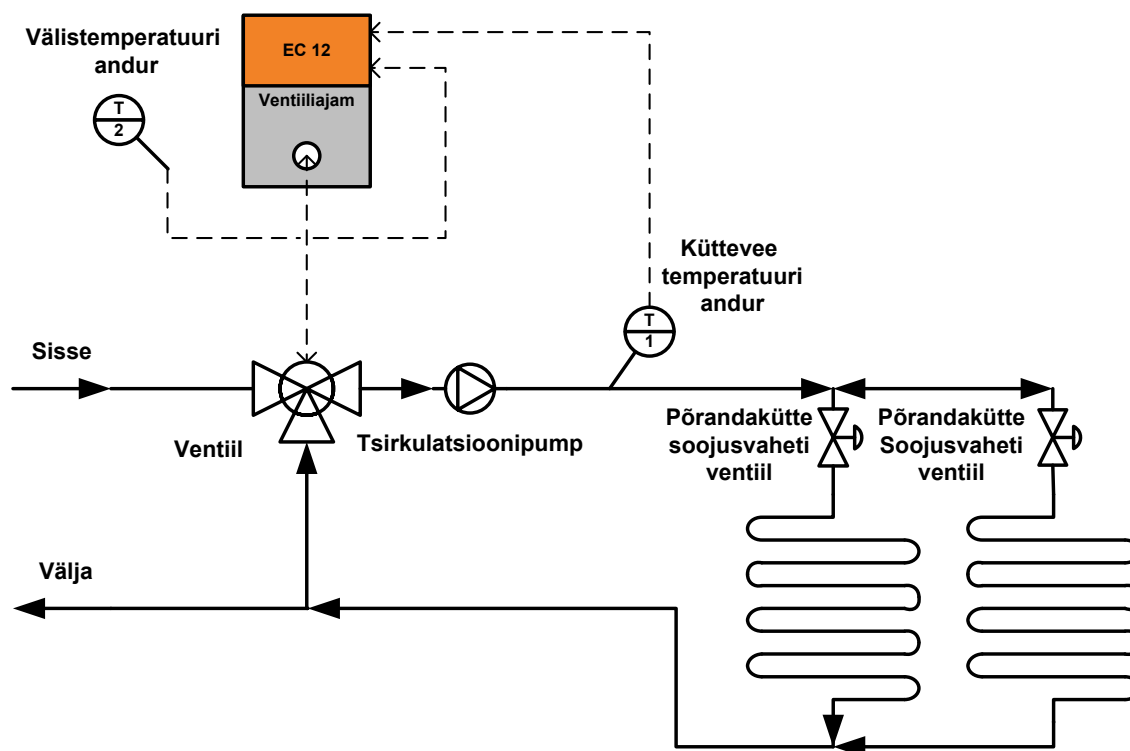
Katelt on vaja kütta ainult siis, kui vee temperatuur soojussalvestis langeb vajalikust allapoole.

Termostaatiline ventiil takistab katla veesärgi liigset jahtumist katla kudemise ajal. Sooja tarbevee spiraalid võimaldavad saada sooja vett vahetult soojussalvestist. Katel-salvesti ringluspump peab töötama ainult siis, kui katel köeb. Salvesti katta soojusisolatsioonimaterjaliga.

Tahkel kütusel töötava katla kasutamise eeliseks on katla enda, kui ühekordse investeeringu odavam hind võrreldes õli- ja vedel-küttekateldega. Samuti on tahke küte ehk puuküte kõige odavam kütmise viis.

Tahke kütusel töötava katla kasutamisel on eelkõige puuduseks kasutajamugavus, kuna võrreldes õli- ja vedelküttekateldega tuleb tahket kütus käia töötavasse katlasse lisamas.

1.2.5 Regulaatori EC-12M kasutamine koos põrandaküttega



Joonis 1.2.5-1 Regulaatori paigutust kirjeldav joonis

Joonisel on kujundatud põrandakütte süsteem kolmekäigulise ventiiliga ja tsirkulatsioonipumbaga. Iga põrandakütte toru (soojusvaheti) ees on ventiil millega on võimalik reguleerida sooja vee peale tulemise suhet põrandakütte soojusvahetite vahel.

Selle lahenduse puhul on nagunii vaja regulaatorit, sest suured temperatuuri kõikumised põrandakütte korral ei ole eriti soovitatavad (paisumine) ning maksimaalne temperatuur peab ka olema kindlates piirides. Samuti saab väga hästi kasutada regulaatori EC-12M programmeeritava kella funktsiooni. Just sellepärast on regulaator EC-12M väga hea lahendus põrandakütte juhtimiseks.

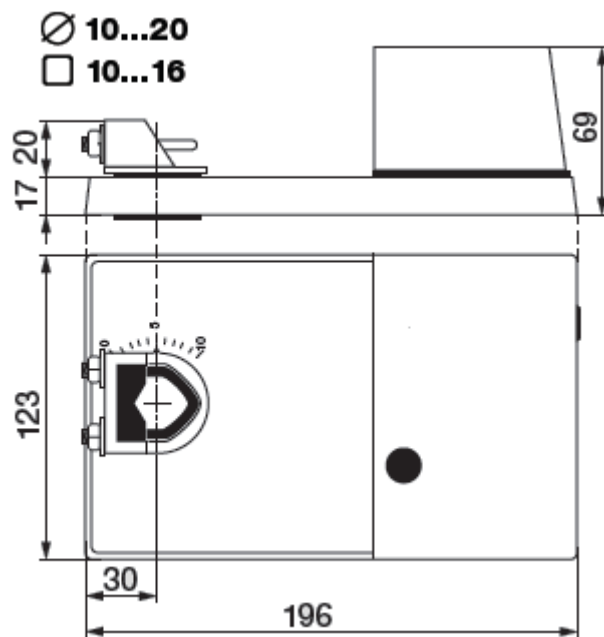
1.3 Seadme tehnilised näitajad

1.3.1 Täiturmehhanismi tehnilised andmed

Klapi asendit muutev ajam (BELIMA SM240).

- Moment 15Nm
- Mootori nominaalpinge 24V
- Mootori võimsus 1.8W
- Mehaaniliselt limiteeritud töösektor 95°
- Ventiili kinnitus ava 10 – 20 mm
- Bloki suurus 200 x 123 x 75 mm
- Kaal 1,4 Kg
- Töösektori teostusaeg nominaalpingel ja normaal koormusel 90...150s (0...15 Nm)
- Manuaalse operatsiooni nupu võimalus
- Ventiili asendit kirjeldava näidiku võimalus
- Ümbritseva temp. vahemik – 30...+50°C
- Hoidmise temp. – 40...+80°C
- Niiskuse test EN 60335-1
- Kaitse aste IP 54

1.3.2 Jõuosa mõõdud ja kujundus



Joonis 1.3.2-1 Ventiliajami mõõdud pealt- ja külgsaade



Pilt 1.3.2-1 BELIMO SM240 ajam

1.4 Keskküttesüsteemi regulaatori küttegaafik

1.4.1 Mis on temperatuuri regulaatori küttegaafik?

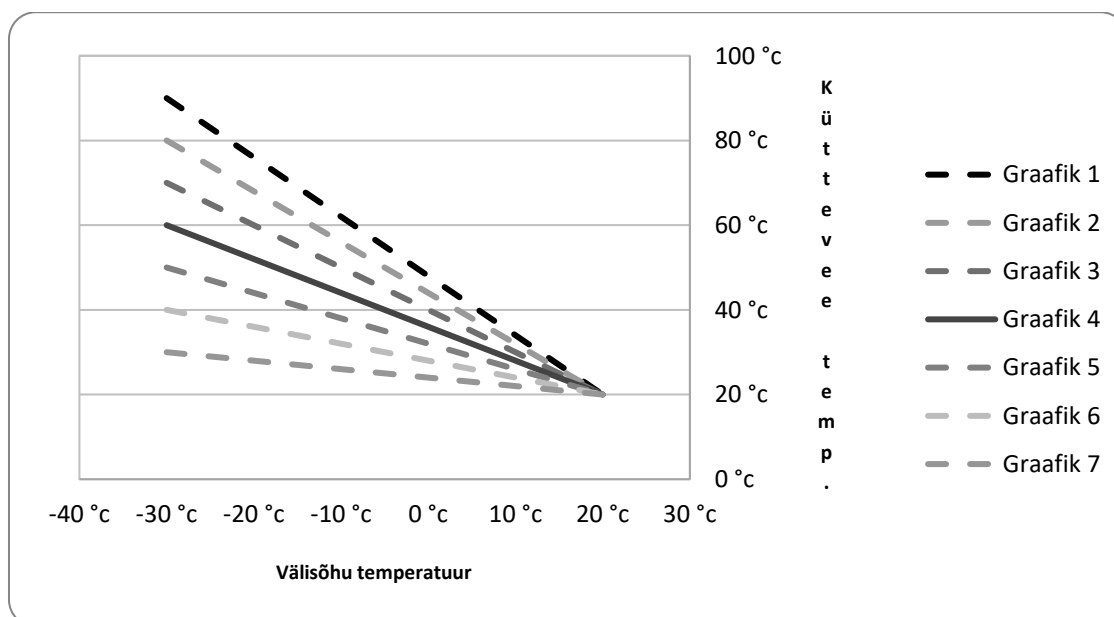
See on temperatuuri regulaatori tööpõhimõtte graafiline kujutus. Samuti on see ka kasutajaliidese graafiline kujundus kui abivahend kasutajale. Sellel graafikul on näha välistemperatuuri ja kütteeve temperatuuri suhet. Teisisõnu olenevalt graafiku valikust muutub kütteeve temperatuur seoses välisõhu temperatuuri muutusega.

1.4.2 Milleks on vaja küttegaafikut?

Küttegaafikut on vaja, et hoone temperatuuri regulaatori kasutajale oleks lihtsam regulaatori seadet seadistada. See tähendab seda, et regulaatori tööpõhimõtte oleks kasutajale paremini arusaadav ning sellest lähtudes regulaatori seadistus paremeetrid oleksid kasutajale paremini arusaadavamad. Näiteks mida teeb mingi konkreetne seadistusparameeter ja mida see paremeeter muudab süsteemis kui tervikus.

1.5 EC – 12 kütteeve regulaatori küttekõvera parameetrid

1.5.1 Graafiku valik



Graafik 1.5.1-1 Küttekõvera valik: Kütteeve- ja välisõhu temperatuuri suhe

See on antud temperatuuri regulaatoris üks olulisemaid paremeetreid. Küttegaafiku valikuga muutub suhe välisõhu temperatuuri ja küttevee temperatuuri vahel. Selle valimine sõltub maja soojuspidevusest ja soojusvahetite (radiaatorite) arvust ja suuruselt. Et seda parameetrit optimaalselt seadistada, ei pea olema teadmisi maja soojuspidevusest või soojusvahetite mõjust. Selle parameetri seadistamine on kõige lihtsam kasutades katse – eksituse meetodit.

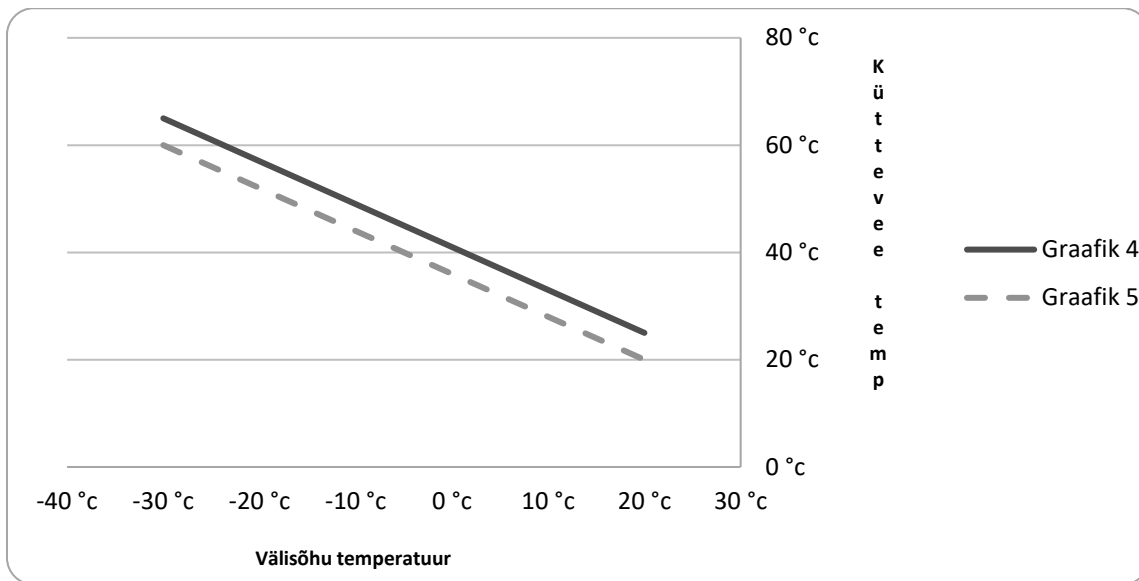
Selle meetodi kasutamine toimub järgnevalt:

Kui hoone on piisavalt soojuspidav, tuleb valida laugem graafik (vaata Graafik 1.5.1-1 Küttekõvera valik: Küttevee- ja välisõhu temperatuuri suhe), kui soojuspidevus on väiksem või on radiaatorid väiksemad, tuleb valida järsem graafik. Teisisõnu tuleb jälgida toatemperatuuri muutusi (see vägagi seotud küttevee temperatuuriga) sõltuvalt välisõhu temperatuuri muutustest. Kui välisõhu külmenedes läheb toas külmemaks, on valitud liiga lauge graafik. Tuleks valida järsem graafik. Kui välisõhu temperatuuri langusega läheb toas soojemaks, on valitud liiga järsk graafik.

