



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Kompaktse MPS PA tööjaama automaatjuhtimise tarkvara arendamine

Software development for compact MPS PA workstation

ARUKAD SÜSTEEMID JA RAKENDUSINFOTEHNOLOOGIA ÕPPEKAVA
LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Kirill Pavlov

Üliõpilaskood: 207745EDTR

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor

Kaasjuhendaja: Sergei
Ponomar, lektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Kirill Pavlov (sünnikuupäev: 28.08.2001)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „MPS PA tööjaama automaatjuhtimise tarkvara arendamine“ mille juhendaja on Sergei Pavlov, kaasjuhendaja on Sergei Ponomar.

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

SISUKORD

EESSÕNA	6
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	7
SISSEJUHATUS	9
1 TEHNOLOOGILISE PROTSESSI KIRJELDAMINE	10
1.1 Süsteemi andurid ja seadmed	11
1.1.1 Läheduslülitiid	11
1.1.2 Ujuvlüliti	11
1.1.3 Tsentrifugaalpump.....	11
1.1.4 Proportsionaalne ventiil.....	12
1.1.5 Soojendi.....	12
1.1.6 Ultraheli andur	13
1.1.7 Rõhuandur	14
1.1.8 Temperatuuriandur.....	14
1.1.9 Ventiilid.....	15
2 VÕRDLUSANALÜÜS FESTO JA SIEMENS.....	16
3 JUHTIMISALGORITM	17
3.1 Pumba juhtimine	18
3.1.1 Pumba juhtimine analoogrežiimis	18
3.1.2 PID pumpi juhtimine.....	18
3.1.3 Vee juhtimine võrdlusfunktsiooni abil.....	19
3.2 Temperatuuri juhtimine.....	20
4 VISUALISEERIMINE	21
4.1 Ekraanid.....	21
4.1.1 Manuaalne juhtimine	22
4.1.2 PID regulaatori abil juhtimine	23
4.1.3 Võrdlusfunktsiooni järgi juhtimine	24
4.1.4 Analoogjuhtimine	25
5 REGUREERIMINE.....	26
5.1 Vee taseme reguleerimine	26
5.1.1 PID-reguleerimine	26
5.1.2 Vee kontroll liugurite abil.....	26
5.2 Temperatuuri reguleerimine.....	26
6 TÖÖJAAMA TESTIMINE.....	28
6.1 PID-reguleerimise testimine.....	28

6.2	Manuaalse režiimi testimine.....	29
6.3	Võrdlusfunktsioonide testimine.....	29
6.4	Analoogražiimi testimine	30
	KOKKUVÕTE	31
	SUMMARY.....	32
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	33
	LISA 1 JUHTIMISSÜSTEEMI TÄGID	34
	LISA 2 VENTIILIDE POSITSIOONID PROTSESSIDE JUHTIMISEKS.....	35
	LISA 3 PROTSESSI SISENDID JA VÄLJUNDID	36

EESSÕNA

Autor sõnastas lõputöö teema Virumaa kolledži vajadustest lähtuvalt. Lõputöö kirjutamiseks kasutas autor Virumaa kolledži 106 laborit, kus olid tagatud vajalikud ressursid ja tehnoloogiline tugi.

Minu peamine juhendaja ja algimpulss lõputöö teema valimisel oli Sergei Pavlov. Sergei Pavlov mitte ainult ei algatanud teemat, vaid andis mulle kätte ka selle konkreetse lõputöö, suunates mind õiges suunas. Tema panus ulatus ka lõputöö koostamise ja vormistamise abistamiseni, mis oli minu jaoks äärmiselt oluline selles lõputöös. Soovin väljendada sügavat tänu Sergei Pavlovile tema toetuse ja juhendamise eest.

Lisaks tahan tänada Sergei Ponomarit, kes andis hindamatut abi tehnilises protsessis. Tema nõustamine ja suunamine olid otsustava tähtsusega tehnilise osa korrektse ja tõhusa koostamise tagamisel. Sergei Ponomari teadmised ja juhised aitasid mul mõista, kuidas peaks välja nägema tehniline osa lõputööst ning kuidas edukalt käsitleda tehnilisi küsimusi.

Lõpetuseks soovin avaldada tänu mõlemale juhendajale ja kõigile neile, kes andsid oma panuse lõputöö valmimisse. Teie toetus on olnud hindamatuks abiks selle lõputöö elluviimisel ja minu akadeemilises arengus.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AI - Analoogsisend, viide analoogsignaali sisendile süsteemis.

AQ – Analoogväljund, viide analoogsignaali väljundile süsteemis.

BINN – Anum skaalaga.

FIC – (ing. *Flow Indicator and Controller*), voolu indikatsioon ja kontroll.

HMI - (ing. *Human-Machine Interface*) ehk inimese-masina liidest.

IW - (ing. *Input Word*) 16-bitine muutuja sisendandmete esitamiseks.

Int - Täisarvandmetüüp, mis võib esindada nii positiivseid kui ka negatiivseid täisarve.

Ladder Logic – Graafiline loogikakontrollerite programmeerimiskeel.

LIC - (ing. *Level Indicator and Controller*), taseme indikatsioon ja kontroll.

LSH – (ing. *Level Switch HIGH*), kõrgema taseme lüliti.

LSL – (ing. *Level Switch LOW*), madala taseme lüliti.

M - (ing. *Memory Bit*) Bitimuutuja, mida kasutatakse ajutiseks informatsiooni salvestamiseks, näiteks programmi käivitamise ajal.

MD - (ing. *Memory Double Word*) 32-bitine muutuja mälus, mis on kasutatud ajutiseks andmete salvestamiseks.

MPS PA – (ing. *Festo Modular Production System*) – automatiseeritud modulaarne tootmise süsteem – õppehend.

P&ID diagramm – Protsessi ja instrumentatsiooni diagramm, visuaalne esitus protsessi juhtimiseks kasutatavatest seadmetest ja instrumentidest.

PA – (ing. *Process automation*) protsessi automatiseerimine.

PIC – (ing. *Pressure Indicator and Controller*), rõhu indikatsioon ja kontroll.

PI – (ing. *Pressure Indicator*), rõhu indikatsioon.

PID-reguleerimine – Proportsionaalne, integraalne ja diferentsiaalne reguleerimine, meetod protsessi juhtimiseks.

Q - (ing. *Output Bit*) Bitimuutuja, mida kasutatakse väljundite, nagu mootori või ventiili juhtimiseks.

QW - (ing. *Output Word*) 16-bitine muutuja väljundrühma juhtimiseks.

Real – Ujuvkomaandmetüüp, mida kasutatakse reaalarvude esitamiseks.

SIEMENS - Viide Saksa ettevõttele Siemens AG, mille peamine tegevusvaldkond on elektroonika ja elektriinseneri.

SM – (ing. *Signal module*), signaali moodul.

Structure Text - Struktureeritud tekstiline loogikakontrollerite programmeerimiskeel.

Tia Portal – Siemens TIA (ing. *Totally Integrated Automation*) Portal, programmeerimis- ja visualiseerimise tarkvara automatiseerimissüsteemide jaoks.

TIC – (ing. *Temperature indicator and controller*), temperatuuri indikatsioon ja kontroll.

SISSEJUHATUS

Tänapäeval, kui tööstusprotsessid muutuvad üha automatiseeruvamaks ja tõhusamaks, on tänapäevaste tootmissüsteemide jaoks oluline leida kõrgtehnoloogilised lahendused, mis tagaksid töö kindluse ja täpsuse. Selles kontekstis on loogika kontrollisüsteemi (MPS PA) tarkvara väljatöötamine ja kasutuselevõtmine oluline ülesanne.

Käesolev bakalaureusetöö keskendub programmi täiustamisele ja arendamisele kompaktses MPS PA tööjaamas, mis põhineb Siemens'i kontrollerial. Töö peamine eesmärk on olemasoleva juhtimissüsteemi kohandamine uuele Siemens'i platvormile, samuti tarkvara loogika väljatöötamine, mis tagab õppeprotsessi toetava seadme stabiilse ja efektiivse toimimise.

See bakalaureusetöös omab olulist tähtsust, kuna see on samm kõrgema kvaliteedi suunas üliõpilaste koolituses automaatika ja inseneri valdkonnas. Arendatud tarkvara ja ühendusdiagramm mitte ainult ei võimalda õppeasutusel suurendada õppetöö automatiseeritust, vaid annavad ka õpilastele väärtusliku kogemuse kaasaegsete töötussüsteemidega töötamisel, suurendades nende kvalifikatsiooni ja valmistades neid ette kaasaegse tööstuse väljakutseteks.

Uurimisobjektiks on anumate täituvuse, vee voolu juhtimise ning soojendamise süsteem, mis mängib kriitilist rolli tööstuslikus kontekstis, võimaldades vee voolu ja nivoo reguleerimist, selle kuumutamist vajalikule temperatuurile erinevates tootmisprotsessides ja süsteemides.

Selle töö eesmärk on kohandada MPS PA Compact Workstation Siemensi platvormiga ning luua tööjaama enda algoritmid. Peamised ülesanded hõlmavad programmeerimiskoodi kirjutamist ja visualiseerimist TIA Portal tarkvarakeskkonnas, et võimaldada tööjaama protsesside juhtimine puuetundliku ekraani kaudu. Projekti raames kavatakse kasutada erinevaid abistavaid analoog- ja binaarsensoreid temperatuuri reguleerimiseks ning veetaseme ja voolu jälgimiseks.

