KAUKOLÄMPÖLAITOKSEN AUTOMATISOINTI

Juha-Matti Kamrat

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012
Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

JUHA-MATTI KAMRAT:
Kaukolämpölaitoksen automatisointi

Opinnäytetyö 82 sivua, josta liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2012

Tämä opinnäytetyö käsittelee kaukolämmön varalaitoksen täysimittaista automatisointia, joka toteutettiin Leppäkosken Energia Oy:lle.

Työn tarkoituksena oli modernisoida vanha varakattilalaitos täysin automaattiseksi, ja siten nopeuttaa laitoksen käyttöönottoa lämmöntuotannon- ja kaukolämpöverkon vikatilanteissa, sekä helpottaa laitoksen käytönvalvontaa.

Laitos koostuu lämpökattilasta ja neljän megawatin moduloivasta öljypolttimesta, kaukolämpöverkon paineenpitojärjestelmästä ja paisuntasäiliöstä, sekä kiertovesipumpuista ja venttiileistä.

Automatisointi toteutettiin projektiluonteisena työnä, joka sisälsi suunnittelun, komponenttien hankinnan, asennustyön, ohjelmoinnin, etäkäyttöyhteyksien toteuttamisen, käyttöönoton ja käyttökoulutuksen, sekä tarvittavien dokumenttien laatimisen.

Työssä käydään läpi laitteiston lähtökohdat, automatisoinnin toteuttamiseen valitut komponentit, laitteistoon tehdyt muutokset ja lisäykset, sekä logiikka- ja valvomo-ohjelmien rakenne tiivistetysti. Lisäksi käsitellään toteutettua etäkäyttöyhteyttä ja esitetään projektin yhteenveto.

Asiasanat: automaatio, kaukolämpö, kattilalaitos

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Machine- and device automation studying program

JUHA-MATTI KAMRAT:
Automation of district heating plant

Bachelor's thesis 82 pages, appendices 19 pages
May 2012

This thesis presents a full-scale automation of a backup plant of district heating. It was commissioned by Leppäkoski Energia Oy.

The purpose of this project was to fully modernize the old backup boiler plant and thereby speed up its introduction during heat production and district heating network malfunctions, as well as facilitate the operation control.

The plant consists of a boiler and a four-megawatt modulating oil burner, a pressure holding system and an expansion tank of the district heating network, as well as white water pumps and valves.

The automation was executed as a project, which included the planning, purchasing of the components, installation, programming, implementation of the remote access connections, introduction, user training and preparation of the necessary documents.

The thesis introduces the basis of the hardware, the components selected to the execution of the automation, hardware changes and additions and the structure of the PLC- and SCADA software. In addition, the thesis presents the remote access connection put into effect and the summary of the project.

Key words: automation, district heating, boiler plant

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 8
2 LEPPÄKOSKEN ENERGIA OY ... 9
2.1 Yritysesittely ... 9
2.2 Hämeenkyrön kaukolämpötoiminta ... 10
3 PROJEKTITYÖN KUVAUS ... 11
3.1 Lähtökohta ... 11
3.1.1 Järjestelmä ... 11
3.1.2 Valmiit komponentit ... 13
3.2 Toteutussuunnitelma ... 13
3.2.1 Laitteet ... 13
3.2.2 Automaatio ... 14
3.2.3 Aikataulu ... 15
3.2.4 Kustannukset ... 15
4 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO KOMPONENTIT ... 16
4.1 Logiikka ... 16
4.1.1 PLC ... 16
4.1.2 Digitaaliset tulot ... 16
4.1.3 Digitaaliset lähdöt ... 17
4.1.4 Analogiset tulot ... 17
4.1.5 Analogiset lähdöt ... 17
4.2 Paneeli PC ... 18
4.3 Taajuusmuuttaja ... 18
4.4 Energiamittaus ... 19
4.5 Automaattiventtiilit ... 19
4.6 Anturit ... 20
4.6.1 Paineanturit ... 20
4.6.2 Lämpötila-anturit ... 20
4.6.3 Pintalähettimet ... 21
4.6.4 Impulssivesimittari ... 21
4.7 Robottipuhelin ... 21
4.8 Etähallintayhteys ... 22
4.9 UPS-Laitteisto ... 22
5 SÄHKÖISET- JA RAKENTEELLISET MUUTOKSET ... 23
5.1 Poltinohjaus ... 23
5.2 Öljypumppujen ohjaus ... 23
5.3 Hälytykset ... 24