Õige graafik on valitud siis, kui toatemperatuur püsib stabiilsena vaatamata välisõhu temperatuuri muutustele.

Regulaator saavutab stabiilse, graafikukohase radiaatorivee temperatuuri umbes ühe tunni jooksul pärast pingestamist. Ligikaudse temperatuuri saavutamiseks kulub umbes 10 minutit.

1.5.2 Graafiku nihe



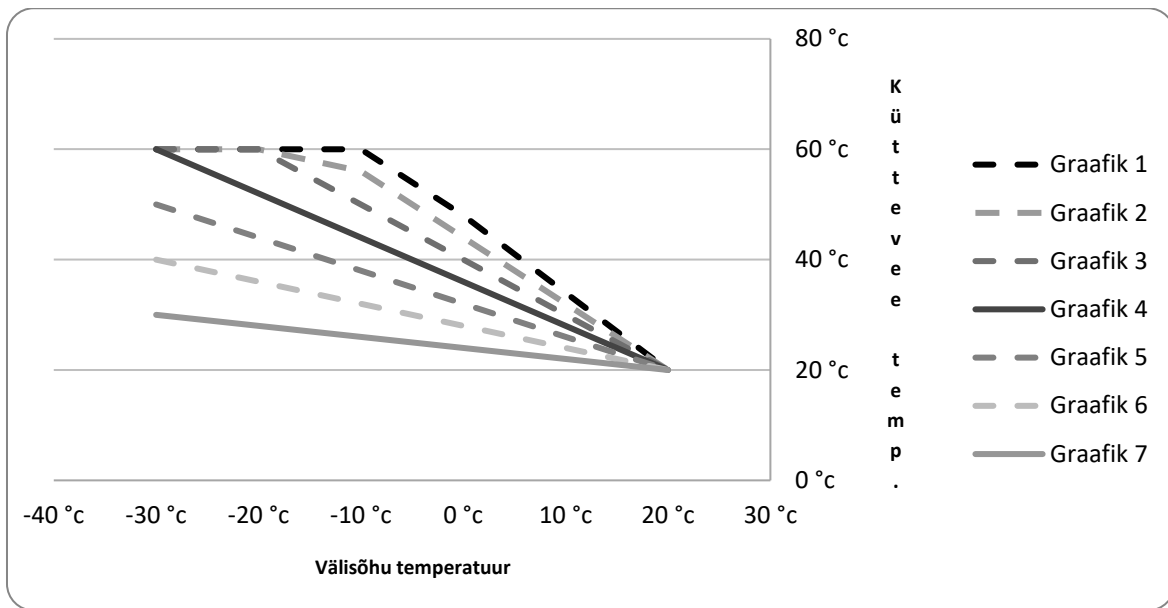
Graafik 1.5.2-1 Küttekõver: nihe mööda küttevee temperatuuri telge

Selle parameetriga saab valida toatemperatuuri, kui see on stabiilne, kuid liiga madal või liiga kõrge. Selle parameetri muutmisega saab nihutada graafikut ülesse või all (Y teljel) ilma tõusunurka muutmata. Teisisõnu, kui muuta seda parameetrit (Graafiku nihe), siis muutub küttevee temperatuur võrdeliselt selle sama parameetriga graafiku nihe.

Antud näite korral (Graafik 1.5.2-1) on tõstetud parameetrit graafiku nihe 5 c kraadi võrra. Sellega saavutasime graafiku asendi muutuse. Kui varem oli välisõhu temperatuuril 0 c kraadi küttevee temperatuur 40 c kraadi siis seda parameetrit muutes on tõusnud küttevee temperatuur 45 c kraadile.

Seda parameetrit on vaja muuta siis, kui graafiku valikuga on saavutatud stabiilne toatemperatuur (peaaegu et ei muutu, kui muutub välisõhu temperatuur).

1.5.3 Piiramine



Graafik 1.5.3-1 Kütteköver: Küttevee maksimaalse temperatuuri piiramine

Selle parameetri muutmisega saab piirata maksimaalset küttevee temperatuuri. Teisisõnu, kui on see parameeter (piiramine) seadistatud mingi c kraadi väärtuseni, siis küttevee temperatuur ei ületa seda väärtust.

Graafik 1.5.3-1 korral on parameetri (piiramine) väärtus 60 c kraadi, graafikul on näha, et küttesesi ei ületa seda parameetrit.

Seda parameetrit võib vaadata kui maksimaalne küttevee temperatuur.

Seda parameetrit võib vaja minna juhul kui liiga tuline küttesesi võib põhjustada kahjustusi või ebamugavusi. Näiteks selleks juhtumiks võib olla põrandaküte

2 PROBLEEM JA NÕUDED UUELE SÜSTEEMILE

2.1 Üldvaade

2.1.1 Miks on vaja uuendada regulaatorit

Regulaator EC-12M on juba toodetud ning müüdud toode millele pakutakse siiani hooldusteenuseid. See regulaatori mudel on paigaldatud üle kolmetuhandesse kodusse üle Eesti ning oli ka müügis naaberriikides. Tekib küsimus: Miks oli vaja uut regulaatori mudelit? Peamiseks põhjuseks uue regulaatori mudeli järele oli vana regulaatori juhtskeemide ja muud elektroonika komponentide puudujääk. Nendele elektroonikakomponentidele ei olnud aga saada alternatiive, sest vajalikke komponentide mudelite toodang lõpetati. Samuti oli ka seadmel probleemiks hind mis hakkas suurenevates konkurentsitingimustes konkurentidele alla jääma. Samuti esinesid regulaatoril mõned tehnilised kui ka funktsionaalsed puudujäägid mis olid juba lahendatud konkureerival toodangul. Tootmisprotsessist vaadatuna oli regulaator puhvertooteks mida oli hea toota erinevate etappidena suuremate ja olulisemate tellimuste puudumisel madalpingekilpide tootmisosakonnas.

2.2 EC-12M puudused

2.2.1 Funktsionaalsusest tingitud puudused

EC-12M südameks on analoogelektronikakomponentidest koosnev juhtskeem, mis oli põhiliseks pudelikaelaks funktsionaalsuse mõttes. Elektroonilistes analooglülitustes ei ole mälukomponente ning selletõttu ei ole seadmel võimalust salvestada tööaja jooksul kogutud andmeid ega ka seada parameetreid kasutaja poolt. Kuigi seadme parameetrite seadistus pool oli leidnud lahenduse läbi potentsiomeeternuppude kasutuselevõtuga võttis see lahendus ära terve karbiku korpuse pindala mida on näha pildilt punktis 1.2.1 Seadme EC-12M välimus.

Samuti mäluvõimaluse puudus oli ka suureks puuduseks seadme tööparameetrite ehk muutujate monitooringul. Näiteks andurite korrektset tööd sai ainult testida takistuse mõõtmisel anduri klemmidelt. Seadme väljundit, milleks oli signaal täiturmootorile, oli võimalik analüüsida kas kohapeal ostsilloskoobi abil või ettevõttes häälestuspingi taga.

Regulaatori tõsisema rikke korral, kui puudus näiteks väljundsignaal või see tüüris kogu aeg ühes suunas, oli probleemi põhjust leida väga keeruline ning tihti nõudis see analoogskeemi põhjalikku analüüsi. Kuigi aga probleem oli teda siis selle eemaldamine oli töökoormuse seisukohast lihtne ning odav. Tihipeale oli selleks mingi kondensaatori vahetus.

Seadme analooglülituses ei olnud sisse ehitatud programmkella, kuid selle lisamine oli realiseeritud sisendklemmidel lülitina mille binaarne olek nihutas seadme küttekõverat kas ülesse või alla sõltuvalt karbiku paneelil oleva potentsiomeetri nupu asendist. Klemmide külge võis lisada erinevaid programmkellamooduleid [1].

Juhtskeemi omadusest tulenes ka probleem tootmisprotsessis. Regulaatori analoogskeem sisaldas mitmeid seadistuspotentsiomeetreid mis nõudsid eesmärgi häälestamist, et seadme tööprotsess oleks kindlates vahemikes ja tooted seerias oleksid tööomaduste poolest sarnased. See võttis aega umbes kaks tundi ühe seadme kohta.

2.2.2 Tehnilised puudujäägid

Seadme tehnilised puudused olid samuti tingitud analoogjuhtskeemist. Nimelt esineb analooglülitustel temperatuuri- kui ka niiskuskõikumistega täpsusekadu kui ka kulu. Regulaator pidid aga olema stabiilne ja töökindel nii talvel külmades keldrites kui ka kevadel soojades kütteruumides. Probleemi olemasolu oli kinnitatud sellega, et ettevõttesse tagastati aegajalt regulaatoreid millel oli läbi mingi väiksem elektroonikakomponent nagu kondensaator.

Samuti üheks tehniliseks probleemiks on andurite paigutus. Andurid on ühendatud keerdpaar tüüpi juhtmega seadme külge. Seade ise aga asub otse ventiili peal ning andurite juhtmete vedamise on selle tõttu raskendatud. Välisõhu anduri paigaldamise protsess nõuab tihti läbi seina aukude puurimist ning kinnituskoha loomist mis on väga tülikas võrreldes näiteks uuemat tüüpi regulaatoritega mille andmekogumismehhanism on juhtmevaba.

2.3 Nõuded uuele süsteemile

2.3.1 Ülesande püstitus ning eesmärgid

Sarnaselt turumajanduses tegutseva ettevõtte toodanguga oli ka selle keskkütte temperatuuri regulaatori eesmärk teenida kasumit ning pakkuda klientidele usaldusväärset seadet. Kuigi olemasolev EC-12M täitis omi ülesandeid oli siiski näha arenguruumi uute tehnoloogiate kasutusevõtmise võimaluses. Kõige põhilisemaks nõudeks oli see, et uue mudeli tootmise maksumus ei tohiks olla kõrgem võrreldes olemasoleva tootega mis oli juba konkurentsitingimuste tõttu kannatav. Samuti oli vaja lisada uude mudelisse uusi funktsioone mis tõstaks toote väärtust ning usaldusväärsust.

2.3.2 Digitaliseerimine

Uues seadme arendusprotsessi algusest oli juba selge, et tuleks kasutada kaasaegsemaid tehnoloogiaid. Nendeks tehnoloogiateks ei saanud enam olla olemasolevast seadmest võetud elemendid nagu küttekõvera ahel või PI lülitus mis oli lahendatud operatsioonvõimendite baasil. Nende ahelate kasutus oli piiratud komponentide saadavusega kui ka tehnoloogiliselt vananenud komponentide limiteeritud funktsionaalsusega. Mitmeid regulaatori juhtskeemi funktsioone oli võimalik asendada mikroprotsessor millel oleks liidesed nagu analoog-digitaal muunduril millega saaks lugeda andurite väärtusi ning suuremat voolu taluvaid sisend väljund kontakte. Mikrokontroller oli selleks ülesandeks ideaalselt sobiv tehnoloogiline valik. Mikrokontrollerite valik turul oli väga lai ning selle kasutuselevõtt lubas eemaldada mitmed keerulised analooglülitused juhtskeemis. See annaks uuele digitaliseeritud seadmele eelise nii funktsionaalsuses kui ka töökindluses.

2.3.3 Programmkell

Keskkütte temperatuuri regulaatori põhiline eesmärk on säästa küttekulusid ning üheks võimaluseks seda teha on kasutajate optimaalse toatemperatuuri vajaduse järgimine. Nimelt hoonet ei ole mõtet soojas hoida kui inimesed on eemal. Selle olukorra heaks näiteks on kaheksast viieni töökohustus. Teiseks inimeste vajaduste järgimise näiteks on temperatuuri

alandamine öötundidel kui magatakse. See on eelkõige põhjendatud keha füsioloogilise rütmiga kui ka pealiskaudselt vaadatuna on öötunnid heaks võimalususeks küttearvete säästmiseks.