Tulenevalt töö teostamisest oodatakse MPS PA Compact Workstation'i edukat kohandamist Siemens platvormile, mida saadab tööalgoritmide väljatöötamine, näiteks PID-reguleerimine, analoog- ja manuaalne juhtimine, juhtimine võrdlusfunktsioonide abil.

Selles bakalaureusetöös käsitletakse olulisi aspekte olemasoleva süsteemi kohandamisest uuele platvormile ja tarkvara arendamisest ning esitatakse ühendusdiagramm. Need sammud aitavad mitte ainult viia olemasolevat süsteemi uuele platvormile, vaid loovad ka aluse süsteemi edasiseks arendamiseks ja kasutamiseks õppetstarbel.

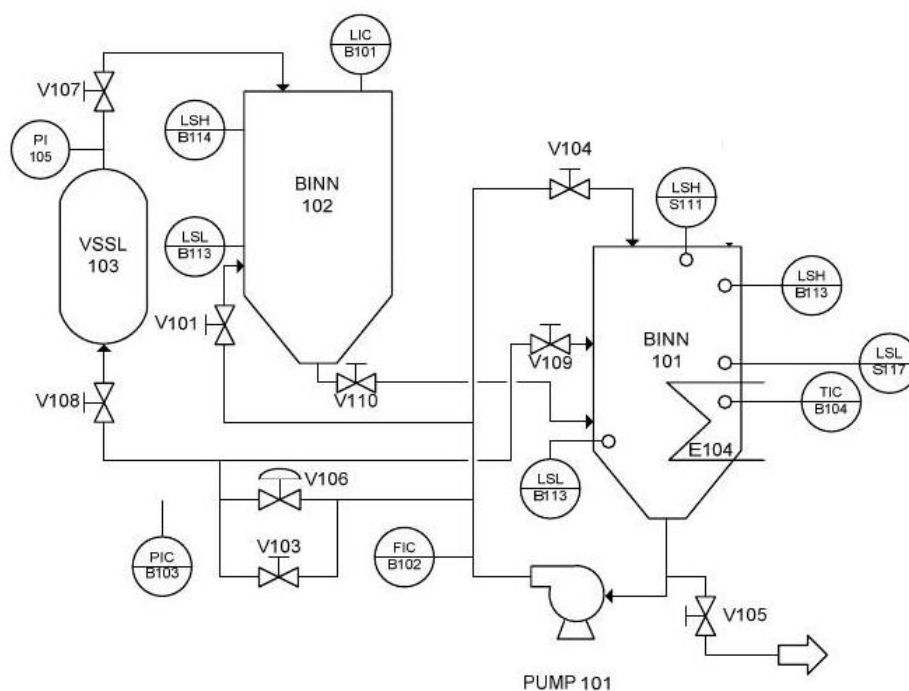
Võtmesõnad: bakalaureusetöö, Siemens, visualiseerimine, HMI, automaatjuhtimissüsteem

1 TEHNOLOOGILISE PROTSESSI KIRJELDAMINE

Selles etapis analüüsiti andurite ja klappide täielikku tööprotsessi, et jätkata tööd jaamaga. Lisaks sellele toimub kogu süsteemi juhtimine Siemens kontrolleri CPU 1214C DC/DC/DC abil, tagades täpse ja usaldusväärse jõudluse vastavalt seatud nõuetele. See täiustatud kontroller võimaldab täpset juhtimist ja jälgimist, tagades süsteemi stabiilsuse ja efektiivsuse igas töörežiimis.

Lisaks kasutatakse süsteemis laiendusmoodulit SM 1234 AI/AQ, mis võimaldab integreerida täiendavaid analoogsensendeid (AI) ja analoogväljundeid (AQ). SM 1234 AI/AQ moodul täidab olulist rolli süsteemi võimekuse laiendamisel analoogsignaale töötlemisel ja kontrollimisel. See võimaldab vastu võtta analoogsignaale anduritelt või teistelt seadmetelt ning saata analoogsignaale juhtimaks analoogseadmeid, nagu ajam või reguleeriv klapp. Kogu selle süsteemi uurimine aitab tagada täpse ja efektiivse protsessi juhtimise, tagades samal ajal süsteemi stabiilsuse ja reageerimisvõime

Selles töös kasutatakse järgmisi andureid ja seadmeid (vt Joonis 1.1): läheduslülitid (B113, B114), ujuvlülitid (S112), tsentrifugaalpump (P101), proportsionaalne ventiil (M106), kütteelement (E104); ultraheli andur (LIC B101), rõhuandur (PIC B103), temperatuuriandur (TIC B104).



Joonis 1.1 Kompaktse MPS PA P&ID diagramm [\[2\]](#)

1.1 Süsteemi andurid ja seadmed

1.1.1 Läheduslülitid

Antud töös kasutatakse kahte nivoo mahtuvusandurit (vt Joonis 1.2). Alumine andur B113 (vt [LISA 3](#)) jälgib vee minimaalset taset, samas kui ülemine andur B114 jälgib vee maksimaalset taset paagis. Nende andurite abil saab seadistada kaitset vedeliku ülevoolu vastu või seada vedeliku edasiseks soojendamiseks, et vältida küttemendi kahjustusi.



Joonis 1.2 Läheduslüliti (mahtuvusandur)

1.1.2 Ujuvlüliti

Kahte ujumlüliti kasutatakse samuti. Esimene neist on paigaldatud alumisse paaki ja on ühendatud küttesüsteemiga, vastutades samal ajal vee taseme vähendamise eest kuumutamisel, kuna kuumutuselement peab olema täielikult vees sukeldatud. Teine ujumlüliti on paigaldatud ülemisse paaki ja annab signaali veetaseme languse või tõusu korral.

1.1.3 Tsentrifugaalpump

Pump (vt Joonis 1.3) töötab kahe režiimiga, binaarses ja analoogses režiimis, vahetades neid signaali (Q2, vt [LISA 3](#)) abil. Binaarses režiimis saab pumpa sisse ja välja lülitada, andes signaali binaarsele väljundile (Q3, vt [LISA 3](#)).

Analoogses režiimis saadetakse analoogväljundile (AQ0, vt [LISA 3](#)) 1-10 V, ja mida suurem on pingesignaal, seda kiiremini pump vett alumisest paagist ülemisse pumpab.



Joonis 1.3 Tsentrifugaalpump

1.1.4 Proportsionaalne ventiil

Proportsionaalne ventiil (vt Joonis 1.4) on 2/2 ventiil vedelikuvoolu reguleerimiseks. Ventiili kolvid tõusevad sõltuvalt voolust, mis juhitakse elektromagnetmähisele, kasutades analoogväljundi (AQ0, vt [LISA 3](#)), vabastades voolu klapi kaudu. Selle abil saab reguleerida veekulud. Järgnevalt võib seda mehhanismi kasutada torude rõhu jälgimiseks ja vedeliku tarnimiseks ülemiste torude kaudu.



Joonis 1.4 Proportsionaalne ventiil M106

1.1.5 Soojendi

Soojendi (vt joonis 1.5) juhib mikrokontroller, mis aktiveeritakse signaali saamisel binaarselt väljundilt (Q1, vt [LISA 3](#)). Kütteelement soojendab vedeliku soovitud seisundini. Antud töös seab kütteelementi maksimaalseks soojendustemperatuuriks 65

kraadi ning kaitse abil lülitatakse vee soojendamine välja, et vältida paagi ja kütteelemendi ülekuumenemist või kahjustamist.



Joonis 1.5 Soojendi

1.1.6 Ultraheli andur

Ultrahelidetektor (vt Joonis 1.6) asub teisel paagil üleval. See andur kasutab ultrahelilaineid, et määrata veetaseme paagis. Ta saadab heliimpulsi ja muudab vastu võetud peegeldunud signaali pingeks. Seejärel mõõdab andurikontroller peegeldunud signaali aega, et arvutada objektist kaugust. Selle abil saab juhtida või jälgida vee taset paagis. Andmete hankimiseks kasutatakse analoogisendit (AI0, vt [LISA 3](#)).



Joonis 1.6 Ultraheli andur B101

1.1.7 Rõhuandur

Rõhuandur (vt Joonis 1.7) töötab koos rõhupaagi (vt Joonis 1.8), pumbaga, väljalasketoruga V107 ja proportsionaalklapiga ning sellel on analoogsisend (AI2, vt [LISA 3](#)), kust saab võtta andmeid torude rõhu kohta. Maksimaalne rõhuväärtus on 400 baari. Kui nõutav rõhk saavutatakse paagis, hakkab vesi tõusma mööda läbipaistvaid torusid, mis asuvad ülemise paagi vasakul küljel.



Joonis 1.7 Rõhuandur B103



Joonis 1.8 Rõhupaak

1.1.8 Temperatuuriandur

Temperatuuriandur (vt Joonis 1.9) vastutab temperatuuri ja kütte eest alumises paagis. Andmed võetakse analoogsisendist (AI3, vt [LISA 3](#)). Samuti aitab see jälgida ja seadistada vajalikku temperatuuri alumises paagis.



