

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Elektrotehnika instituut

ATV70LT

Mati Uustal

Veepuhastuse automaatika meditsiinasutuses

Magistritöö

Instituudi direktor prof. Tõnu Lehtla

Juhendaja dots. Madis Lehtla

Lõpetaja Mati Uustal

Tallinn 2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Kinnitan, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus. Kõik selle koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Varem ei ole selle alusel kutse- ega teaduskraadi ega inseneridiplomit taotletud. Töö on koostatud litsentseeritud tarkvara abil.

Tallinn, 9.06.2014.a.

..... Mati Uustal

ATV70LT

Veepuhastuse automaatika meditsiinasutuses

Mati Uustal, üliõpilaskood 111416AAAM, mai 2014. – 88 lk.

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Energeetikateaduskond

Elektrotehnika instituut, elektri- ja elektrivarustuse õppetool

Töö juhendaja: dotsent Madis Lehtla

Võtmesõnad: Programmeeritav loogikakontroller, sagedusjuhtimisega elektri- ja elektrivarustuse õppetool, sagedusmuundur, veepuhastus, projekteerimine, jõupaigaldis, operaatorpaneel, andmeside

Referaat:

Lõputöö on 88 lehel, sisaldab 16 tabelit ja 44 joonist.

Käesoleva magistriöö eesmärgiks on anda ülevaade veepuhastuse automaatikasüsteemi projekteerimisest meditsiinasutuse jaoks. Käesolevas lõputöös on täpsemalt käsitletud Põhja-Eesti Regionaalhaigla C korpuse veepuhastuse automaatikasüsteemi tehnilist lahendust.

Töö kirjeldab automaatika projekti, selle teostamist ning seda reguleerivaid nõudeid ja standardeid. Samuti tutvustab antud töö tööstuskontrollerit ja selle lisamooduleid, operaatorpaneeli, veepuhastusseadmeid ning elektri- ja automaatikakilpi. Tööstuskontrolleri juhtprogrammid on kujutatud graafiliselt juhtimisalgoritmi plokk skeemidena.

Objekti muudavad keerukaks meditsiinasutustes kehtestatud kõrgemad töö- ja häiringukindluse nõuded ning veepuhastuse automaatikasüsteemil lasuv suur vastutus. Lõputöös käsitletud automaatikasüsteem töötab 2014. aasta veebruarist.

Seletuskirjas on välja toodud seadmete tähtsamad parameetrid ning põhimõtteskeemid. Jõuosa paigaldise nimivõimsus on 3,7 kW, nimipinge 3x230/400 V ja juhistikusüsteem on TN-S. Seadmete programmeerimisel on kasutatud tarkvarapaketti Siemens SIMATIC TIA Portal V11 ja programmi Danfoss MCT 10. Elektri- ja automaatikakilbi projekteerimisel on kasutatud raalprojekteerimisprogrammi AutoCAD.

ATV70LT

Автоматизация обработки воды в медицинском учреждении

Мати Уустал, код студента 111416АААМ, май 2014. – 88 стр.

ТАЛЛИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ * Факультет энергетики,
Институт электротехники,
Кафедра электропривода и электроснабжения

Руководитель работы: доцент Мадис Лехтла

Ключевые слова: Программируемый контроллер, электропривод с частотным управлением, преобразователь частоты, очистка воды, проектирование, электроснабжение, интерфейс пользователя, передача данных

Реферат:

Цель этой работы ознакомиться с автоматизацией очищения воды в медицинском учреждении. Точнее рассмотреть решение проблемы автоматизации очищения воды в Северо-Эстонской региональной больнице, С корпусе.

Работа рассматривает проект автоматизации очищения воды, все требования и стандарты для его выполнения. В работе обсудили промышленный контроллер, его дополнительные модули, операторские панели, электро-и автоматизацию щита оборудования очищения воды. Программу промышленного контроллера снабженную руководством управления. Осложняет объект то, что в медицинских учреждениях действуют высокие требования к работоспособности и надежности к внешним ситуациям, что возлагает большую ответственность на автоматизацию. В конце работы рассмотрим систему в работе с февраля 2014 года.

В пояснениях выписаны важнейшие параметры оборудования и основные схемы. Номинальная энергетическая установка 3,7КВ, номинальное напряжение 3*230/400В, система проводки TN-S. Для программирования запчастей использовано пограммное обеспечение Simens SIMATIC TIA Portal V11 и Danfoss MCT 10. При проектировании электро-и автоматизацию щита использовано пограммное обеспечение AutoCAD.

ATV70LT

Water treatment in Medical facility

Mati Uustal, student code 111416AAAM, May 2014. – 88 pages

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY * Faculty of Power Engineering

Department of Electrical Engineering

Chair of Electrical Drives and Electricity Supply

Tutor of the work: assistant professor Madis Lehtla

Key words: Programmable logic controller, frequency controlled electrical drive, frequency converter, water treatment, electrical design, electrical installation, human machine interface, communication

Summary:

The purpose of this thesis is to describe water treatment automation in medical facility. In detail there is covered how water treatment automation system of Unit C in North Estonian Regional hospital is being solved. As a result of this water treatment automation system is being designed. The given task is complex due to high reliability and immunity requirements for water treatment in medical facility. This system is required to be very liable.

Present thesis is describing water treatment automation system design and implementation processes plus requirements and standards for this project. Furthermore there is specified following topics – programmable logic controller (PLC) with additional modules, human machine interface (HMI), water treatment devices plus electrical and automation switchboard. Programmable logic controller programs are represented as algorithms.

Important parameters and principle or design schemes are represented with each device. Nominal power of electrical installation is 3,7 kW, rated voltage is 3x230/400 V and electrical supply system is TN-S. Computer programs Siemens SIMATIC TIA Portal V11 and Danfoss MCT 10 are used for programming devices. Layout and electrical design of electrical and automation switchboard is designed using AutoCAD.

SISUKORD

SISUKORD.....	7
MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE	9
1. EESSÕNA.....	11
2. LÜHENDID	12
3. SISSEJUHATUS	13
4. VEPUHASTUSSÜSTEEM	15
4.1 Ülevaade	15
4.2 Veepuhastusseadmed.....	18
4.2.1 Pöördosmoosisüsteem	18
4.2.2 Elektrodeionisatsioonimooduliga pöördosmoosisüsteem.....	18
4.3 Pumbad	19
4.4 Veepuhastussüsteemi komponendid.....	21
4.5 Automaatikasüsteemi komponentide valik	22
4.5.1 Andurid.....	22
4.5.2 Programmeeritav tööstuskontroller	22
4.5.3 Operaatorpaneel	23
4.5.4 Elektri- ja automaatikakilp	24
4.6 Pumpade sagedusjuhtimine.....	24
4.6.1 Pumpade juhtimiseks kasutatud sagedusmuundurid	26
4.6.2 Sagedusmuundurisse integreeritud juhtimisfunktsioonid.....	28
4.6.3 Pumba mootori juhtimine	32
4.6.4 Veetrassi rõhu reguleerimine PI regulaatoriga	32
4.6.5 Puhketalitlus pumba sagedusjuhtimisel.....	34
5. AUTOMAATIKASÜSTEEMI TEHNILINE LAHENDUS.....	37
5.1 Programmeeritava kontrolleri ülevaade.....	37
5.2 Operaatorpaneel	39
5.3 Rõhuandur.....	41
5.4 Kuluandur	41
5.5 Nivooandur	42
5.6 Temperatuuriandur	42
5.7 Elektri- ja automaatikakilbi projekteerimine	43
6. TARKVARA.....	47
6.1 Arendustarkvara	47
6.2 Juhtimisprogrammi koostamine	47
6.3 Programmeeritava kontrolleri sisendid ja väljundid	48
6.4 Sidelahendus	50

6.5	Visualiseerimisrakendus	52
6.6	Juhtimisalgoritmid.....	57
6.6.1	Nivoo juhtimine	57
6.6.2	Pöördklapi juhtimine	59
6.6.3	Pumpade juhtimine.....	61
6.6.4	UV-lambi juhtimine	63
6.7	Sisendite ja väljundite katsetamine	64
6.8	Juhtimisprogrammi katsetamine	64
7.	ELEKTRI- JA AUTOMAATIKAKILBI TEMPERATUUR	67
	KOKKUVÕTE.....	69
	KASUTATUD KIRJANDUS	71
	L I S A D	75
	Lisa 1. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 1	77
	Lisa 2. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 2	78
	Lisa 3. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 3	79
	Lisa 4. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 4	80
	Lisa 5. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 5	81
	Lisa 6. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 6	82
	Lisa 7. Elektri- ja automaatikakilbi tehniline spetsifikatsioon.....	83
	Lisa 8. Elektri- ja automaatikakilbi pilt	84
	Lisa 9. EDI RO veepuhastusseadme pilt	85
	Lisa 10. DI RO veepuhastusseadme pilt	86
	Lisa 11. EDI mahuti pilt.....	87
	Lisa 12. DI mahuti pilt	88

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Elektrotehnika instituut

KOOSKÕLASTATUD

Prof. T. Lehtla.....

..... 2014

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Mati Uustal, üliõpilaskood 111416AAAM

Magistritöö teema: Veepuhastuse automaatika meditsiini-asutustes

Ülesanne: Projekteerida veepuhastuse automaatikasüsteem koos sagedusjuhitavate pumpadega

Lähteandmed:

1. Süsteemi plokkskeem
2. Seadmete andmelehed
3. Pöördosmoos veepuhastusseadmete tööjoonised ja manuaalid
4. Tellija nägemused ja soovid

Lahendamisele kuuluvate probleemide loetelu:

Lahendada veepuhastuse automaatikasüsteem järgnevas mahus:

1. Programmeeritava kontrolleri ja juhtpaneeli programmeerimine
2. Sagedusmuundurite seadistamine
3. Juhtkilbi tarvikute valimine ja kilbi komplekteerimine
4. Muundurite ja kontrolleri sidumine pöördosmoos veepuhastusseadmetega
5. Andmeside keskjuhtimissüsteemiga.

Magistritöö esitada eesti keeles kahes eksemplaris koos eesti- ja kahe võõrkeelse referaadiga hiljemalt 09.06.2014

Juhendaja:

Ülesande vastu võtnud:

Dotsent M. Lehtla

Üliõpilane M. Uustal

1. EESSÕNA

Lõputöö teema anti välja firma OÜ System poolt ja töö tegemiseks vajaliku informatsiooni ning algandmed sain samuti sealt. Täna enda juhendajat Madis Lehtlat ja projektijuhti Peeter Uustali firmast OÜ System asjalike soovitude ning kommentaaride eest.

Magistritöö teema on valitud autori isiklikust huvist automaatika ja protsessijuhtimise süsteemide vastu. Veepuhastuse automaatikasüsteem valmis firmade OÜ System ja Aquatehnika [1] OÜ koostöös. Firma Aquatehnika osaks oli veepuhastusseadmete tarnimine ja paigaldamine. Systemi ülesandeks oli veepuhastussüsteemi automatiseerimine ja juhtimine.

2. LÜHENDID

1. EDI – Elektrodeionisatsioonimooduliga pöördosmoosi tehnoloogial põhinev veepuhastusseade
2. DI – Pöördosmoosi tehnoloogial põhinev veepuhastusseade
3. PLC – Programmeeritav tööstuskontroller
4. RFI – raadiosageduslikud häiringud
5. USB – Universaalne järjestiksiin
6. UV – Ultraviolett
7. PID – Proportsionaalne - integraalne - tuletuslik

3. SISSEJUHATUS

Töös käsitletakse tsentrifugaalpumpade elektriagamite sagedusjuhtimist, mis on tänapäeval üheks energeetiliselt tõhusaimaks viisiks veetrassi rõhu reguleerimisel.

Puhta vee tootmisel on pöördosmoosi tehnoloogia üsnagi levinud, eriti seetõttu, et protsessi käigus ei kasutata kemikaale. Antud tehnoloogiat kasutatakse laialdaselt veepuhastuses ja mereveest joogivee tootmisel. Kõne all olev veepuhastussüsteem hõlmab kahe erineva puhtusastmega veepuhastussüsteemi juhtimist ja protsessi-, nivoo-, kulu- ja alarmisignaalide edastamist tööstuskontrollerisse ja sealt edasi kohalikku keskarvutisse, kus toimub süsteemi pidev seire. Keskarvutis toimub veepuhastusprotsessi andmete ja väärtuste pidev arhiveerimine ning analüüsimine.

Automaatikasüsteemi projekteerimise peamine keerukus seisneb tööstuskontrolleri ja selle lisade sh. operaatorpaneeli programmeerimisel ning seadistamisel. Vaatluse all on ka sagedusmuunduri juhtimine ja funktsioonid. Põhilisteks töövahenditeks olid firma Siemens TIA Portal V11 tarkvarapakett, raalprojekteerimispakett AutoCAD ning hilisema seadistamise käigus veel sagedusmuunduri seadistusprogramm Danfoss MCT10. Elektri- ja automaatikakilbi joonised ja elektriskeemid said tehtud joonestustarkvaras Autocad. Tööstuskontrolleri, operaatorpaneeli ja lisamoodulite seadistamiseks kasutati nende tootja tarkvarapaketti (TIA Portal V11). Tööstuskontrolleri ja lisamoodulite programmeerimine toimus kontrolleri põhimoodulil paikneva Ethernet kohtvõrgu pistikupesa kaudu. Operaatorpaneeli programmeerimiseks kasutati samuti selle Ethernet'i ühenduspesa. Sagedusmuunduri programmeerimine toimus universaalse järjestiksiini (USB) kaabli kaudu.

Käesoleva magistriöö eesmärgiks on tutvustada veepuhastuse automaatikasüsteemi ja luua töövahendeid, mis võimaldaksid ka tulevastel projekteerijatel sarnaseid ülesandeid paremini

ning kiiremini lahendada. Struktureeritumalt käsitleb neid iga järgnev peatükk käesolevas töös.

Magistritöö põhiosa jaguneb neljaks erinevaks peatükiks.

Esimene osa annab ülevaate töös käsitletud veepuhastussüsteemist. Üldisemalt kirjeldatakse süsteemi ülesehitust ja selle komponentide vajalikkusest antud süsteemi. Süsteemi toimimist kirjeldatakse selle eskiisiga. Antakse ülevaade veepuhastusseadmetest ja nendes kasutusel olevast tehnoloogiast ning rõhutõstepumpade põhiparameetritest ja töökarakteristikutest. Töös kirjeldatakse valmimisel kasutatud nõudeid ja nende seost antud süsteemiga. Samas peatükis käsitletakse veel tsentrifugaalpumpade sagedusjuhtimist ja energiasäästu võimalusi selle juures.

Teine osa keskendub veepuhastuse automaatikasüsteemi komponentide kirjeldamisele. Vaadeldakse valitud tööstuskontrolleri, operaatorpaneeli ja lisamoodulite põhimõtteid, funktsioone ja omadusi. Välja on toodud protsessi juhtimiseks vajalike andurite tähtsamad omadused. Kirjeldatakse elektri- ja automaatikakilpi kuhu on koondatud kogu automaatikasüsteemi juhtimine. Lühidalt antakse ülevaade kilbiga seonduval elektriohutusel.

Kolmas osa keskendub programmeeritava kontrolleri tarkvarale poolele. Sissejuhatavalt vaadeldakse programmeerimiskeskonda TIA Portal V11, kus tööstuskontroller, operaatorpaneel ja lisamoodulid programmeeritud on. Kirjeldatakse kontrolleri sisendite ja väljundite kasutamist ning nendesse ühendatud komponente. Antakse ülevaade kontrolleri ja operaatorpaneeli ning kontrolleri ja keskarvuti vahelisest sidest, selle vajalikkusest ja toimimise põhimõtetest. Detailsemalt peatutakse operaatorpaneeli visualiseerimiskandusel ning antakse ülevaade operaatorpaneeli erinevatest kuvadest ja nende võimalustest.

Neljäs osa kirjeldab elektri- ja automaatikakilbi sisetemperatuuri arvutusi ja analüüsi.

Lisadest leiab elektri- ja automaatikakilbi teostusjoonised, pilte kilbist ja veepuhastussüsteemi ruumist.

4. VEEPUHASTUSSÜSTEEM

4.1 Ülevaade

Töös käsitletav veepuhastussüsteem, mis on kujutatud eskiisina joonisel 4.1, paikneb meditsiiniastutuse veepuhastusruumis. Süsteemi peamised osad on elektri- ja automaatikakilp, mahutid, pumbad, klapid, andurid ning pöördosmoosi ja elektrodeionisatsiooni tehnoloogial põhinevad veepuhastusseadmed.

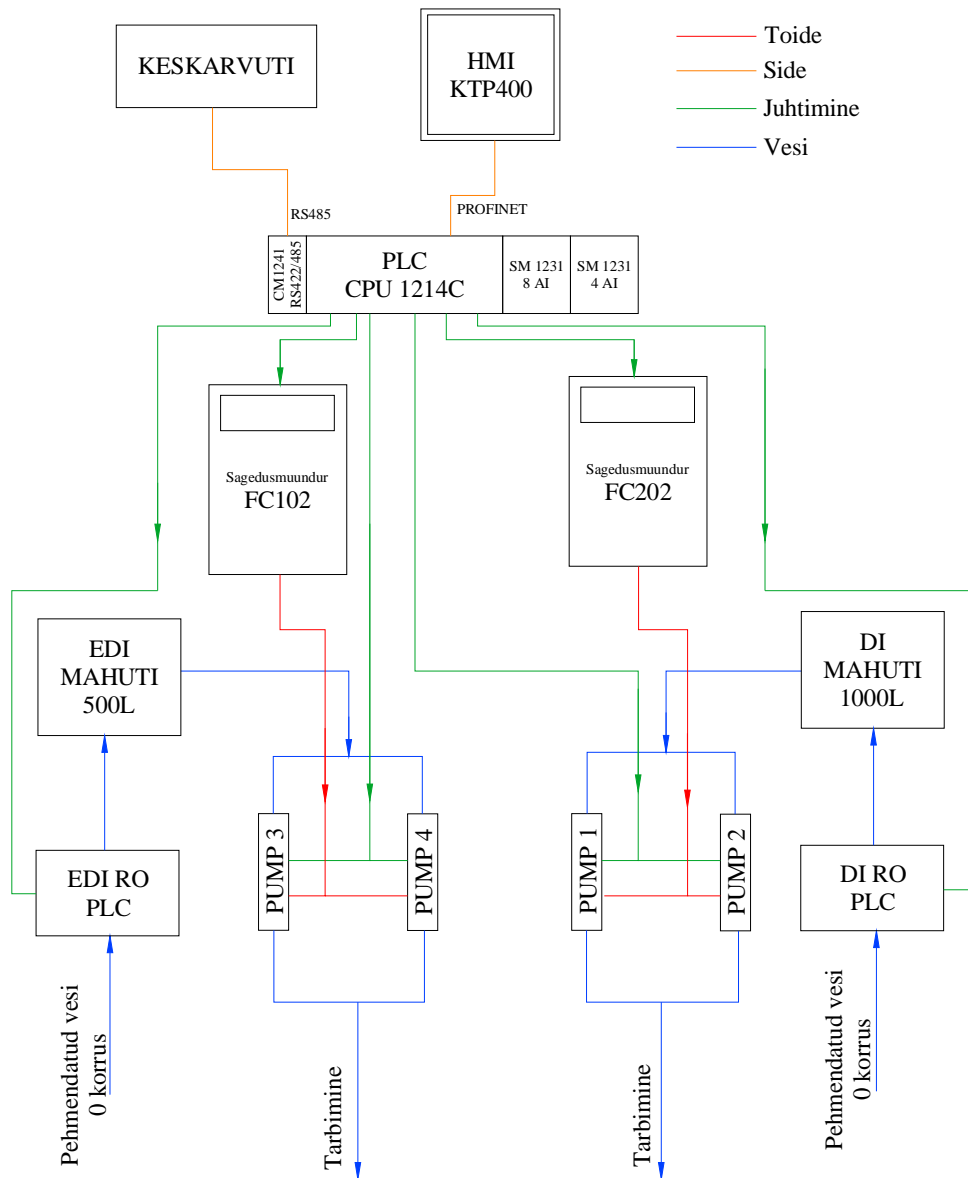
Vee puhastamine toimub kahes erinevas puhtusastmes ja seda kahes erinevas veepuhastusseadmes. Puhtam aste põhineb pöördosmoosi ja elektrodeionisatsiooni tehnoloogial (EDI). Teine, vähem puhtam aste, põhineb vaid pöördosmoosi tehnoloogial (DI). EDI tehnoloogia abil saavutatakse ülipuhas vesi. Mõlema seadme tootja on Herco, EDI mudel on UP 1100 (joonis 4.2 b) ja DI mudel UO 2000 ND (joonis 4.2 a).

Veepuhastusprotsessi juhtimiseks vajaliku informatsiooni saab tööstuskontroller sisenditesse ühendatud anduritest ja sagedusmuunduri ning veepuhastusseadmete signaalidest. Vastavalt etteantud programmile juhib kontroller väljundite külge ühendatud seadmeid. Kontrolleri külge on sidekaabliga (UTP, CAT6) ühendatud operaatorpaneel, kus toimub veepuhastusprotsessi muutujate kuvamine, selle parameetrite määramine ja diagnostika alarmide näol. Kontroller edastab Modbus RTU protokolliga RS485 sideliidese kaudu keskarvutisse protsessi mõõteväärtused ja veateated. Keskarvuti poolt veepuhastussüsteemi juhtimist ei toimu.