Digitaalse seadme korral oli selge, et selle funktsiooni lisamine oli kriitiline eelkõige toote väärtuse suurendamiseks. Paljud EC 12M kasutajad ostsid baaslahendusele lisaks ka programmkella mis oli tihtipeale DIN mooduli pakendis ning selles paigaldamine kui ka kasutusmugavus ei olnud kõige parem. Sellise digitaalse lahenduse lisamine ei suurenda oluliselt hind. Lisada oleks vaja 3V nööppatareid ja kella- ja kalendrielektronikakomponent mälu. Oli ka selge, et programmkella lisamine tõstaks kasutajaliideste nõudeid.

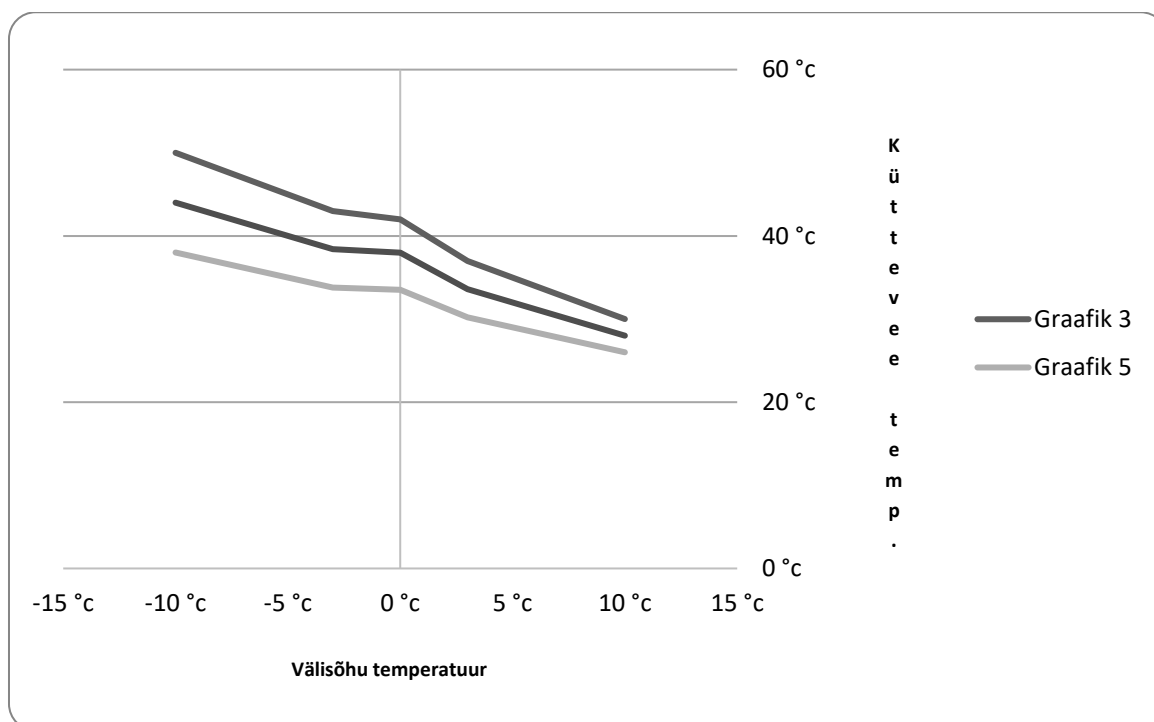
2.3.4 Mälu

Olemasoleva seadme puudused olid tingitud põhiliselt mäluolemendi puuduste tõttu. Andmete salvestamise võimaluse oli kõike piiravaks probleemiks. Selle tõttu ei saanud hoida regulaatori tegevuse logi ning see piiras kasutajaliidese osa. Mikrokontrolleri kasutuselevõtt lubaks lisada püsimälu mille olek ei muutuks toitepinge puudumisel. Sellise nõude täidaks EEPROM-tüüpi püsimälu, mis on odav ja taaskasutatav püsimälu tüüp. Andmete kogumiseks piisaks mälest, mis hoiaks ühe päeva jagu andmeid ehk siis mäluühikutes oleks see number 128kbaiti. See lisaks digitaalsele lahendusele hinda kuid ka veahalduse võimaluse monitooringu funktsionaalsuse parandamisel.

2.3.5 Alfanumeraalne LCD ekraan

Nii programmkell kui ka monitooringu funktsionaalsus nõuab mingisugust andmekuva elementi, et anda kasutajale visuaalset tagasisidet. Olemasoleval seadmel on selleks tagasisideks potentsimeeter nuppude seade asend ning LED-tüüpi indikaatorid. Digitaalsele lahenduse oleks võimalik lisada keerulisemat ning rohkem võimalusi pakkuvat digitaalset optoelektronikat. Selliseks elektronikakomponendiks sobiks eelkõige alfanumeraalne LCD ekraan. Sellisele ekraanile saab kuvada erinevaid sümboleid kaasaarvatud teksti ja numbreid mis täidab suurepäraselt ülaltoodud funktsionaalsuse nõuded. Sellistel ekraanidel on sümbolid paigaldatud maatriksi kujul ehk siis ridade ja veergudena. Igal sümbolit kuvaval lahtril on kindel asukoht ning digitaalne aadress. On saada erinevas suurustes ekraane 8x2 kuni 40x4 suurusega (esimene number esitab veergude arvu ning teine on ridade arv ekraanil).

2.3.6 Küttekõvera temperatuuri tõus 0 c kraadi juures



Graafik 2.3.6-1 Küttekõvera tõus 0 °C kraadi juures

See küttekõvera omadus tagab väikese temperatuuri tõusu 0 kraadi läheduses. Seda väikest temperatuuri tõusu on vaja selleks, et parandada regulaatori reguleerimisomadusi. Eelkõige selle vajadus tuli välja EC 12M kasutaja jooksul. Nimelt regulaatoril esines probleeme toa temperatuuri hoidmisega kui välisõhu temperatuur on 0 °C. See on eelkõige tingitud eesti hoonete soojustehnilistest omadustest.

2.3.7 USB ühendatavus kasutaja arvutiga

Monitooringu funktsionaalsuse sissetoomisel tekkis vajadus ka andmete parememaks ülevaateks, sest alphanumeraalsel ekraanil ei ole võimalik andmeid visualiseerida ning andmeid on liiga palju, et neid ridahaaval kerides esitada. Sellega tekkis vajadus seadme ja arvuti vahelise ühenduse järele. Mikrokontrollerite maailmas on väga levinud RS232 ja RS485 protokolle toetavad UART moodulid (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Kuigi see on juba kõikidesse kontrollerites sisseehitatud ning odav lahendus puudub selle toetus kasutajate arvutites. Nimelt tänapäeval enamus arvutitootjaid on seeriaühenduse pordi asendanud USB pordiga. Mikrokontrolleri sees ei erineks ühenduse liik algoritmilises mõttes palju kuid oli selge see, et USB ühendus nõudis rohkem

programmimälu. Selle tõttu tuli mikrokontrolleri valik kitsendada mudelitele mis on suurema programmimälumahuga ja USB2.0 protokolliga toega.

2.3.8 Juhtimisalgoritmi digitaliseerimine

EC-12M juhtalgoritm koosnes elektroonilistest lülitusest, mille abil olid realiseeritud küttegaafiku funktsionaalsus, sujuv ventiiliajami juhtimine ning ventiiliajamat mittekoormava väljundsignaali genereerimine. See kõik oli väga hästi töötav praktikas ning just nende funktsioonidega ei esinenud regulaatori ekspluatatsiooni jooksul probleeme mis tõttu juhtalgoritmi ei olnud tarvis suuri muudatusi sisse viia. Põhiliseks ülesandeks oli juhtalgoritmi ümbertõstmine tarkvara paradigmasse. Et ülesannet lihtsustada tuli seda jagada alamülesanneteks milleks olid: küttegaafiku funktsionaalsus, PID sujuv reguleerimine ja ventiiliajami juhtimiseks väljundsignaali genereerimine.

2.3.9 Juhtalgoritmi töö analüüs keskkütte süsteemis

Kuna juhtalgoritm on seadme kõige tähtsam osa sest see mõjutab kõige enam temperatuuri reguleerimist ning on samas kõige keerulisem osa mille tõttu võivad seadme töös esineda enim veaolukordi. Et seda kõike hinnata ja testida on tarvis keskkonda kus seda teha. Triviaalseks lahenduseks oleks test reaalse objekti peal. Et siis paigaldada seade erineva kompositsiooniga keskkütte süsteemi ning seejärel regulaatori tööd jälgida. Sellise testimise ja regulaatori töö hindamise meetodi puuduseks on erinevate situatsioonide ja veaohlike olukordade järeletegemise võimaluse puudumine test objektil. Esiteks ei ole nii paindlikku test küttesüsteemi mille peal oleks seda võimalik teostada. Teiseks ei oleks lihtsal viisil võimalik järgida kõikide süsteemi osade tööd. Seetõttu oleks vaja teosta simulatsiooniline testkeskkond mille peal oleks võimalik teha regulaatori reguleerimisalgoritmi analüüs.

3 ÜLEVAADE OLEMASOLEVATEST TEHNOLOOGIADEST JA LAHENDUSVIISIDEST

3.1 Mikrokontrolleri valik

Kuna mikrokontroller on juhtskeemi olulisemaks komponendiks oli selle valik kriitiline. Mikrokontrolleri valikust sõltus ka arendusvahendite valik mis ei olnud vähemoluline, sest digitaalse lahenduse väljatöötamise korral mängib tootearendus olulisemat rolli. Mikrokontrolleril baseeruva lahenduse arendamise korral on väga oluline leida tasakaal mikrokontrolleri konkreetse mudeli valiku juures arvestades selle hinna ja võimaluste suhet ning mudeliga kaasatulevate tarkvare arendamist toetava abiinformatsiooni taset. Võib tekkida selline olukord, et kaasaegsema mudeli valikul kulub rohkem ressursse, sest arenduse protsessi kujuneb palju keerulisemaks võrreldes näiteks tuntuma kontrolleri valikul millega on kaasa suur hulk arendust abistavaid materjale. Väga olulist on samuti programmeerimiskeele valik sest see mõjutab nii arendusvahendi valikut kui ka kontrolleri mudelit ja tootjat. Valik langes tuntuima mikrokontrollerite tootja Microchip 18F seeria kasuks. Samas arvestades nõuetega tuli lähtuda kontrolleri valikust arvestades kontrolleri tehnilisi näitajaid nagu sisend väljundite arv, analoog-digitalmuundurite olemasolu, USB tugi, programmälu suurus, EEPROM olemasolu ja teised enamlevinud liidesed. Selleks kontrolleriks osutus Microchipi juba vana ja enimlevinud USB kontroller 18F4550.