5.4 Pääkiertopumppu ja -venttiili ... 24
5.5 Vapaakiertopumppu ja -venttiili ... 25
5.6 Paineenpitojärjestelmä ja paisuntasäiliö ... 26
5.7 Energiamittaus ... 26
5.8 Sähkönsyöttö ... 27
5.9 Robottipuhelin ... 28
5.10 Paineanturit ... 28
5.11 Lämpötila-anturit ... 28
5.12 Impulssivesimittari ... 28
6 LOGIIKKAOHJELMA ... 29
6.1 Ohjelmointisovellukset ... 29
6.1.1 Sixnet I/O toolkit ... 29
6.1.2 ISaGraf ... 29
6.2 I/O konfigurointi ... 30
6.3 Ohjelmalohkot ... 31
6.3.1 Pumput ... 31
6.3.2 Automaattiventtiilit ... 32
6.3.3 Taajuusmuuttaja ... 33
6.3.4 Paisuntasäiliö ... 34
6.3.5 Hälytykset ... 35
6.3.6 Poltinohjaus ... 38
6.3.7 Automaattikäynnistys ... 39
6.3.8 Automaattipysäytys ... 41
7 KÄYTTÖLIITTYMÄ ... 42
7.1 Ohjelmointisovellus ... 42
7.2 Muuttujien konfigurointi ... 42
7.2.1 Hälytykset ... 42
7.2.2 Trendit ... 43
7.3 Välilehdet ... 43
7.3.1 Pääsivu ... 43
7.3.2 Trendit ... 47
7.3.3 Hälytykset ... 49
7.3.4 Asetusarvot ... 50
8 ETÄKÄYTTÖ JA VALVONTA ... 53
8.1 Etäkäyttöyhteys ... 53
8.2 Etäkäyttö tulevaisuudessa ... 54
9 DOKUMENTOINTI ... 55
9.1 Positiointi ... 55
9.2 Piirustukset ... 55

9.3 Käyttöohjeet ja käyttökoulutus ... 56
9.4 Muut dokumentit ... 56
10 KÄYTTÖÖNOTTO ... 57
11 YHTEENVETO ... 58
11.1 Suunnitellun toteutuminen ... 58
11.1.1 Laitteisto ... 58
11.1.2 Esiintyneet ongelmat ... 58
11.1.3 Aikataulu ... 59
11.2 Kustannukset ... 59
11.3 Tulevaisuus ... 60
12 LOPPUSANAT ... 62
LÄHTEET ... 63
LIITTEET ... 64
Liite 1. PI-kaavio ... 64
Liite 2. I/O konfiguraatio ... 65
Liite 3. Sähkökuvat ... 77

LYHENTEET JA TERMIT

A/D	analogia-digitaalimuunnos
D/A	digitaali-analogiamuunnos
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus
FBD	Function block diagram -ohjelmointikieli
I/O	yleisnimitys logiikan tulo- ja lähtöpiireistä
IP	Internetin verkkoliikennöintiprotokolla
MPLS	Valmiiksi viitoitettujen reittien verkkoliikennöintiprotokolla
OPC	avoimen tiedonsiirron standardi, automaatiossa
PLC	ohjelmoitava logiikka
SPS	Satapirkan Sähkö Oy
UPS	keskeytymätön virransyöttöjärjestelmä
VPN	virtuaalinen lähiverkko

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä automatisoidaan Leppäkosken Energia Oy:n omistama kaukolämmön varalaitos, jolla tuotetaan lämpöä Hämeenkyrön kaukolämpöverkkoon häiriötilanteissa. Automatisointi tehdään nopeuttamaan laitoksen käyttöönottoa ja helpottamaan käytön aikaista valvontaa.

Nykyisellään laitoksessa ei ole minkäänlaista automaatiota, ainoastaan poltinohjaus on oma automaattisesti toimiva kokonaisuutensa, jonka käyttö ei tarvitse jatkuvaa valvontaa. Tällä hetkellä varalämpölaitoksen häiriötilanteissa ilmoitus tulee pääsääntöisesti vasta asiakkaalta, kun lämmintä käyttövettä ei enää tule. Tämän lisäksi, suurista välimatkoista ja päällekkäisistä työtehtävistä johtuen, käytönvalvojalla saattaa kulua paljon aikaa ennen kuin pääsee selvittämään häiriön syntyyn johtaneita tekijöitä.

Laitos on tarkoitus automatisoida järjestelmäksi, joka pysyy toiminnassa ilman jatkuvaa valvontaa. Tämän lisäksi häiriötilanteista tulisi saada ilmoitus käytönvalvojan matkapuhelimeen ja laitoksen toimilaitteita, sekä käyttöön vaikuttavia parametreja tulisi pystyä hallitsemaan julkisen internetin välityksellä. Lisäksi, käyttäjän ja laitoksen välille tulisi toteuttaa vain yksi rajapinta, josta käyttäjä pystyy hallitsemaan kaikkia laitoksen toimintaan vaikuttavia parametreja, jolloin käytön valvonta helpottuu huomattavasti.