Veepuhastuse automaatikasüsteemi ülesanded on järgmised:

1. EDI ja DI mahutite nivoode juhtimine
2. EDI ja DI trassi rõhkude hoidmine konstantsetena

3. EDI mahuti ultraviolettlambi (UV-lambi) juhtimine
4. Mõõteandmete ja signaalide saatmine keskarvutisse
5. Mõõteväärtuste ja signaalide kuvamine operaatorpaneelil
6. Pöördklapi juhtimine



Joonis 4.1. Veepuhastuse automaatikasüsteemi eskiis

Joonisel 4.1 kujutatud eskiisil on näidatud veepuhastuse automaatikaskeemi toite-, side- ja juhtimisühendused ning veetrass. Jõuosa skeemil kujutavad 2 sagedusmuundurit ja 4 rõhutõstepumpa. Pumbad 1 ja 2 ning sagedusmuundur FC202 kuuluvad DI süsteemi. Pumbad 3 ja 4 ning sagedusmuundur FC102 kuuluvad EDI süsteemi. Pumbad töötavad vaheldumisi intervalliliselt, nii on üks alati reservis. Pehmendatud vesi liigub 0 korrusel mööda torustikku EDI ja DI veepuhastusseadmetesse ning sealt edasi vastavatesse plastmahutitesse. Rõhutõstepumba abil antakse puhastatud vesi mahutist tarbijani. Sagedusmuunduri, EDI, DI ja pumpade tööd juhib tööstuskontroller.



a)



b)

Joonis 4.2. a) Pöördoosmoosi seade UO 2000 ND [2],
b) Elektrodeionisatsiooniga pöördoosmoosi seade UP 1100 [3]

4.2 Veepuhastusseadmed

4.2.1 Pöördosmoosisüsteem

Osmoosil põhinevad peaaegu kõik looduslikud metaboolsed protsessid. Kui kaks erineva kontsentratsiooniga lahust on eraldatud üksteisest pool-läbilaskva membraaniga, siis suurema kontsentratsiooniga lahus lahjeneb lahjema arvelt. Osmoos kestab kuni osmootiline tasakaal on saavutatud [4]. Pöördosmoosi korral on protsess vastupidine ja selleks tuleb kontsentreeritud lahusele avaldada lisarõhku. Lisarõhk peab olema märksa kõrgem, kui osmootne rõhk, mis tekib erinevate kontsentratsioonidega lahuste vahel. Osmootsest rõhust suurema rõhu rakendamisel saab lahusti molekulid suruda läbi vett osaliselt läbilaskva membraani puhtasse lahusesse [5].

Pöördosmoosiga veepuhastussüsteemi (DI) maksimaalne tootlikus on 2000 l/h, kaitseaste IP54 ja toiteühendus 3 x 400V 50Hz [2]. Järgnevalt on kirjeldatud selle süsteemi tööd.

Pehmendatud vesi juhitakse läbi peenfiltri (5 µm filter) ringluspumba veesegamise sõlme. Seal tõstetakse oluliselt vee rõhku (13 – 15 baari), et see läbistaks sünteetilise pool-läbilaskva membraani. Kõrge rõhu tõttu ainult osa vett (75 % veest) läbib membraani. Ülejäänud osa (25 % veest) veest juhitakse koos soolade, kolloidide, mikroobide ja pürogeenidega kanalisatsiooni. Süsteem töötab ringprotsessina. Seadet läbinud vesi kogutakse 1000 l plastmahutisse, mis on varustatud tasemeandurite ja HEPA õhufiltriga. Rõhutõstepumba abil juhitakse vesi kogumismahutist tarbijani [6].

4.2.2 Elektrodeionisatsioonimooduliga pöördosmoosisüsteem

Elektrodeionisatsiooniga pöördosmoosiga veepuhastussüsteemi (EDI) maksimaalne tootlikus on 1100 l/h, kaitseaste IP54 ja toiteühendus 400 V 50 Hz [3]. Järgnevalt on kirjeldatud selle süsteemi tööd.

Pehmendatud vesi juhitakse läbi peenfiltri (5 µm filter) ringluspumba veesegamise sõlme. Seal tõstetakse oluliselt vee rõhku (13 – 15 baari), et see läbistaks sünteetilise pool-läbilaskva

membraani. Kõrge rõhu tõttu läbib osa veest membraani. Läbi tunginud vesi omab elektrijuhtivust 5...15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja see suunatakse edasi EDI moodulisse, kus toimub soolade eemaldamine. Sooladest puhastatud vesi on elektrijuhtivusega kuni 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Osa ülejäänud veest juhitakse koos soolade, kolloidide, mikroobide ja pürogeenidega kanalisatsiooni ning teine osa juhitakse ringiga uuesti membraanini [7].

4.3 Pumbad

Süsteem koosneb neljast rõhutõstepumbast, kus korraga töötavad 2 pumba ja 2 on reservis. Kasutusel on firma Ebara MATRIX 5-7T/1,5 pumbad (joonis 4.3). Pumba mootoriks on 1,5kW kahepooluseline 3-faasiline asünkroonmootor. Mähiste isolatsiooniklass on F ja pumba üldine kaitseaste IP55. Pumbal on kokku 7 tiivikut. Tähtsamatest parameetritest annab ülevaate tabel 4.1.

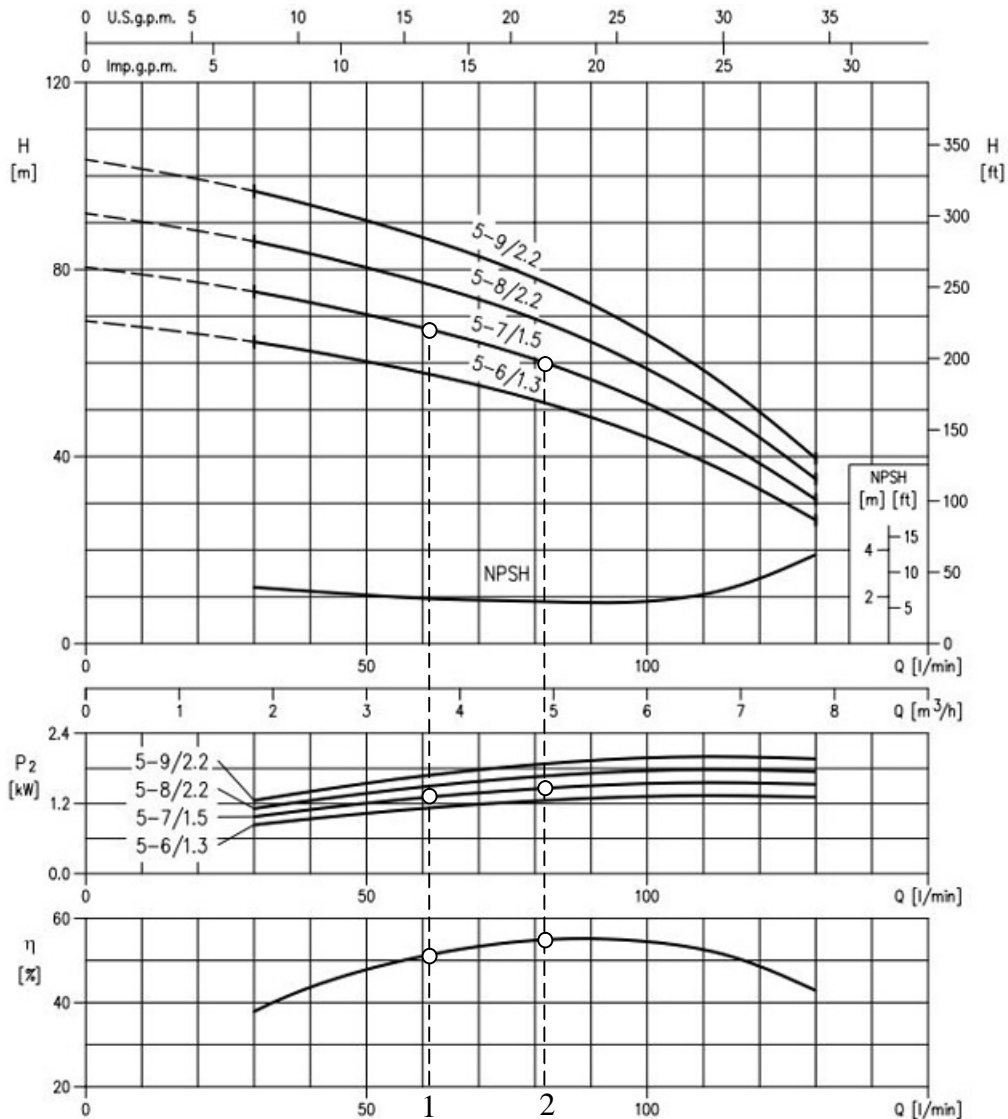


Joonis 4.3 Pump Ebara MATRIX 5-7T/1,5 [8]

Tabel 4.1 Pumba Ebara MATRIX 5-7T/1,5 tehnilised andmed [9]

Parameeter	Selgitus/märkus
Mootori tüüp	2 - pooluseline 3-faasiline asünkroonmootor
Võimsus	1,5 kW
Kasutegur nimivõimsuse juures	84,2 %
Sünkroonkiirus	1500 p/min
Kaal	18,7 kg
Maksimaalne töö rõhk	10 baari
Maksimaalne töötemperatuur	110 °C
Isolatsiooni klass	F
IP klass	IP55
Maksimaalne töökeskkonna temperatuur	40 °C

Pumba graafikud näitavad pumba tööd erinevates tööpunktides. Allolevad graafikud (joonis 4.4) iseloomustavad pumba imemiskõrguse ja vooluhulga, võimsuse ja vooluhulga ning kasuteguri ja vooluhulga vahelisi seoseid.



Joonis 4.4 Pumba tööarakteristik [9]

Joonisel 4.1 on kujutatud pumba töövahemikku:

Punktis 1 on pumba sagedus 36 Hz ja tootlikus 3,6 m³/h, alla selle väärtuse läheb pump puhketalitusse. Punktis 2 on pumba sagedus 49 Hz ja tootlikus 4,9 m³/h.

4.4 Veepuhastussüsteemi komponendid

Tabelis 4.2 on toodud EDI veepuhastussüsteemi ja tabelis 4.3 DI veepuhastussüsteemi komponendid.

Tabel 4.2 EDI veepuhastussüsteemi komponendid

Nr.	Komponent	Selgitus
1	EDI seade	UP 1100
2	2 rõhutõstepumpa	Ebara MATRIX 5-7T/1,5
3	Mahuti temperatuuriandur	Danfoss MBT 3560, 4...20 mA, 0...100 °C
4	Veemahuti	500 l
5	Nivooandur	Danfoss MBS 4510, 4...20 mA, 0...0,25 baari
6	Rõhuandur	Danfoss MBS 3000, 4...20 mA, 0...10 baari
7	Kuluandur	Huba Control Type 210, 0...20 mA, 5 - 85 l/min
8	UV-lamp	Paigaldatud mahutisse, 40 W
9	Piirnivoo andurid (ujukid)	Mahuti ala- ja ületäituvuse indikaatorid

Tabel 4.3 DI veepuhastussüsteemi komponendid

Nr.	Komponent	Selgitus
1	DI seade	UO 2000 ND
2	2 rõhutõstepumpa	Ebara MATRIX 5-7T/1,5
3	Mahuti temperatuuriandur	Danfoss MBT 3560, 4...20 mA, 0...100 °C
4	Veemahuti	1000 l
5	Nivooandur	Danfoss MBS 4510, 4...20 mA, 0...0,25 baari
6	Rõhuandur	Danfoss MBS 3000, 4...20 mA, 0...10 baari
7	Kuluandur	Huba Control Type 210, 0...20 mA, 5 - 85 l/min
8	Piirnivoo andurid	Mahuti ala- ja ületäituvuse indikaatorid

4.5 Automaatikasüsteemi komponentide valik

4.5.1 Andurid

Automaatikasüsteemi juhtimiseks ja reguleerimiseks on vaja mõõte veepuhastusprotsessi parameetrite väärtusi. Mõõtmiseks on vaja kasutada erinevaid andureid. Projektis on kasutatud rõhu-, nivoo-, kulu-, piirnivoo- ja temperatuuriandureid.

EDI ja DI mahutites on mõlemas 2 piirnivoo andurit, mis signaliseerivad üle- ning alatäituvust mahutites. Ruumi põrandal on kanalisatsioon trapp, kuhu on paigaldatud uputusandur, mis signaliseerib kanalisatsiooni ummistusest.

4.5.2 Programmeeritav tööstuskontroller

Programmeeritav tööstuskontroller (PLC) võimaldab süsteemis vajadusel paindlikult muuta. Modulaarse PLC puhul saab juurde lisada laiendusmoduleid. Kontrolleri eluaja jooksul on võimalik programmi vastavalt muutustele ümber programmeerida seni, kuni tarkvara arendaja selle versiooni jaoks mõeldud operatsioonisüsteemi uuendustega kaasas käib.

Programmeeritava kontrolleri käsud salvestatakse ümberprogrammeeritavasse püsimälusse (EEPROM), mis võimaldab toitekatkestuse järel naasta normaalse programmi täitmise juurde. Lihtsamatel kontrolleritel on püsimälu vähem, võimaldades vaid teatud suurusega programme. Tavaliselt on mälu maht sõltuvuses sisendite ja väljundite arvust. Mõne tootja puhul võib sama seeria odavamatel kontrolleritel olla ka vähem kasutatavaid valmis käske ja funktsioone.

Vastavalt standardile IEC 61131 on PLC tööstuslikku keskkonda mõeldud digitaalseid ja analoogandmeid töötlev elektrooniline süsteem. Kasutaja programmeeritud ülesannete, loendamiste, tehete ja loogika hoidmiseks kasutatakse sisemist ümberprogrammeeritavat mälu. Analoo- ja digitaalsisendite ning analoo- ja digitaalväljundite abil juhitakse erinevaid protsesse ja süsteeme [11].

PLC-d on järjest rohkem seotud erinevate sideseadmetega, see võimaldab seadmete paremat integreerimist süsteemidesse, visualiseerimist ja kaughaldust. Selle tõttu on tõusnud ka nõudmised PLC-dele. Operaator või kvalifitseeritud haldaja võib tänapäeval asuda tuhandete kilomeetrite kaugusel hallatavast objektist.

Tehnilisest ülesandest tulenevalt tuleb PLC paigaldada elektri- ja automaatikakilpi ning sinna koondada kõik veepuhastusprotsessi juhtimis-, jälgimis- ja mõõtesignaalid. PLC peab omama piisavalt sisendeid ja väljundeid, et tagada kõik protsessi juhtimiseks vajalikud signaalid ja juhtimisfunktsioonid. PLC peab olema modulaarne. PLC juhtimiseks tuleb kasutada operaatorpaneeli, mis on sideliidese kaudu ühendatud PLC-ga ja paigaldatud kilbi uksele. PLC riistvara ja tarkvara peavad vastama standardile IEC 61131-3 [12].

Mõõteväärtused tuleb edastada Modbus RTU protokolliga kasutades keskarvutisse. Veepuhastussüsteem peab side rikke korral autonoomselt edasi töötama. Kontrolleri sidustalitluses jälgimine ei tohi segada süsteemi normaalset.

4.5.3 Operaatorpaneel

Operaatorpaneel peab olema piisavalt suur veepuhastusprotsessi arusaadavaks visualiseerimiseks. Operaatorpaneel peab omama sisemist alarmilogi ja kuvama hetkel aktiivseid alarme. Omama vastavat IP klassi paigalduseks kilbi uksele. Operaatorpaneel tuleb ühendada sidekaabli abil (UTP, CAT6) tööstuskontrolleriga.

Operaatorpaneelil tuleb kuvada:

1. Visuaalselt mahutite nivood
2. Numbriliselt analoogsuuruseid
3. Puuetundlikke nuppe erinevate automaatika komponentide sisse või välja lülitamiseks
4. Alarme

4.5.4 Elektri- ja automaatikakilp

Elektri- ja automaatikakilp AK2 peab olema antud keskkonnale sobiva IP klassiga. Kilpi tuleb jätta 20% reservruumi. Kilpi on ette nähtud üks peakaitseüliti ja igale ahelale või seadmele oma kaitseüliti. Kaitseülitite valikul lähtutakse seadmete maksimaalsest võimsusest ja selektiivsusest. Kaitseülitid ja seadmed peavad olema tähistatud siltidega. Kõik sissetulevad kaablid ühendada klemmliistule. Kilpi paigaldatavad komponendid on toodud tabelis 4.4.

Tabel 4.4 Kilpi paigaldatavad komponendid

Nr.	Nimetus	Tootja, seade
1	Tööstuskontroller	Siemens Simatic S7-1200 CPU1214
2	Analoogmoodul	Siemens Simatic S7-1200 SM1231 8AI
3	Analoogmoodul	Siemens Simatic S7-1200 SM1231 4AI
4	Sidemoodul	Siemens Simatic S7-1200 CM1241 RS422/485
5	Operaatorpaneel	Siemens Simatic KTP400 Basic mono PN
6	Toiteplokk	Siemens Logo 230VAC/24VDC(2,5A)
7	Faasirelee	Lovato PMW55 3x400VAC
8	Voolu kontrollirelee	Schneider Electric 0,15...1,5A
9	Sagedusmuundur	Danfoss VLT AQUA Drive FC202
10	Sagedusmuundur	Danfoss VLT HVAC Drive FC102

4.6 Pumpade sagedusjuhtimine

Algselt oli sagedusmuundur mõeldud üksnes mootori kiiruse sujuvaks reguleerimiseks. Tänapäeval on sagedusmuundurid muutunud palju targemaks, võimaldades juhtida mitte ainult elektrimootorit, vaid ka selle küljes olevat juhtimisobjekti. Sagedusmuundur võimaldab samas ka mootori kiirust juhtida laias vahemikus ja seda väga efektiivselt.

Asünkroonmootoriga juhitud tsentrifugaalpumpade ja ventilaatorite puhul kasutatakse enamasti sagedusjuhtimist. Sagedusjuhtimise kasutamisest tulenev majanduslik mõju avaldub eelkõige tsentrifugaalpumpade kiiruse reguleerimisel, sest veevärgis muutub tarbimine pidevalt ning trassi rõhku on vaja hoida ühtlasena. Samuti muutub veetarve nädala lõikes

oluliselt – öösel, hommikul, õhtul ja nädalavahetusel väike ning tööajal suur. Neid tingimusi arvesse võttes on sagedusjuhtimine tänapäeval ainuke energeetiliselt ja majanduslikult tõhus viis sellise süsteemi teostamiseks [13][14].

Järgnevalt on välja toodud sagedusjuhtimise eelised:

1. Väga täpne veerõhu reguleerimine
2. Mootori kõrgem kasutegur
3. Mootori pikem eluiga
4. Käivitamisel puudub voolutõuge
5. Käivitamisel puudub hüdroloök
6. Erinevad lisa – ja kaitsefunktsioonid
7. Energiasääst 50 – 70 %
8. Investeeringu suhteliselt lühike tasuvusaeg
9. Hooldekulude vähenemine

Tsentrifugaalpumpade kasutamisel kehtivad järgmised valemid:

$$Q_B = Q_A \cdot \frac{n_B}{n_A} \quad (4.1) [15]$$

$$H_B = H_A \cdot \left(\frac{n_B}{n_A} \right)^2 \quad (4.2) [15]$$

$$P_B = P_A \cdot \left(\frac{n_B}{n_A} \right)^3 \quad (4.3) [15]$$

$$M_A \sim n_A^2 \quad (4.4) [16]$$

$$P_A \sim n_A^3 \quad (4.5) [16]$$

Q_A – nimi vee vooluhulk

Q_B – madalam nimi vee vooluhulgast

n_A – nimisagedus

n_B – madalam nimisagedusest

H_A – nimitõstekõrgus

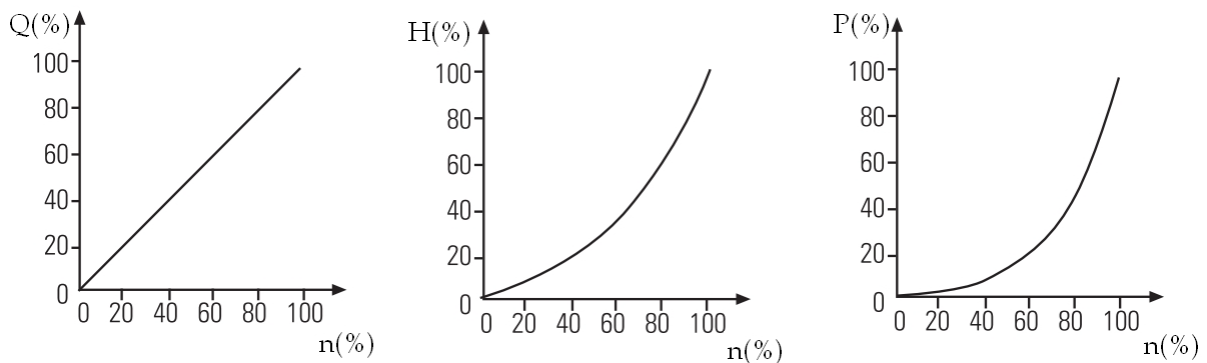
H_B – madalam nimitõstekõrgusest

P_A – nimivõimsus

P_B – madalam nimivõimsusest

M_A – moment

Nendest valemitest on näha, et pumba vooluhulk on otseselt sõltuv pumbale rakendatud sagedusest. Viimast vähendades langeb vooluhulk protsentuaalselt vastavalt sama palju. Sama ei juhtu aga võimsusega, võimsus väheneb oluliselt rohkem. Selle tulemusena saavutataksegi energiasääst. Pumba töögraafikuid kujutab joonis 4.5.



Joonis 4.5 Pumba töögraafikud [17]

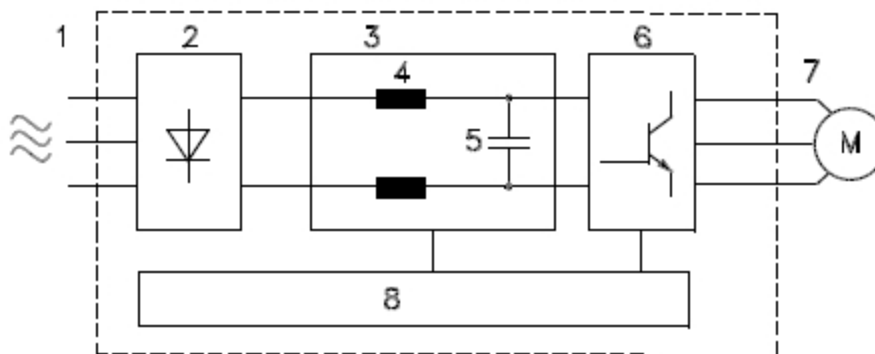
4.6.1 Pumpade juhtimiseks kasutatud sagedusmuundurid

Antud veepuhastussüsteemi pumpade elektri toite juhtimiseks on vaja kahte sagedusmuundurit. Sagedusmuundurid peavad olema valitud vastavalt pumpade võimsustele ning omama kaitsefunktsioone faasikatkestuse, lühise, ülekoormuse, üle- ja alapinge vastu. Sagedusmuunduril peab olema operaatorpaneel ning sisemine proportsionaalne - integraalne - tuletuslik (PID) regulaator. Sagedusmuunduri valikul tuleb arvestada pumba voolutarbe ja madala raadiosagedusliku häiringunivooga (RFI), sest samas kilbis asub tööstuskontroller ja selle lisad. Sagedusmuundur peab vastama elektromagnetilise ühilduvuse standarditele EN 61800-3 ja EN 61000.