Joonis 1.9 Temperatuuriandur B104

1.1.9 Ventiidid

Klapid võimaldavad töötada erinevate anduritega, mis annab võimaluse luua rohkem tarkvaraalgoritme; mõned klapid töötavad koos. Suurem osa neist on manuaalsed. Tabelis 1.1 on välja toodud ventiilide ja nendega töötavate andurite kohta. Lisa informatsiooni ventiilidest võib vaadata – ([LISA 2](#))

Tabel 1.1 Ventiilide tabel

Klappid	Andurid ja seadmed	Töö näited
V110, V101	Tsentrifugaalpump, ultraheli andur	Ülemise mahuti täitmine veega, PID-regulaatori seadistamine.
V107, V103, V108	Rõhuandur, proportsionaalne ventiil, tsentrifugaalpump	Veetõkke töötamine surve all
V104, V103	Proportsionaalne ventiil, tsentrifugaalpump	Vee andmine tagasi alumisse veepaaki

2 VÕRDLUSANALÜÜS FESTO JA SIEMENS

Festo süsteem pakub unikaalseid võimalusi, pakkudes põhitarkvara, mida saab kohe kasutada, aga samal ajal piirates funktsionaalsust tööks MPS PA tööjaamaga. Teisest küljest pakub Siemens laiendatud võimalusi, sealhulgas MPS PA tööjaama enda loogika loomise võimalust ja toetust mitmele programmeerimiskeelele, nagu näiteks Ladder Logic ja Structure Text. See tagab suure paindlikkuse tarkvara arendamisel vastavalt konkreetsetele vajadustele. Siemens'i paindlik visualiseerimine võimaldab luua lihtsat ja intuiitivset disaini kasutajale, muutes süsteemiga suhtlemise mugavamaks ja tõhusamaks. [\[1\]](#)

Üleminek Siemens'i süsteemile oli tingitud mitmest tegurist, tulenevalt asjaolust, et olemasolev Festo süsteem ei vastanud kolledži vajadustele. Tehnilise infrastruktuuri täiendamise raames tehti strateegiline otsus üle minna Festo juhtimissüsteemist kaasaegsema ja laialdaselt kasutatava Siemens'i süsteemi peale. See strateegiline samm oli tingitud mitmest võtmetegurist, mis on seotud nii tänapäevase tööstuse nõuetega kui ka sooviga pakkuda üliõpilastele võimalikult ajakohast ja sügavat kogemust tööstusliku automatiseerimise valdkonnas.

Siemens'i süsteem pakub mitmekülgsemaid ja kaasaegsemaid digitaalseid võimalusi, nagu programmeeritavad loogikakontrollerid ja TIA Portal koos selle erinevate programmeerimiskeeltega, kajastades automatiseerimise valdkonna viimaseid suundumusi. See üleminek võimaldab üliõpilastel mitte ainult süvendatult mõista tootmisprotsesside juhtimise tehnilisi aspekte, vaid ka tutvuda juhtivate tehnoloogiatega, mida laialdaselt kasutatakse tööstuses. Siemensi valik põhjendatud selle laia kasutatavuse ja populaarsusega tööstuses. See loob võimaluse tihedamaks integreerimiseks haridusprogrammides reaalse tehnoloogiliste standarditega, mis on oluline üliõpilaste ettevalmistamiseks edukaks karjääriks automatiseerimise valdkonnas. Siemens tagab üleminek mitmekesisema programmeerimis- ja tootmisprotsesside juhtimise vahendite õpetamise, laiendades üliõpilaste silmaringi ja valmistades neid ette erinevateks stsenaariumideks tööstuses.

Lõpuks võimaldab see kolledži tehnilise baasi uuendamise strateegia luua hariduskeskkonna, mis on suunatud maksimaalsele kohanemisele tänapäeva standardite ja tööstuse nõuetega, mis omakorda soodustab üliõpilaste kõrget ettevalmistust ja suurendab nende konkurentsivõimet tööturul.

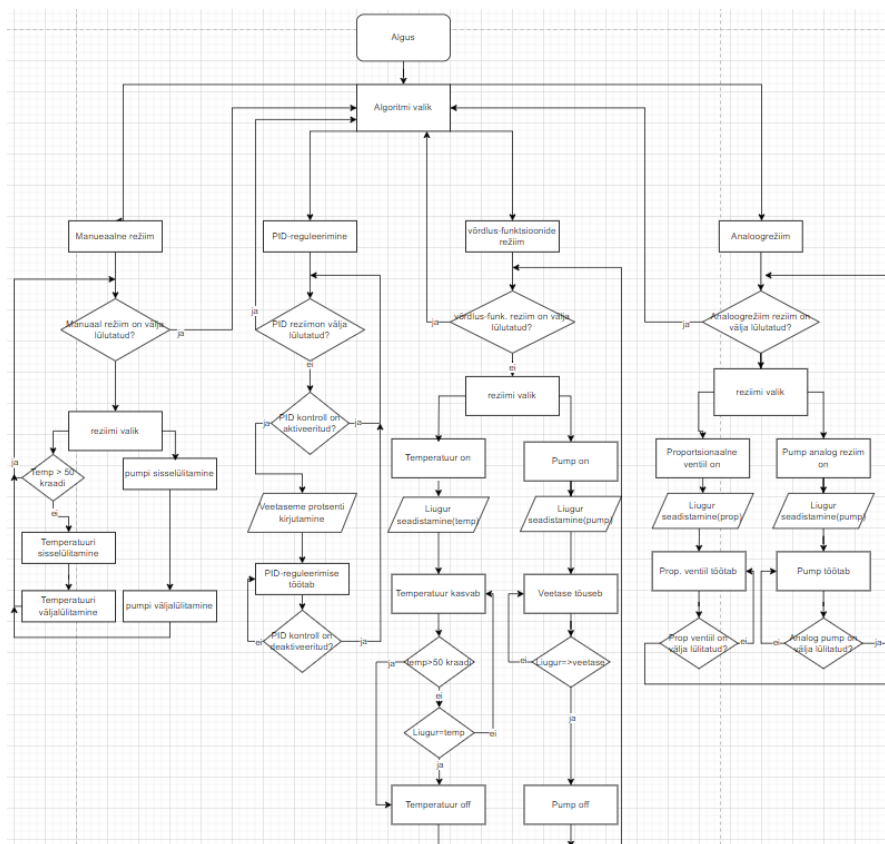
3 JUHTIMISALGORITM

Juhtimisalgoritm (vt Joonis 3.1) vastutab süsteemi dünaamilise käitumise eest, tagades soovitud tulemused vastavalt seadistatud parameetritele. Kasutatakse algoritmi, olenevalt režiimist (PID, manuaalne, võrdlusfunktsioonid jne), määrab, kuidas süsteem reageerib sisenditele, muudab väljundeid ja säilitab soovitud stabiilsuse.

PID-algoritm on süsteemi reguleerimiseks laialdaselt kasutatav algoritm, kus proportsionaalne komponent reageerib praeguse ja soovitud väärtuste erinevusele, integraalne komponent korrigeerib stabiilsuse puudujääke (vähendab viga) ja diferentsiaalne komponent aitab ennustada tulevase muutuse kiirust. Manuaalrežiim võimaldab operaatoril süsteemi otse kontrollida, samal ajal kui võrdlusfunktsioonid ehk veetaseme ja temperatuuri kontroll liuguri abil annavad paindlikkuse vastavalt eelnevalt määratletud tingimustele muuta süsteemi käitumist.

Iga tægiga, nende muutujate ja andmete tüüpidega saab tutvuda eraldi tabelis, mis asub [LISAs 1](#).

Kokkuvõttes on juhtimisalgoritm keskne element süsteemis, mis määrab, kuidas seade reageerib erinevatele sisenditele ja tingimustele, tagades optimaalse jõudluse vastavalt eesmärkidele ja nõuetele.



Joonis 3.1 juhtimis plokk-skeem

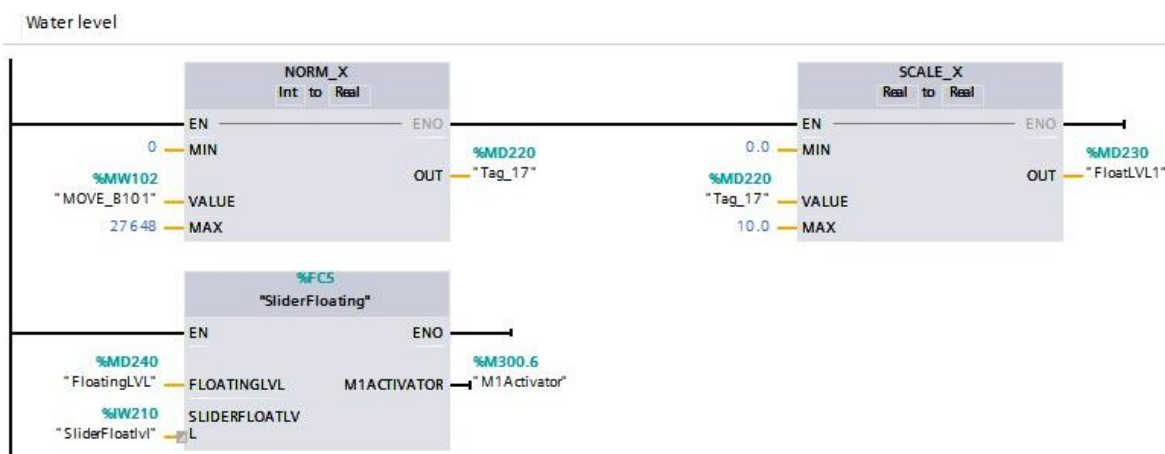
3.1 Pumba juhtimine

Pumba juhtimist on võimalik realiseerida kolmes režiimis.

Signaali rakendamisel pumpa binaarsele väljundile (Q3, vt [Lisa 3](#)) käivitub reguleerimata veepumpamine ülemisse paaki, töötamiseks tuleb avada klapid V108 ja V110. V110 võib jääda ka suletuks. Pärast pumba lülitamist analoogrežiimi binaarse väljundi (Q2, vt [LISA 3](#)) abil tekib võimalus juhtida veetoru voogu ja kasutada PID-regulaatorit.