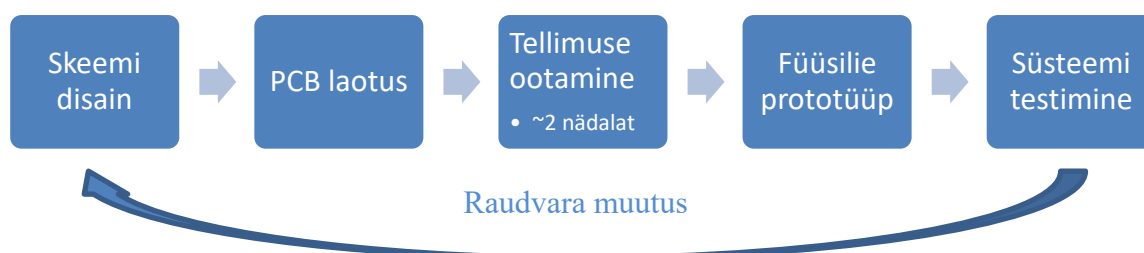
Parameetri nimi	Väärtus
Programmi mälu tüüp	Flash
Programmi mälu (KB)	32
CPU kiirus (MIPS)	12
RAM (baite)	2,048
Andmete EEPROM (baite)	256
Digitaalsed ühedatuvuse liidesed	1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
Pildista / võrdlemine / PWM	1 CCP, 1 ECCP
Välisseadmed	
Taimerid	1 x 8-bit, 3 x 16-bit
ADC	13 kanalit, 10-bit

Võrdluselemendid	2
Parameetri nimi	Väärtus
USB (kanalid, kiirus, toetatavus)	1, Full Speed, USB 2.0
Temperatuuri vahemik (C)	-40 kuni 85 °C
Operatiivpinge vahemik	2 kuni 5.5V
Kontaktide arv	40

Tabel 2.3.9-1 PIC 18F4550 spetsifikatsioonid

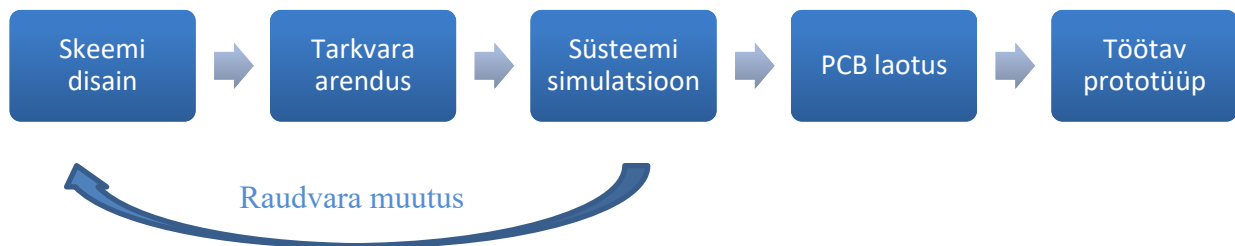
3.2 Arenduskeskkonna valikud

3.2.1 Raudvara arenduskeskkonna valik



Blokki diagramm 3.2.1.1 Traditsiooniline arendusprotsess ilma arendusvahenditega

Nagu näha ülaltoodud blokki diagrammil on traditsiooniline arendusmeetod on väga ajakulukas juhul, kui raudvara disain ei ole kindlaks määratud. Selline arendusmeetod sobib hästi spetsiifilistele lahendustele mida simulatsioonitarkvara ei ole võimeline toetama. Samuti sellise arendusmeetodi eesmärgikohane kasutamine nõuab palju kogemust sest iga järgneva protsessi viga tuleneb eelnevatest ning selletõttu arendusprotsessi vältel risk akumuleerub.



Blokkdiagramm 3.2.1.2 Simulatsiooni tarkvara kasutav arendusprotsess

Kasutades raudvara käitumist emuleerivat tarkvara on võimalik arendusprotsessi tsükkel lühendada ning säästa hinna kui ka aja kulult. Selline arendusmeetod on ideaalne paindlike arendusprotsesside korral, kui nõuded ei ole kindlaks määratud või muutuvad arendusprotsessi vältel. See on eriti iseloomulik minu juhtumile kui puudus kogemus kui ka täpne ettekujutus raudvara tööst. See meetod võimaldab harrastada katse-eksimis meetodit kogumuse puuduse kompenseerimiseks. Selle meetodi puuduseks oli see, et see piiras komponentide valikut sest need ei olnud toetatud emuleeritava tarkvara poolt.

Simulatsiooni tarkvara aga annab eelise kinnitada tarkvara korrektset käitumist. Ehk siis see on suurepärane testkeskkond. Arvestades olulist nüanssi reaalse raudvara testimise juhtumil. Nimelt reaalses testjuhtumis on väga tõenäoline, et kasutatakse porto- või makettplaat mille kontaktide stabiilsus ja elektrooniliste ühenduste kvaliteet ei ole vastav lõplikule prototüübile milleks on tihti peale tarkvaraliselt projekteeritud ning masina poolt valmistatud trükkplaat.

3.2.2 Tarkvara arendusvahendi valik

Digitaalse lahenduse arendusprotsessist võtab suurema osa tarkvara arendus. Seda fakti arvestades on tarkvara arenduse vahend väga tähtis. Tarkvara arendus vahendina on eelkõige kompilaator ja programmikoodi kirjutamise programmikeskkond. Selleks arendusvahendiks ma valisin Custom Computing Service Inc. kompilaatori CCS versiooniga (4.1xx) [6]. See on eelkõige kõige kasutajasõbralikum arendusvahend mis on keskendunud just Microchip PIC 8bit ja 16bit seeria mikrokontrolleritele. Kasutajasõbralikuks teeb selle arendusvahendi eelkõige PIC mikrokontrollerite C-teegikogumikud. Nendes teekides on näiteks mikrokontrollerite registritele antud dokumentatsioonile vastavad nimed ning realiseeritud liideste nagu katkestused, taimerid jne programmeerimise tugi. Samuti on arendusvahendiga

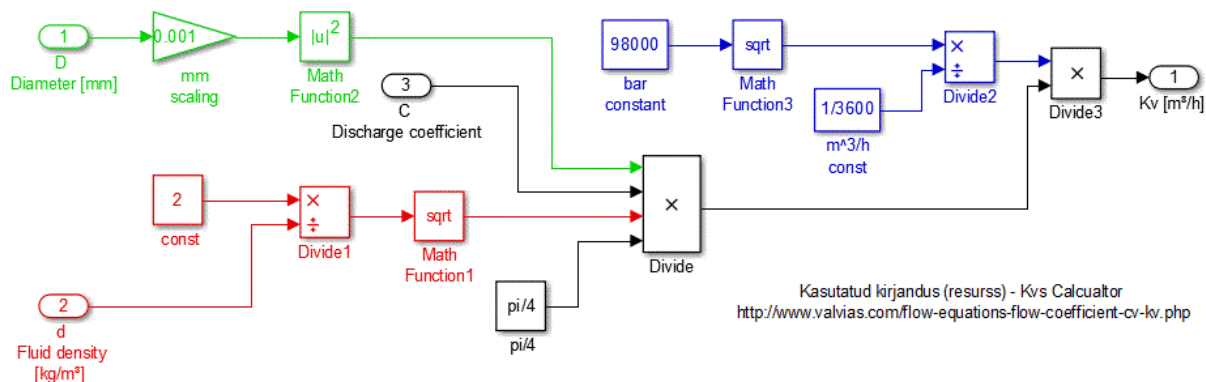
kaasas rohkelt väliseid komponente nagu EEPROM ja programmkella elektroonikakomponentide draiverid, mis lihtsustavad tohutult väliste komponentide ühendamist mikrokontrolleriga tarkvaraliselt.

3.2.3 Regulaatori juhtalgoritmi hindamise vahend

Juhtalgoritmi testimine on väga oluline tööprotsess, mis on eelkõige tingitud sellest, et on väga keeruline hinnata tarkvaraliste elementide tööd ning eriti nende koostoimet üldpildis. Eeldades, et seade on piisavas mahus töövalmis, et seda testida reaalse objekti peal on sellel siiski olulisemad puudujäägid mis on kirjeldatud punktis 2.3.9.

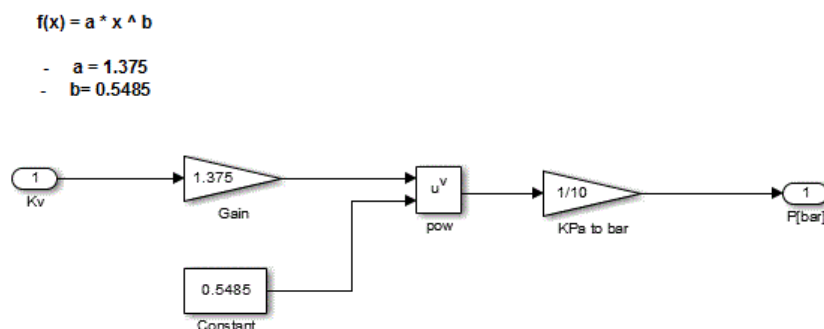
Selliseks arendusvahendis sobiks eelkõige Mathworks Simulink. Sellega on võimalik jäljendada igat algoritmi osa. Nendeks osadeks oleks eelkõige kõige keerulisemad ja ettearvamatud, põhiliselt koostöö seisukohalt, osad: PID algoritm ja ventiiliajami väljundsignaali modulaator. Peale selle, et neid kahte algoritmi saab simulingis jäljendada on Simulinigis veel võimalus luua regulaatorile kõige rohkem mõjuvate keskkütte osade mudel, mis aitab mõista regulaatori mõju keskkütte süsteemile ning seeläbi parandada vastavaid regulaatori algoritmi osasid.

Mudel 4.1.1-1 helesinisega märgitud osa kirjeldab klapi parameetrit Kvs mis on sisuliselt klapi vedeliku läbilaske võime arvestamata rõhulanguseid. Põhilised kolm parameetrit, mida see blokk kasutab on kapi ava läbimõõt D, klapi äravoolu koefitsient C ja vedeliku tihedus d. Nende parameetritega on võimalik arvutada üldistatud klapi vedeliku läbilaske võimet. Blokk kirjeldab klapi eelkõige dimensiononilist (läbilaske ava) seost Kvs-iga. Selle ploki sisu on toodud allpool Mudel 4.1.1-2 joonisel.



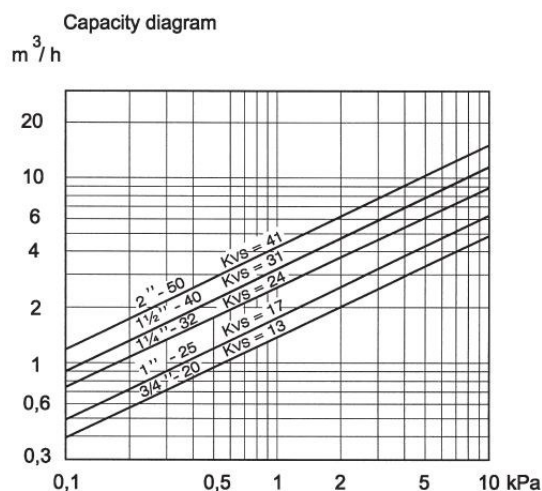
Mudel 4.1.1-2 Seguklapi mudeli dimensioniline koefitsient

Mudel 4.1.1-1 on helerohelisega ja kollakollasega märgitud rõhulangu kompensatsiooni blokid. Need kirjeldavad vee läbilaske hulga mõju rõhule ning selle rõhu mõju omakorda vee läbilaske hulgale. Sisuliselt mida suurem on läbi voolav vedeliku hulk seda suurem on rõhulang. Bloki sisu on toodud allpool Mudel 4.1.1-3.

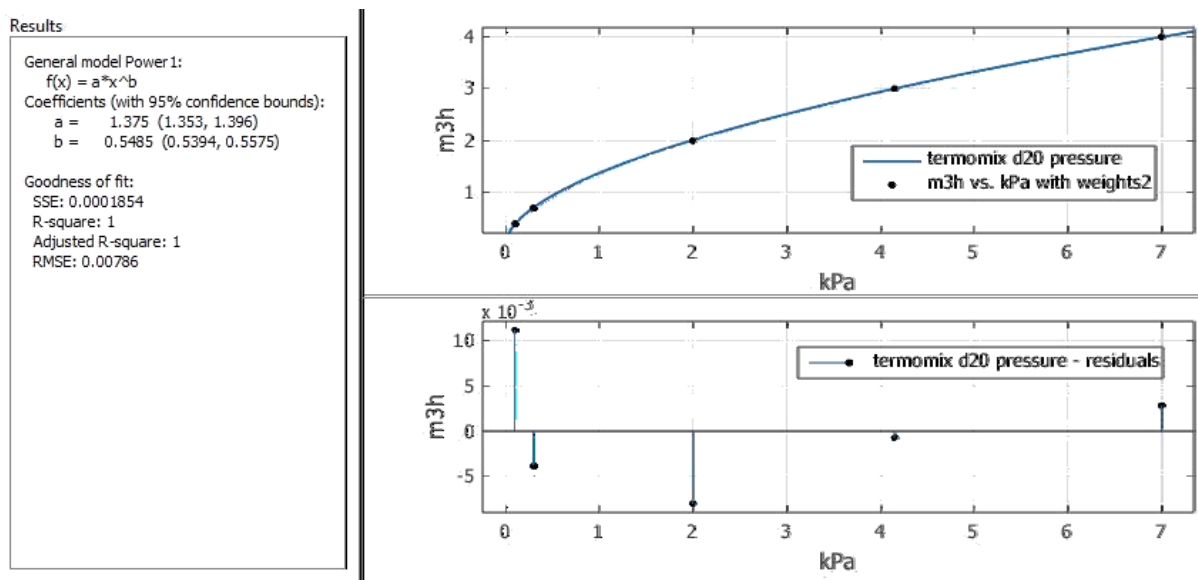


Mudel 4.1.1-3 Klapi mudeli rõhulangu kompensatsioon

Nagu näha allpool asuvatel Graafik 4.1.1-1 Graafik 4.1.1-2 rõhulangu ja klapist läbi voolava vedeliku hulga vahel on logaritmiline seos. Osades ventiiliklapi dokumentatsioonides on toodud need logaritmilise seose parameetrid arvuliste väärtustena. Antud klapi Termomix D20 korral oli selle klapi omaduse kirjeldamiseks logaritmilise skaalaga graafik mille sobitamise Matlabi Curve fitting toolbox-iga oli võimalik saada logaritmiline võrrand [3].