Nõuded sagedusmuunduri sisenditele ja väljunditele:

1. Analoogsisendid – tagasiside rõhuandurilt
2. Digitaalsisendid – sagedusmuunduri käivitamine ja seiskamine
3. Digitaalväljundid – alarmid ja staatus tööstuskontrollerile

Töös kasutati firma Danfoss sagedusmuundurid FC102 ja FC202, mille ehitust kirjeldatakse joonisel 4.6. EDI süsteemi pumpade sagedusmuunduriks on Danfoss FC102 seeria sagedusmuundur nimivõimsusega 1,5kW. DI süsteemi pumpade sagedusmuunduriks on Danfoss FC202 seeria sagedusmuundur nimivõimsusega 2,2kW. Kaitseaste on mõlemal sagedusmuunduril IP 20, mis sobib kilbisiseseks paigalduseks. FC102 ja FC202 (Tabel 4.5) seeria sagedusmuundurid sobivad väga hästi asünkroonmootorite juhtimiseks, kus on oluline mootori optimaalne töörežiim ja energiasääst. Sagedusmuundurid on paigaldatud vastavalt standarditele EVS-EN 61000-6-4 [18] ja EVS-EN 61000-6-2 [19].



Joonis 4.6 Sagedusmuunduri Danfoss ehitus [20]

Sagedusmuundur saab toite 3-faasilisest toitesisendist (nr. 1). Seejärel toitepinge alaldatakse (nr. 2) ja suunatakse alalispinge siinile (nr. 3), misjärel alalispinge filtreeritakse alalisvoolu induktiivpoolis (nr. 4). Kondensaatorpatareid (nr. 5) kasutatakse alaldatud pinge silumiseks. Induktiivpool (nr. 4) koos kondensaatorpatareiga (nr. 5) moodustavad LC-filtri. Vaheldiga (nr. 6) vaheldatakse alalispinge pulsilaiusmodulatsiooni teel siinuspinget meenutavale impulsspinge kujule. Seejärel suunatakse impulsspinge mootoritoite klemmidele (nr. 7). Kogu seda protsessi juhib muundurisse sisse-ehitatud kontrolleri (nr. 8).

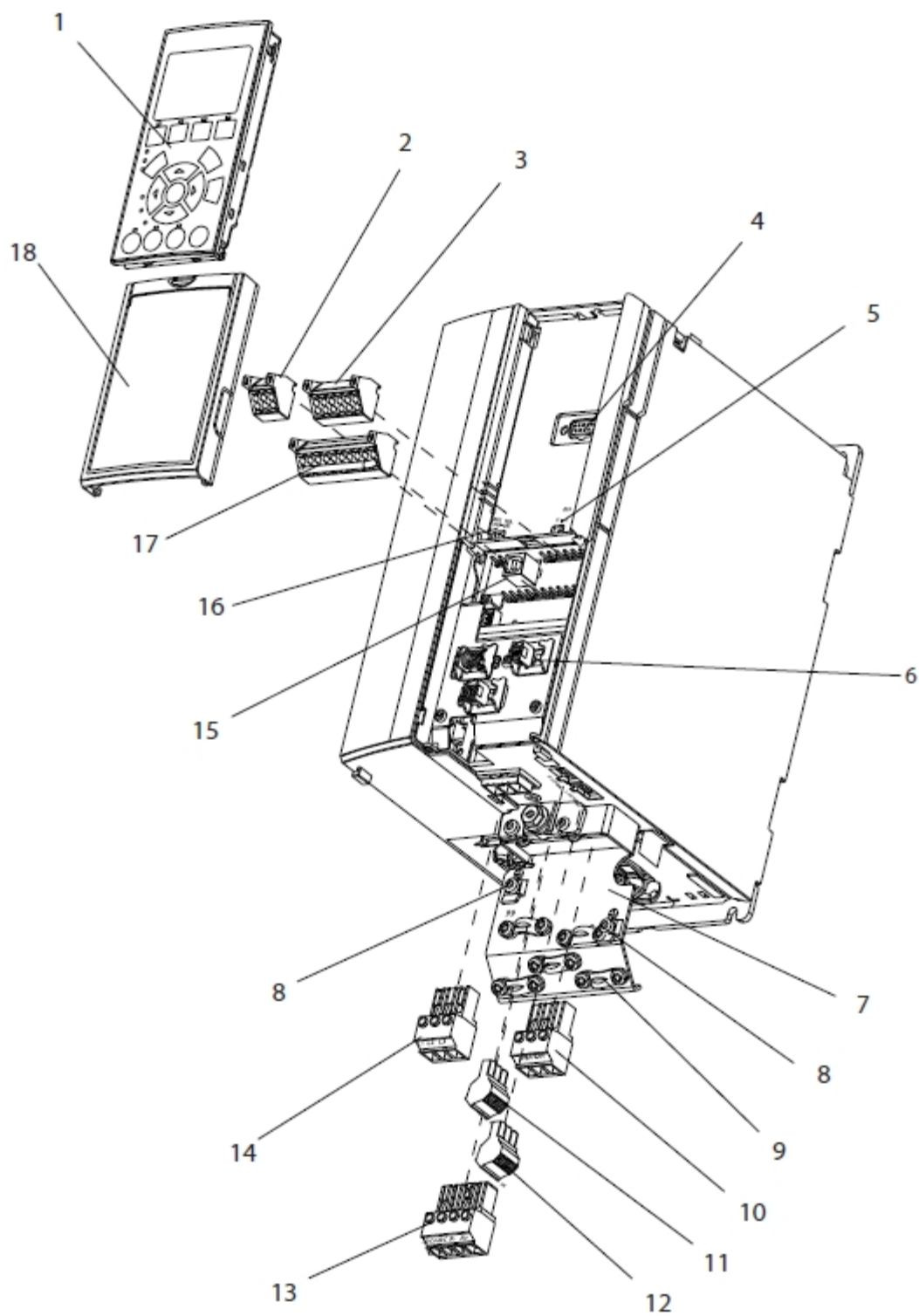
Tabel 4.5 Sagedusmuundurite FC102 ja FC202 tehnilised parameetrid [20][21]

Parameeter	Selgitus/märkus
Toitepinge	3x380-400 VAC
Võimsus	1,5 kW (FC202 – 2,2 kW)
IP klass	IP 20
Kasutegur nimivõimsusel	96 % (FC202 – 97 %)
Kaod	62 W (FC202 – 88 W)
Sageduse vahemik	0 – 590 Hz
Väljundpinge vahemik	0 – 100 %
Analoogsisendeid	2
Digitaalsisendeid	6
Digitaalväljundeid	4 (2 –releed)
Sideliides	RS485

4.6.2 Sagedusmuundurisse integreeritud juhtimisfunktsioonid

Sagedusmuundurid omavad sisemist PID regulaatorit ja sideliidest RS485. Samuti on sagedusmuundurile sisseehitatud kaitsefunktsioonid tuvastamaks lühist, võrgupingehäiringut sh. faasikatkestust jms. Automaatne PID regulaatori režiim võimaldab muunduril ise leida süsteemile vajalikud regulaatori parameetrid. Sageduse ja võimsuse mõõtmise alusel tuvastatakse pumba kuivkäik.

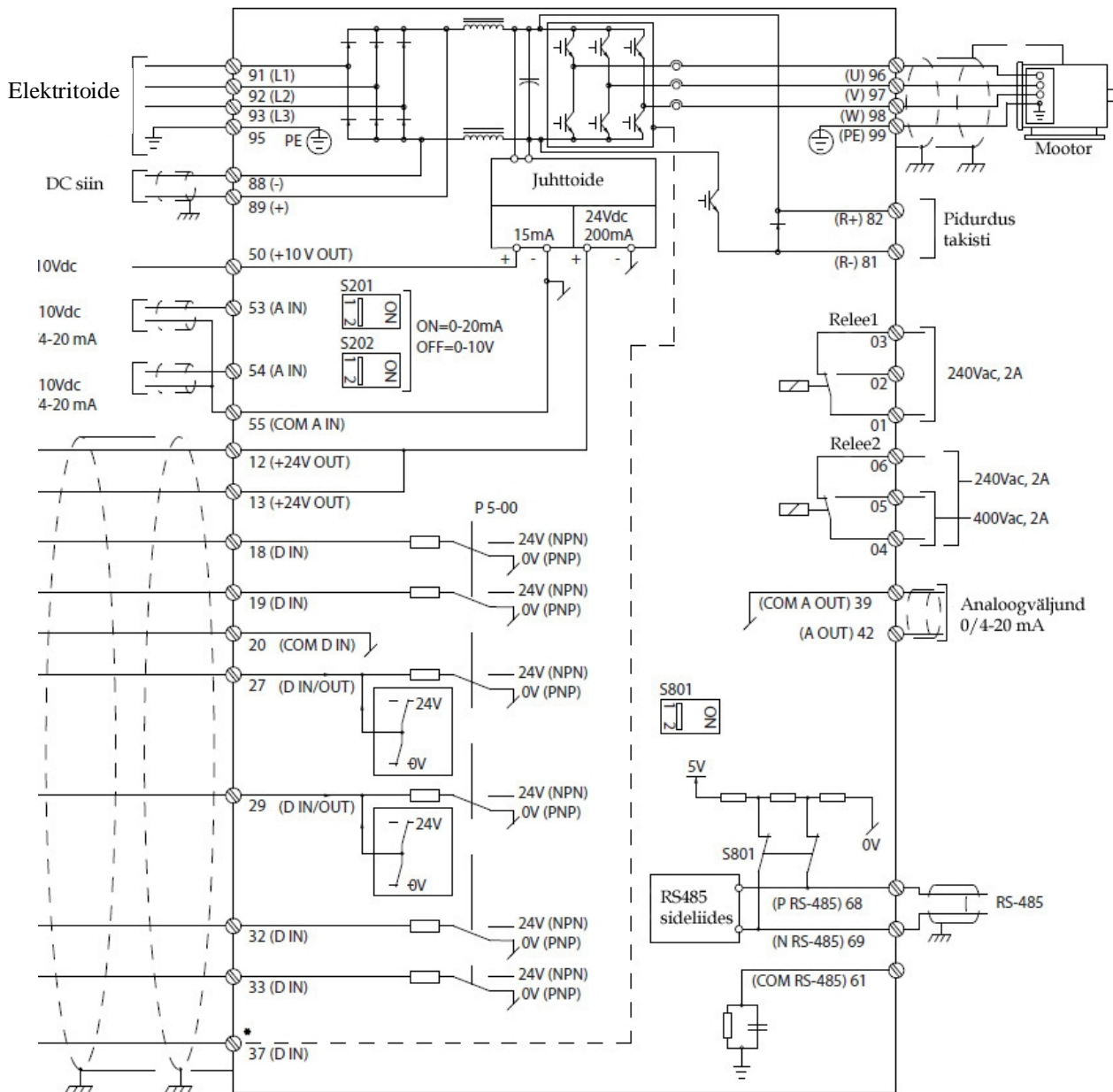
Sagedusmuunduri programmeerimine toimub muunduri peal oleval operaatorpaneelil või USB kaabliga, kasutades selleks tarkvarapaketti Danfoss MCT10. See võimaldab pumba vahetuse korral sagedusmuundurit ümberhäälestada. Operaatorpaneeli saab sagedusmuunduri pealt paigaldada näiteks kilbi uksele, selleks kasutatakse muunduri peal olevat operaatorpaneeli sideliidest ja RS232 kaablit. Laiendusena on võimalik nendele sagedusmuunduritele juurde lisada sisend-väljund moduleid. Ülevaate sagedusmuundurite FC102 ja FC202 ehitusest ning komponentides annavad joonis 4.7 ja tabel 4.6.



Joonis 4.7 Sageusmuundurite Danfoss FC102 ja FC202 ülesehitus [20]

Tabel 4.6 Sagedusmuundurite Danfoss FC102 ja FC202 ülesehitus [20]

Nr.	Nimetus	Kasutus veepuhastussüsteemis
1	Operaatorpaneel (LCP)	Pumba tööparameetrite jälgimine
2	RS485 sideliides	Ei kasutata
3	Analoogühenduste terminalid	Rõhu analoogsignaal
4	Operaatorpaneeli ühendus	Ei kasutata
5	Analooglülitid (A53, A54)	A53 – rõhuandur
6	Kaabli varje ühendusklemm	Signaalkaablite varjete maandamine
7	Kaabli kinnitusplaat	Kaabli kinnitamine
8	Maandusklemm	Sagedusmuunduri maandamine
9	Varjestatud kaabli kinnitusklamber	Kaabli kinnitus
10	Väljundklemmid mootorile	Mootori kaabliühendus
11	Väljundreele 1	Alarmi signaal
12	Väljundreele 2	Sagedusmuundur töösignaal
13	Pidurdustakisti lisamoodul	Ei kasutata
14	AC toite klemmid	Sagedusmuunduri toide
15	USB liides	Sagedusmuunduri programmeerimine
16	Serial ühenduse diplüliti	Ei kasutata
17	Digisisendid ja -väljundid	Sagedusmuunduri juhtimine
18	Kaitsekate	Sisendite ja väljundite kaitse



Joonis 4.8 Sagedusmuunduri sisendite/väljundite skeem [20]

Joonisel 4.8 on toodud sagedusmuunduri sisendite ja väljundite skeem ning tabelis 4.7 skeemile vastavad sisendid ja väljundid. Sagedusmuunduri juhtimiseks kasutatakse sisendit 18, muunduri töötamiseks peab sellel sisendil 24 V alalispinget peal olema. Relee väljund 1 on sagedusmuunduri alarmi ja relee väljund 2 on töö signaal. Juhtimise tagasisidena kasutatakse rõhuandurit, mis on ühendatud analoogsisendisse klemmile 53.

Tabel 4.7 Sagedusmuunduri sisend- ja väljundühendused [20]

Nimetus	Klemm(id)
Digitaalsisendid	18, 19, 27, 29, 32, 33
Digitaalväljundeid	27, 29
Releeväljundid	1 – 3, 4 – 6
Analoogsisendid	53, 54
Analoogväljund	42
Toitesisend	91, 92, 93
Alalispingsiin	88, 89
Pidurdustakisti	81, 82
Mootoritoide	96, 97, 98
RS485	61, 68, 69

4.6.3 Pumba mootori juhtimine

Mootori käivitusparameetritest on põhilised kiirendus- ja aeglustusrampide kestvused, käivitussagedus ja töösagedus.

Mootorit juhib sagedusmuundurisse sisseehitatud PID regulaator. Tagasisidena kasutatakse trassi rõhuandurit, mis väljastab 4...20 mA sagedusmuunduri analoogsisendisse. Rõhu seadepunktiks on 3 baari. Mootori käivitamisel kasutatakse kiirendusrampi kuni sageduseni 32 Hz, millest edasi alustab tööd PI regulaator. Mootori sageduse langemisel alla 36 Hz läheb sagedusmuundur puhketalitusse. Hüdroloökide vältimiseks kasutatakse pumpade järel hüdrofoori.

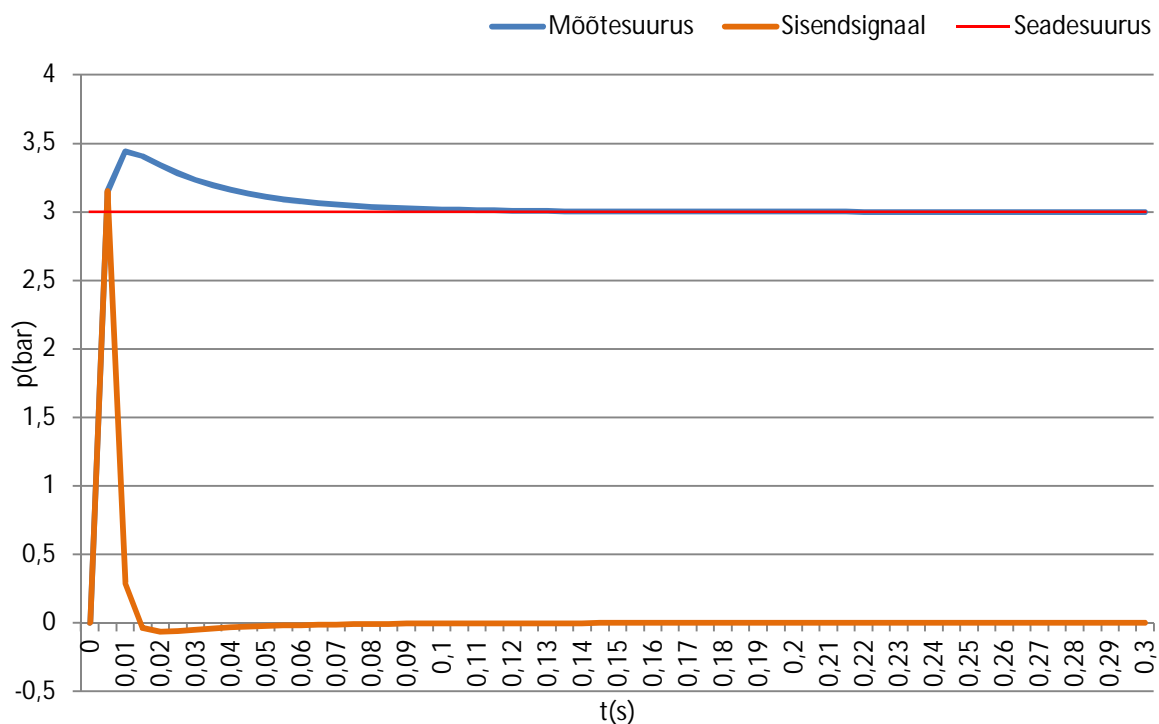
4.6.4 Veetrassi rõhu reguleerimine PI regulaatoriga

Tänu nende lihtsusele, heale juhitavusele ja stabiilsusele protsessi määramatuse suhtes on PID regulaatorid laialdaselt tööstuses kasutusel [22]. PID reguleerimine (joonis 4.9) on suletud kontuuriga juhtimismeetod. PID kontroller arvutab mõõte- ja seadeväärtuse vahelise nn.

juhtimisvea ning sellest sõltuvalt korrigeerib protsessi sisendväärtust. PID kontrolleri koosneb kolmest erinevast juhtimiskonstandist:

1. Proportsionaalne P tegur on sõltuv hetke juhtimisveast
2. Integraalne I tegur on summa eelnevatest juhtimisvigadest
3. Vea tuletis ehk D tegur on ennustus tuleviku juhtimisvigadest

PID regulaatori häälestamisel kerkivad üles probleemid nagu hüdrolöök, võnkumine ning üle- ja alareguleerimine. Pumba käivitumisel tekkivat hüdrolööki, võnkumist ja ülereguleerimist saab vähendada PID regulaatori juhtimiskonstantide väärtuste vähendamisega. Alareguleerimisel tuleb juhtimiskonstantide väärtusi suurendada. Tuleb leida optimaalne tasakaal protsessi reguleerimise kiiruse ja võimaliku ülereguleerimise vahel.



Joonis 4.9 PI regulaatori tunnusjooned [23]

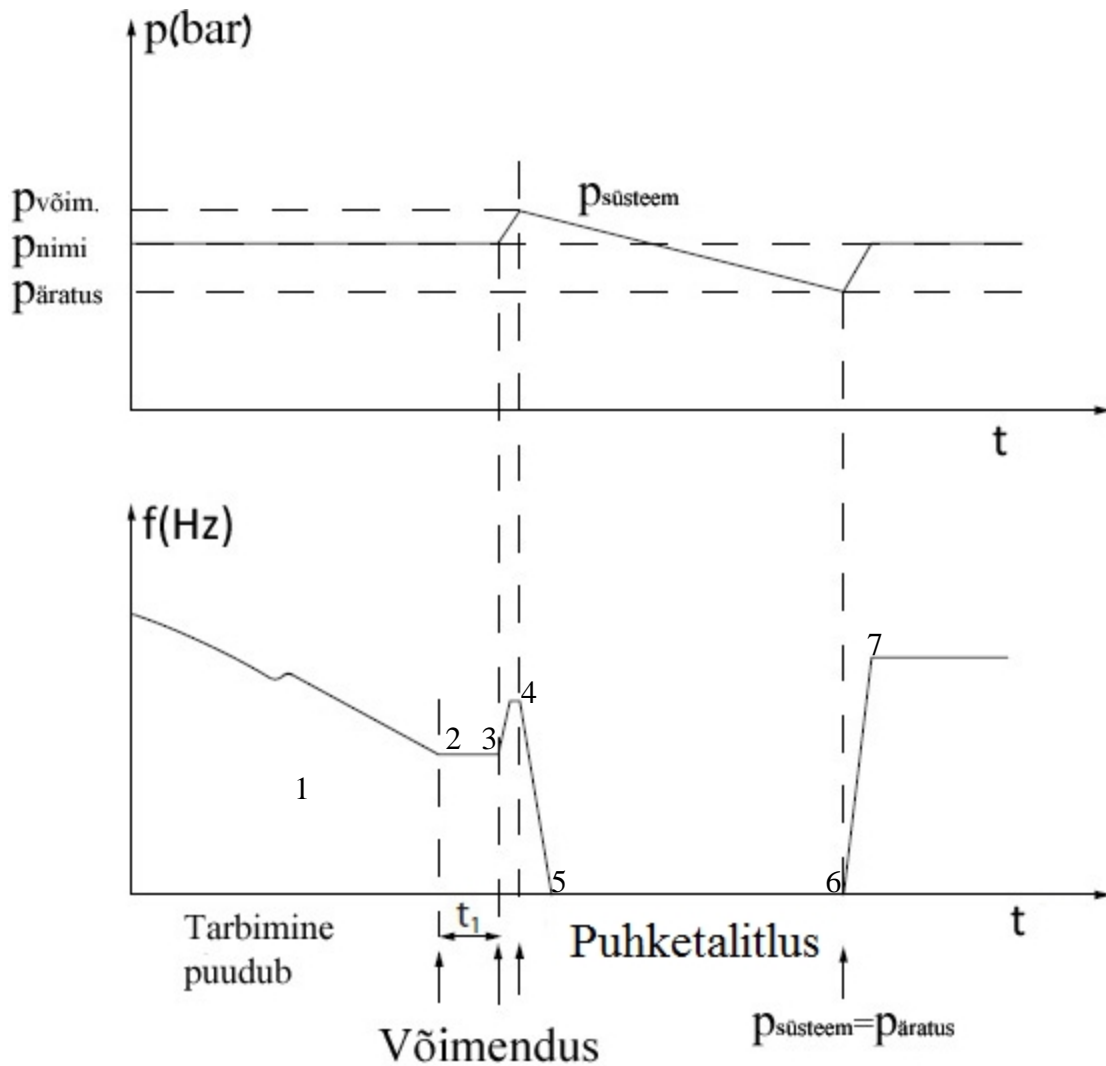
Antud sagedusmuundurite puhul häälestati PID regulaatorid katse meetodil. Katsetamise käigus prooviti tehase seadistusest nii kõrgemaid, kui ka madalamaid väärtuseid. D juhtimiskonstandi väärtus jäi nulliks ja seadistatud sai vaid PI regulaator.