3.1.1 Pumba juhtimine analoogrežiimis

Analoogrežiimis kasutatakse programmis move funktsiooni, et väärtust ühest muutujast teise kanda ja andmeid lugeda. Seejärel skaalatakse saadud väärtused SCALE_X funktsiooni abil, viies need vahemikku 0 kuni 27648. Seejärel normaliseeritakse skaalatud andmed NORM_X funktsiooni abil ja teisendatakse reaaltüübist täisarvuks, et neid hiljem kasutada vee pumpamise kiiruse juhtimisel.



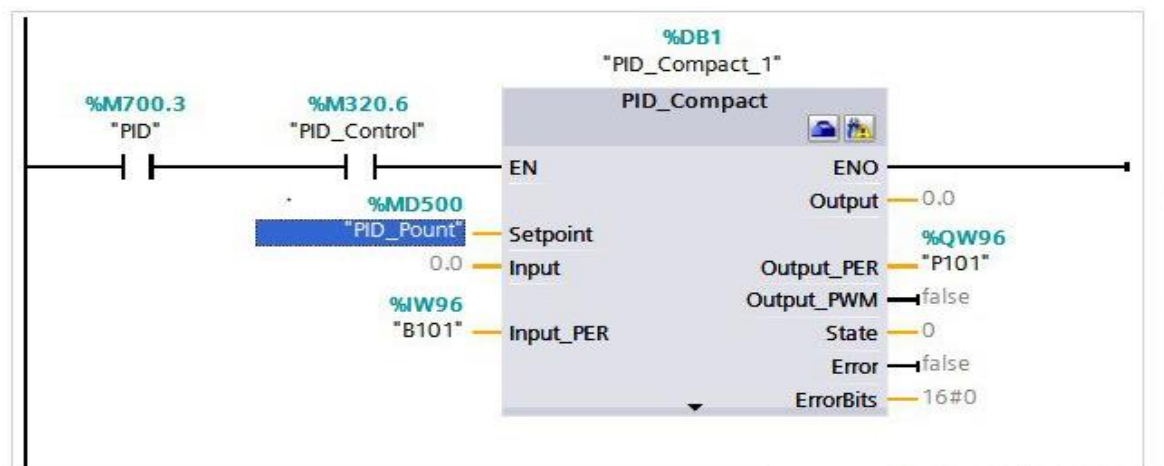
Joonis 3.2 Vee juhtimine liuguri abil põhiosas

3.1.2 PID pumba juhtimine

PID-regulaator on juhtseade, mida kasutatakse süsteemi stabiilsuse tagamiseks. Selles kontekstis töötab see analoogrežiimis, mis tähendab, et see töötleb pidevaid analoogsignaale, mitte digitaalseid.

Regulaator kasutab ultrahelianduri poolt saadud standardsed väärtusi. See andur mõõdab kaugust ultraheli lainete abil. Regulaator kasutab andmeid otsuste tegemiseks süsteemi juhtimiseks.

Selleks, et see töotaks, tuleb pumbarežiim lülitada binaarselt analoogselle. Seda tehakse binaarse sisendiga (Q2, vt [LISA 3](#)), mis lülitab pumba režiimi. Seejärel reguleerib regulaator pumba analoogparameetreid, nagu kiirus, sõltuvalt andurist saadud mõõtmistest. See võimaldab hoida teatud veetaseme ülemises paagis.

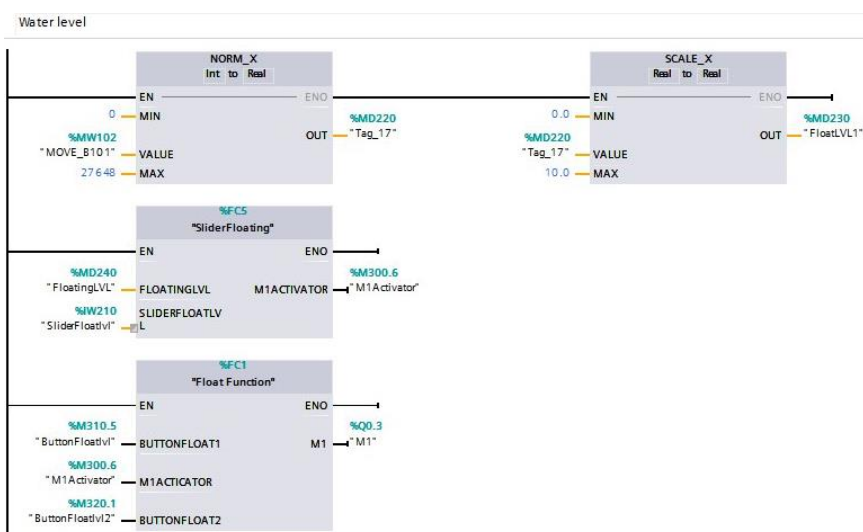


Joonis 3.3 PID-reguleerimise blokk

3.1.3 Vee juhtimine võrdlusfunktsiooni abil

Selles režiimis kasutatakse pumba töös binaarset režiimi koos ultrahelidetektoriga. Ultrahelidetektorilt saadud andmed liiguvad move operatori kaudu. Seejärel skaleeritakse neid SCALE_X funktsiooni abil, viies need vahemikku 0 kuni 27648. Seejärel normaliseeritakse andmed NORM_X funktsiooni abil ja muudetakse reaalselt tüübist täisarvuks.

Veetaseme väärtused võrreldakse slaidrilt määratud väärtustega. Kui veetase on väiksem kui slaidrile seatud väärtus, algab vee pumpamine ülemisse paaki kuni seatud märgini jõudmiseni.



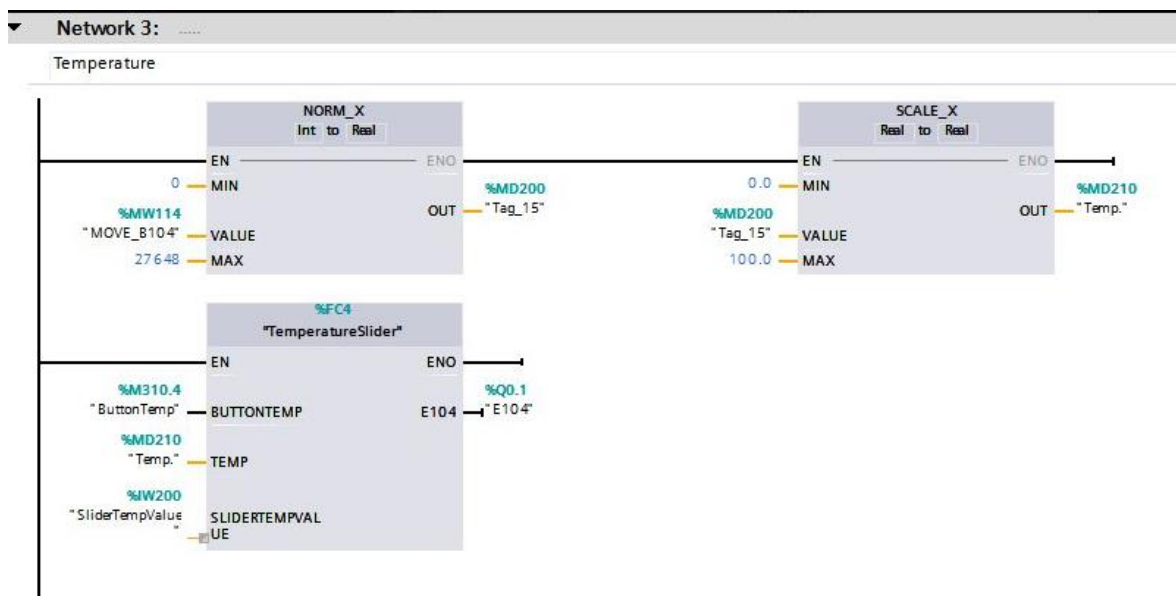
Joonis 3.4 Vee kontroll liuguri abil, peamine blokk

3.2 Temperatuuri juhtimine

Temperatuuri sisselülitamiseks tuleb ühendada pistik ja lülitada lüliti asendisse "on". See kaitse toimib iseseisva väljalülitina, kui veekuumutuse määrangud on rikutud, näiteks temperatuur on üle 95 kraadi. Pärast seda saab alustada kütteelementi kasutamist. Binaarses režiimis lülitatakse temperatuuri tõus sisse nupuvajutusega. Pärast vajutamist edastatakse loogiline signaal kütteelemendile (Q1, vt [LISA 3](#)), mille järel algab vee kuumutamine alumises paagis.

Ohutuse tagamiseks on temperatuuri juhtimisel kehtestatud tingimused, kui kütteelement on välja lülitatud või ei tööta:

- Vee tase on madalam kui mittekontaktne lüliti B113 (I3, vt [LISA 3](#)).
- Temperatuur ei ületa 65 kraadi.



Joonis 3.5 Temperatuuri kontroll liiguri abil peamises blokis

4 VISUALISEERIMINE

Selle peatüki eesmärk on selgitada minimaalse disaini kasutamise põhjendusi TIA Portali programmi visualiseerimisel mehhanismi juhtimiseks. Visualiseerimise loomisel oli oluline arvestada selgete ja lihtsate põhimõtetega, mis suunaksid operaatoreid mugavat ja efektiivset suhtlust süsteemi juhtimisel.

Visualiseerimise standardid on kogum soovitusi ja reegleid, mis määratlevad, kuidas optimeerida teabe esitust kasutajaliidese (HMI) ekraanidel, tagades parema tajumise ja suhtlemise süsteemiga. Need standardid hõlmavad elementide paigutuse, värvipaleti, fondide valiku ja muude detailide soovitusi, eesmärgiga saavutada selgus ja kasutusmugavus operaatoreile.