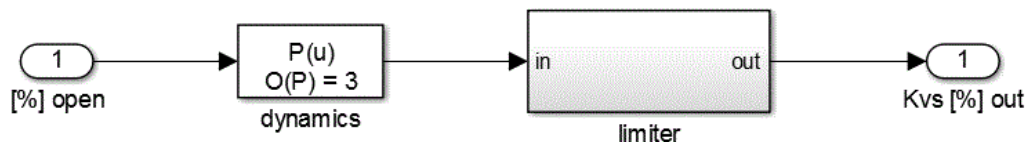


Graafik 4.1.1-1 Klapi dokumentatsiooni rõhulangu ja vedeliku hulga läbivoolu seos

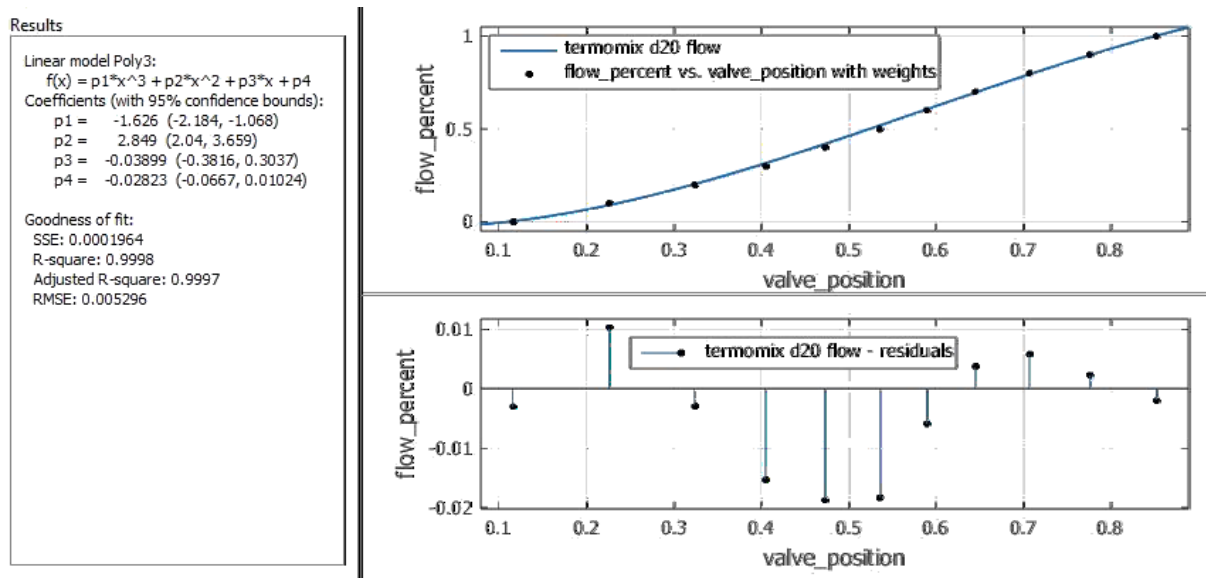


Graafik 4.1.1-2 Rõhulangu logaritmilise valemi sobitamine vastava dokumentatsiooni graafikuga

Model 4.1.1-1 on tumerohelisega kujutatud klapi sisend signaalide ajaline sõltuvus läbivoolava vedeliku hulgast protsentides. Nimelt integraatori osa vastab klapi mehaaniliste omadustele klapi sulgurplaadi asendi vastavusega olenevalt sisendsignaali impulsside hulgast ning polaarsusest. Bloki nimega „temomix d20“ sees on vastava klapi dünaamika karakteristik. Allpool on kujutatud selle bloki sisu Model 4.1.1-4.



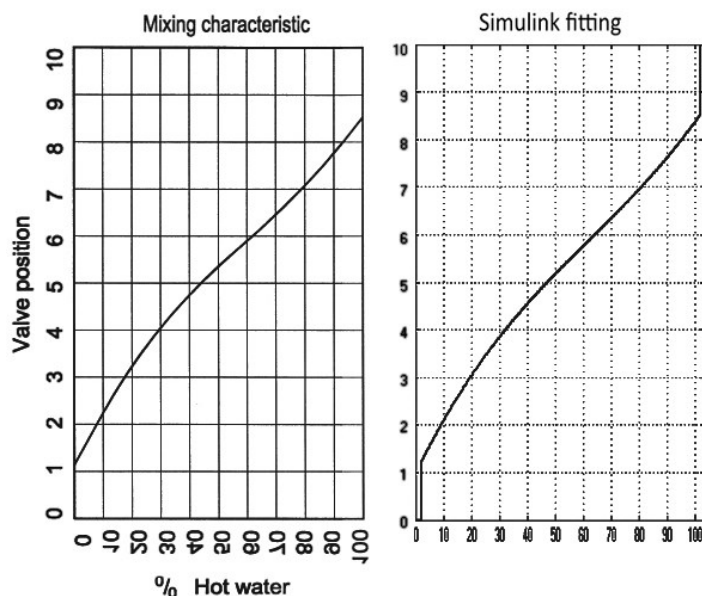
Model 4.1.1-4 Klapi mudeli bloki „termomix d20“ sisu – Klapi dünaamika



Graafik 4.1.1-3 Temomix D20 dünaamika sobitus kaaludega.

Graafik 4.1.1-3 on vastava klapi dünaamika sobitus vedeliku läbivoolu graafikuga ventiilklapi Temomix D20 dokumentatsioonist[8]. Tihtipeale on dokumentatsioonides klapi dünaamika kujutatud just graafikuga kus ühel teljel on klapi mehhaaniline asendi protsentuaalne väärtus ning teisel teljel on klapi läbivoolu protsentuaalne väärtus . Nii oli ka selle klapi dokumentatsioon. Selle tõlgendamisel on kasutatud visuaalsel teel dokumentatsioonist maha

loetud väärtusi ning nende väärtuse kaale mille väärtuse valikul lähtuti visuaalse täpsuse hinnangut. Tulemuseks oli polünoom kirjeldab klapi vedeliku läbivoolu dünaamikat.



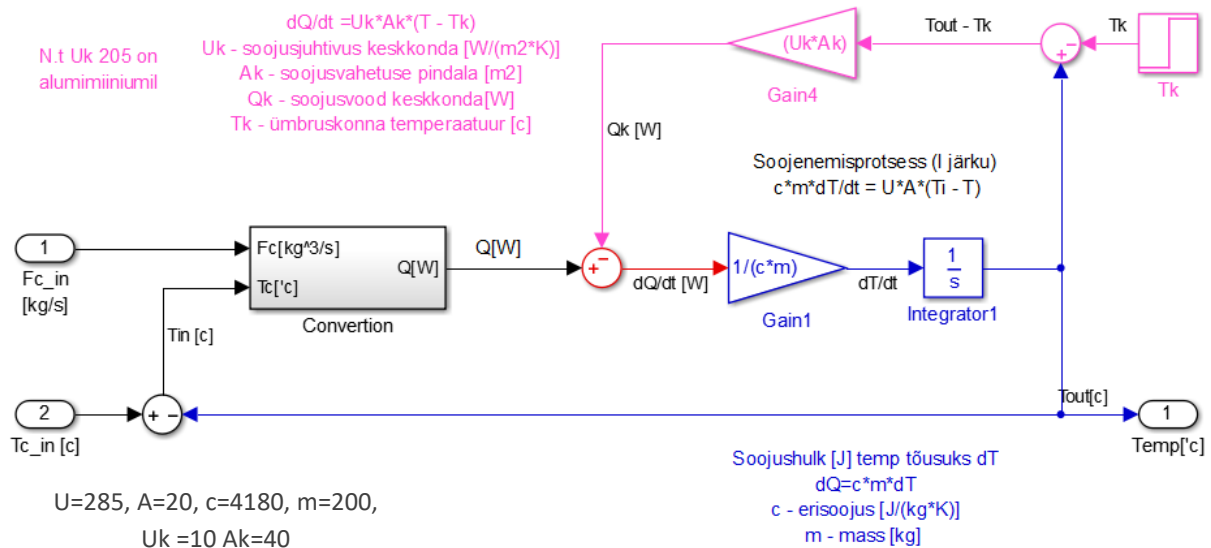
Graafik 4.1.1-4 Termomix D20 dünaamika kattuvus dokumentatsiooniga ja piiraja

Graafik 4.1.1-4 saab võrrelda klapi mudeli ja dokumentatsiooni graafiku kattuvust, mis on visuaalse hinnangu ebatäpsust arvestades suhteliselt hea. Vasakul pool on graafiku ülesvõtte klapi dokumentatsioonist ning paremal pool on pilditöötlusprogrammiga töödeldud Simulinki ekraanisalvestis. Nagu näha antud klapis algab vedeliku läbivool alles siis kui klapi asend on umbes 12 % ning jõuab maksimumini 85 % avatuse juures. See näitab seda, et klapi on aja ja signaali suhtel hüstereesilisi omadusi. Piiramis funktsionaalsust täidab „limiter“ nimeline blokk.

4.1.2 Tarbija ehk radiaatori mudel

Et vaadelda süsteemi kui tervikut on kindlasti vaja tarbijat, mis mängiks kaudselt hoone sisetemperatuuri. Tarbijaks sobiks suurepäraselt soojuse sisse – ja väljavooga ning akumulatsiooniga soojusprotsessi isobaarne mudel. Loomulikult ei ole hoone elutuba selle protsessi ideaalseks näiteks, kuid see sobib kui lihtsustatud näitena. Selle mudeli ebatäpsuste momentideks võib olla olukord, millal toa temperatuur, tarbija ja regulaator mõjutavad üksteist vastastikku. Lähtudes sellest, et regulaatori ülesanne on lahtise kontuuriga süsteemi põhine (toa sisetemperatuuri reguleerimine välistemperatuuri kaudu) on selline tarbija mudel

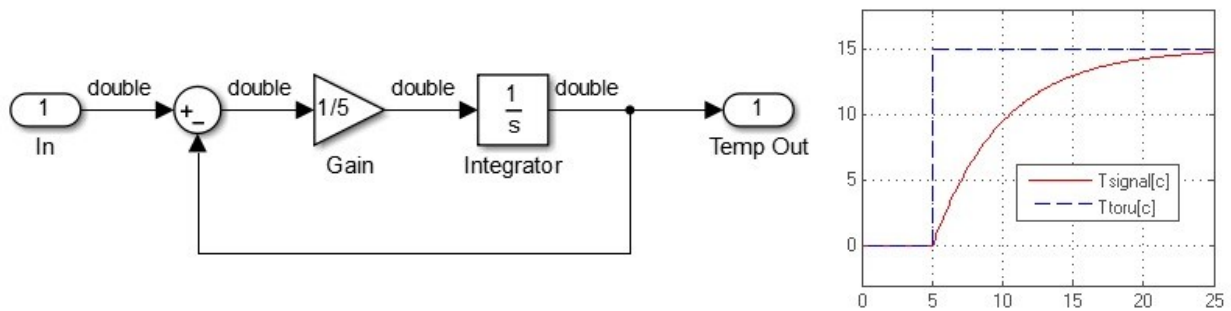
isegi parem, sest see lihtsustab protsessi tunduvalt ning paneb aktsente regulaatori reguleerimise omadustele.



Mudel 4.1.2-1 Soojusvahetuse mudel mahtuvusega (tarbija mudel)

Mudel 4.1.2-1 on sisendiks klapi Mudel 4.1.1-1 väljundist saadav veehulk Fc_in ning temperatuur Tc_in, mis on selle mudeli teiseks sisendiks. Musta värvusega kirjeldatud osad on sisendid ja teisendus soojusvooks, roosaga on märgitud soojuse kaod hoone ruumi keskkonda ja sinisega soojusvaheti soojusmahtuvus. Ruumi temperatuuriks on Tk. Antud soojusvahetiks on suhteliselt väikese pindalaga ja mahtuvusega soojusvaheti [10]. Seda võib vaadata kui radiaatorit. Selle eesmärk on eelkõige jäljendada keskkütte süsteemis tarbija osa mis on reguleerimise testnüansside jaoks optimaalne lahendus.