2 LEPPÄKOSKEN ENERGIA OY

2.1 Yritysesittely

Leppäkosken Energia Oy on Leppäkosken Sähkö Oy:n sataprosenttisesti omistama tytäryhtiö, joka kuuluu Leppäkosken Sähkö -konserniin. Lisäksi konserniin kuuluvat tytäryhtiöt FC Energia Oy ja FC Power Oy (kuvio 1). (leppäkoski.fi, 2012)

Leppäkosken Energia Oy vastaa sähkön, kaukolämmön, teollisuushöyryn ja prosessiveden tuotannosta, sekä maakaasu- ja kaukolämpöverkostojen rakentamisesta ja kunnossapidosta, kaukolämmön ja maakaasun myynnistä, sekä konsernin asiakkuudenhallinnasta (leppäkoski.fi, 2012).

Yrityksen päätoimipaikka on Ikaalinen, mutta liiketoimintaa löytyy myös Parkanosta, Hämeenkyröstä, Sastamalan Äetsästä, Joutsenosta ja Ylöjärveltä, Ylisen alueella (leppäkoski.fi, 2012).

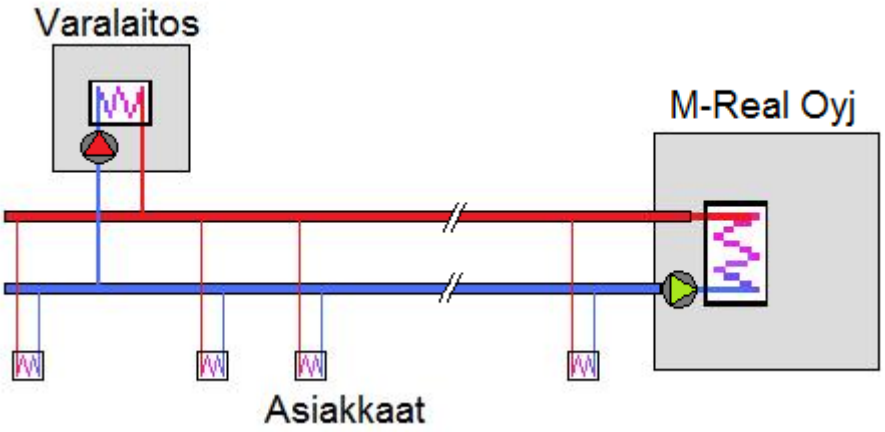
KUVIO 1. Konsernirakenne (leppäkoski.fi, 2012)

2.2 Hämeenkyrön kaukolämpötoiminta

Leppäkosken Energia Oy omistaa Hämeenkyrön kaukolämpöverkon (kuva 1), johon tarvittava energia ostetaan M-Real oyj:ltä. M-Real Oyj:llä on Kyrön paperitehtaan ohessa lämpölaitos, jossa tuotetaan maakaasulla prosessihöyryä, sähköä ja kaukolämpöä.

Hämeenkyröön valmistuu vuoden 2012 syksyllä Hämeenkyrön voima Oy:n biovoimalaitos, johon koko tuotanto siirretään. Hämeenkyrön voima Oy koostuu Leppäkosken Sähkö Oy:n lisäksi Pohjolan Voima Oy:stä ja M-real Oyj:stä.

Hämeenkyrön kaukolämpöverkossa (kuva 1) on tällä hetkellä yksi varalaitos, jota tämä työ käsittelee. Varalaitos sijaitsee kaukolämpöverkon toisessa päässä, jolloin huoltotöiden ajaksi voidaan verkko jakaa kahteen osaan. Tällaisessa tilanteessa varalaitos huolehtii jäljelle jäävän verkon asiakkaiden lämmöntuotannosta ja katkoksista aiheutuva haitta saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä. Lisäksi varalaitoksella voidaan ylläpitää koko kaukolämpöverkkoa lyhyitä aikoja, lämmöntarpeen ollessa vähäinen.