High Performance HMI on lähenemine kasutajaliidese arendamisele, rõhutades maksimaalset tõhusust ja lihtsat tajumist operaatoreid poolt. See meetod hõlmab edasijõudnud visualiseerimise ja suhtlemise tehnikaid, et operatuur saaks süsteemi maksimaalselt efektiivselt jälgida ja juhtida. Sellesse kuuluvad heledad ja selged graafikud, intuiitselt arusaadavad juhtelemendid, minimalistlik disain ja muud tehnikad, mille eesmärk on suurendada jõudlust ja arusaamist. [\[4\]](#) [\[3\]](#)

High Performance HMI põhimõtted [\[3\]](#) [\[4\]](#):

- Heledad ja selged graafikud
- Intuiitselt arusaadavad juhtelemendid
- Minimaalne disain
- Maksimaalne informatiivsus
- Maksimaalne tõhusus

Kokkuvõttes võib öelda, et minimaalse kujunduse kasutamine visualiseerimisel toetab süsteemi juhtimise õppimist ja kasutamist, vähendades samal ajal aega, mida kulub programmi funktsionaalsuse omandamiseks. See soodustab otsustusvõimet ja käskude täitmise kiirust, vähendades reageerimisega süsteemi muutustele ning säästes aega ja operaatoreid ressursse intensiivsetes kasutustingimustes.

4.1 Ekraanid

Põhiekraan koos nelja nupuga on kavandatud minimaalsuse ja kasutusmugavuse põhimõtetega. Nelja nupu piiramine tagab selguse ja lihtsuse, pakkudes operaatoreile selget ja kergesti tajutavat liidest.

Neli nuppu on valitud selleks, et pakkuda põhilisi ja kõige sagedamini kasutatavaid süsteemi funktsioone. See võimaldab operaatoril kiiresti ja efektiivselt pääseda juurde võtmevõimalustele, minimeerides samas liidese omandamiseks kuluvat aega. Selline lähenemine soodustab ka kiiremat otsustamist ja reageerimist süsteemis toimuvatele muudatustele.

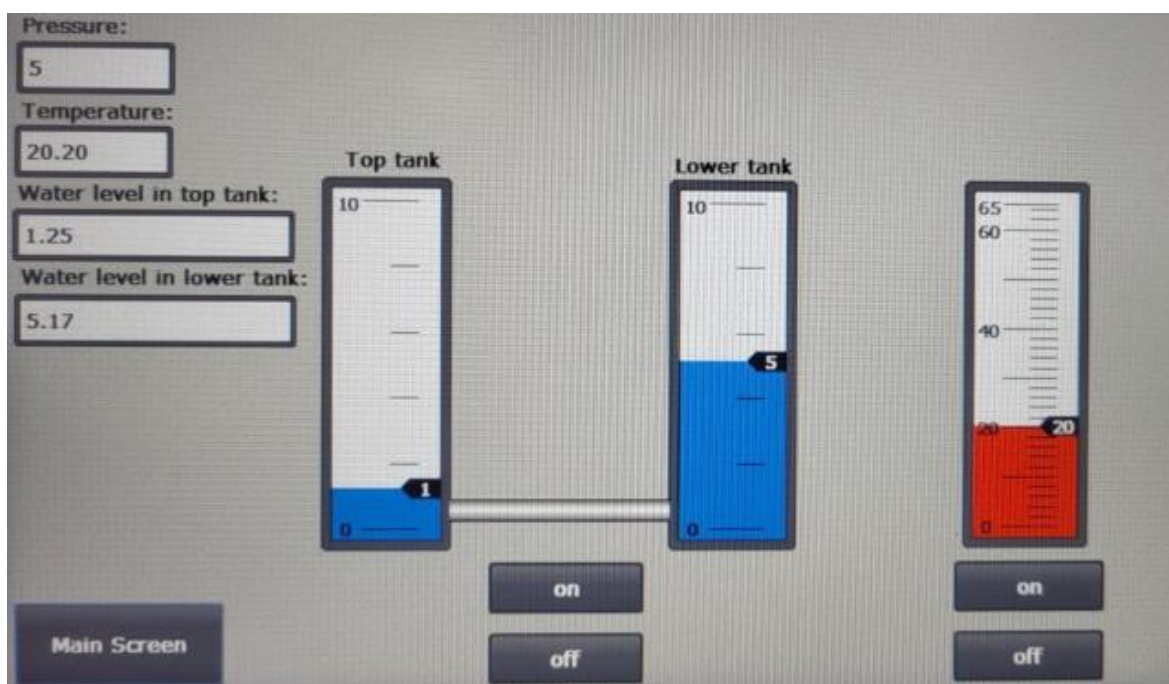
4.1.1 Manuaalne juhtimine

Kujunduse käigus olid lähtepunktiks selguse ja lihtsuse põhimõtted. Temperatuuri regulaator ekraanil (vt Joonis 4.1) võimaldab operaatoril käsitsi seada soovitud temperatuuri, võttes arvesse maksimaalset soojendustemperatuuri, mis on piiratud 60 kraadiga Celsius.

Protsessi juhtimiseks on välja töötatud eraldi sisselülitus- ja väljalülitusnupud temperatuuri ja vee jaoks, tagades lihtsa ülemineku süsteemi töörežiimide vahel. Visuaalne veetaseme indikaator ülemises ja alumises paagis annab operaatorile teavet saadaval olevate ressursside kohta soojendamiseks.

Lisaks eespool kirjeldatud elementidele on ekraani nurgas neli näitajat, mis kuvavad toru rõhku, temperatuure ja paakide veetaset digitaalsel kujul. Need näitajad pakuvad operaatorile täiendavat teavet süsteemi oleku täielikuks jälgimiseks ja juhtimiseks.

Temperatuuri käsitsi juhtimise ekraani kujunduses sisaldub ka reaajas visuaalsed indikaatorid, mis kuvavad praegust temperatuuri. See element lihtsustab veelgi kuumutusprotsessi jälgimist ja juhtimist.



Joonis 4.1 Visuaalne osa manuaalses ržiimis

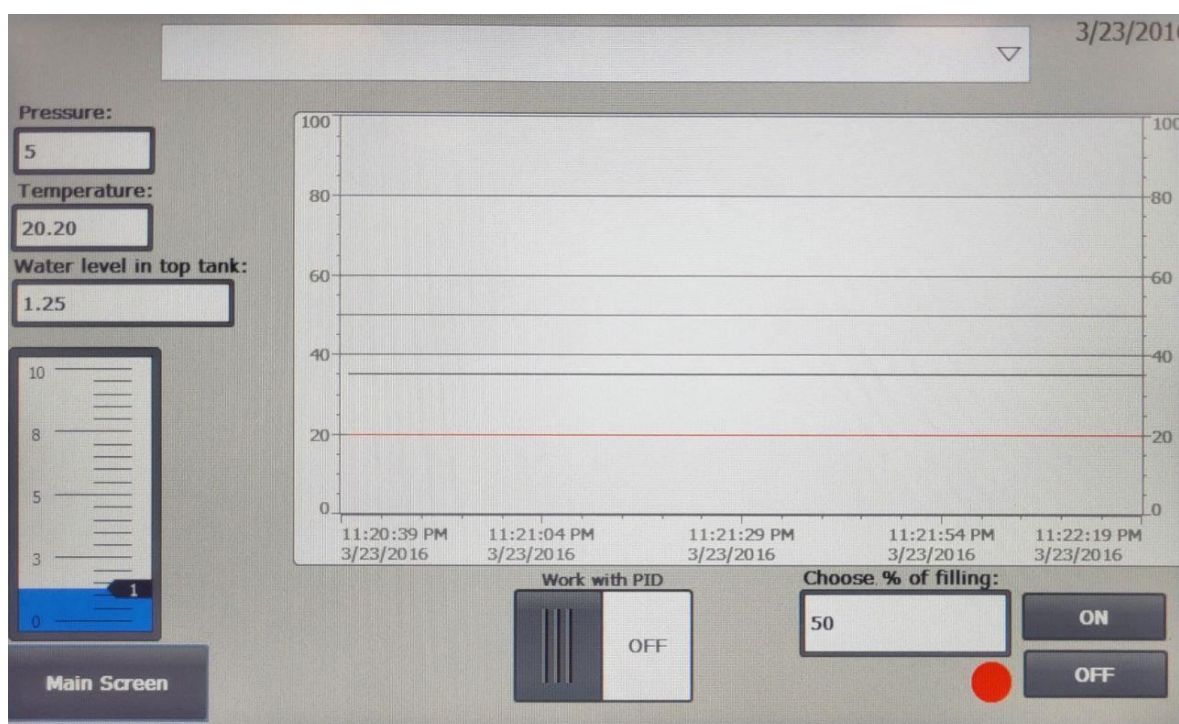
4.1.2 PID regulaatori abil juhtimine

Antud alapeatükis käsitletakse ekraani PID-regulaatorit TIA Portalis, mille eesmärk on süsteemi täpsem ja automatiseeritud juhtimine.

Põhiline funktsionaalne element sel ekraanil (vt Joonis 4.2) on PID-regulaator. Ekraanil on lüliti, mis aktiveerib pumba analoogjuhtimise režiimi. Selle lüliti sisselülitamisel kaob automaatselt välja pääsu nupp peamisele ekraanile, vältides juhuslikku väljumist juhtimisrežiimist ja rõhutades tähelepanelikkuse vajadust analoogrežiimis töötamisel.