4.1.3 Anduri mudel



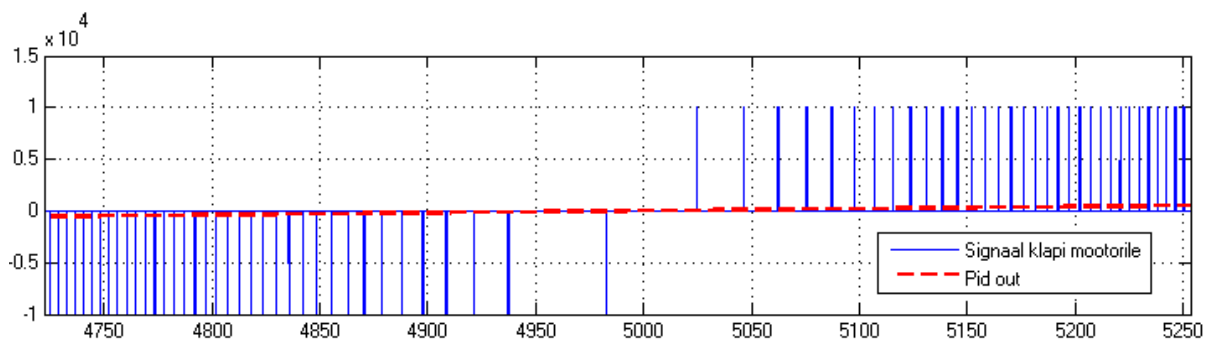
Mudel 4.1.3-1 Anduri mudel koos hüppekaja graafikuga

Keskkütte süsteemis on andur paigaldatud vahetult peale klappi ning selle tõttu on vedeliku hulga transpordihilistus sisuliselt olematu kuigi on soojusjuhtivusest tingitud aeglane reageerimine. Antud mudeli korral on hüppekaja ajaline konstant T_s on 5s.

4.1.4 Signaali kohandamine klapi täiturmootorile

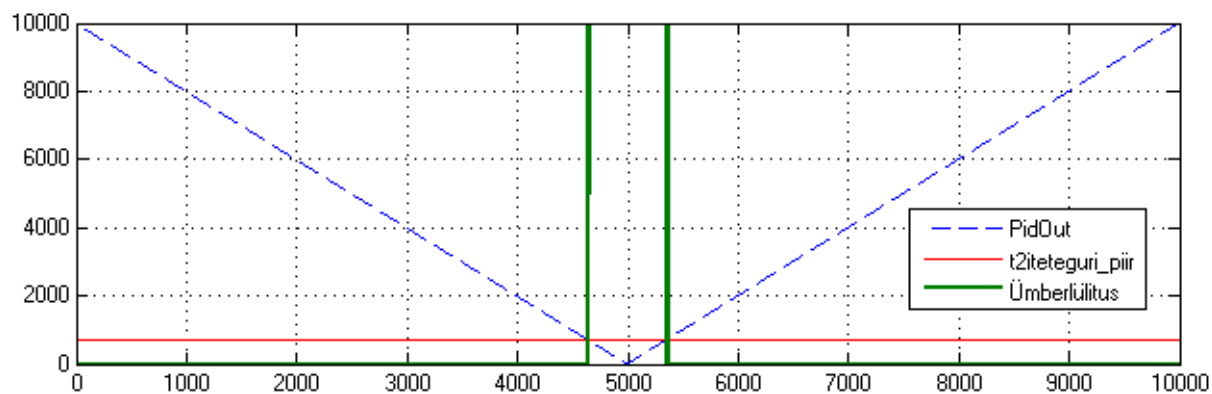
Kuna PID kontrolleri väljundiks on skalaarne arvvärtus, tuleb seda skalaarset signaali muundada sobivaks klapi täiturmehhanismi sees paikneva alalisvoolu mootori juhtimiseks. Lahenduseks oleks muundada signaal impulssideks, et muuta klapi asendit vajaliku tihedusega ja kiirusega. Samas tuleks arvestada olukorda, et klapi peal olevat täiturmehhanismi ei ole hea tihti rakendada, sest see on nii energia- kui ka mehhaaniline kulu. Sellise probleemi lahenduseks oleks impulsi generaator mis oleks väga laia täiteteguri vahemikuga. Samas selline impulsigeneraatori minimaalne impulsi pikkus peaks olema piisavalt suur, et rakendada alalisvoolumootorit. Sellise impulsi minimaalseks pikkuseks võiks olla näiteks 200 ms. Et täiteteguri vahemik oleks võimalikult lai, tuleb impulsigeneraator panna tööle kahes režiimis. Esimene režiim on olukorras kui PID algoritmi sisendis oleks suur väljundsignaali väärtus. Sellises seisus hoiaks generaator impulsi kestvuse maksimaalsena ning minimiseeriks ka perioodi. Režiimini äärmiseks tulemuseks oleks kõrge täitetegur ning pidev täiturmootori töö. Teine režiim oleks kasutusel siis kui PID algoritmi sisendis oleks väike veasignaali väärtus ning seetõttu ka väike väljund väärtus. Sellises

olukorras oleks protsess seadesuuruse tööpunkti lähedal ning sellises olukorras ei ole eesmärgiks püüda klapi kiiret reageerimiskiirt, sest keskküttes toimuvad protsessid on aeglased. Generaator genereeriks sellises seisundis minimaalse pikkusega impulsse ning üritaks maksimeerida perioodi. Antud olukorras piirjuhul oleks impulsi täitetegur minimaalne ning periood maksimaalne.



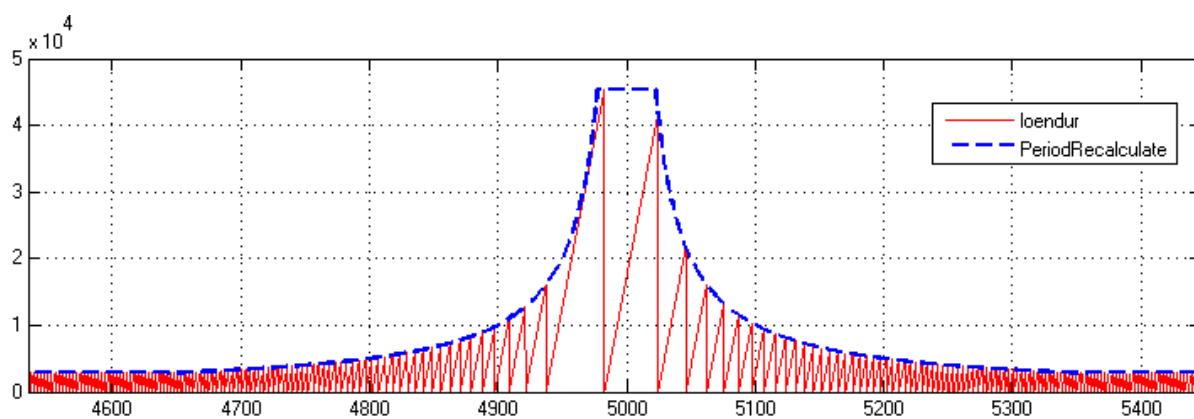
Graafik 4.1.4-1 Signaali generaatori sisend ja väljund piiratud vahemikus

Graafik 4.1.4-1 on kujundatud impulsi generaatori režiimi kus on impulsi pikkus minimaalne ning perioodi pikkus on muutuv. Sellises olukorras oleks reguleeritav protsess etteantud seadeväärtuse juures juba pikemat aega ning selle tõttu ka klapi asendi muutmine ei pea olema nii tihe.



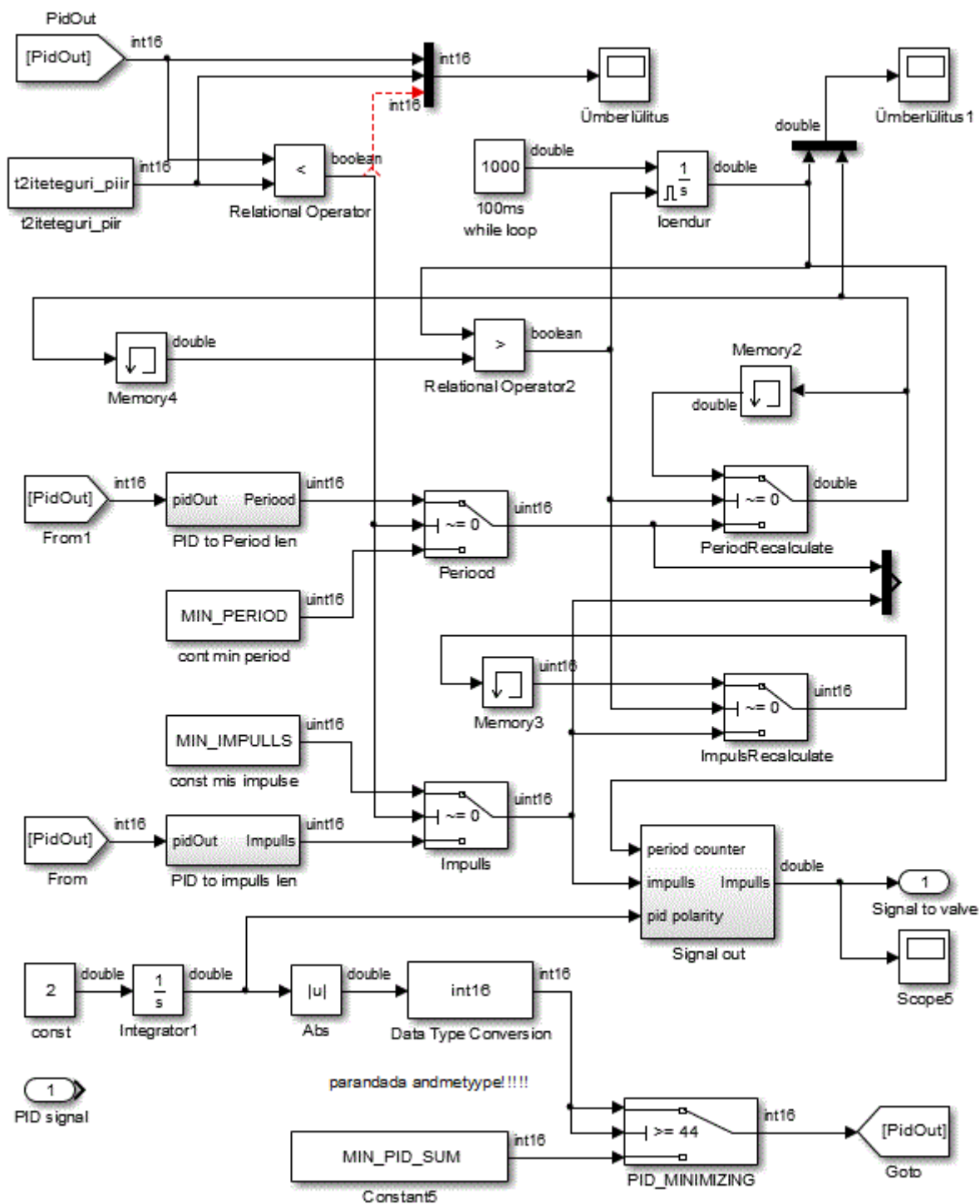
Graafik 4.1.4-2 Režiimi ümberlülituse vahemik

Graafik 4.1.4-2 on kujutatud režiimide ümberlülituse vahemikke. Nagu näha režiime lülitatakse ettemääratud parameetri täiteteguri järgi. Ehk siis on leitud mingi sobiva PID algoritmi väljund väärtus mille juures tuleb režiime vahetada, et jätkata täiteteguri vähendamisega samal ajal arvestades minimaalset impulsi pikkust.



Graafik 4.1.4-3 Uue perioodi genereerimine väikeses vahemikus

Graafik 4.1.4-3 on kujundatud impulsigeneraatori perioodi või impulsi ümberarvutamise ajastust. Arvutatakse kas uus perioodi väärtus arvestades minimaalset impulsi pikkust või arvutatakse uus impulsi pikkus arvestades maksimaalset perioodi pikkust vastavas režiimis. Iga hetk kui loenduri väärtus jõuab väärtuseni „PeriodRecalculate“ arvutatakse uued impulsi pikkused.