KUVA 1. Hämeenkyrön kaukolämpötoiminnan periaatekuva

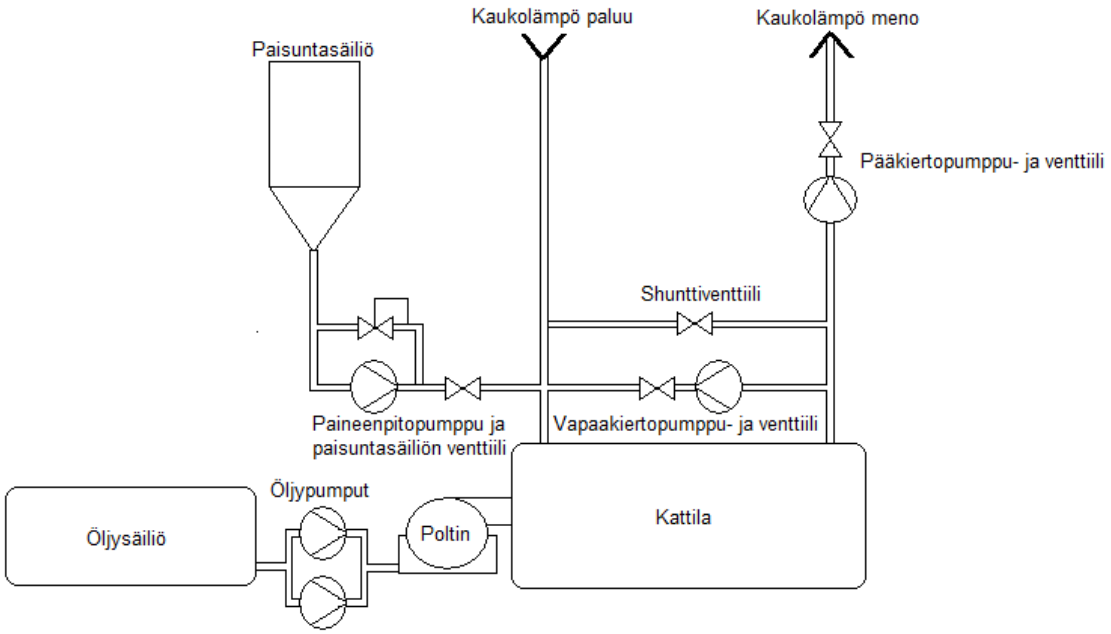
3 PROJEKTITYÖN KUVAUS

3.1 Lähtökohta

Vanhoja järjestelmiä modernisoitaessa, on ensimmäisenä toimenpiteenä selvittää projektin lähtökohdat, jotta järjestelmän halutulle toiminnalle ja sen toteuttamiselle saadaan selkeä toimintamalli. Seuraavissa kappaleissa käsitellään järjestelmän alkuperäistä toimintaa ja projektissa mahdollisesti hyödynnettäviä komponentteja.

3.1.1 Järjestelmä

Hämeenkyrön varalämpölaitos koostuu viiden megawatin lämpökattilasta, jossa on neljän megawatin moduloiva raskasöljypoltin. Moduloivissa polttimissa tehonsäätö on portaatonta ja tapahtuu usein automaattisesti, jolloin säädin ohjaa tehoa halutun lämpötilan mukaan. Polttimen ohjaus on toteutettu ohjelmakoneiston ohjaamalla releistöllä, joka huolehtii käynnistys- ja pysäytys-sekvensseistä. Tällä hetkellä laitosta käytetään kevyellä polttoöljyllä, johtuen laitoksen vähäisestä käyttöasteesta ja kevytöljyn paremmasta käyttövarmuudesta. Kuvassa 2 on laitoksen pelkistetty prosessikaavio. Täydellinen kaavio löytyy liitteestä 1.



KUVA 2. Varalaitoksen pelkistetty prosessikaavio

Öljy polttimelle saadaan pihalla sijaitsevista kahdesta öljysäiliöstä (yhteensä 60m³). Öljyn siirrosta huolehtii kahden pumpun koneikko, jossa on lämmönvaihtimella toteutettu esilämmitys. Öljyjärjestelmä perustuu säiliöön palautuvaan kiertoon.

Poltinta pystytään ohjaamaan yhdellä kytkimellä päälle ja pois. Öljypumppujen ohjaus on toteutettu molemmille pumpuille erillisenä käyttönä. Pumppujen ohjauksen valinnat ovat: seis, varalla ja käy.

Kaikki laitoksen venttiilit ovat manuaalisia palloventtiileitä, joista kolmea tarvitaan laitoksen normaaliin käyttöön. Lisäksi laitoksen toimintaan tarvitaan kolmea eri vesipumppua: Pääkiertopumppu, joka pumppaa kaukolämpövettä laitoksen läpi ja tuottaa verkkoon paineeron, Vapaakiertopumppu, jota käytetään kattilan lämmityksessä ennen verkkoonajoa, sekä Paineenpitopumppu, joka pitää verkoston paineen halutulla tasolla ja kompensoi verkostossa olevia vuotoja.

Pääkiertopumppu ja vapaakiertopumppu ovat keskipakopumppuja. Pääkiertopumpussa on 22kW:n ja vapaakiertopumpussa 11kW:n kolmivaiheoikosulkumoottori, jota ohjataan päälle ja pois tähti-kolmio -käynnistimellä. Paineenpitopumppu on monijaksoinen keskipakopumppu, jossa on kolmen kilowatin kolmivaiheoikosulkumoottori. Paineenpitopumppua ohjataan suoraan kontaktorin välityksellä.

Laitoksen hälytystiedot on koottu ESMI-hälytyskeskukseen. ESMI-hälytyskeskuksessa on jokaiselle digitaaliselle hälytykselle merkkivalo ja hälytysääni indikaattoreina viasta. Hälytyskeskuksen toimintavarmuus on kuitenkin heikko ja käytetty tekniikka vanhaa.