4.6.5 Puhketalitus pumba sagedusjuhtimisel

Puhketalitluse (sleep mode) eesmärk on kokku hoida elektrienergiat ja selleks vähese või tarbimise puudumise korral mootor seisatakse. Puhketalitluse põhimõte on ära toodud joonisel 4.10.

Juhul kui süsteemi tarbimine lubab mootorit vahepeal seisata ja tarbimist automaatselt jälgitakse, saab kasutada puhketalitlust. Puhketalitluse ajal monitooritakse mitmeid parameetreid, et teada millal mootorit uuesti käivitada. Puhketalitlust saab aktiveerida binaarsisendi või tarbimise muutuse funktsiooni järgi.

Puhketalitluse seadistamisel on oluline vältida mootori liiga sagedast seiskamist ja käivitamist. Selle tarbeks on sagedusmuunduris mitmeid seadistusvõimalusi. Rõhu tõstmise eesmärk on enne puhketalitusse minekut tõsta trassi rõhku nimirõhust natukene kõrgemale, et pikendada talitluse kestvust. Rõhu tõstmisel sai valitud nimirõhust 10% kõrgem rõhk, mis peaks tagama piisava puhketalitluse pikkuse. Puhketalitlusest väljumiseks peab trassi rõhk langema alla 95% nimirõhu. On võimalik seadistada ka minimaalset talitluse pikkust ja minimaalset töösoleku aega, mis lisaks vähendab seiskamiste ning käivituste arvu.



Joonis 4.10 Puhketalitluse minek ja sellest väljumine [24]

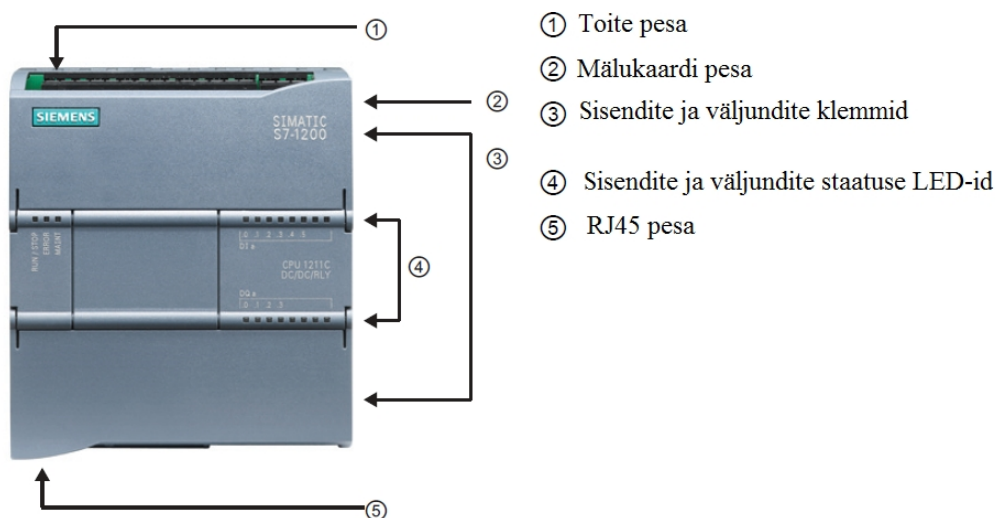
Joonis 4.10 kirjeldab süsteemi siirdeprotsesse erinevate töörežiimide vahel. Punktis 1 tarbimine puudub või on väga väike ja sagedusmuundur vähendab pumba sagedust, et hoida trassi nimirõhku p_{nimi} . Punktis 2 sagedus langes seadistatud minimaalse sageduseni, kui ooteaja t_1 jooksul tarbimist ei tule, siis algab valmistumine puhketalitluse minekuks. Punktis 3 trassi rõhu tõstmise kuni $p_{võim.}$ puhketalitluse jaoks. Punktis 4 sagedusmuundur hakkab sagedust vähendama, algab loomulik trassi rõhu langemine. Punktis 5 sagedusmuundur läks puhketalitluse. Punktis 6 trassi rõhk on langenud puhketalitlusest väljumise rõhuni $p_{äratus}$, sagedusmuundur hakkab sagedust suurendama, et vältida rõhu edasist langust. Punktis 7 saavutati trassi nimirõhk p_{nimi} .

5. AUTOMAATIKASÜSTEEMI TEHNILINE LAHENDUS

5.1 Programmeeritava kontrolleri ülevaade

Firma Siemens SIMATIC S7-1200 (joonis 5.1) seerias on 5 erinevat mudelit – CPU 1211C, CPU 1212C, CPU1214C, CPU1215C ja CPU1217C. Igat süsteemi on võimalik laiendada signaali ja andmeside moodulitega. Sisendeid ja väljundeid on võimalik juurde lisada otse kontrolleri peale või moodulitega kontrolleri paremale küljele. CPU 1212C-le on võimalik lisada kuni 2 lisamoodulit, protsessormoodulid CPU1214C, CPU 1215C ja CPU 1217C toetavad kuni kaheksat lisamoodulit. Kõikidele CPU-dele on võimalik juurde lisada kuni 3 sidemoodulit [25].

Kaaludes kontrolleri hindu ja funktsioone, osutus eelnevalt loetletutest antud süsteemi jaoks kõige sobilikumaks CPU 1214C DC/DC/DC mudel. Antud kontrolleri tähtsamad parameetrid on ära toodud tabelis 5.1.



Joonis 5.1 Siemens SIMATIC S7-1200 kontrolleri ülevaade [26]

Tabel 5.1 PLC CPU 1214DC/DC/DC tehnilised andmed [27]

Parameeter	Selgitus/märkus
Tarbitav võimsus	12 W
Toitepinge	Alalispinge 24 V
Programmi mälu	4 Mbaiti
Töömälu	75 Kbaiti
Püsimälu	10 Kbaiti
Sisendeid	14 tk.
Väljundeid	10 tk.
Analoogsisendeid	2 tk.
Analoogsisendi eraldusvõime	10 bitti
Protsessikuva	2048 baiti (1024 sisenditele ja 1024 väljunditele)
Laiendusmooduleid	Maksimum 8 tk.
Side laiendusmooduleid	Maksimum 3 tk.
Mälukaardi võimalus	Jah
Sideliides	Ethernet 10/100 Mb/s

Andmesideks kasutatakse Siemens SIMATIC CM1241 moodulit. Andmeside protokollina kasutatakse Modbus RTU-d. Moodul paigaldatakse kontrolleri siinile, kontrolleri vasakule poole. Andmesidemoodulil on võimalik valida RS485 ja RS422 sideliidese vahel. Saab muuta side kiirust vahemikus 300 b/s kuni 115 kb/s [35]. Ülevaate andmesidemooduli tähtsamatest parameetritest annab tabel 5.2. Antud automaatikasüsteemis on tööstuskontroller alamseade ja keskarvuti ülemseade.

Tabel 5.2 Andmesidemooduli CM1241 andmeleht [36]

Parameeter	Selgitus/märkus
Toitepinge	24 VDC
Tarbitav võimsus	1,2 W
Sideliides	RS422/RS485
Sidekaabli pikkus	Kuni 1000m
Sidepistik	9 PIN SUB D (MALE)

Veepuhastusprotsessi juhtimiseks kasutatakse mitmeid erinevaid andureid, mis väljastavad analoogsignaali. Kuna kontrollerial endal on vaid 2 analoogsisendit, tuli paigaldada 2 lisa analoogmoodulit Siemens SIMATIC SM1231 (Tabel 5.3). Paigaldatakse need kontrolleri siinile, kontrolleri paremale. Informatsioon liigub analoogsisenditest ja väljunditest kontrollerrisse mööda kesket andmesiini. Analoogmoodulitel saab valida mõõtesisenditele kas voolu või pinget. Sisendid on jagatud paaridesse.

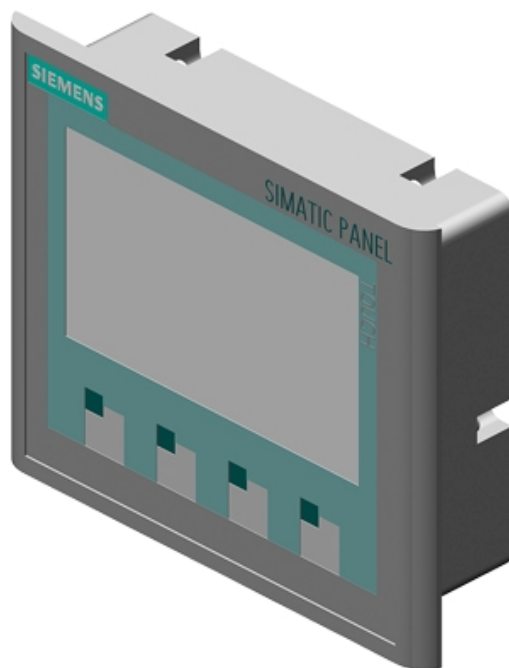
Tabel 5.3 Analoogmooduli SM1231 andmeleht [34]

Parameeter	Selgitus/märkus
Toitepinge	24 VDC
Tarbitav võimsus	1,5 W
Sisendeid	4/8
Mõõdetavad pingevahemikud	± 10 V, ± 5 V, ± 2.5 V
Mõõdetavad vooluvahemikud	4...20 mA, 0...20 mA
Eraldusvõime	13bitti(sisaldab märki)
Väärtuste silumine	Jah

5.2 Operaatorpaneel

Siemens SIMATIC seeria pakub operaatorpaneeli suurusega 4 kuni 22 tolli, võimalik valida kas puutetundlik või nuppudega variant. Funktsionaalsus on erineva suurusega operaatorpaneelidel sama, erinevus on vaid kasutatavate muutujate limiidis. Kõik operaatorpaneelid on laiekraan-formaadis ja vajadusel on võimalik nende vertikaalne paigaldus, pilti on võimalik pöörata [28].

Siemens KTP400 (joonis 5.2) operaatorpaneel annab hea ülevaate veepuhastusseadmete ja veetrassi hetkeolukorrast. Kuvatakse veepuhastusprotsessi erinevaid väärtusi nagu tootlikkus, trassi rõhk, vee juhtivus, tase jne. Vee- ja tõrkeotsingute kiirendamisele aitab kaasa aktiivsete alarmide loetelu ja selle puhver. Ülevaate operaatorpaneeli tähtsamatest parameetritest annab tabel 5.4.



Joonis 5.2 Operaatorpaneel KTP400 Basic mono PN[29]

Tabel 5.4 Operaatorpaneeli KTP400 Basic mono PN andmeleht [29]

Parameeter	Selgitus/märkus
Toitepinge	Alalispinge 24V
Tarbitav võimsus	3W
Ekraan	3,8 tolli STN, 4 värviline, puutetundlik
Eraldusvõime	320 x 240 pikslit
Juhtnuppe	4 tk.
CPU	ARM RISC 32-bit
Programmimälu	1MB
Sideliides	PROFINET, RJ45
Maksimaalne muutjate arv	250 tk.

5.3 Rõhuandur

DI ja EDI veetrassil mõõdetakse rõhku rõhuanduritega Danfoss MBS3000 (joonis 5.3). Mõõtevahemik on 0...10 baari ja väljundsignaal 4...20 mA [30]. Andurid on paigaldatud trassile rõhutõstepumpade järele. Mõõteväärtust kasutatakse sagedusmuunduri juhtimise tagasisidena ja tööstuskontrollerist mõõteväärtuse saatmiseks keskarvutisse. Selleks on mõõteahelasse ühendatud tööstuskontrolleri ja sagedusmuunduri sisendid jadamisi. Anduri toiteks kasutatakse 24 VDC.



Joonis 5.3 Rõhuandur Danfoss MBS 3000 [30]

5.4 Kuluandur

Tarbimist mõõdetakse kuluanduritega Huba Control Type 210 (joonis 5.4). Võimaldab mõõteväärtust anda välja voolu, pinge ja sageduse kujul. Mõõtevahemik on 5...85 l/min ja väljundsignaal 0...20 mA [31]. Andurid asuvad trassil enne rõhutõstepumpasid. Tarbimise hetkeväärtus ja summeeritud väärtus saadetakse kontrollerist keskarvutisse diagnostika ning statistika eesmärgil. Anduri toiteks on 24 VDC.



Joonis 5.4 Kuluandur Huba Control Type 210 [31]

5.5 Nivooandur

EDI ja DI mahutite nivoo mõõtmiseks kasutatakse nivooandureid Danfoss MBS4510 (joonis 5.5). Mõõtevahemik on 0...0,25 baari ja väljundsignaal 4..20 mA [32]. Nivoode väärtusi kasutatakse EDI ja DI süsteemide juhtimiseks tööstuskontrolleris. Nivoode väärtused saadetakse keskarvutisse ja kontrolleri operaatorpaneelile. Anduri toiteks on 24 VDC.



Joonis 5.5 Nivooandur Danfoss MBS 4510 [32]

5.6 Temperatuuriandur

Temperatuuri mõõtmiseks EDI ja DI mahutites kasutatakse temperatuuriandureid Danfoss MBT 3560 (joonis 5.6). Mõõtevahemik on 0...100 °C ja väljundsignaal 4...20 mA [33]. Temperatuuri väärtused kuvatakse operaatorpaneelil ja saadetakse keskarvutisse. EDI mahuti temperatuuri kasutatakse pöördklapi juhtimiseks.



Joonis 5.6 Temperatuuriandur Danfoss MBT 3560 [33]

5.7 Elektri- ja automaatikakilbi projekteerimine

Projekteerimine algas elektriskeemide tegemisest ja kilbi komponentide (kontaktorid, vahereleed, kaitselülitid, klemmid jne.) valimisest, skeemid leiab lisast nr.1 kuni nr. 7. Elektriskeemide alusel valiti kilbi komponentidele paigutus, millest annab ülevaate joonis 5.7. Foto kilbi kohta leiab lisast nr. 8.

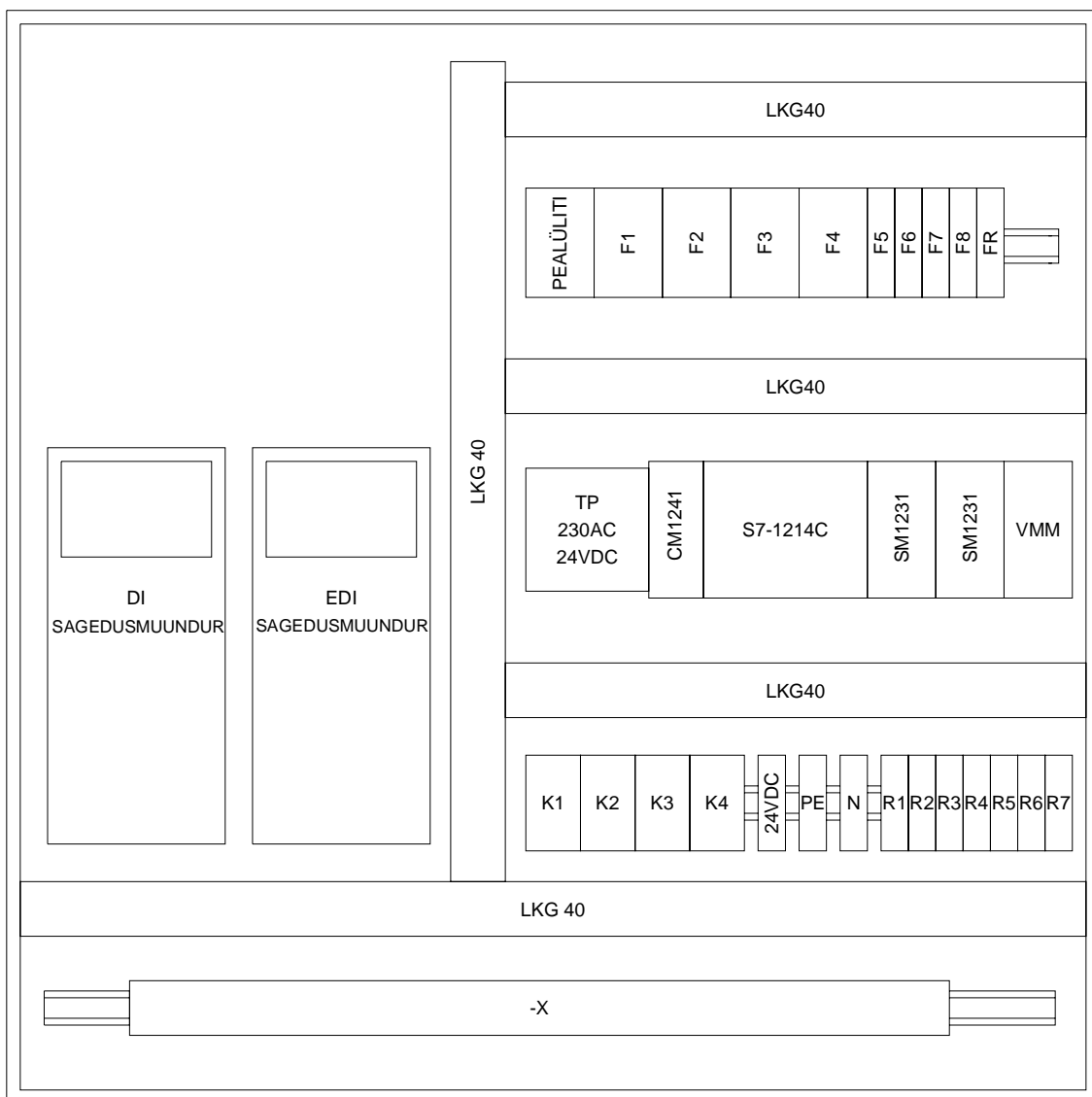
Kilp on mõeldud toitepingele 3x230/400V 50Hz ja kasutusel on TN-S juhistikusüsteem. Kilpi on jäetud reservruum tuleviku tarbeks. Kõik väljuvad ahelad on kaitstud eraldi kaitselülitega, mis kaitsevad seadmeid ja ahelaid liigkoormuse või lühise eest. Seadmete ja ahelate kaitselülitid on valitud vastavalt tarbitavale võimsusele ning selektiivsusele peakaitselüliti suhtes. Kaitselülitid on valitud vastavalt standardile EVS-IEC 60364-4-43 [37]. Kõikide komponentide kaitseaste valimisel on arvestatud standardit EVS-EN 60529:2001 [38]. Kilbi metallist kest on nõuetekohaselt maandatud.

Kilbi uksele asub operaatorpaneel, millega juhitakse kilbis asuvat tööstuskontrollerit. Operaatorpaneelil saab teostada kõiki veepuhastusprotsessi jaoks vajalike juhtimisi ja seadistamisi ning kilbi avamine ei ole vajalik. Kilbi kaitseaste avatud uksega on IP20 ja suletud uksega IP65, mis sobib etteantud keskkonda. Juhtimiskilp paigaldati pinnapealselt veepuhastusseadmetega samasse ruumi.

Kõik seadmed peale sagedusmuundurite ja klemmliist on paigaldatud DIN liistule. Kõik väljuvad kaablid on ühendatud klemmliistule. Kilbisiseseks juhtmestuseks on kasutatud selleks tarbeks sobivaid ribidega kaablikarbikuid. Side-, signaali-, ja mõõtekaablitena on kasutatud varjestatud JAMAK ARM kaablit. Toitekaablitena on kasutatud PPJ-i. Kõik väljuvad kaablid on varustatud markeeringutega.

Kilbi seadmete ja komponentide (tabel 5.5) paigutusel sai lähtutud:

1. Seadmete paigaldusjuhistest
2. Seadmete soojaeraldusest
3. Optimaalsest ja loogilisest juhtmestusest
4. Käidu ja hoolduse teostamise mugavusest
5. 230 VAC ja 24 VDC ahelate paiknemisest eraldi kaablikarbikutes



Joonis 5.7 Seadmete ja komponentide paigutus kilbis

Tabel 5.5 Kilbi komponendid

Seade(med)	Kirjeldus	Seade(med)	Kirjeldus
Pealüliti	Sissetuleva toite kaitselüliti	VMM	Voolu kontrollirelee
F1...F8	Väljuvate kaitselülitid	K1...K4	Kontaktorid
FR	Faasirelee	24VDC	Välisahelate 24 VDC
TP	Toiteplokk 230 VAC -> 24 VDC	PE	Välisahelate PE
CM1241	RS485 sidemoodul	N	Välisahelate N
S7-1214C	Tööstuskontroller	R1...R7	Vaherelee
SM1231	Analoogmoodul	-X	Klemmliist

Elektriohutus

Elektri- ja automaatikakilbi projekteerimisel on arvesse võetud kehtivat elektriohutusseadust ja standardeid EVS-EN 61140 [39] ning EVS-IEC 60364-4-41 [40]. Kilpi paigaldatud elektriseadmed ei tohi ohustada inimest, kodulooma ega vara. Kilp ja selles olevad elektriseadmed peavad elektriohtudest tulenevalt olema nõuetekohaselt maandatud.