Mudel 4.1.4-1 Täiturmootorile sobiva impulss signaali generaator

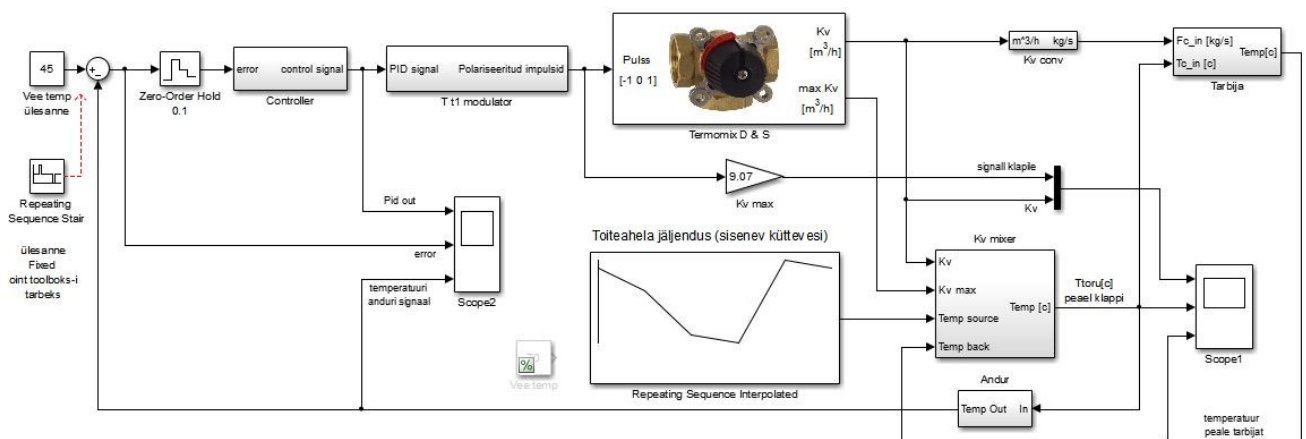
Mudel 4.1.4-1 on kujutatud impulsi generaator. Kasutatakse täisarvulisi andmetüpe eesmärgil, et modulaatori töomadused oleksid võimalikult lähedased tarkvaraliselt realiseeritud lahendusele. Arvestades ümardamisi ja arvtüüpide ülejooksu võimalusi.

5 TESTKESKKONNA KOOSTAMINE JA TULEMUSED

5.1 Keskkütte süsteemi mudeli koostamine

Punktis 4.1 Simulatsiooni testkeskkond Simulingis olid kirjeldatud mitmed keskkütte süsteemi osad. Osad nagu küttevee voolu reguleeriv klapp, selle klapi täiturmehhanismi juhtimissignaali generaator, tarbija mudel ning isegi anduri osa. Kõik need osade kokku panemise tulemusena saame keskkütte süsteemi lihtsustatud mudeli. Selles mudelis meid huvitavad põhiliselt küttevee temperatuur, sest see on domeen mida uuendatav regulaator juhib ning soojusenergia voog, et saaks ülevaate temperatuuri mõjutavatest soojusprotsessidest.

5.1.1 Lihtsustatud keskkütte süsteemi mudel



Model 5.1.1-1 Keskkütte süsteemi mudel (suurem pilt lisades)

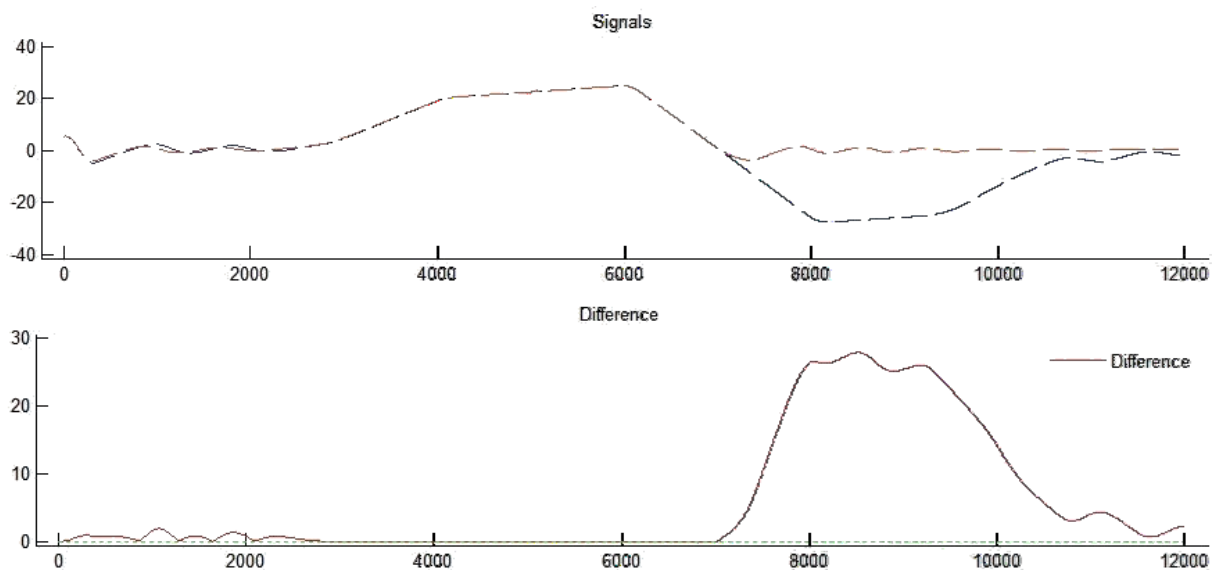
Mudel 5.1.1-1 on toodud keskkütte mudel. Mudel algab seadesuuruse blokidest milleks on blokk nimega „vee temp ülesanne“ mille väärtuseks on 45 °C. See on seadesuuruse väärtuseks kinnise kontuuriga, negatiivse tagasisidega diskreetse kontrolleri süsteemile. Diskreetse süsteemi samm on 100ms mis on määratud „Zero-Order Hold“ nimelise blokidega. Peale seda blokki asub alamsüsteemi blokk „Controller“. Selle blokki sees on kaks andmetüüpide muutmise blokki mille vahel on harilik Simulingi PID blokk. Kohe peale kontrolleri on blokk nimega „T t1 modulaator“. Sellest blokidest on lähemalt räägitud punktis 4.1.4. Muunduri bloki

ülesandeks on muundada kontrolleriist saadav skalaarne signaal impulssideks. Need impulsid lähevad edasi klapi mudelisse, mida kirjeldatakse punktis 4.1.1. Klapi mudeli väljundiks on ainehulga voog ajaühikus ehk Kv. Seda parameetrit (Kv) kasutab blokk „Tarbija“. Sellest blokist on juttu punktis 4.1.2. Tarbija on sisuliselt lihtsustatud radiaatori mudel millel on soojusmahtuvus ja soojuskadu. Reguleerimisenüansside testimiseks on selle bloki eesmärk viia süsteem seadepunktis kõrvale (peale selle bloki mõjutatakse sarnaselt süsteemi veel blokis „vee temp ülesanne“ ja „Toiteallika jäljendus). Ahela viib kokku blokk „Kv mixer“ - (vaata punkti Mudel 4.1.1-1). Selle bloki sisendiks on muutujad Kv ja Kv max mille abil arvutab vedelike temperatuuride segamise suhte. Vedelike temperatuuridest on küttevee sisendiks Simulinki Repeat sequence iterpolated blokk, mille väärtus simulatsiooni ajavahemikus on näha bloki kastis peal ja tarbija mudelist tagasi tuleva vedeliku temperatuuri väärtus. Blokk „Kv mixer“ sisuliselt täidab klapi segamise funktsioone arvestades klapi avatuse astet. Selle bloki väljundiks on vedeliku temperatuur mida kasutatakse tarbija mudelis. Ennem kui temperatuur jõuab tarbijani muundab seda anduri blokk (vaata punkti 4.1.3).

5.1.2 Kontrolleri algoritmi seadistus

Keskkütte mudeli kontrolleri blokis asub PID algoritm. Sellele algoritmile on vaja leida sobivad parameetrid, et optimeerida kontrolleri tööd. Antud töö käigus ei ole seatud ülesandeks leida sobivaimad seadistused PID algoritmile vaid uurida nende parameetrite mõju süsteemile ja äärmusjuhtumidele vältel.

Antud ülesandes kasutatakse PI algoritmi (lihtsuse mõttes). PI algoritmil on kaks seadistus parameetrit: proportsionaalahela kordaja K_p ja integraalahela kordaja K_i . Integraalahelat on eelkõige vaja algoritmi töö sujuvamaks tegemisel ning staatilise vea kõrvaldamiseks.



Graafik 5.1.2-1 Juhtimise viga erinevate K_p ja K_i parameetritega

Graafik 5.1.2-1 on kujutatud kaks simulatsiooni. Mõõdetud on vea väärtust just enne kontrolleri blokki (vaata punkti 5.1.1). Punakama joonega tähistatud simulatsioonis on K_p väärtusega 1000 ja K_i väärtus on 0. Sinakama joonega näidatud simulatsioonis on K_i kordajat võrdsustatud väärtusega 1. Simulatsioonidest on näha, et integraalne ahel aeglustab vastava mudeli juhtimise omadusi. Eelkõige vähendab see parameeter stabiliseerumise kiirust ning suurendab võnkuvust. See eelkõige sellepärast, et kontrolleri väljundväärtuse piirini jooksmisel jätkab integraalne ahela väärtust kasvamist ning PID sisendi muutuse korral läheb sama palju aega, et see kasvanud integraalne term uuest stabiliseeruks. See on eelkõige sellepärast, et süsteemis on palju integreerivaid ja viitega elemente. Mudel 4.1.4-1

5.2 Algoritmist C koodi genereerimine

Simulatsiooni keskkonna loomise käigus sai tehtud keskkütte mudel ning realiseeritud PID kontrolleri. Simulangi simulatsioonikeskkond koos keskkütte mudeliga andis võimaluse uurida süsteemi kui terviku tööd ja kontrolleri mõju keskkütte erinevatele komponentidele. Kuigi see kõik on uuendatava regulaatori töökeskkonna uurimise ja analüüsi mõttes kasulik on sellel kõigest kaudselt praktiline väärtus regulaatori uuendamisel. Üheks võimaluseks kasutada mudeleid on Matlab Coderi kasutamine. Nimelt sellega on võimalik genereerida geneeriline C kood mida saaks kasutada mikrokontrolleris.

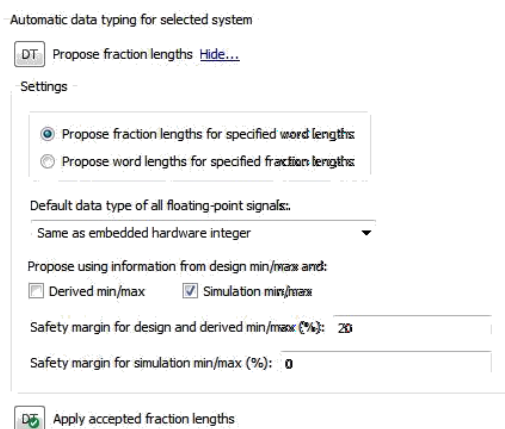
Et genereerida mingi mudeli C kood Simulinkis, tuleb täita järgmised sammud:

- 1) Valida mudel.
- 2) Teha simulatsioon mis käsitleb äärmusjuhtumeid, et astmestada andmetüüpe.
- 3) Muuta selle mudeli andmetüübid sobivamaks C koodi kasutavale raudvarale kasutades Fixed Point Toolboxit.

5.2.1 Mudeli valik ja andmetüüpide skaleerimine

Mudeli valik koodi genereerimise eesmärgi mõtte oli enesestmõistetav. Selleks oleks kontrolleri blokk ehk PID algoritm. Sest see on kõige halvemini testitavam tarkvaraarendus vahendeid kasutades. Samuti on Simulink sobivaim vahend kui PID algoritmi analüüsida.

Esimeseks etapiks koodi genereerimisel on mudeli andmetüüpide üleviimine ujuvkoma kujult täisarvu kujule. Seda on vaja sest uuendatava regulaatori raudvara, eelkõige mikrokontroller, on mõeldus täisarvulise andmetüüpide töötlemiseks. Kuigi mikrokontroller on võimeline teosta ujuvkoma arvuti, see on arvutusjõudluse mõttes väga koormav ning kümnetes kordades rohkem mälu mahtu nõudev lisavõimalus.