Laitoksessa oleva paisuntasäiliö on paineeton säiliö johon ylimääräinen kaukolämpövesi siirtyy ylipaineventtiilin kautta. Paineenpitopumppu ottaa veden paisuntasäiliöstä ja pumppaa sitä jatkuvasti kaukolämpöverkon paluupuolelle. Paisuntasäiliön veden lisäys on toteutettu suoraan vesijohtoverkosta mekaanisella pintakytkimellä, joka ohjaa magneettiventtiiliä. Lisäksi säiliön pinnasta saadaan digitaalinen hälytystieto sen ollessa alhainen.

3.1.2 Valmiit komponentit

Laitoksen automatisointi on aloitettu jo vuonna 2005, jolloin on hankittu valmiiksi käytettävä PLC, sekä pieni määrä I/O:ta ja kosketusnäytöllä varustettu PC. Nämä komponentit on koottu valmiiksi irralliseen keskukseen, jota työssä on tarkoitus hyödyntää. Keskuksessa on valmiiksi virtalähde, releet digitaalisia lähtöjä varten, sekä etureleet 230v digitaalituloja varten.

3.2 Toteutussuunnitelma

Tein projektista alustavan toteutussuunnitelman, jota projektin edetessä kävimme yrityksen työntekijöiden kanssa suullisesti läpi ja mietimme parhaita tapoja eri järjestelmälohkojen toteutukselle. Rajoitteita ja muutoksia suunnitelmaan ei juuri tullut, joten sain kohtalaisen vapaasti toteuttaa projektin omien suunnitelmieni pohjalta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään projektin suunniteltua toteutustapaa.

3.2.1 Laitteet

Lämpökattilan putkistoihin lisätään laitoksen normaaliin käyttöön tarvittavat kolme venttiiliä. Venttiileiden ohjaukseen riittää tilat auki ja kiinni. Lisäksi venttiileiltä tulee saada tilatieto takaisinkytkentänä. Pääkiertoventtiilin rinnalle lisätään säädettävä kierto kattilan lämpötilan ylläpitämiseksi.

Pääkiertopumpun nykyinen ohjaus puretaan ja toteutetaan taajuusmuuttajalla, jolloin virtauksen ja paine-eron säätömahdollisuudet paranevat. Paineenpito- ja vapaakiertopumppujen ohjaus rakennetaan nykyisen ohjauksen rinnalle, jolla mahdollistetaan pumppujen ohjaus logiikan avulla. Öljypumppujen ohjaus toteutetaan siten, että käytettävän pumpun valinta onnistuu ainoastaan pumppujen läheisyydessä, jolloin käyttäjän on helppo tarkistaa pumppujen venttiileiden oikeellinen asento. Kaikkiin pumppuihin jätetään käsikäytön mahdollisuus, valvomo PC:n ja logiikan vikatilanteiden varalta, sekä kytkin, jolla voidaan estää pumpun tahaton käynnistyminen automaattisesti esim. huoltotöiden yhteydessä. Kaikilta pumpuilta johdotetaan lisäksi käynti- ja häiriötiedot logiikkaan.

Polttimen ohjaus toteutetaan polttimen käyttökytkimen rinnalle. Polttimen ohjaukseen tarvitaan lisäksi mahdollisuus kuitata hälytykset. Poltinkeskukselta johdotetaan logiikalle polttimen puhaltimen käyntitieto, sekä liekkitieto.

Digitaaliset hälytykset kootaan ESMI-hälytyskeskuksesta, sekä poltinkeskuksesta ja johdotetaan logiikalle. Hälytysten siirtoon lisätään robottipuhelin, joka ilmoittaa häiriötilanteista käytönvalvojan matkapuhelimeen.

Laitokseen lisätään energiamittari, jolla voidaan seurata kaukolämmön tilavuusvirtaa sekä tuotettua energiaa ja hetkittäistä tehoa.

Laitoksen käyttö ja käytön valvonta tarvitsee lisäksi seuraavat anturit: Paisuntasäiliön- ja öljysäiliön pinnanvalvonta-anturit, kaukolämpöverkon meno- ja paluuveden seurantaan paine, sekä lämpötila-anturit, öljynpaineanturi, ulkolämpötila-anturi, kattilan lämpötila-anturi, sekä impulssivesimittari verkoston vuotojen seuraamiseksi.

Laitoksen putkilinjoihin täytyy tehdä muutoksia uusista komponenteista johtuen. Nämä muutokset on tarkoitus toteuttaa yrityksen oman hitsaajan toimesta, jolloin ostotyön tarve vähenee. Sähkötyöt toteutan pääosin itse, mutta suuremmat kokonaisuudet, kuten pumppujen käytön uusiminen toteutetaan ostotyönä.