Kaitse lühisvoolude ja liigkoormuse eest on tagatud kaitselülitite õige karakteristiku ning nimivooluga.

Sagedusmuunduri hoolduse või vahetuse korral tuleb jälgida vastavat protseduuri ning pidada meeles, et sagedusmuunduri alalispingsiiril paiknevad kondensaatorid vajavad tühjenemiseks aega vähemalt 5 minutit.

Kokkuvõttes on elektriohutuse seisukohast tähtsaim kvalifitseeritud tööjõu kasutamine süsteemi hooldamisel. Töös käsitletud kilbi ohutu käidu eest vastutab peale töö üleandmist tellija.

6. TARKVARA

6.1 Arendustarkvara

TIA V11 portal on programmeerimise tarkvarapakett Siemens SIMATIC S7-1200, S7-300/400 ja WinAC seeria mikrokontrolleritele. Pakett TIA Portal V11 sisaldab nii programmeerimiskeskonda STEP 7 kui ka protsessi visualiseerimiskeskonda WinCC. Saadaval on seda kahes erinevas versioonis, olenevalt valitud kontrolleri seeriast:

- TIA Portal V11 Basic, mis on mõeldud S7-1200 seeriale
- TIA Portal V11 Professional, mis on mõeldud S7-1200, S7-300/400 ja WinAC seeriatele

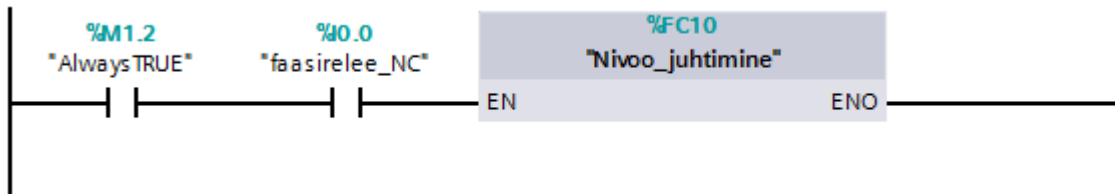
WinCC on programmeerimise pakett SIMATIC operaatorpaneelidele. WinCC Basic sisaldub TIA Portal V11 Basic ja Professional tarkvara pakettides.

Projektis kasutatud tööstuskontroller, selle moodulid ja operaatorpaneel on programmeeritud kasutades TIA Portal V11 Professional paketti. Programmi laadimine kontrollerisse ja operaatorpaneeli toimus tavalise võrgukaabliga.

6.2 Juhtimisprogrammi koostamine

Programmeerimisel on kasutatud vaid kontaktaseskeemi (joonis 6.1), sest see annab parema ülevaate antud süsteemi relee-kontaktor lülituste teisendamisest kontrolleri programmi. TIA Portal V11-s on lai valik erinevaid instruksioone ja versiooni uuendustega lisandub neid

juurde. Siemens'i automaatika tugikeskkonnas on rida erinevaid näited tööstuskontrolleritega ja sealt on võimalik leida ning kopeerida uusi funktsioone enda programmi. Samuti on programmeerijal võimalik, kasutades etteantud instruksioone, luua uusi funktsioone, mida on võimalik ka parooliga kaitsta [41].



Joonis 6.1 Kontaktaseskeem

6.3 Programmeeritava kontrolleri sisendid ja väljundid

Tabelis 6.1 on esitatud töös käsitletud programmeeritava kontrolleri sisendite ja väljundite kirjeldused.

Tabel 6.1 Programmeeritava kontrolleri sisendite ja väljundite kirjeldused

Nimetus	Andmetüüp	Aadress	Kommentaar
Faasirelee NC kontakt	Bool	%I0.0	Pingekorrasus
EDI mahuti tühi	Bool	%I0.1	EDI mahuti alumine piirnivoo andur
DI mahuti tühi	Bool	%I0.2	DI mahuti alumine piirnivoo andur
EDI mahuti ületäitunud	Bool	%I0.3	EDI mahuti ülemine piirnivoo andur
DI mahuti ületäitunud	Bool	%I0.4	DI mahuti ülemine piirnivoo andur
Uputus	Bool	%I0.5	Uputuse andur ruumi põrandal
DI sagedusmuundur alarm	Bool	%I0.6	DI Sagedusmuunduri väljundreele 1
DI sagedusmuundur töös	Bool	%I0.7	DI Sagedusmuunduri väljundreele 2
EDI sagedusmuundur alarm	Bool	%I1.0	EDI Sagedusmuunduri väljundreele 1
EDI sagedusmuundur töös	Bool	%I1.1	EDI Sagedusmuunduri väljundreele 2

Nimetus	Andmetüüp	Aadress	Kommentaar
EDI töös	Bool	%I1.2	EDI kontrolleri väljundkontakt
EDI alarm	Bool	%I1.3	EDI kontrolleri väljundkontakt
DI töös	Bool	%I1.4	DI kontrolleri väljundkontakt
DI alarm	Bool	%I1.5	DI kontrolleri väljundkontakt
EDI mahuti nivoo	Word	%IW96	Nivooandur EDI mahutis 4...20mA 0...0,25 baari
DI mahuti nivoo	Word	%IW98	Nivooandur DI mahutis 4...20mA 0...0,25 baari
EDI mahuti temp	Word	%IW100	Temperatuuri andur EDI mahutis 4...20mA 0...100 C
DI mahuti temp	Word	%IW102	Temperatuuri andur EDI mahutis 4...20mA 0...100 C
EDI juhtivus	Word	%IW104	EDI kontrolleri analoogväljund 4...20mA 0...10MOhm/cm
DI juhtivus	Word	%IW106	DI kontrolleri analoogväljund 4...20mA 0...50µS/cm
DI rõhk liinil	Word	%IW108	Rõhuandur DI trassil 4...20mA 0-10 bar
EDI rõhk liinil	Word	%IW110	Rõhuandur EDI trassil 4...20mA 0-10 bar
DI tootlikus	Word	%IW112	Kuluandur DI trassil 4...20mA 5...85l/min
EDI tootlikus	Word	%IW114	Kuluandur EDI trassil 4...20mA 5...85l/min
UV lamp ok	Word	%IW64	UV lambi volukontrolli relee 0...10 V >3V ok
Pump 1 DI	Bool	%Q0.0	DI pumba 1 kontaktor Q0.0
Pump 2 DI	Bool	%Q0.1	DI pumba 2 kontaktor Q0.1
Pump 3 EDI	Bool	%Q0.2	EDI pumba 3 kontaktor Q0.2
Pump 4 EDI	Bool	%Q0.3	EDI pumba 4 kontaktor Q0.3
EDI start/stop	Bool	%Q0.4	EDI RO kontaktor Q0.4
DI start/stop	Bool	%Q0.5	DI RO kontaktor Q0.5
EDI ringlus pöördklapp	Bool	%Q0.6	Pöördklapi kontaktor Q0.6
DI sagedusmuundur start/stopp	Bool	%Q0.7	DI sagedusmuunduri FC202 binaarsisend
EDI sagedusmuundur start/stopp	Bool	%Q1.0	EDI sagedusmuunduri FC102 binaarsisend
UV lamp välja/sisse	Bool	%Q1.1	UV lambi kontaktor

6.4 Sidelahendus

Tööstuskontrolleri ja keskarvuti vahelise sidelahendusena kasutatakse Modbus RTU protokoll üle RS485 sideliidese. Modbus, mis on jadaside protokoll, töötati Modiconi poolt välja aastal 1979. Enamik tööstuslikke seadmeid toetavad seda protokoll. Modbus töötab alam-ülemseadme (master-slave) põhimõttel, kus ülemseade küsitleb alamseadet [42].

Ülemseade saadab küsitluse mööda andmesiini kõigile selles võrgus olevatele seadmetele, vastab vaid õige aadressiga alamseade. Modbus liigutab andmeid sõnumitena ülemseadmest alamasse ja vastupidi. Modbus RTU-s on sõnum binaarkoodis. Modbus RTU andmepaketti kirjeldab tabel 6.2 ja protokolliga saadetud andmeid tabel 6.3 [42][43].

Modbus RTU sõnum sisaldab [42][43]:

- Alamseadme aadressi (aadressi vahemik 1...247)
- Funktsiooni koodi (mida ülemseade küsitlemise käigus teha soovib)
- Andmeid (alamseadmest loetavad või sinna kirjutatavad väärtused – maksimaalselt 2016 bitti)
- Veakontrolli (numbriline kontrollväärtus vea tuvastamiseks)

Tabel 6.2 Modbus RTU andmepakett [42]

Algus	Alamseadme aadress	Funktsioon	Andmed	Veakontroll	Lõpp
28 bitti vaikust	8 bitti	8 bitti	n*8 bitti	16 bitti	28 bitti vaikust

Tabel 6.3 ModbusRTU signaalide nimekiri

Address	Andmetüüp	Signaal	Ühik	Skaala
40001	Real	EDI_mahuti_nivoo	m	0 - 2,5m
40003	Real	DI_mahuti_nivoo	m	0 - 2,5m
40005	Real	EDI_mahuti_temp	°C	0 - 100°C
40007	Real	DI_mahuti_temp	°C	0 - 100°C
40009	Real	EDI_juhtivus	MΩ/cm	0 - 10MΩ/cm
40011	Real	DI_juhtivus	μS/cm	0 - 50μS/cm
40013	Real	Rõhk_DI_liinil	bar	0 - 10bar
40015	Real	Rõhk_EDI_liinil	bar	0 - 10bar
40017	Real	EDI_tootlikus	l/min	5 - 85l/min
40019	Real	DI_tootlikus	l/min	5 - 85l/min
40021	Word	Alarmid		

Signaal *Alarmid* sisaldab endas infot automaatikasüsteemi alarmidest. Ülevaate alarmidest annab Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Alarmid

Address	Andmetüüp	Alarm
40021 - Alarmid bitt 0	Bool	Toitepinge rike
40021 - Alarmid bitt 1	Bool	EDI mahuti tühi
40021 - Alarmid bitt 2	Bool	DI mahuti tühi
40021 - Alarmid bitt 3	Bool	EDI mahuti ületäitunud
40021 - Alarmid bitt 4	Bool	DI mahuti ületäitunud
40021 - Alarmid bitt 5	Bool	Uputus
40021 - Alarmid bitt 6	Bool	DI sagedusmuunduri alarm
40021 - Alarmid bitt 7	Bool	EDI sagedusmuunduri alarm
40021 - Alarmid bitt 8	Bool	DI seadme alarm
40021 - Alarmid bitt 9	Bool	EDI seadme alarm
40021 - Alarmid bitt 10	Bool	Side rike
40021 - Alarmid bitt 11	Bool	UV lambi rike
40021 - Alarmid bitt 12	Bool	Pöördklapp ei avanenud

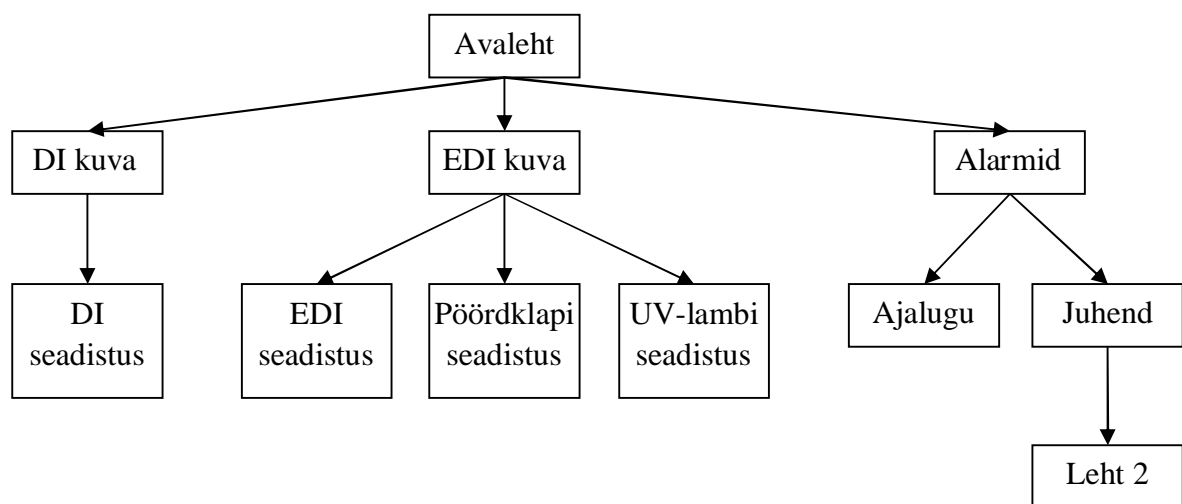
Toitepingega seotud rikete (faasikatkestused, ala- ja ülepinge jms.) ja uputuse signaalid peatavad sagedusmuunduri, pumpade, EDI ja DI seadmete töö. EDI ja DI mahuti tühi signaal peatab vastava trassi pumpade töö ja sagedusmuunduri töö. EDI ja DI mahuti ületäitunud signaal peatab EDI ja DI seadmete töö. Ülejäänud alarmid on vaid indikatsioonilise tähendusega.

6.5 Visualiseerimisrakendus

Operaatorpaneel annab visuaalse ülevaate veepuhastuse protsessist ning võimaldab küllaltki kiirelt ja lihtsalt muuta protsessi parameetreid. Ekraan on puudetundlik, mistõttu tuleb parameetreid sisestada ekraanile ilmuva klaviatuuri abil [44].

Operaatorpaneelil on loogiliselt ülesehitatud menüüde süsteem, mis võimaldab mugavalt erinevate lehtede vahel liikuda. Menüüdes liikumiseks kasutatakse funktsiooniklahve F1...F4.

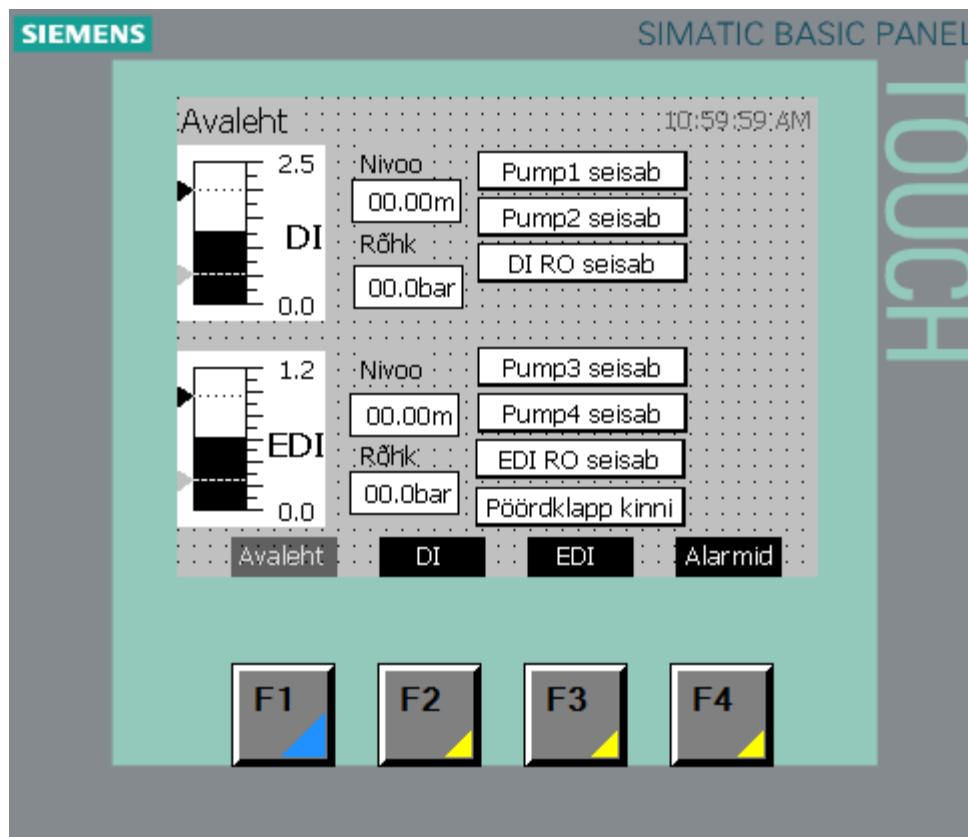
Operaatorpaneeli menüü ülesehitus on järgneval joonisel.



Joonis 6.2 Operaatorpaneeli menüü ülesehitus

Operaatorpaneeli avalehe (joonis 6.3) ülemine osa annab ülevaate DI veepuhastussüsteemi tööst ja alumine EDI veepuhastussüsteemi tööst. Kuvatakse mõlema protsessi nivood, trassi rõhud, pumpade töö ja veepuhastusseadmete töö, EDI puhul veel pöördklapi kinni/lahti asend. Mahutite skaalal olevad nooled tähistavad minimaalset ja maksimaalset lubatud nivood.

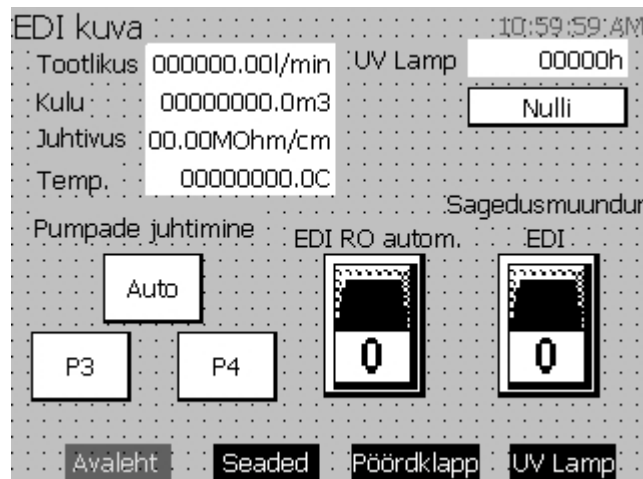
Aktiivsete alarmide olemasolust annab teada vilkuv *Alarmid* nupp. Liikumiseks vastavasse menüüsse tuleb vajutada nimetuse all olevat funktsiooniklahvi. Jälgida tuleb ekraani paremal üleval nurgas olevat kellaega, sest selle järgi toimuvad süsteemi juhtimisprogrammide kellaajalised täitmised.



Joonis 6.3 Operaatorpaneeli avaleht

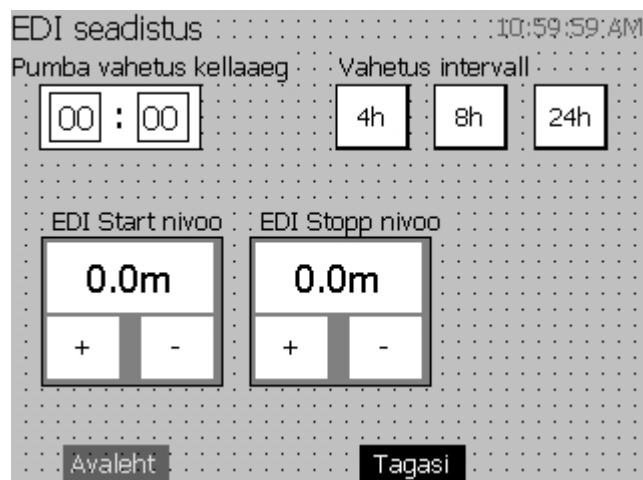
Järgnevalt vaatame näitena EDI menüüsid ja alarmide menüüsid. DI menüüid jäetakse käsitlemata, kuna need on analoogsed EDI menüüidega.

Liikudes menüüsse *EDI* (joonis 6.4) näeme protsessi hetke mõõteväärtusi nagu tootlikus, kogukulu, juhtivus ja temperatuur. UV-lambi vahetusel tuleb nullida selle töötunni arvesti. Valida saab pumpade juhtimise režiimi – *P3*, *P4* ja *Auto*, kaks esimest on manuaalsed ja viimane automaatne intervalliline režiim. Täpsemalt on pumpade tööd kirjeldatud alajaotuses 6.6.3. Sagedusmuunduri ja EDI seadmete automaatika sissejuhtimine toimub ka sellel kuval.



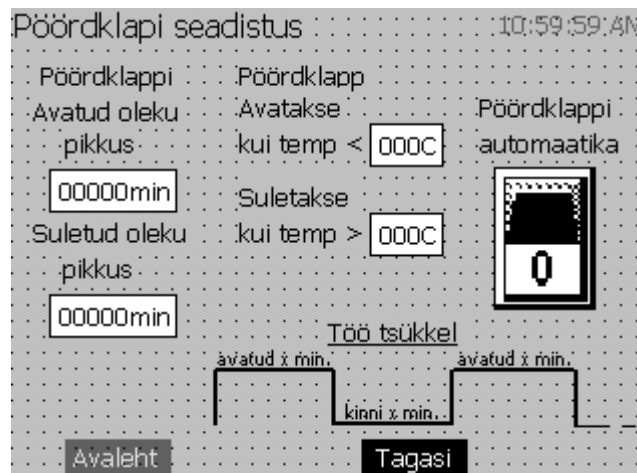
Joonis 6.4 Operaatorpaneeli EDI kuva

Liikudes menüüst *EDI kuva* menüüsse *Seadistus* (joonis 6.5) saab täpsemalt parametreerida rõhupumpade vahetuse intervalli ja kellaega ning EDI mahuti minimaalset ja maksimaalset nivood.



Joonis 6.5 Operaatorpaneeli EDI seadistus

Liikudes menüüst *EDI kuva* menüüsse *Pöördklapi seadistus* (joonis 6.6) saab parametreerida pöördklapi avatud ja suletud oleku pikkust ning avanemise ja sulgemise temperatuuri (EDI mahuti temperatuur). Nupust on võimalik automaatikat sisse ja välja lülitada. Avatud pöördklapp tagab veeringluse trassis ja steriliseerimise UV-lambi poolt.