Ekraanil on ka väli ülemise paagi täitmisprotsendi sisestamiseks, võimaldades operaatoril seada soovitud veetaseme süsteemis. PID-regulaatori sisselülitamise ja väljalülitamise nuppu pakuvad juhtimist selle automatiseeritud süsteemi üle.

Lisaks kuvab ekraanil olev graafik kaks joont: üks näitab määratud täitmisprotsenti ja teine näitab PID-regulaatori tööd, tasakaalustades veetaseme määratud protsendi alla. See visuaalne element näitab regulaatori tõhusust ja dünaamikat, lihtsustades protsessi jälgimist ja mõistmist.



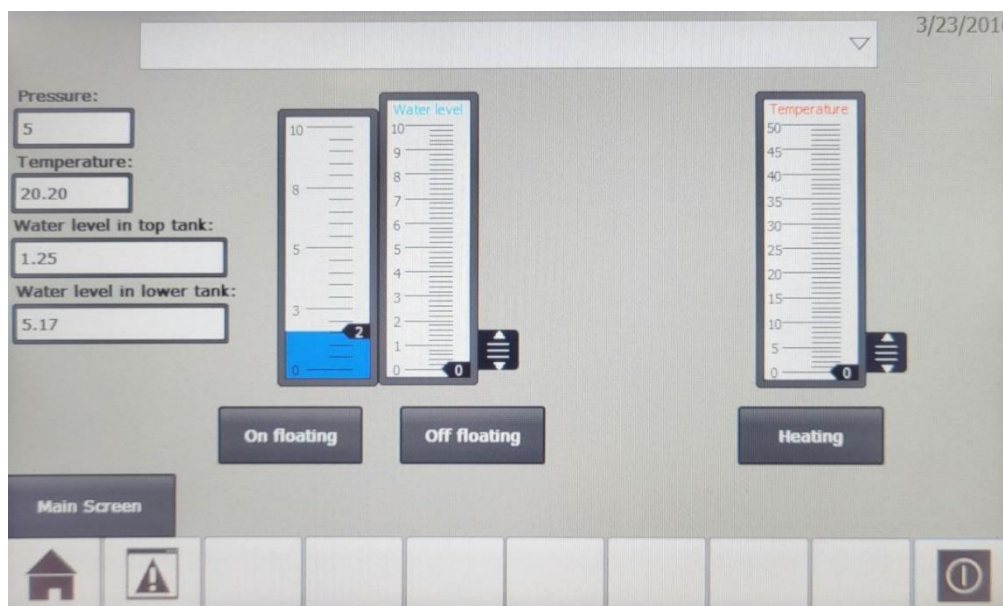
Joonis 4.2 Visuaalne osa PID-reguleerimine

4.1.3 Võrdlusfunktsiooni järgi juhtimine

Sellel ekraanil (vt Joonis 4.3) on teostatud temperatuuri ja vee juhtimine, kasutades liugureid ja tingimusoperaatoreid.

Esimese liuguriga juhitakse veetaseme süsteemis. Operaator saab selle abil valida soovitud veetaseme, mis hoitakse süsteemis automaatselt. Liuguril on ka kaks nuppu, millega saab veetäitmise protsessi sisse ja välja lülitada valitud tasemeni. Visuaalne paak ekraanil kuvab selgelt praeguse veetaseme ülemises paagis, pakkudes operaatorile visuaalset jälgimist.

Teine liugur teostab temperatuuri juhtimist. Sarnaselt esimesega saab operaator teisel liuguril valida soovitud temperatuuri, samas kui sisselülitamise ja väljalülitamise nupud tagavad kontrolli soovitud temperatuuri säilitamise protsessi üle. Ekraani nurgas on digitaalne näidik, mis kuvab praeguseid temperatuuri väärtusi, veetaseme bakaides ja torude rõhku.



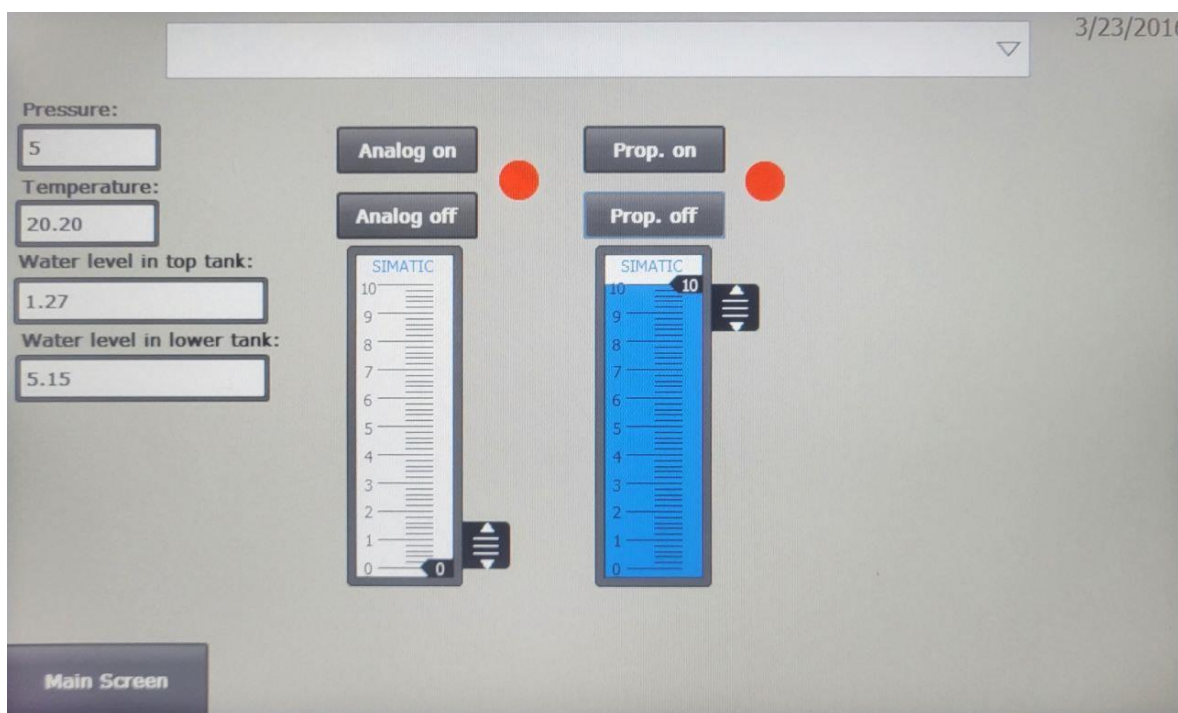
Joonis 4.3 Visuaalne osa, võrdlus-funktsioonide režiim

4.1.4 Analoojuhtimine

Sellel ekraanil (vt Joonis 4.4) on teostatud analoogsete andurite juhtimine. Ekraani vasakul küljel on digitaalne teave temperatuuri, vee rõhu ja teise paagi veetaseme kohta, pakkudes operaatorile süsteemi seisundi kohta ajakohast teavet.

Kaks liugurit ekraanil on mõeldud pumba võimsuse ja proportsionaalse ventiili kolbide avamise reguleerimiseks. Kasutades neid liugureid, saab operaator täpselt kohandada süsteemi tööparameetreid vastavalt hetke nõuetele. Neli nuppu, mis on integreeritud liuguritega, tagavad pumba ja proportsionaalse ventiili analoogrežiimi juhtimise. Iga nupp lülitab sisse ja välja vastava funktsiooni, pakkudes operaatorile kiiret kontrolli süsteemi töö üle.

See ekraan tagab süsteemi juhtimisel paindlikkuse ja täpsuse, eriti sobides olukordades, kus on vaja diferentseeritud reguleerimist. Analoojne juhtimine võimaldab operaatoril reaalajas täpselt kohandada süsteemi tööparameetreid, mis on oluline optimaalse tõhususe ja süsteemi kontrolli tagamisel.



Joonis 4.4 Visuaalne osa, analoogkontroll

5 REGULEERIMINE

MPS PA Workstation'is saab reguleerimise küsimus tootmisprotsesside tõhususe ja stabiilsuse tagamisel keskseks aspektiks. Selles peatükis vaatleme, kuidas reguleerimise kasutamine süsteemis mõjutab erinevaid parameetreid ja kuidas see funktsioon muutub võtmeelemendiks MPS PA Workstation'i töö optimeerimisel.

5.1 Vee taseme reguleerimine

5.1.1 PID-reguleerimine

MPS PA Workstation süsteemis reguleeritakse veetaseme kasutades PID-regulaatorit, mida juhib ultraheliandur, ning võrdlusfunktsiooni, mis takistab kasutaja poolt seatud veetaseme ületamist, mille saab määrata protsendina veetaseme suhtes.

Ultrahelidetektor jälgib pidevalt veetaseme taset reservuaaris. See võimaldab PID-regulaatoril analüüsida praegust taset ja teha vajalikke otsuseid selle säilitamiseks. PID-regulaatori proportsionaalne, integraalne ja diferentsiaalne osa tagavad täpse ja kiire reageerimise veetaseme muutustele.

Töös oli kasutatud PI reguleerimine vee efektiivse kontrolliks. Proportsionaalne komponent reageerib praeguse ja soovitud taseme erinevusele, tagades põhiseadistuse. Integraalne komponent kõrvaldab vea stabiilses olekus, seda aja jooksul korrigeerides. Eelistamine PI reguleerimisele on tingitud, sellest, et süsteemi dünaamilised muutused ei nõua diferentsiaalkomponendi kompenseerimist. Automaatse häälestamise kasutamine tagab regulaatori parameetrite automaatse optimeerimise reaajas, võimaldades kohandamist süsteemi muutustele ja tagades stabiilsema veetaseme juhtimise.