3.2.2 Automaatio

Tarvittavien muuttujien perusteella kasvatetaan järjestelmän I/O:ta vaadittavalle tasolle ja suoritetaan automaatiokeskuksen kytkennät. Suunnitellaan ja toteutetaan logiikkaohjelma, jolla saadaan halutut toiminnot ja estetään laitoksen väärinkäyttö. Verkoston paine-erosäätö toteutetaan logiikkaohjelmaan PID-säätimellä. Paneeli PC:lle luodaan laitoksen ohjausta varten selkeä valvomo-ohjelma, joka toimii ainoana rajapintana käyttäjän ja laitoksen välillä. Valvomo-ohjelman kautta tulee pystyä hallitsemaan kaikkia laitoksen käyttöön vaikuttavia parametreja, laitteiden ohjauksia ja lukemaan tilatietoja, sekä mitattuja suureita. Paneeli PC:lle luodaan lisäksi etäkäyttöyhteys, jolloin laitosta voi käyttää kaikkialta julkisen verkon välityksellä.

Laitoksen käyttöön tarvittavista tilatiedoista, ohjauksista ja mittauksista tein alustavan muuttujalistan helpottamaan komponenttien hankintaa ja kartoittamaan tarvittavaa I/O määrää, sekä I/O määrän käsittelyyn tarvittavia lisenssejä. Alustava suunnitelma on koottu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Alustava muuttujalista

Muuttuja	Tyyppi	Jännitetaso	Muuttuja	Tyyppi	Jännitetaso
ÖLJYPUMPPU1 KÄY	Digitaalinen tulo	230v	PAAKIERTOVENTTIILIN OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
ÖLJYPUMPPU2 KÄY	Digitaalinen tulo	230v	VAPAAKIERTOVENTTIILIN OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
ÖLJYPUMPPU1 HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	230v	PAISUNTASAILIOVENTTIILIN OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
ÖLJYPUMPPU2 HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	230v	LISAVESIVENTTIILIN OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
PAINEENPITOPUMPPU KÄY	Digitaalinen tulo	230v	OLJYPUMPPU OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
VAPAAKIERTOPUMPPU KÄY	Digitaalinen tulo	230v	PAINEENPITOPUMPPU OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
POLTIN PUHALLIN	Digitaalinen tulo	230v	VAPAAKIERTOPUMPPU OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
POLTIN LIEKKI	Digitaalinen tulo	230v	POLTIN KÄY/SEIS	Digitaalinen Lähtö	230v
YLEISHÄLYTYS	Digitaalinen tulo	230v	HAIRIÖNKUITTAUS	Digitaalinen Lähtö	230v
POLTINHAIRIÖ	Digitaalinen tulo	230v	TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS	Digitaalinen Lähtö	24v
RAJOITIN TOIMINUT	Digitaalinen tulo	230v	YLEISHALYTYS VAHTIMIKKO	Digitaalinen Lähtö	24v
ÖLJYNPAINE ALARAJA	Digitaalinen tulo	230v	HALYTYS SUMMERI	Digitaalinen Lähtö	24v
POLTIN PUHALLINHÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	230v	PAISUNTASAILIOSAILION PINTA	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
OHJAUSJÄNNITE 230V HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	230v	ULKOLAMPO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
VAPAAKIERTOVENTTIILI AUKI	Digitaalinen tulo	24v	KATTILALAMPO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
VAPAAKIERTOVENTTIILI KIINNI	Digitaalinen tulo	24v	PALUUPAINE	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
PAAKIERTOVENTTIILI KIINNI	Digitaalinen tulo	24v	MENOPAINE	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
PAISUNTASAILIOVENTTIILI AUKI	Digitaalinen tulo	24v	OLJYNPINTA	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
PAISUNTASAILIOVENTTIILI KIINNI	Digitaalinen tulo	24v	OLJYNPAINE	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
LISÄVESIPULSSIT	Digitaalinen tulo	24v	PAAKIERTOVENTTIILIN ASENTO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
TAAJUUSMUUTTAJA HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	24v	TAAJUUSMUUTTAJAN OLOARVO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
ÖLJYVIRTAUSPULSSI	Digitaalinen tulo	24v	OLJYNVIRTAUS	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
PAISUNTASAILIÖN ALARAJA	Digitaalinen tulo	24v	MENOLAMPO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
KATTILAN KUIVAKIEHUNTA	Digitaalinen tulo	24v	PALUULAMPO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
PAINEENPITOPUMPPU HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	24v	KL-VIRTAUS	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
VAPAAKIERTOPUMPPU HÄIRIÖ	Digitaalinen tulo	24v	KL-TEHO	Analoginen tulo	24v (4-20mA)
TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS	Analoginen Lähtö	24v (4-20mA)			

3.2.3 Aikataulu

Varsinaista aikataulullista rajaa työn valmistumiselle ei aseteta, mutta työ tulee toteuttaa siten, että laitoksen käytölle ei tule pitkäaikaisia esteitä. Työn arvioitu toteutusaika on 2011 syksy – 2012 kevät.