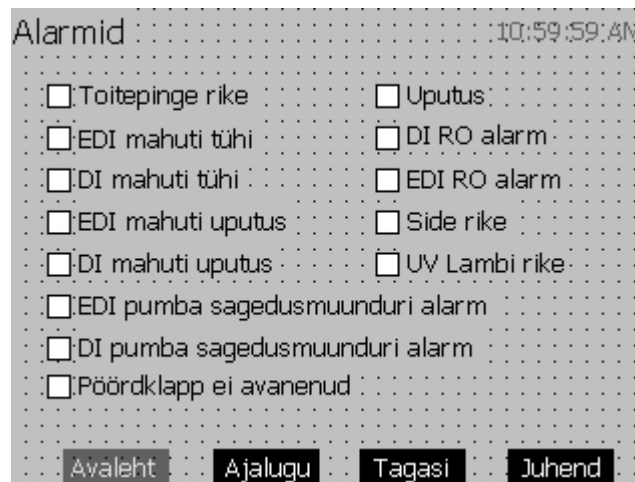
Joonis 6.6 Operaatorpaneeli Pöördklapi seadistus

Liikudes menüüst *EDI kuva* menüüsse *UV lambi seadistus* (joonis 6.7) saab parametreerida UV-lambi sisse- ja väljalülitus kellaega. Automaatika saab nupust sisse ja välja lülitada. Väljalülitus automaatika vähendab UV-lambist tingitud vee soojenemist trassis.

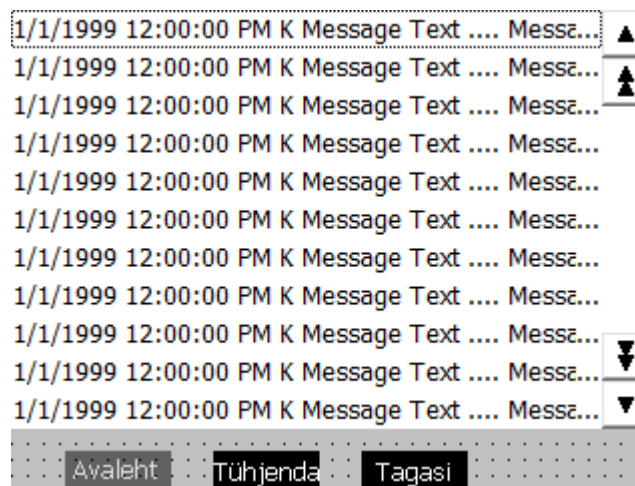


Joonis 6.7 Operaatorpaneeli UV lambi seadistus

Menüüs *Alarmid* (joonis 6.8) kuvatakse hetkel aktiivsed alarmid, nimetuse ees olev ruut vilgub. Kõik alarmid on saadud kontrolleri sisenditesse tulevatest signalidest, peale alarmi *Pöördklapp ei avanenud*, mis on teostatud kontrolleri programmis. Liikudes menüüst *Alarmid* (joonis 6.9) menüüsse *Ajalugu* kuvatakse alarmide logi. See võimaldab tagantjärele analüüsida tekkinud rikkeid. *Tühjenda* nupuga saab logi kustutada.



Joonis 6.8 Operaatorpaneeli alarmid



Joonis 6.9 Operaatorpaneeli alarmide ajalugu

6.6 Juhtimisalgoritmid

6.6.1 Nivoo juhtimine

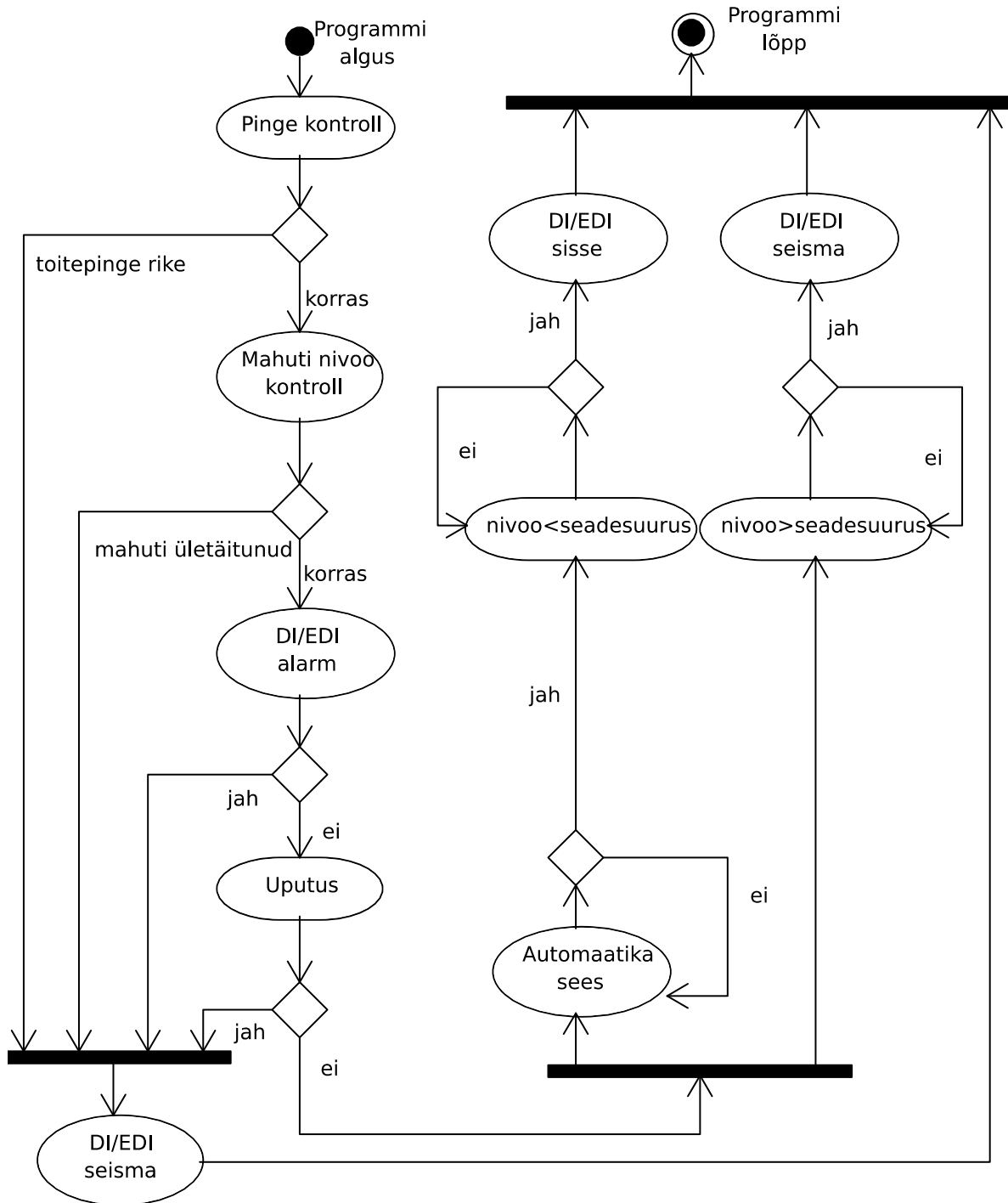
EDI ja DI mahutitel on seatud minimaalne ja maksimaalne lubatud nivoo. Alla minimaalse nivoo käivitatakse EDI või DI seade, mis hakkab vett tootma ja täidab mahutit. Mahuti täitmine toimub maksimaalse nivoo saabumiseni. Majanduslikult ja seadmete tööiga arvestades on otstarbekas täita ühe EDI või DI seadme töösükliga võimalikult suur osa mahutist. Mahutis ei hoita kindlat nivood, vaid nivoo vahemikku.

Nivoo juhtimise funktsiooniplokk on nii EDI kui ka DI süsteemidel sama. Ploki töö algab toitepinge kontrolliga, korras pinget korral kontrollitakse mahuti nivood. Ületäituvuse korral EDI või DI seade seisatakse ning tsüklil jääb korduma kuni ületäituvuse signaal läheb maha. Edasi kontrollitakse, kas EDI või DI seadmete kontrolleritest on tulnud alarmi signaal, kui on, siis seisatakse EDI või DI seadmed ning see tsüklil jääb samuti korduma signaali mahaminemiseni.

Järgmisena kontrollitakse ega uputuse andur ei ole aktiveerunud, uputuse signaali korral seisatakse EDI ja DI seade ning tsüklil jääb korduma. Järgnevalt kontrollitakse EDI ja DI automaatika olekut, kui see on väljas jääb tsüklil korduma. Eelneva kontrolli eesmärk on tagada seadmete stabiilne ja ohutu töö.

Nivoo juhtimine algab alles peale kontrollprotseduuri. Järgnevalt võrreldakse nivoo alumist ja ülemist seadesuurust hetke nivoo. Juhul kui nivoo on alla minimaalse seadesuuruse käivitatakse EDI või DI seade ja maksimaalse seadesuuruse ületamisel need seisatakse.

Ülevaate nivoo juhtimisalgoritmist annab joonis 6.10 .



Joonis 6.10 Nivoo juhtimise algoritm UML plokk skeemina

6.6.2 Pöördklapi juhtimine

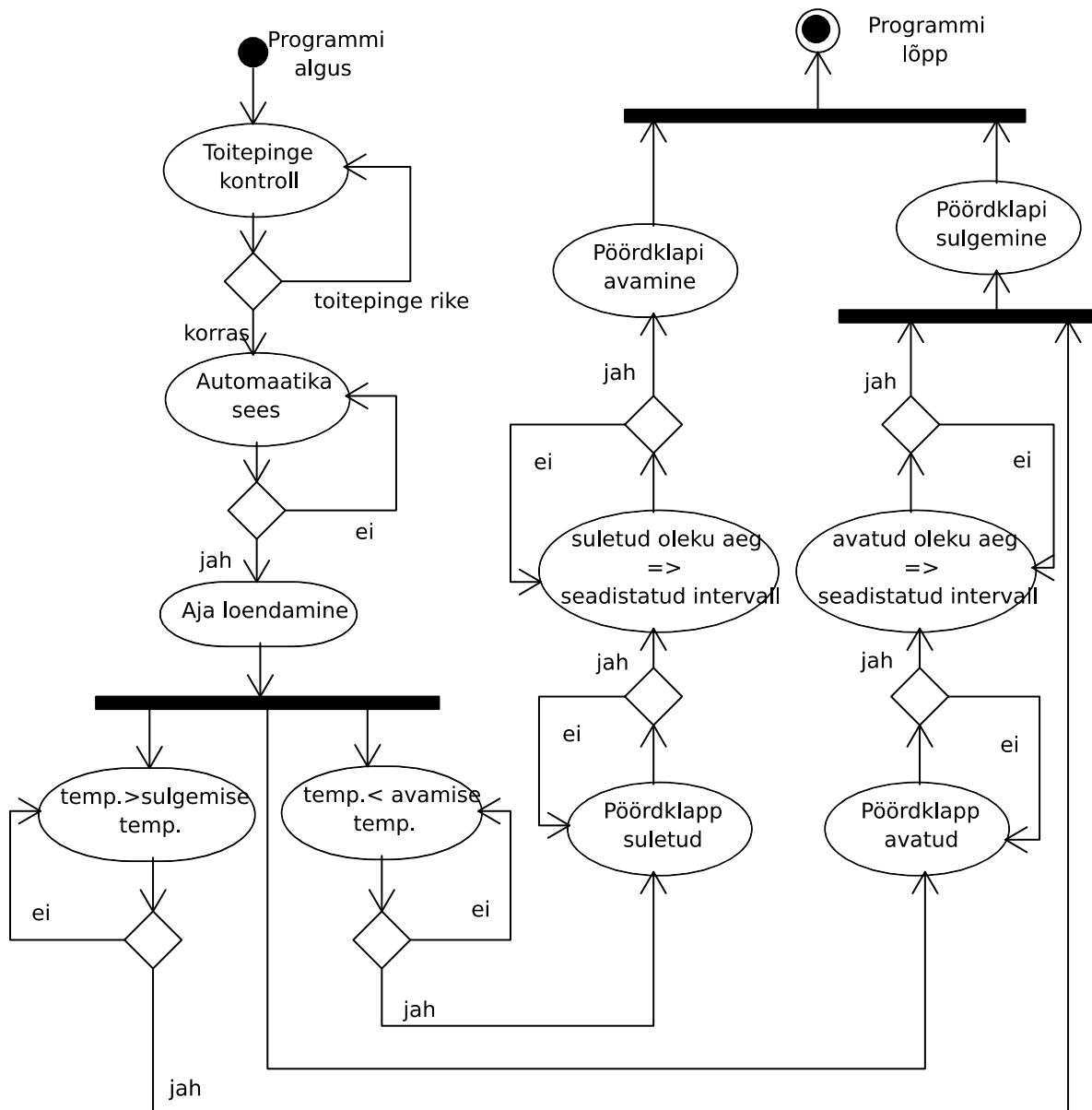
Pöördklapp asub EDI süsteemis selleks, et vähendada vee ringlemisel tekkivat vee soojenemist. Operaatorpaneelil saab seadistada pöördklapi avamise ja sulgemise temperatuuri. Pöördklapp avaneb siis, kui temperatuur on alla minimaalse sätte ja sulgub kui on suurem maksimaalsest sättest. Peale selle on pöördklapi juhtimine veel intervalliline, mis tähendab, et pöördklapp avatakse ja suletakse teatud seadistatud intervallide tagant.

Programmi töö algab toitepinge kontrolliga. Toitepinge korrasolekul kontrollitakse automaatikarežiimi. Automaatikarežiimi väljalülitatud oleku korral hakkab tsükkel ennast kordama ja sisselülitatud olekul algab aja loendamine. Edasi kontrollitakse vee temperatuuri. Kui temperatuur on üle lubatud maksimaalse sätte, suletakse pöördklapp koheselt.

Kui temperatuur on alla lubatud sätte, kontrollitakse kas pöördklapp on suletud. Suletud oleku korral võrreldakse suletud olnud aega ja seadistatud suletud oleku intervalli. Juhul kui esimene on teisest suurem või võrdne sellega, siis pöördklapp avatakse.

Pöördklapi avatud oleku korral võrreldakse avatud olnud aega ja seadistatud avatud oleku intervalli ning juhul kui esimene on teisest suurem või võrdne, siis pöördklapp suletakse.

Ülevaate juhtimisalgoritmist annab joonis 6.11.



Joonis 6.11 Pöörklapi juhtimisalgoritm UML plokk skeemina

6.6.3 Pumpade juhtimine

Pumpade juhtimisel on võimalik valida kolme variandi vahel: pump 1, pump 2 või automaatne pumbavahetus. Valides režiimi pump 1(tähis P1) või pump 2(tähis P2), lülitub vastav pump sisse. Automaatse režiimi puhul tuleb seadistada vahetuse kellaeg ja intervall, mis võib olla 4, 8 või 24 tundi. Ülevaate juhtimisalgoritmist annab joonis 6.12.

Pumpade ümberlülituse protsess:

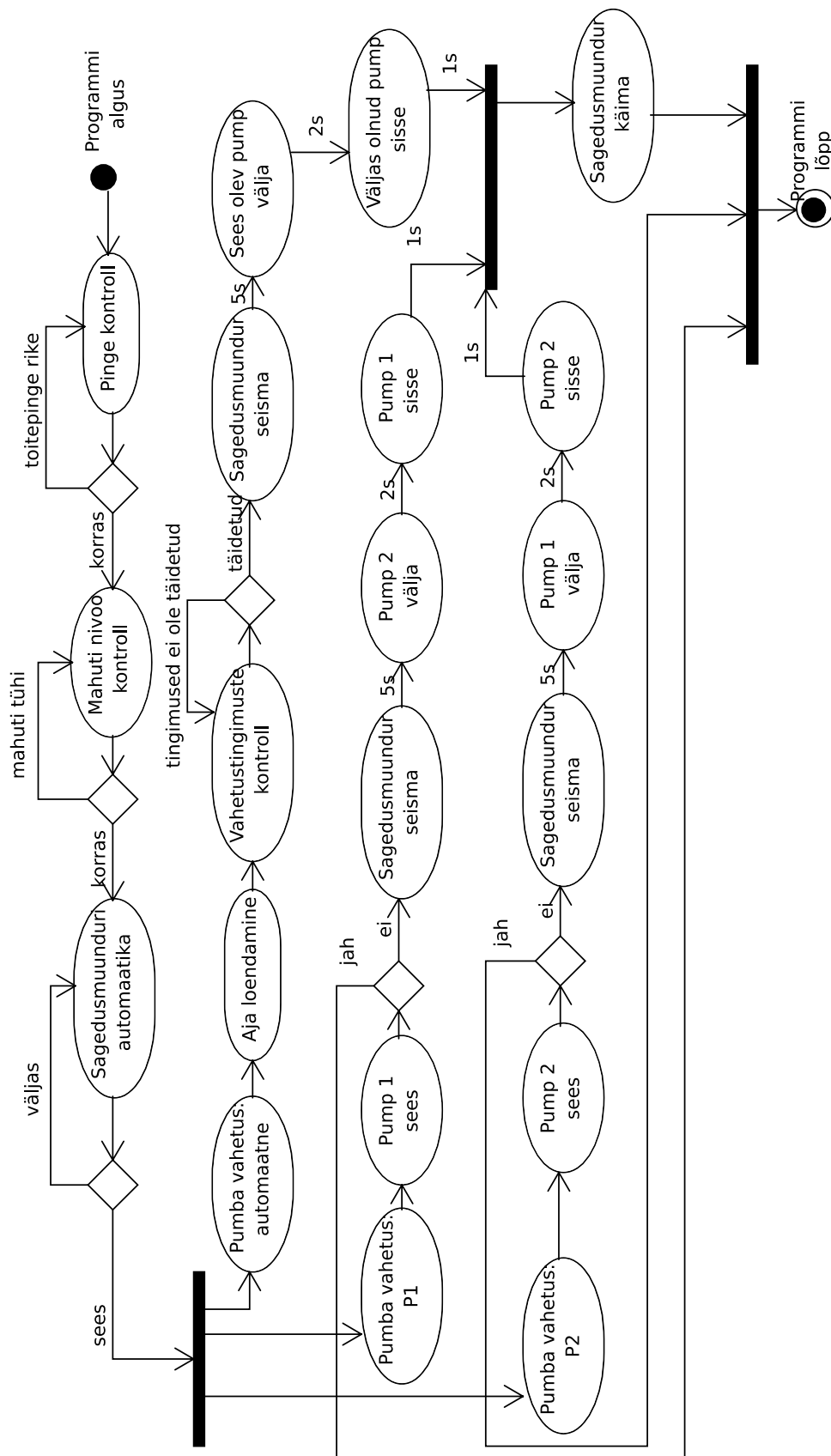
1. Seisatakse sagedusmuundur, paus 5 sekundit – sagedusmuunduri täielikuks seiskumiseks
2. Lülitatakse töösoleva pumba kontaktor välja, paus 2 sekundit
3. Lülitatakse väljas olnud pumba kontaktor sisse, paus 1 sekund
4. Käivitatakse sagedusmuundur

Pumpade ümberlülitamine on tingitud sellest, et vees lahustunud õhk võib pikema perioodi vältel pumba sattuda. Kindla kellaajaline pumpade ümberlülitus võimaldab hooldustehnikul paremini süsteemi kontrollida. Pumpade ajaliselt ühtlane koormamine võimaldab tööressurssi efektiivsemalt kasutada. Ühe pumba rikke või hoolduse korral töötab ajutiselt vaid teine pump. Töökindluse seisukohalt on kahe pumba kasutamine süsteemis väga oluline.

Programmploki käivitumisel kontrollitakse esmalt toitepinget. Korrasoleku korral kontrollitakse mahuti nivood, vältimaks pumba kuivkäiku. Järgnevalt kontrollitakse pumpade automaatikat, väljasoleku korral jääb tsükkel ennast kordama.

Pumpade automaatse režiimi korral hakkab programmplokk loendama aega pumpade viimasest ümberlülitusest. Järgnevalt kontrollitakse, kas vahetustingimused on täidetud s.t. kas töösoleva pumba töötunnid on täis või mitte. Kui need on täidetud, siis toimub üleval pool kirjeldatud pumba ümberlülituse protsess.

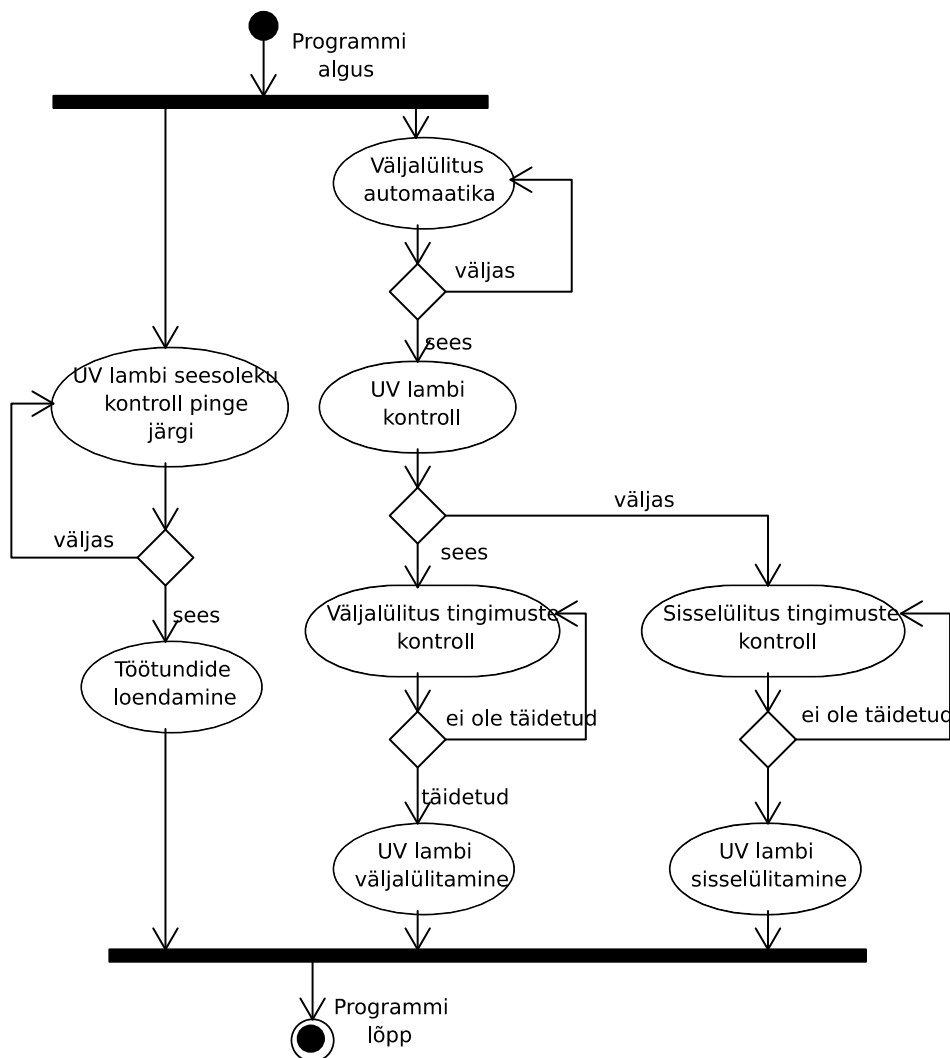
Režiimi P1 korral kontrollitakse kas töös on pump P1, kui mitte siis lülitatakse pumba P1 peale. Režiimi P2 korral kontrollitakse kas töös on pump P2, kui mitte siis lülitatakse pumba P2 peale.