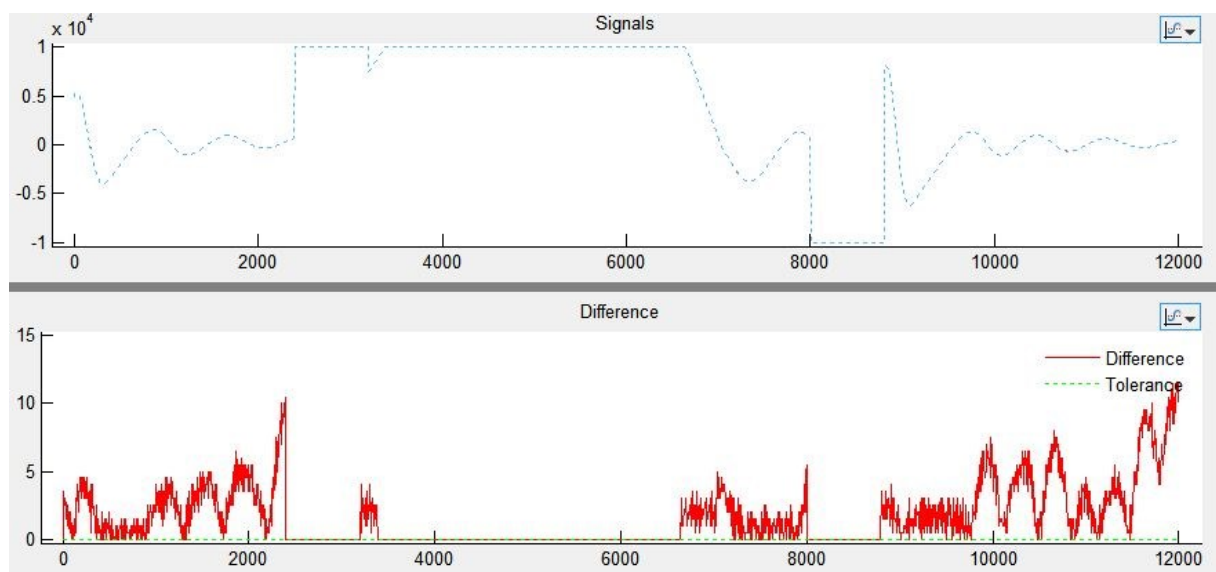
Pilt 5.2.1-1 Fixed Point Toolboxis andmetüüpide skaleerimist automaatselt avatav menüü

Pilt 5.2.1-1 on kujutatud Simulink Fixed Point Toolboxis (edaspidi FPT) menüüd mida tuleb rakendada peale seda kui vajutada FPT-is nuppu „DoubleOverride“ mis sisuliselt kirjutab vastava mudeli kõik muutuja andmetüübid üle universaalseima andmetüübi Double-iga. Peale nupu vajutamist tule FPT teostada simulatsioon mille jooksul FPT leiab minimaalsed ja maksimaalsed muutujate väärtused. Alles siis kui need on leitud kasutatakse pildil olevat menüüd ning vastavate menüü parameetrite valikul leitakse igale ujuvkoma andmetüübile kaks täisarvulist andmetüüpi. Üheks täisarvuliseks andmetüübiks on väärtus sisaldav muutja ning teiseks on skaleerimist teostav muutja. Allpool toodud Tabel 5.2.1-1 on näha andmetüüpide skaleeringut kahel erineval simulatsioonil. Nendeks kaheks simulatsiooniks on

algne, ujuvkomaga andmetüübiga ülekirjutav, simulatsioon ning juba uusi pakutud andmetüüpe kasutatav simulatsioon.

Name		ProposedDT	CompiledDT	SimMin	SimMax	ProposedMin	ProposedMax	SpecifiedDT
Data Type Conversion			fixdt(1,16,9)	-44.585...	52.435...			fixdt(1,16,9)
Discrete PID Controller/Integral Gain			fixdt(1,16,8)	0	0			fixdt(1,16,8)
Discrete PID Controller/Integrator			fixdt(1,16,-2)	0	0			fixdt(1,16,-2)
Discrete PID Controller/Proportional Gain			fixdt(1,16,-1)	-44586	52434			fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Sum : Output			fixdt(1,16,-1)	-44586	52434			fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Sum : Accumulator			fixdt(1,16,-1)	-44586	52434			fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Saturation			fixdt(1,16,1)	-10000	10000			fixdt(1,16,1)
Data Type Conversion1			double	-10000	10000			double
Discrete PID Controller								
Data Type Conversion	ide	fixdt(1,16,9)	double	-44.591...	52.435...	-64	63.998046875	fixdt(1,16,9)
Discrete PID Controller/Proportional Gain	ide	fixdt(1,16,-1)	double	-44591....	52435....	-65536	65534	fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Integrator	ide	fixdt(1,16,-2)	double	0	0			fixdt(1,16,-2)
Discrete PID Controller/Sum : Output	ide	fixdt(1,16,-1)	double	-44591....	52435....	-65536	65534	fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Sum : Accumulator	ide	fixdt(1,16,-1)	double	-44591....	52435....	-65536	65534	fixdt(1,16,-1)
Discrete PID Controller/Saturation	ide	fixdt(1,16,1)	double	-10000	10000	-16384	16383.5	fixdt(1,16,1)
Data Type Conversion1	ide	n/a	double	-10000	10000			double
Discrete PID Controller/Integral Gain	ide	fixdt(1,16,8)	double	0	0			fixdt(1,16,8)
Discrete PID Controller	ide	n/a						
Discrete PID Controller/Integral Gain : Gain	ide	fixdt(1,16,14)						fixdt(1,16,14)
Discrete PID Controller/Proportional Gain : ...	ide	fixdt(1,16,5)				-1024	1023.96875	fixdt(1,16,5)

Tabel 5.2.1-1 Fixed Point Toolboxi muutujate valik



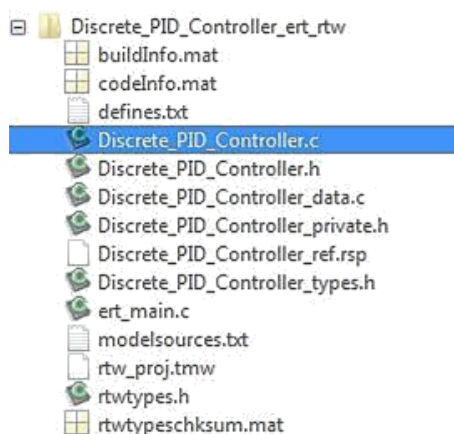
Graafik 5.2.1-1 Ujuvkomaga ja skaleeritud täisarvu simulatsiooni vahe

Graafik 5.2.1-1 on kujutatud kahte simulatsiooni. Ülemisel graafikul on kujutatud PID algoritmi skalaarne väljundsuuruse mõõt mis on limiteeritud ± 10000 . Üheks simulatsiooniks on vanade (ujuvakoma) andmetüüpidega simulatsioon ning teine on juba simulatsioon FPT-i poolt pakutavate andmetüüpiga. Alumisel graafikult on näha, et kontrolleri andmetüüpide vahetusel esinev simulatsioonis erinevusi. Kuna erinevused ei ole antud juhtumil simulatsiooni jooksul suured siis võib järeldada, et muutjate andmetüüpide vahetus õnnestus.

5.2.2 C koodi genereerimine skaleeritud andmetüüpidega mudelist.

Mikrokontrollerisse loetava koodi genereerimiseks peab olema arvutis paigaldatud peale Matlabi ja Simuliniig veel .Net Framework ning Microsofti uusim C++ kompilaatori pakett.

Koodi genereerimiseks Simulinkis kasutatakse MATLAB Coderi Toolbox'i. Selle Toolbox'i osa kasutajaliidestest on integreeritud Simulink'i. Koodi genereerimiseks tuleks valid kontekstimenüüs mudeli kohal valik „C/C++ Code“ ning seejärel tulevad järgmised alammenüüd kus saab sooritada koodi genereerimist mõjutavaid valikuid.



Pilt 5.2.2-1 Genereeritud koodi failid.

Pilt 5.2.2-1 on kujutatud genereeritud koodi failid. Failis Discrete_PID_Controller.c asub põhiline genereeritud PID algoritmi kirjeldav C kood. Ülejäänud on niiõelda teegifailid kus on defineeritud andmetüübid ja viidad. Erilist huvi pakkuva on fail rtwtypes.h. Seal on defineeritud ANSI C standardiga etteantud andmetüüp ning nende teisendused MATLAB Coderi pool genereeritud andmetüüpidele.

KOKKUVÕTE

Töö üheks eesmärgiks oli kirjeldada uuendatavat regulaatorit ning selle toimet keskkütte süsteemis. Kirjeldamise eesmärgiks oli tutvustada kekskütte regulaatorit selle kasutuskeskkonnas ehk keskküttesüsteemis, et järgnevates peatükkides kirjeldatu oleks paremini arusaadav ja üldpildis mõistetavam.

Põhiliseks eesmärgiks oli koostada regulaatori algoritmi simulatsioonikeskkond. Töö tulemusel sai kokku pandud regulaatori algoritmi analüüsiks sobiv lihtsustatud keskkütte süsteemi mudel. Mudel oli kohati piisavalt täpne, et arvestas konkreetseid keskkütte osi ning nende dokumentatsioonidest tulenevaid spetsiifikaid. Nimelt täpselt sai kirjeldatud vee voolu reguleeriva klapi mudelit arvestades konkreetse klapi spetsiifilisi omadusi ja dünaamikat. Seoses klapi juhtimisega on leitud lahendus regulaatori juhtalgoritmi väljundis oleva skalaarse signaali muundamiseks impulssideks. Impulsside genereerimisel lähtuti klapi juhtimisel mehaanilise kulumise vähendamisest ja energia säästust. Lihtsustatud keskkütte mudelis oli samuti realiseeritud tarbija ja anduri mudel, mida on tarvis ülejäänud elementide koostoimeks.

Lihtsustatud keskkütte mudeli realiseerimine annab võimaluse teha regulaatori juhtalgoritmi analüüsi. Nimelt regulaatori üheks juhtalgoritmi osaks on PID algoritm. Sellele algoritmile sai leitud seadistusparameetrid, mis on iseloomulikult regulaatori kasutuskeskkonnale. Kuna on olemas keskkonna mudel, siis sellega saab uurida nende parameetrite valikut ning mõju keskkütte süsteemile. Selle töö jätkamisel on väga lihtne kohandada loodud keskkütte mudelit spetsiifiliste seadmetega, et leida täpsed PID algoritmi seaded mingile konkreetsele juhtumile.

Töös oli ka kirjeldatud uuendatava seadme puudustest ning sai kogutud nõuded uuele seadmele. Kuigi see ei olnud selle töö põhiline eesmärk, aitavad need nõuded mõista simulatsioonikeskkonna vajadust ja jätkata tööd regulaatori uuendamisel.

Töö lõpus oli genereeritud Simuliniki PID kontrolleri mudelist tarkvara arenduses kasutatav C kood, mis oli andmetüüpide poolest vastavuses nõuetega. See andis väljavaate Simuliniki, kui simuleerimiskeskkonna, ühest praktilisest poolest.

Töö edasiarenduse üheks suunaks oleks lihtsustatud keskkütte mudeli täiendamine. Täiendavat väärust regulaatori arenduses lisaks testkeskkonna täiustamine. Arenguruumi on tarbija mudeli täiendamisel. Andud hetkel on tarbija mudeli korral tegu lihtsa radiaatori mudeliga kuid sellele saab lisada hoone mudeli, millega saaks paremini uurida erinevate keskkütte komponentide vastastikust mõju. Sarnase uurimise eesmärgiga oleks võimalik täiustada regulaatori seadesuuruse etteandmise osa. Lisada seadesuurusele küttekõvera kasutamise võimalus. See annaks võimaluse jälgida regulaatori tööd keskküttesüsteemis lähtudes välistemperatuuri muutustest.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Regulaatori EC-12M tehniline kirjeldus ja kasutusjuhend 7.04.2013
<http://www.ecomatic.ee/ee/tooted/KVV-automaatika/analoogregulaatorid-taiturmootoriga>
2. Belimo täiturajamid SM-4 seeria dokumentatsioon
http://www.belimo.ch/pdf/e/old_sm_e.pdf 7.04.2013
3. Anduri KTY-10 62 dokumentatsioon (Infinition technologies) 7.04.2013
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/79716/INFINEON/KTY10-62.html>
4. Reguleerventiili ja anduri mudel Danfossi publikatsioonist: Dynamic simulation of DH house stations (Jan Eric Thorsen). Publitseeritud väljaandes Euro Heat& Power 6/2003
http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VFHBK202_dynamic_simulation.pdf
5. PID kontrolleri diskretiseerimine ja C koodi genereerimine. 7.04.2013
http://www.mathworks.se/webex/recordings/NA_2013_02_12_PID_control/index_TO_C.html?s_v1=51620249_1-CWAK00
6. Mikrokontrolleri Microchip PIC18F4550 tarvaarendus. Dokumentatsioon, tarkvara ja foorum. 2.05.2013
<http://www.ccsinfo.com/>
7. Klapimudeli koostamisel kasutatavad valemid ja kalkulaatorid. 2.06.2013
<http://www.valvias.com/>
8. Seguklapi dokumentatsioon 2.06.2013
http://www.acaso.se/Documents/LK%20Acaso/LK%20eng/Termomix_D-C_ENG.pdf
9. Temperature Controller Basics Handbook (veebilehe nimi). 7.06.2013
<http://www.instrumart.com/pages/283/temperature-controller-basics-handbook>
10. Radiaatori soojus juhtivuse koefitsient. 8.06.2013
http://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficient-d_434.html

LISA 1

Keskkütte süsteemi mudel (suurem mudeli pilt)