3.2.4 Kustannukset

Ennen projektin aloittamista kävimme läpi varalaitoksen vuodelle 2011 tarkoitetun budjetin, jota silmälläpitäen hankinnat tulee toteuttaa. Suuremman hintaluokan tilaukset tulee lisäksi vahvistuttaa jollakin yrityksen toimihenkilöllä.

4 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO KOMPONENTIT

4.1 Logiikka

Laitoksen käyttöön hankittu logiikkajärjestelmä on Yhdysvaltalaisen Sixnet-yrityksen valmistama. Sixnet valmistaa avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia logiikkakomponentteja, joissa ohjelmointi voidaan aloittaa hyvin alhaiselta tasolta, mikä mahdollistaa tavanomaisesta poikkeavat sovellukset (Sixnet.com, 2012). Kaikki logiikkakomponentit on asennettavissa normaaliin C-kiskoon

4.1.1 PLC

Logiikan keskusyksikkönä toimii sixnet:in valmistama sixtrac ST-GT-1210 sarjan PLC. Logiikasta löytyy RS-232 liityntä, jonka kautta tässä työssä suoritetaan tiedonsiirto pc:n ja logiikan välillä. Logiikassa on lisäksi ethernet-liityntä, joka tukee muun muassa TCP/IP, ARP, UDP, ICNP, DHCP ja Modbus protokollia. Ethernet liitynnän avulla pystytään hajauttamaan I/O:ta tai toteuttamaan erilaisia etäkäyttösovelluksia.

I/O:n kytkemiseksi PLC:hen Sixtrac-järjestelmissä käytetään oman ST -protokollan mukaista, pienten etäisyyksien kenttäväylää. Kenttäväylä toteutetaan pääosin viidellä johtimella, joista kaksi johdinta toimii sarjaliikenneväylänä, kaksi välittää käyttöjännitteen, sekä yksi toimii potentiaalin tasaajana ja suojamaana. Tämä väylä on tarkoitettu pääosin keskuksen sisäiseen I/O hajautukseen, eikä sovellu pitkille matkoille.

4.1.2 Digitaaliset tulot

Digitaalisia 16 kanavaisia tulokortteja tarvitaan kaksi ja ne ovat tyypiltään ST-DI-024-16H. Toinen korteista löytyy alustavasta automaatiokeskuksesta ja siihen on liitetty 230V etureleet, jolloin ohjaus voidaan toteuttaa suoraan verkkojännitteellä. Toinen korteista jätetään 24V tuloja varten. Korttien tulojen minimi pulssinleveys on 4mS, joten ne ovat riittäviä järjestelmässä tarvittaviin laskurituloihin.

4.1.3 Digitaaliset lähdöt

Alustavan suunnitelman mukaan järjestelmään riittää yksi 16-kanavainen tyypin ST-DO-DC2-16H digitaalinen lähtökortti. Maksimi kuormitettavuus tämän tyypin korteilla on 0,5A/lähtö. Keskukseen on kuitenkin lisätty vaihtokoskettimiset apureleet jokaiseen lähtöön. Osaa näistä lähdöistä on tarkoitus käyttää verkkotason jännitteen ohjaukseen ja loppu- ja 24V ohjauksiin. Lähtökortin ensimmäinen lähtö voidaan konfiguroida indikoimaan järjestelmävirheistä, mutta tässä työssä sitä ei käytetty.

4.1.4 Analogiset tulot

Logiikan analogisena tulokorttina toimii ST-AI-20M-16H–tyypin 16-kanavainen 4-20mA:n virta-analogiatulo. Tulon A/D-muunnos on 12-bittinen, joten yhden tulon resoluutioksi saadaan 6 µA. Alkuperäisessä kokoonpanossa analogiakortin tuloihin oli kytketty erillinen virranrajoitinyksikkö ST-CL-20M-16H. Yksikön on tarkoitus rajoittaa mittauspiirissä vaikuttava virta 24mA:iin ja estää tulokortin rikkoontuminen vikatilanteissa. Jouduin kuitenkin poistamaan virranrajoitinyksikön tilanpuutteen vuoksi.

4.1.5 Analogiset lähdöt

Järjestelmässä tarvitaan tällä hetkellä vain yhtä analogialähtöä taajuusmuuttajan ohjaukseen ja yksi lähtö varataan optiona tulevaisuudessa liitettävän shunttiventtiilin ohjaukseen. Järjestelmään valitsin pienimmän mahdollisen analogisen lähtökortin, joka sisältää kahdeksan kanavaa ja on tyypiltään ST-AO-20M-04F. Lähtevä virtaviesti kyseisessä kortissa on 4-20mA ja lähtöjen potentiaali on +. D/A -muunnoksen resoluutio on 13 bittiä josta virtaviestin porrastukseksi saadaan 2µA.