Joonis 6.12 Pumpade juhtimise algoritm UML plokk skeemina

6.6.4 UV-lambi juhtimine

Selleks, et vett niisama mitte soojendada kasutatakse UV-lambi väljalülitamist nädalavahetusel või öisel ajal, kui tarbimine on olematu. Sellega pikeneb see lambi eluiga. UV-lambi korrasoleku ja töötundide loendamiseks mõõdetakse selle toiteahela voolu. Programm (joonis 6.13) algab väljalülituse automaatikarežiimi kontrolliga. Väljasoleku puhul jääb tsükkel ennast kordama. Järgnevalt kontrollitakse, kas UV-lamp on sees või väljas. Sisselülitatud oleku korral kontrollitakse, kas väljalülituse tingimused on täidetud või mitte. Kui kellaeg on saabunud lülitatakse lamp välja. Väljalülitatud oleku korral kontrollitakse, kas sisselülituse kellaeg on saabunud. Kellaaja saabudes lülitatakse lamp sisse.



Joonis 6.13 UV-lambi juhtimise algoritm UML plokkskeemina

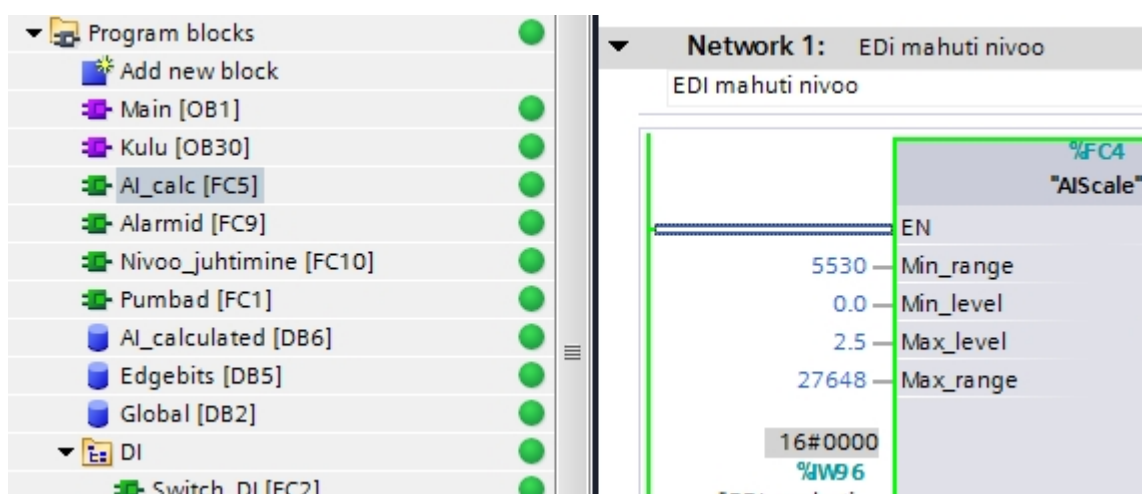
6.7 Sisendite ja väljundite katsetamine

Kontrolleri sisendite ja väljundite katsetamine toimub programmeerimistarkvara sidusrežiimis. Selleks tuleb programm kontrollerisse laadida ja minna sidusrežiimi. Sel viisil saab kontrolleri tööd reaajas jälgida. Režiimis on võimalik digitaalsisendite ja -väljundite ning analoogsisendite väärtusi jälgida. Digitaalsisendite ja -väljundite kontrollimiseks saab kasutada ka kontrolleril olevaid indikatsiooni valgusdioode. Enne välisahelate külgeühendamist testiti analoogsisendeid välise potentsiomeetriga ja digitaalsisendeid sisendite simulaatoriga. Peale välisahelate külgeühendamist kontrolliti andurite ja alarmikontaktide ahelaid ning nende polaarsust.

6.8 Juhtimisprogrammi katsetamine

Sidusrežiimis saab jälgida kõikide programmiplokkide tööd, mis on suureks abiks vea tuvastamisel ja programmi täiustamisel. Režiimis on võimalik monitoorida programmi kõikide muutujate väärtusi.

Lisaks eeltoodule võimaldab sidusrežiim lugeda kontrolleri logisid ja veapuhvrit, vaadata programmi täitmise kiirust, arvutus- ja mälu ressursside kasutust. Sidusrežiimi saab kasutada ka juba töösolevate kontrollerite puhul, režiim ei sega kontrolleri normaalset talitlust.



Joonis 6.14 Kontrolleri online režiim

Joonisel 6.14 on kuvatud kontrolleri sidusrežiimis. Erinevused arvutis ja kontrolleri oleva programmi vahel kuvatakse sinise ning oranži poolringiga, sünkroniseeritud olek on tähistatud rohelisega. See tähendab arvutis ja kontrolleri oleva programmi ning konfiguratsiooni ühtivust.

Töös raames simuleeriti kõikide programmblokkide tööd, selle käigus jälgiti programmi loogika täitmist. Kõik leitud juhtimisprogrammi vead parandati.

7. ELEKTRI- JA AUTOMAATIKAKILBI TEMPERATUUR

Kilbis puudub normaalne õhuvahetus väliskeskkonnaga. Seetõttu oli vajalik teostada kilbi seadmete ja komponentide soojuseralduse arvutus veendumaks töökeskkonna temperatuuri jäämises lubatud piiridesse. Elektroonikaseadmed on temperatuuri suhtes eriti tundlikud. Tabelis 7.1 on toodud kilbi komponentide soojuskaod ja neile maksimaalsed lubatud temperatuurid.

Tabel 7.1 Kilbi komponentide soojuskaod ja nende maksimaalsed lubatud temperatuurid

Nr.	Nimetus	Soojuskaod(W)	Max. lubatud temperatuur(°C)
1	Tööstuskontroller	12	60
2	Analoogmoodul	1,5	50
3	Analoogmoodul	1,5	50
4	Sidemoodul	1,2	50
5	Operaatorpaneel	3	50
6	Toiteplokk	6	60
7	Faasirelee	-	50
8	Voolu kontrollirelee	-	50
9	DI Sagedusmuundur	62	45
10	EDI Sagedusmuundur	62	45
11	Kontaktorid	-	55
12	Vahereleed	-	55
13	Kaitselülitid	-	55

Temperatuuri tõusu kilbis saab leida valemiga:

$$\Delta T = \frac{Q_s}{k \cdot A} \quad (7.1) [45]$$

1. Q_s – seadmete soojaeraldus
2. k – lehtmetsa soojuskonstant ($5,5 \text{ W/m}^2$)
3. A – efektiivne soojust hajutav kilbi pind

Kilbis eralduv soojushulk:

$$Q_s = 12 + 1,5 + 1,5 + 1,2 + 3 + 6 + 62 + 62 = 149,2 \text{ W} \quad (7.2) [45]$$

Kilbi mõõtmed (laius, kõrgus, sügavus) on $800 \times 800 \times 250 \text{ mm}$. Seinale paigaldatava kilbi kohta annab standard DIN 57660 järgneva valemi:

$$A = 1,4 \cdot L \cdot (K + S) + 1,8 \cdot S \cdot K = 1,4 \cdot 0,8 \cdot (0,8 + 0,25) + 1,8 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 1,536 \text{ m}^2 \quad (7.3) [45]$$

Temperatuuri tõus kilbis:

$$\Delta T = \frac{149,2}{5,5 \cdot 1,536} = 17,6^\circ \text{C} \quad (7.4) [45]$$

Arvestades, et kilp paikneb stabiilse temperatuuriga siseruumides, kus maksimaalne temperatuur võib olla kuni 25°C , võib temperatuur kilbis tõusta kuni $42,6^\circ \text{C}$ -ni. See on aga vähe tõenäoline, sest suurimad soojuseraldajad on sagedusmuundurid ja pidevat töötamist maksimaalsel võimsusel on vähe. Sellise temperatuuriga võib rahule jääda, sest kõigi kilbis paiknevate seadmete maksimaalne lubatud temperatuur on sellest väiksem.

KOKKUVÕTE

Magistritöö ülesandeks oli veepuhastuse automaatikasüsteemi projekteerimine, viimase automaatika ja jõupaigaldise komponentide valimine, programmeerimine ning elektri- ja automaatikakilbi komplekteerimine. Projekteerimine sisaldas endas elektri- ja automaatikakilbi jooniste ning elektriskeemide tegemist. Programmeerimine hõlmas tööstuskontrollerit ja selle lisamoduleid, operaatorpaneeli ja sagedusmuundurit. Projekti teostamisel sai arvestatud kehtivate seaduste ning standarditega.

Projekteerimise lähteandmed olid järgnevad:

1. Süsteemi plokkskeem
2. Seadmete andmelehed
3. Pöördosmoos veepuhastusseadmete tööjoonised ja juhendid
4. Tellija nägemused ja soovid

Sedalaadi veepuhastuse automaatikasüsteemid on küllaltki laialdaselt levinud.

Antud magistritöö omab praktilist väärtust veepuhastuse automaatikasüsteemi tutvustuse näol. Töös käsitletud meetodika tööstuskontrolleri ja selle lisamoduleite, operaatorpaneeli ja sagedusmuunduri valikuks võib aidata teiste samanäoliste projektide juures. Töö põhiosas paiknevad elektri- ja automaatikakilbi vaated ning lisades paiknevad elektriskeemid annavad ideid taoliste kilpide projekteerimiseks. Töös käsitletud tööstuskontrolleri juhtimisalgoritmid võivad aidata sarnaste programmide koostamisel.

Magistritöö teoreetiline väärtus avaldub eelkõige vajalike nõuete loetelus seadmele ning elektri- ja automaatikakilbile. Samuti seadmete ja kilbi valimisel arvestatud standardite ning nõuetega.

Põhilised probleemid on sageli seotud sellega, et tellijal puudub nägemus taolise veepuhastuse automaatikasüsteemi olemusest. Seetõttu ei ole alguses teada ka kindlaid nõudeid ja projekteerimine käib samm-sammult.

Magistritöö ülesande täitmisel saavutatud eesmärk andis ohtralt teadmisi ja praktilisi oskusi. Praktiliste kogemuste põhiosa on just tööstuskontrolleri, selle lisade, operaatorpaneeli ja sagedusmuunduri programmeerimisel ja seadistamisel. Lisaks sellele võimaldas magistritöö omandada ka teadmisi veepuhastuse protsessist.

KASUTATUD KIRJANDUS

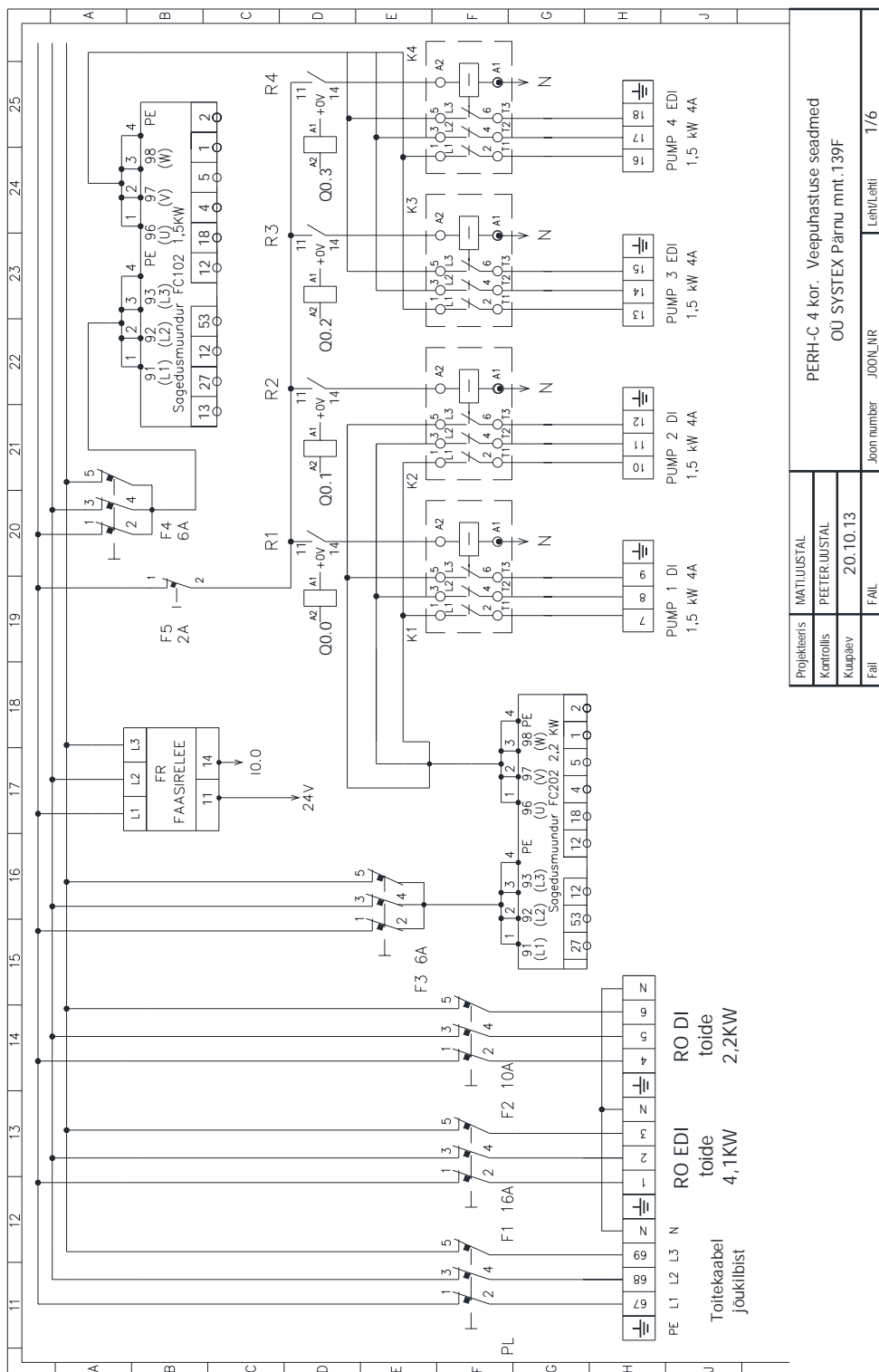
1. Aquatehnika OÜ <http://www.aquatehnika.ee/>. Vaadatud 27.05.2014
2. Herco Wassertechnik GmbH. - Operating Instructions Reverse-Osmosis-System UO-D 600/900/1200/1500 ND. – 140 lk.
3. Herco Wassertechnik GmbH. - Operating Instructions Ultra-pure Water System UP 150/250/550/800/1100/1350. – 159 lk.
4. Vikipeedia <http://et.wikipedia.org/wiki/Osmoos>. Vaadatud 1.05.2014
5. Vikipeedia <http://et.wikipedia.org/wiki/Pöördosmoos>. Vaadatud 1.05.2014
6. Pöördosmoossüsteemi RO UO 2000 ND kasutusjuhend. – Tallinn: Aquatehnika OÜ, 2014. – 5 lk.
7. Elektrodeionisatsioonimooduliga pöördosmoossüsteemi RO UP 1100 kasutusjuhend. – Tallinn: Aquatehnika OÜ, 2014. – 8 lk.
8. Prestige Pumps Ltd http://www.prestigepumps.co.uk/uploads/images/max/299/299/Ebara/Ebara_Matrix.jpg. Vaadatud 17.04.2014
9. EBARA Pumps Europe S.p.A. http://media.ebara-europe.com/assets/140221_183016_88_matrix_c.pdf. Vaadatud 18.04.2014
10. Webb W. J.; Reis A. R. Programmable logic controllers – Principles and Applications – Fourth Edition. – Ohio: Prentice-Hall, 1999. – 443 lk.
11. Müür M.; Pettai E.; Lepiksoo U. Programmeeritavad kontrollid tööstusautomaatikas. – Tallinn:2011. – 118 lk.
12. IEC 61131-3. Programmable Logic Controllers: Part 3: Programming languages. – IEC, 2013.
13. Joller J.; Jansikene R, Energiasäästust elektriainamisüsteemides// Elektriala 1 (2000).
14. Laugis J.; Risthein E.; Lehtla T.; Oorn A.; Tomson T.; Joller J.; Lehtla M., Sagedusmuunduri tasuvusajast// Elektriiku kalender(1998).

15. GRUNDFOS Holding A/S http://www.grundfos.com/content/dam/Global%20Site/Industries%20%26%20solutions/Industry/pdf/The_Centrifugal_Pump.pdf. Vaadatud 20.04.2014
16. Brindfeldt E.; Pettai E.; Hõimoja H.; Beldjajev V. Täiturid tööstustusautomaatikas. – Tallinn:2011. – 124 lk.
17. Baldor Electric Company <http://www.reliance.com/prodserv/standriv/appnotes/d7737.pdf>. Vaadatud 20.04.2014
18. EVS-EN 61000-6-4:2004. Elektromagnetiline ühilduvus. Osa 6: Erialased põhistandardid. Jagu 4: Tööstuskeskkondade emissioonistandard. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2004.
19. EVS-EN 61000-6-2:2006. Elektromagnetiline ühilduvus. Osa 6-2: Erialased põhistandardid. Häiringukindlus tööstuskeskkondades. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2006.
20. Danfoss Power Electronics A/S. - Operating Instructions HVAC Drive FC 102. – 74 lk.
21. Danfoss Power Electronics A/S. - Operating Instructions AQUA Drive FC 202. – 74 lk.
22. Sung W. S.; Lee J.; Lee I. Process identification and PID control. – Singapore: IEEE PRESS, 2009. – 443 lk.
23. Virtual roadside <http://www.virtualroadside.com/blog/index.php/2009/01/29/pid-parameter-calculation-spreadsheet/> Vaadatud 30.04.2014
24. Danfoss Power Electronics A/S. – Programming Guide HVAC Drive FC 102. – 239 lk.
25. Siemens AG <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/cpu/Pages/Default.aspx> Vaadatud 10.03.2014.
26. Siemens AG. - SIMATIC S7-1200 Programmable controller System Manual. – 864 lk.
27. Siemens AG <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/90018057> Vaadatud 10.03.2014.
28. Siemens AG <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/first-generation-system-overview/Pages/Default.aspx> Vaadatud 12.03.2014

29. Siemens AG <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/28426641/td>
Vaadatud 12.03.2014
30. Danfoss Power Electronics A/S. - Data sheet - Pressure transmitter for general industrial purposes Type MBS 3000 and MBS 3050. –6 lk.
31. Huba Control. - Flow sensor for liquid media type 210. –9 lk.
32. Danfoss Power Electronics A/S. - Data sheet - Pressure transmitter for industrial applications , Type MBS 4510. –5 lk.
33. Danfoss Power Electronics A/S. - Data sheet - Temperature sensor with integrated transmitter for industrial applications, Type MBT 3560. –4 lk.
34. Siemens AG <https://mall.industry.siemens.com/mall/catalog/products/10046659>
Vaadatud 13.03.2014
35. Siemens AG. - CPU-CPU Communication with SIMATIC Controllers . – 304 lk.
36. Siemens AG <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045696?tree=CatalogTree> Vaadatud 13.03.2014
37. EVS-IEC 60364-4-43:2003. Ehitiste elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2003.
38. EVS-EN 60529:2001. Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP-kood). – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2001.
39. EVS-EN 61140:2006. Kaitse elektrilöögi eest. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2006.
40. EVS-IEC 60364-4-41:2003. Ehitiste elektripaigaldised. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2003.
41. Siemens AG <https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/pages/default.aspx> Vaadatud 15.05.2014
42. Rashidov A.; Jordanov S. Tööstuslikud võrgud ja liidesed automatiseerimissüsteemis. – Gabrovo: TTÜ elektriajamite ja jõuelektroonika instituut, 2011. – 114 lk.
43. Vikipeedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus> Vaadatud 15.05.2014
44. Siemens AG. - SIMATIC HMI - HMI devices - Basic Panels. – 162 lk.
45. Rittal GmbH & Co. KG http://www.rittal.de/downloads/TechInfo/en/8718_SK_Praxistips_GB.pdf Vaadatud 20.05.2014