5.1.2 Vee kontroll liugurite abil

Veetaseme ületamise vältimiseks, mis on seadistatud liuguril, kasutatakse võrdlusfunktsiooni. See funktsioon võrdleb ultrahelidetektori mõõdetud praegust veetaseme taset kasutaja määratud tasemega. Kui praegune tase ületab seadistatud taseme, peatab võrdlus-funktsioon veetoru voolamise.

Selline lähenemine veetaseme reguleerimisele soodustab ka ressursside optimeerimist. Vee juurde- ja äravoolu juhtimine kasutaja poolt määratud taseme alusel võimaldab säästa vee ressursse ja energiat, mis on oluline vastutustundliku ressursikasutuse seisukohast.

5.2 Temperatuuri reguleerimine

MPS PA Workstation töös on oluline aspekt temperatuuri reguleerimine, ja see pole nii lihtne, kui võib esmapilgul tunduda. Temperatuuri juhtimissüsteemil on mitmeid piiranguid, mis on kavandatud kogu süsteemi ohutuse ja tõhususe tagamiseks.

Üheks võtmetähtsusega piiranguks on seatud maksimaalne temperatuur 65 kraadi Celsiuse järgi. See otsus on tehtud seadmete ülekuumenemise vältimiseks ja ohutute tingimuste tagamiseks. Kui temperatuur jõuab sellele tasemele, lülitab süsteem automaatselt temperatuurianduri välja, takistades täiendavat soojendamist.

Samuti on oluline töötingimus soojendi veetaseme osas mahutis. Kui veetaseme langeb alla seatud alumise kontaktivaba lüliti B113(vt [LISA 3](#)), lülitub soojendus automaatselt välja. See on oluline mitte ainult kahjustuste vältimiseks ebapiisava jahutuse tõttu, vaid ka süsteemi üldise vastupidavuse tagamiseks.

Temperatuuri reguleerimissüsteem MPS PA Workstationis tagab ohutu ja tõhusa automatiseeritud juhtimise. Kui on täidetud määratud parameetrid ja tingimused, hoiab süsteem kindlalt stabiilseid temperatuuritingimusi. Kuid kui maksimaalne temperatuur on saavutatud või veetase on kriitiliselt madal, reageerib süsteem kiiresti, välja lülitades vastavad elemendid ja tagades veatud töö.

6 TÖÖJAAMA TESTIMINE

Temperatuuri reguleerimissüsteem Tööjaama testimine on oluline osa käesoleva lõputöö uurimisprotsessist. Selle etapi eesmärgiks on kontrollida Siemens baasil ülesehitatud Festo MPS PA Compact Workstation süsteemi efektiivsust ja funktsionaalsust. Testimisprotsess hõlmab algoritmide järjestikust kontrolli, sealhulgas PID-reguleerimine, analoog- ja manuaalne juhtimine ning juhtimine võrdlus-funktsioonide abil.

Testimine hõlmab ka andurite, mis tagavad veetaseme ja temperatuuri usaldusväärse kontrolli, toimimise kontrolli. Automaatse häälestamise analüüs on oluline osa testimisest, tagades regulaatori parameetrite optimaalse seadistamise reaalsajas.

Testimise tulemusi kasutatakse süsteemi üldise jõudluse hindamiseks, võimalike puuduste tuvastamiseks ja programmalgoritmide vajadusel korrigeerimiseks. See etapp mängib võtmerolli tööjaama juhtimissüsteemi usaldusväärse toimimise tagamisel ja selle vastavuses seatud ülesannetele.

6.1 PID-reguleerimise testimine

Antud peatükis viiakse läbi põhjaliku kontroll PID-reguleerimise tõhususe ja täpsuse kohta tööjaama juhtimissüsteemis. Selle etapi eesmärk on veenduda, et regulaator suudab säilitada stabiilse veetaseme reservuaaris (vt Joonis 6.1).

PID-reguleerimise testimine koosneb kahest etapist:

1. Automaatse tüüneri käivitamine (häälestamine):

Automaatse tüüneri käivitamisel ja PID reguleerimise sisselülitamisel on kontrollitud, et kõik nupud, mis vastutavad PID reguleerimise käivitamise, andmete kuvamise ja graafilise osa eest, mis näitab PID regulaatori tööd reaalsajas, toimivad tõrgeteta.

Programm reageerib korrektselt vedelikuprotsendi seadistamisele ja automaatse tüüneri käivitamisele, valides automaatselt vajalikud parameetrid.

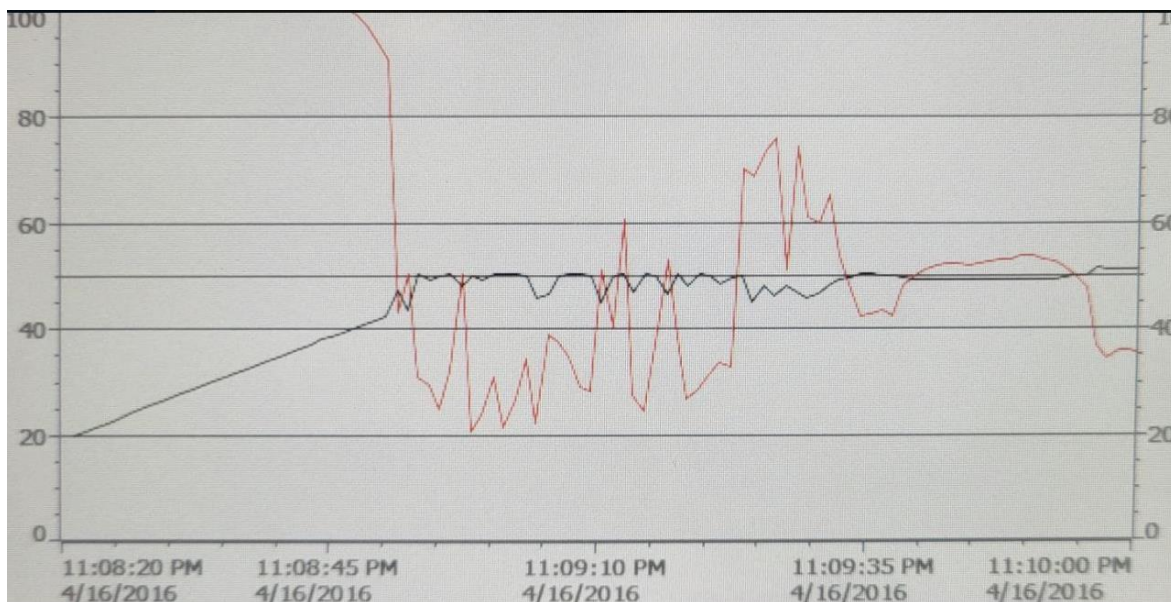
Tuleb märkida, et parameetrite seadistamise protsess võib võtta aega. Oluline on märkida, et programmi töö käigus pole tuvastatud rikkeid.

2. Reaktsiooni ja stabiilsuse hindamine:

Antud etapis on süsteemi reaktsiooni ja stabiilsuse hoolikalt hinnatud. Analüüsitud on, kuidas süsteem käitub kiirete muutuste, näiteks veetaseme kiire languse korral.

Lõplik hinnang pole päris soodne, kuna veetaseme lugemine PID-regulaatoriga on keeruline tekkinud lainete või keeriste tõttu veepinnal või mahuti keskosas. Pidevad

muutused veepinna kujus lisavad raskusi veetaseme stabiilsuse säilitamisel, selle pärast automaatsele häälestusele on raskem selle ülesandega hakkama saada.



Joonis 6.1 PID reguleerimine (automaatne häälestamine)

6.2 Manuaalse režiimi testimine

Manuaalrežiimis testiti hoolikalt temperatuuri ja mahuti ülevooluga seotud kaitsefunktsioone. Teostatud testid hindasid süsteemi efektiivsust äärmuslike tingimustega kohanemisel ja selle võimet vältida kahjustusi või õnnetusi, kui seatud piirid ületatakse.

Samuti viidi läbi nuppude testimine manuaalrežiimis, sealhulgas nende, mis juhivad temperatuuri ja veetaseme. See võimaldas kontrollida operaatori süsteemiga käsitsi suhtlemise usaldusväärsust ja täpsust.

Kõik teostatud testid kinnitasid süsteemi stabiilset toimimist manuaalrežiimis. Erinevate stsenaariumide ja äärmuslike tingimuste kiuste demonstreeris süsteem usaldusväärsust ja stabiilsust määratud temperatuuri ja veetaseme parameetrite säilitamisel.

Kaitsefunktsioonide kontroll kinnitas samuti nende tõhusust potentsiaalsete probleemide ennetamisel, rõhutades süsteemi stabiilset toimimist erinevate mõjude ja töötingimuste korral.

6.3 Võrdlusfunktsioonide testimine

Võrdlus-funktsioonide testimisel keskenduti peamiselt liuguri ja nuppude, mis käivitavad soojenduse ja vee sisselaske, korrektsele toimimisele. Samuti kontrolliti, kas vee tase ja temperatuur tõusevad liuguriga määratud väärtusteni.

Need testid olid suunatud veendumisele, et süsteem reageerib õigesti võrdlus-funktsioonidega seatud tingimustele ja et kasutaja sisend, teostatud libisaja ja nuppude kaudu, mõjutab süsteemi funktsionaalsust vastavalt ootustele.

Kõik tehtud kontrollid tagavad, et süsteem suhtleb võrdlus-funktsioonidega usaldusväärselt ja tõhusalt. võrdlus-funktsioonide testimise käigus tuvastati, et kõik süsteemi komponendid töötavad stabiilselt. Mitmesuguste võrdlus-funktsioonidega interaktsiooni stsenaariumidele vaatamata näitas süsteem oma stabiilsust ja ettenähtavust.