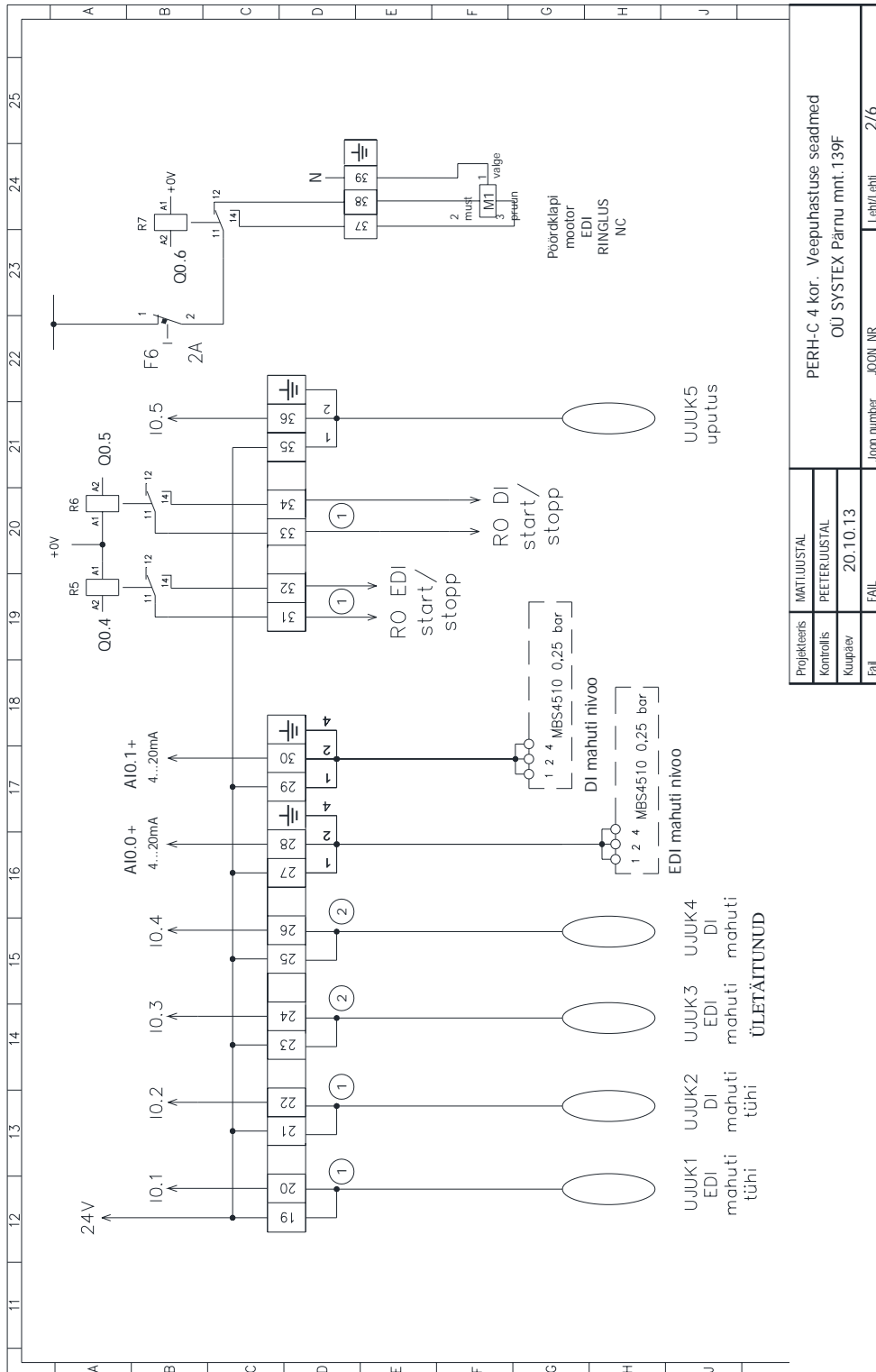
L I S A D

Lisa 1. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 1



Projekteeris	MATILUUSTAL	PERH-C 4 kor. Veepuhastuse seadmed OÜ SYSTEX Pärnu mnt.139F
Kontrollis	PEETER LUUSTAL	
Kuupäev	20.10.13	
Fail	FAIL	
Joon number		J00N_LR
Leht/Lahti		1/6

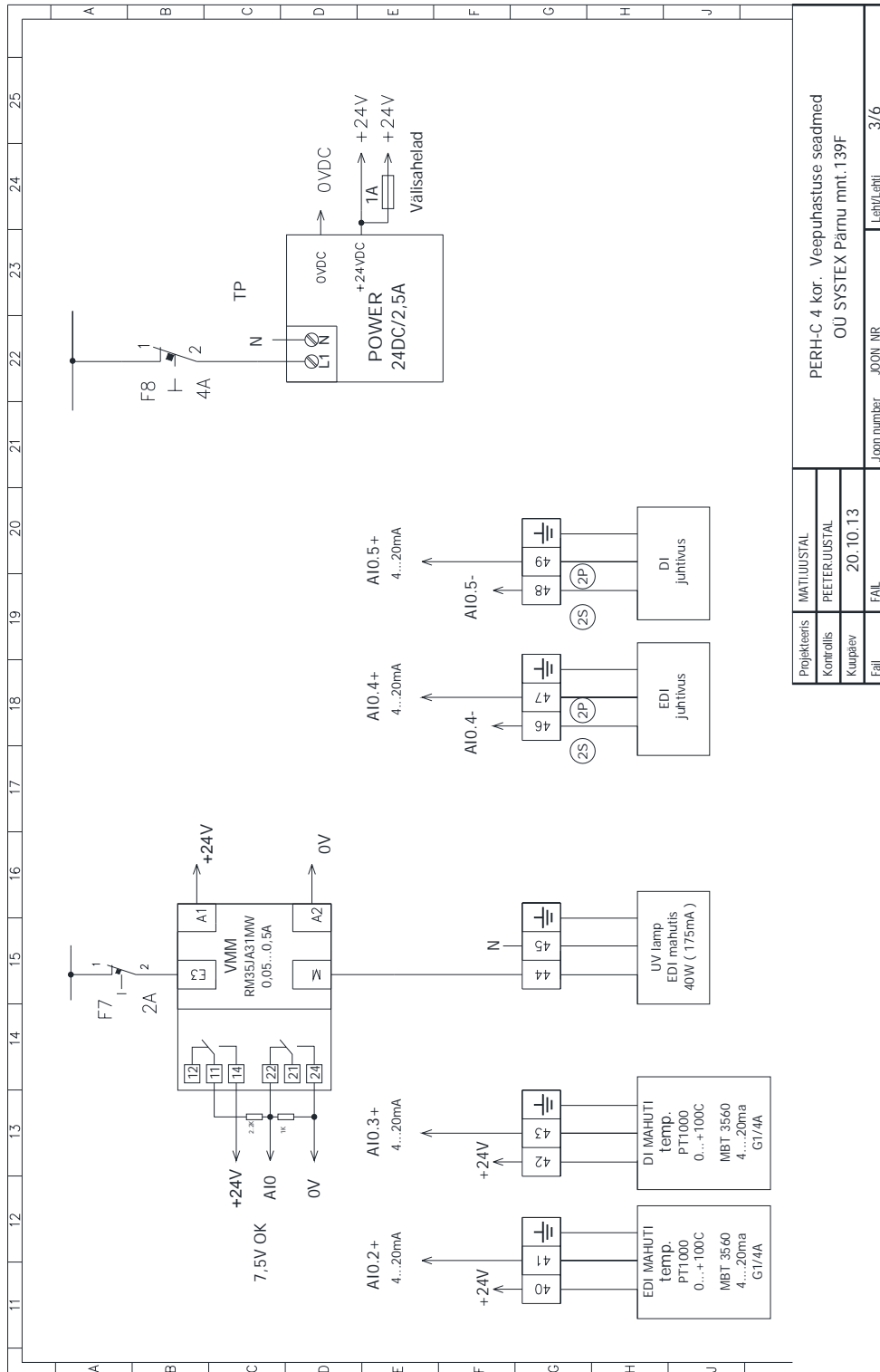
Lisa 2. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 2



Projekteeris	MATLUUSTAL
Kontrollis	PEETERUUSTAL
Kuupäev	20.10.13
Faail	FAIL
Joon number	J00N_NR
Leht/lehti	2/6

PERH-C 4 kor. Veepuhastuse seadmed
 OÜ SYSTEX Pärnu mnt.139F

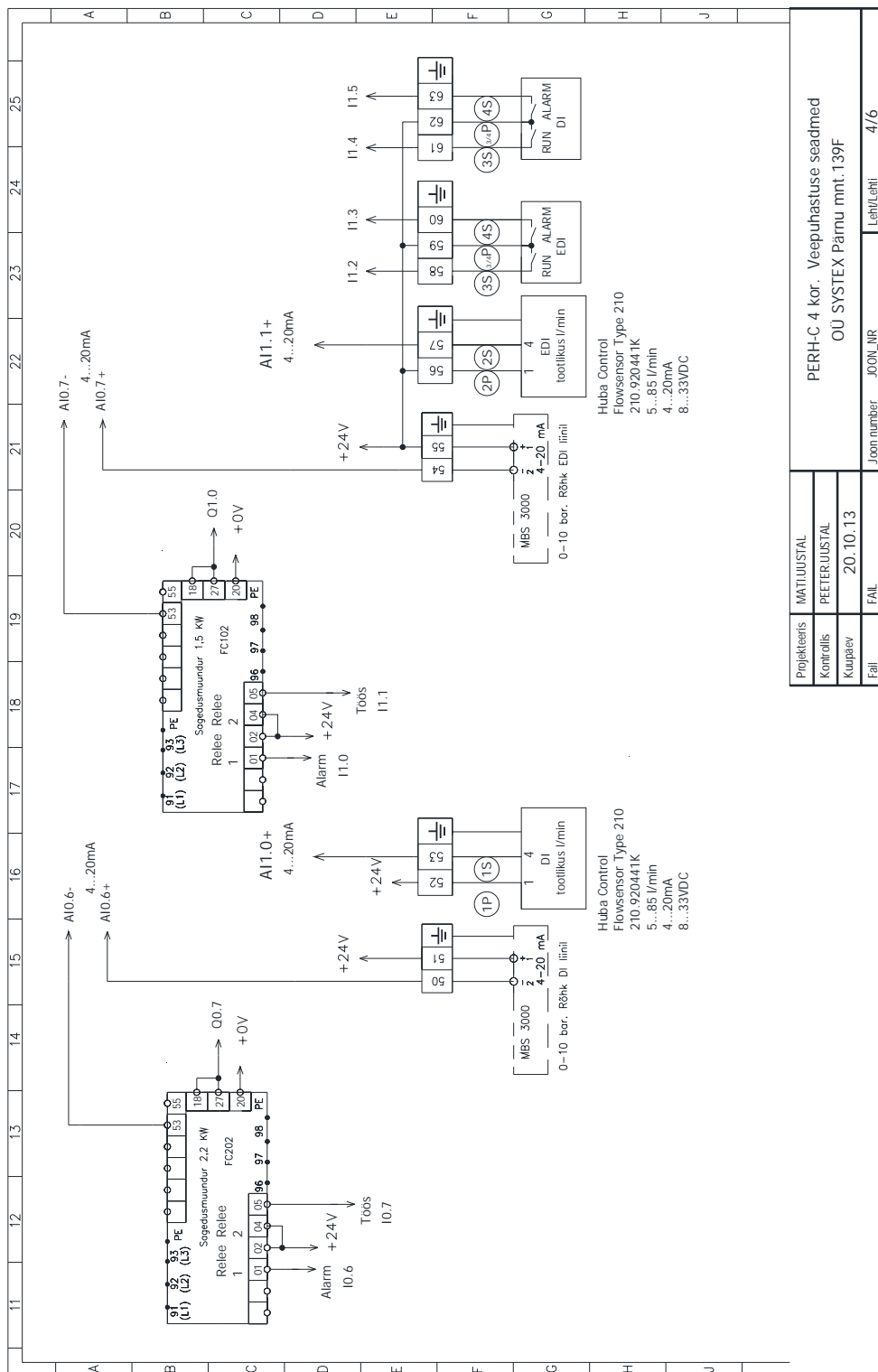
Lisa 3. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 3



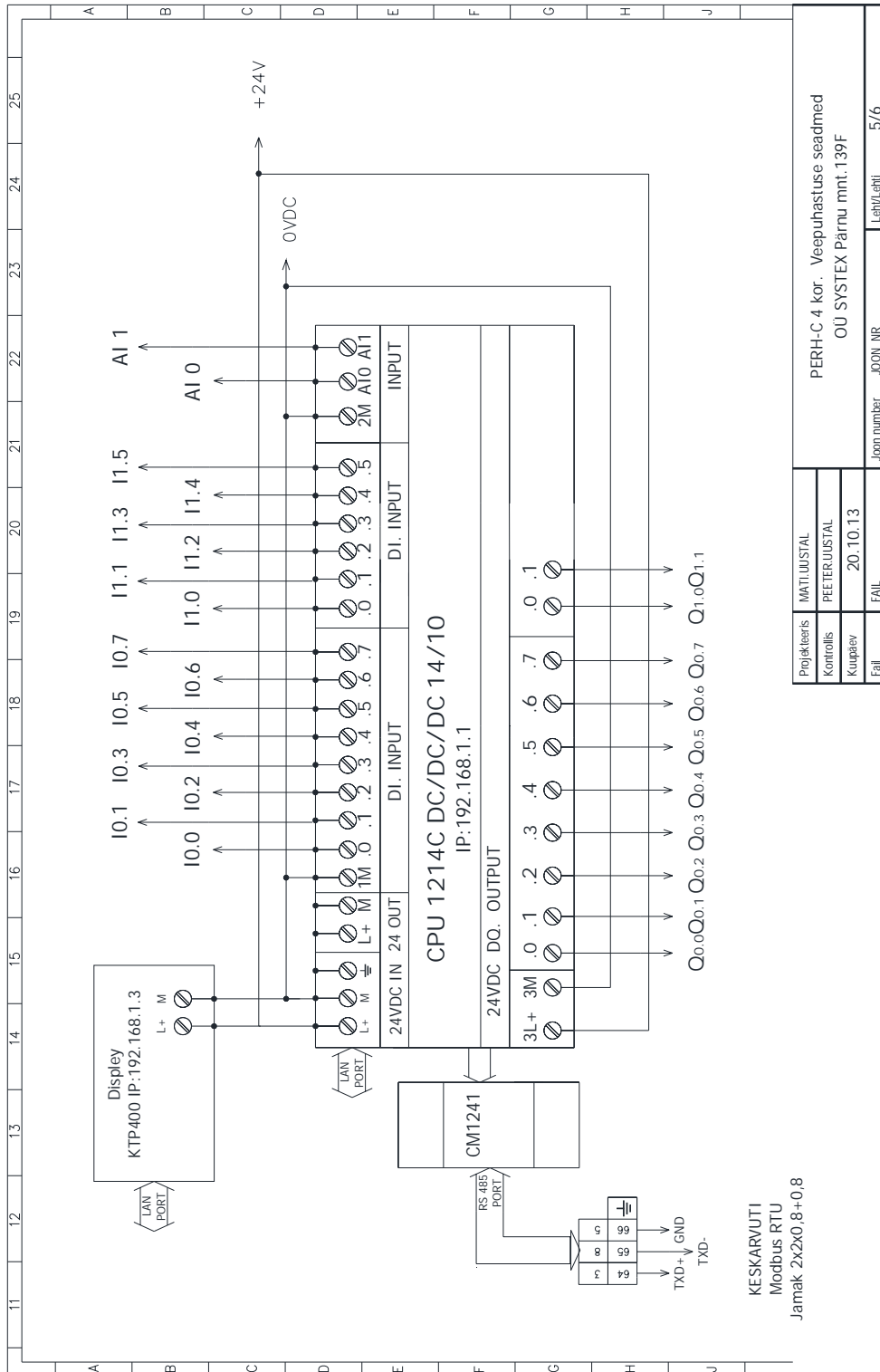
Projekteeris	MATILUUSTAL
Kontrollis	PEETERLUUSTAL
Kaupleev	20.10.13
Fail	FAIL

PERH-C 4 kor. Veepuhastuse seadmed	
OÜ SYSTEX Pärnu mnt. 139F	
Joon number	JOON_NR
	Leht/Lehti
	3/6

Lisa 4. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 4

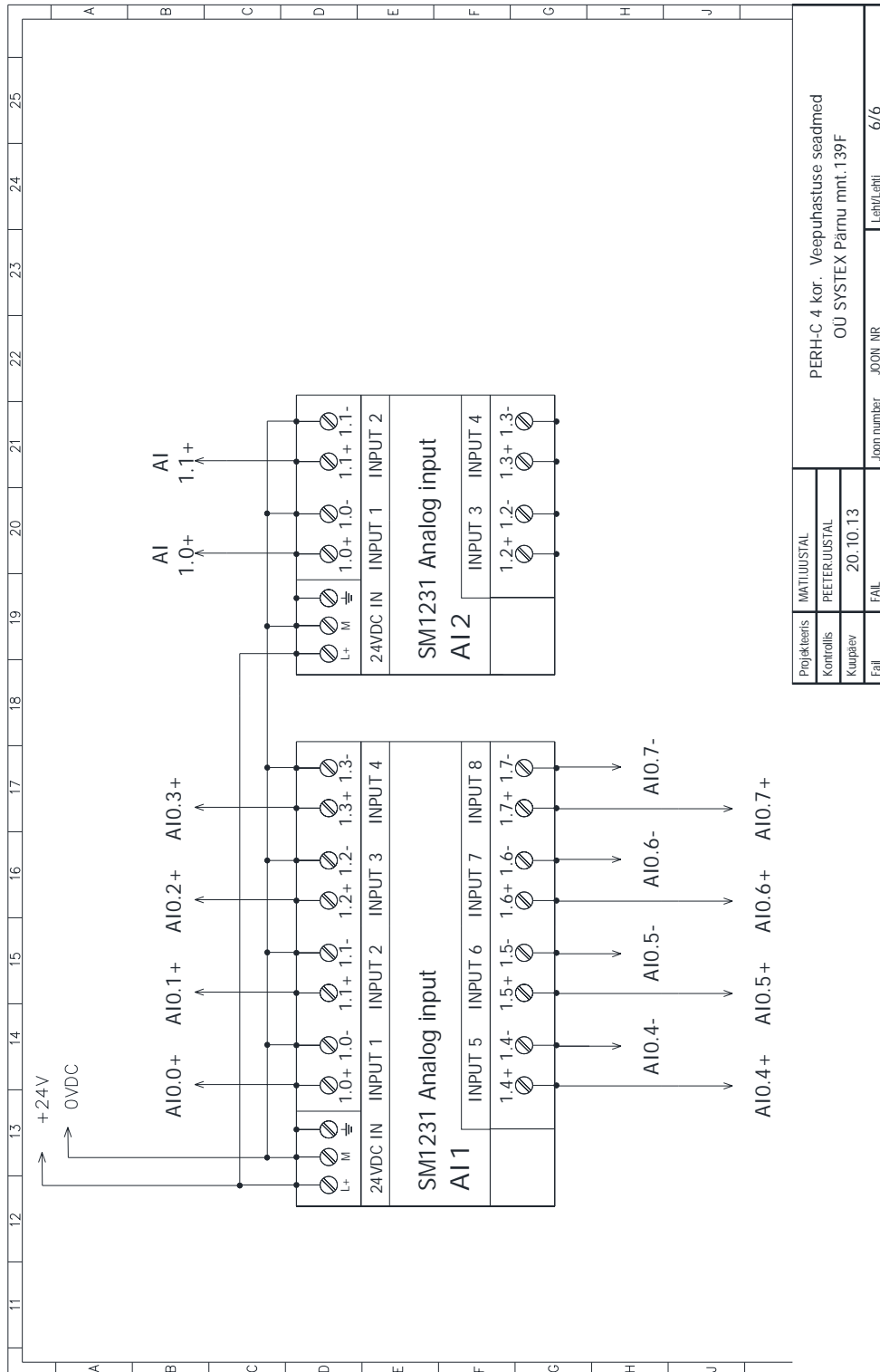


Lisa 5. Elektri- ja automaatikakilbi joonis 5



Projektservis	MATILUUSTAL	PERH-C 4 kor. Veepuhastuse seadmed OÜ SYSTEX Pärnu mnt.139F
Kontrollis	PEETERUUSTAL	
Kuupäev	20.10.13	
Faill	FAIL	
Joon number		J00N_LR
		Leht/Lehti
		5/6

KESKARVUTI
Modbus RTU
Jamak 2x2x0,8+0,8



Lisa 7. Elektri- ja automaatikakilbi tehniline spetsifikatsioon

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	B	C	D	E	F	G	H	J						
<p>1. PL PEALÜLITI</p> <p>2. F1 RO EDI TOIDE</p> <p>3. F2 RO DI TOIDE</p> <p>4. F3 DI PUMPADE SAGEDUSMUUNDURI TOIDE</p> <p>5. F4 EDI PUMPADE SAGEDUSMUUNDURI TOIDE</p> <p>6. F5 KONTAKTORITE MÄHISTE TOIDE</p> <p>7. F6 EDI PÖÖRDKLAPI TOIDE</p> <p>8. F7 UV LAMBI TOIDE</p> <p>8. F8 TOITEPLOKI 230/24VDC TOIDE</p> <p>9. DISPLAY KTP400 IP:192.168.1.3 (Siemens)</p> <p>10. CPU 1214 KONTROLLER IP:192.168.1.1 (Siemens)</p> <p>11. LIIDES RS485 CM1241 (Siemens)</p> <p>12. A11 ANALOOG SISEND SMT1231 8in (Siemens)</p> <p>13. A12 ANALOOG SISEND SMT1231 4in (Siemens)</p> <p>14. TP TOITEPLOKK LOGO 24V 2,5A (Siemens)</p> <p>15. VMM VOOLU KONTROLLIRELEE 0,05...0,5A (Schneider)</p> <p>16. FR FAASIRELEE 3x400VAC PMW10 (Lovato)</p> <p>17. RÖHUANDUR MBS3000 0...10bar (Danfoss)</p> <p>18. NIVOOANDUR MBS4510 0...2.5m (Danfoss)</p> <p>19. TEMPERATUURIANDUR MBT 3560 PT1000 0...100C (Danfoss)</p> <p>20. PÖÖRDKLAPP SR230 A-5 (Belimo)</p> <p>21. KULUANDUR FLOWSSENSOR 210 5...85l/min. (Huba Control)</p> <p>22. SAGEDUSMUUNDUR FC202 2,2KW IP20 (Danfoss)</p> <p>23. SAGEDUSMUUNDUR FC102 1,5KW IP20 (Danfoss)</p> <p>24. KONTAKTOR C19 4KW 230VAC (Danfoss)</p> <p>25. RELEE RJ1S-CL 1ÜL 24VDC (Idec)</p>														
Projekteeris		MATTI UUSTAL		PERH-C 4 kor. Veepuhastuse seadmed		TEHNILINE								
Kontrollis		PEETER UUSTAL		OÜ SYSTEX Pärnu mnt.139F		SPETSIFIKATSIOON								
Koopäev		20.10.13		Joon number		J00N_NBR								
Fail		FAIL		Leht nr		1								

Lisa 8. Elektri- ja automaatikakilbi pilt



Lisa 9. EDI RO veepuhustusseadme pilt



Lisa 10. DI RO veepuhastusseadme pilt



Lisa 11. EDI mahuti pilt