See hõlmab usaldusväärset käskude täitmist, mis on määratud libisaja ja nuppude kaudu, samuti õiget reageerimist võrdlus-funktsioonides määratletud tingimuste muutustele. Kõik tuvastatud aspektid kinnitavad süsteemi stabiilset toimimist võrdlus-funktsioonidega juhtimise režiimis.

6.4 Analoo grežiimi testimine

Analoo grežiim hõlmab proportsionaalse klapi testimist, mida juhiti liuguriga. Samuti viidi läbi pumba analoogse juhtimise testimine liuguriga. Need testid keskendusid analoogse reguleerimise tõhususe ja proportsionaalse klapi juhtimise funktsionaalsuse kontrollimisele, muutes parameetreid liuguriga, samuti analoogse režiimi sisse- ja väljalülitamise õigsuse kontrollimisele.

Pärast tehtud korrigeerimisi demonstreerisid kõik süsteemi funktsioonid stabiilset ja usaldusväärset toimimist. Märgati puuduvaid vigu ja rikkeid proportsionaalse ventiili töös ning analoogses pumbajuhtimises. Need tulemused kinnitavad, et süsteem saavutab edukalt veetaseme reguleerimise, tagades stabiilsuse ja usaldusväärset erinevates juhtimisrežiimides.

KOKKUVÕTE

Lõputöös on oluline osa pühendatud koodi kirjutamisele erinevatele juhtimisrežiimidele, sealhulgas analoogrežiim, võrdlusfunktsioonid, manuaalrežiim ja PID-reguleerimine. Kõik need komponendid on loodud täpsuse ja stabiilsuse arvestamisega, et tagada protsesside tõhus juhtimine.

Peamine tähelepanu pöörati vigade parandamisele ja visualiseerimise väljatöötamisele, sealhulgas peakuvale ja neljale režiimile, mida saab juhtida peakuvast. Igal režiimil on oma unikaalsed omadused ja funktsionaalsus, võimaldades operaatoril süsteemi paindlikult juhtida vastavalt seatud ülesannetele.

Üks oluline osa tööst on vee taseme reguleerimine, kus kasutatakse ultraheliandurit mahutite taseme pidevaks jälgimiseks. See tagab täpse ja automatiseeritud taseme reguleerimise, vältides nii ületäitumist kui ka vee puudust süsteemis.

Töö käigus uuriti põhjalikult erinevaid TIA Portali funktsioone, näiteks `move`, `normal_x`, `scale_x`, laiendades süsteemi funktsionaalsust ja tagades täiendavaid juhtimisvõimalusi.

Tuleb märkida, et tööprotsess oli algselt arvatust keerukam, kuna tuli põhjalikult uurida teavet ja kõrvaldada vigu koodis. Siiski, hoolimata nendest raskustest, on saavutatud tulemused vastavad algsetele eesmärkidele, ja süsteem näitab stabiilset ja täpset protsesside juhtimist.

SUMMARY

Kirill Pavlov

Software development for compact MPS PA workstation

The workflow revolved around adapting the MPS PA Compact Workstation to the Siemens platform, involving a comprehensive approach to enhancing the control system. The main goal was to integrate various control modes, including analog mode, comparison functions, manual mode, and PID regulation, to ensure accuracy and stability in system processes.

Throughout the work, special attention was given to error correction and visualization development. The workstation was designed to have a main screen displaying crucial information and four modes that could be controlled from the main screen. Each mode had unique characteristics and functionality, allowing the operator to flexibly manage the system according to specific tasks and needs.

One central aspect of the work was water level regulation, utilizing an ultrasonic detector for continuous monitoring of levels in reservoirs. This approach provided precise and automated level regulation, mitigating risks associated with overflow or material shortages in the system.

Various functions of TIA Portal were thoroughly explored during the work, including `move`, `normal_x`, `scale_x`, thereby expanding the system's functionality and providing additional control capabilities.

It's worth noting that the work process was initially more complex than anticipated, requiring in-depth research, and debugging of the code. However, despite these challenges, the set goals were achieved, ensuring stable and accurate control of system processes.

In conclusion, the results represent a significant contribution to the field of automation and engineering, offering both educational institutions and students practical experience in working with modern industrial systems and preparing them for the challenges of contemporary industry.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. S7-1200/S7-1500 programmeerimisjuhend. [WWW]
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/programming-guideline-v14-rus.pdf> (18.12.2023)
2. Festo MPS PA Compact Manual, Jürgen Helmich [WWW]
<https://www.manualslib.com/manual/1832808/Festo-Mps-Pa-Compact.html#manual> (18.12.2023)
3. What is High-Performance HMI?, RealPars viideo. [WWW]
<https://www.youtube.com/watch?v=5GEvFF8pGlc> (18.12.2023)
4. The High Performance HMI Handbook, Bill R. Hollifield [WWW]
<https://www.amazon.com/High-Performance-HMI-Handbook/dp/0977896919>(18.12.2023)

LISA 1 JUHTIMISSÜSTEEMI TÄGID

Tabel L1.1 Tägide tabel

No	Tägid	Andmetüübid	Muutujad
1	K1	Bool	Q0.2
2	M1	Bool	Q0.3
3	B101	Word	IW96
4	B103	Word	IW100
5	B102	Word	IW98
6	B104	Word	IW102
7	Temp.	Real	MD210
8	E104	Bool	Q0.1
9	B113	Bool	I0.3
10	S112	Bool	I0.2
11	FloatLVL1	Real	MD230
12	FloatingLVL	Real	MD240
13	ButtonTemp	Bool	M310.4
14	SliderTempValue	Int	IW200
15	ButtonFloatlvl	Bool	M310.5
16	SliderFloatlvl	Int	IW210
17	S111	Bool	I0.1
18	B114	Bool	I0.4
19	M1Activator	Bool	M300.6
20	ButtonFloatlvl2	Bool	M320.1
21	ButtonFloatSpeed	Bool	M320.2
22	ButtonTemperature2	Bool	M320.3
23	P101	Word	QW96
24	V106	Word	QW98
25	ButtonPropValve	Bool	M320.5
26	M106	Bool	Q0.4
27	Press	Real	MD260
28	WaterSpeed	Int	MW280
29	PropValve	Int	MW300
30	PID	Bool	M700.3
31	WaterLowerTank	Real	MD300
32	Pid_Pount	Real	MD500
35	StopHeating	Bool	M400.1

LISA 2 VENTIILIDE POSITSIOONID PROTSESSIDE JUHTIMISEKS

Component	Level controlled system	Flow controlled system with pump P101 for manip. value	Flow controlled system with valve V106 for manip. value	Pressure control. system with pump P101 for manip. value	Pressure control. system with valve V106 for manip. value	Temperature controlled system
Measuring point Sensor	LIC102 B101	FIC101 B102		PIC103 B103		TIC104 B104
Pump P101	controlling element	controlling element	digital On	controlling Element	digital On	On
Prop. valve V106	Off	Off	controlling element	Off	controlling element	Off
Heating element E104	Off	Off	Off	Off	Off	switched controll. element
Hand valve V101	open	closed	closed	closed	closed	closed
Ball valve V102	open/closed	closed	closed	closed	closed	closed
Hand valve V103	closed	closed	closed	open	closed	open
Hand valve V104	closed	open	closed	closed	closed	closed
Drainage valve V105	closed	closed	closed	closed	closed	closed
Hand valve V107	closed	closed	closed	closed	closed	closed
Hand valve V108	closed	closed	closed	open	open	closed
Hand valve V109	closed	closed	open	open/closed	open/closed	open
Hand valve V110	closed	closed	closed	closed	closed	closed
Hand valve V112	open/closed	closed	closed	closed	closed	closed

Joonis L2.1 ventiilide ja seadmete töötabel [2]

LISA 3 PROTSESSI SISENDID JA VÄLJUNDID

Symbol	PIN assignment	EasyPort/ Simbox address	PLC address	Description
Binary inputs (XMA1)				
B102	I 0	I 0		Flow rate sensor (frequency 0...1000Hz)
S111	I 1	I 1		Float switch, overflow tank B101
S112	I 2	I 2		Float switch tank B102
B113	I 3	I 3		Capacitive sensor min. level tank B101
B114	I 4	I 4		Capacitive sensor max. level tank 101
S115	I 5	I 5		Micro switch 2-way ball valve V102 closed
S116	I 6	I 6		Micro switch 2-way ball valve V102 opened
-	I 7	I 7		Not used
Binary outputs (XMA1)				
M102	O 0	Q 0		Open 2-way ball valve V102
E104	O 1	Q 1		Switch ON heating tank 101
K1	O 2	Q 2		Relay, select pump 0=binary/1=analogue
M1	O 3	Q 3		Switch ON pump P101 binary
M106	O 4	Q 4		Switch ON proportional valve V106
-	O 5	Q 5		Not used
-	O 6	Q 6		Not used
-	O 7	Q 7		Not used
Analogue inputs (X2)				
LIC B101	UE1	AI 0		Process value PV, level in tank B102
FIC B102	UE2	AI 1		Process value PV, flow rate in pipe system
PIC B103	UE3	AI 2		Process value PV, pressure in pipe system
TIC B104	UE4	AI 3		Process value PV, temperature in tank B101
Analogue outputs (X2)				
P101	UA1	AQ 0		Manipulated output CO, pump P101
V106	UA2	AQ 1		Manip. output CO, proportional valve V106

Joonis L3.1 MPS PA kompaktse tööjaama sisendid ja väljundid [2]