4.2 Paneeli PC

Laitoksen ohjaukseen ja valvontaan tarkoitettu tietokone on Protech Systems:in valmistama, 17 tuuman kosketusnäytöllä varustettu paneeliPC. Tietokoneen liityntöinä on neljä RS232 sarjaliikenneporttia, yksi rinnakkaisportti, kaksi USB-porttia, Ethernet, sekä kahdeksan digitaalista tuloa ja lähtöä. Näistä liitynnöistä tullaan työssä käyttämään RS232-sarjaliikenneporttia, jolla yhteys logiikkaan toteutetaan, sekä ethernet liityntää, jonka kautta mahdollistetaan laitoksen etäkäyttö.

PC:n näkyvät osat on koteloitu roiskevedenkestäviksi ja pölytiiviiksi, mikä mahdollistaa laitteen mielivaltaisen sijoituksen laitoksella. Tietokoneen prosessorina toimii Pentium 4, jonka kellotaajuus on 2,8GHz, joten se riittää valvomokäyttöön hyvin. Käyttöjärjestelmänä on Windows XP professional, joka toimii toistaiseksi alustana yrityksen kaikissa valvomoissa.

Koneeseen oli asennettu valmiiksi Logiikan ohjelmointiin ja valvomo-ohjelman tekoon tarvittavat ohjelmointisovellukset. Projektityön ohjelmointiosuus alkoi tietokoneen käyttöjärjestelmän päivittämisellä ja kosketusnäytön konfiguroinnilla. Kosketusnäyttö on tyypiltään analogiaresistiivinen ja liitetty sisäisesti tietokoneen USB-väylään.

4.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajan valmistajaksi valikoitui Vacon Oyj, jonka taajuusmuuttajia laitoksissa pääsääntöisesti käytetään. Pääkiertopumppu jota taajuusmuuttajalla ohjataan, on nimellisteholtaan 46 ampeeria ja 380 volttia. Taajuusmuuttajatyyppi, joka toteuttaa vaaditut arvot on tyypiltään NXL46. Taajuusmuuttajan suojausluokitukseksi valitsin hieman tavanomaista 32 luokkaa paremman 54 luokituksen, koska taajuusmuuttajaa ei ole tarkoitus asentaa erilliseen keskukseen, vaan se kiinnitetään suoraan laitoksen seinään.

Taajuusmuuttajatoimittajaksi valitsin, hintavertailun tehtyäni, suomalaisen VEM Motors Finland Oy:n, joka toimittaa Vacon-taajuusmuuttajia. Kyseisen yrityksen tarjous tämän kokoluokan taajuusmuuttajalle oli selvästi kilpailijoita edullisempi. Taajuusmuuttajan vakiotoimitukseen sisältyvät pumpun pyörimisnopeuden hallinta milliampeeri-viestillä ja pumpun

ohjaus käyntiin ja seis ulkoisen kytkintiedon avulla, sekä ohjelmoitava vaihtokoskettiminen rele, jota on tarkoitus käyttää häiriöiden välittämiseen.

4.4 Energiamittaus

Energiamittaus perustuu laitoksen läpi kulkevan veden massavirtaan ja vedessä tapahtuvaan lämpötilamuutokseen. Energiamittausta ei voi kustannustehokkaasti toteuttaa erillisillä komponenteilla ja logiikan laskemana, vaan tähän käyttöön kannattaa hankkia valmis mittari, joka sisältää kaikki tarvittavat anturit ja laskurin. Lisäksi kokonaisuutena toimitetut laitteet on kalibroitu, jolloin mittaustulosten oikeellisuudesta voidaan olla varmoja.

Hämeenkyrön varalämpölaitoksen maksimiteho on noin 4 megawattia, joten energiamittarin maksimiteho tulee olla vähintään sama. Tämän kokoluokan energiamittarin virtausanturin maksimivirtaama on 250m³/h. Lisäksi mittarista tuli saada teho- ja virtaustiedot logiikkaan.

Energiamittareiden hankinnasta vastaa yrityksen kunnossapitomestari, joka tilasi lähtötietoja vastaavan mittarin, jossa laskuri on Kamstrup:in Multical 801 tyypin energiamäärälaskuri ja virtausanturi saman valmistajan yhteensopiva Ultraflow-mallin ultraäänianturi.

4.5 Automaattiventtiilit

Automatisoinnin toteuttamiseen tarvittiin kolme toimilaiteohjattua venttiiliä: Pääkiertoventtiili erottamaan laitos kaukolämpöverkosta, vapaakiertoventtiili lämmityskäyttöä varten ja paisuntasäiliön venttiili erottamaan paisuntasäiliö ja paineenpitoyksikkö verkosta.

Paisuntasäiliö- ja vapaakiertolinjojen putkikoot ovat 50mm, joten tähän käyttöön valitsin standardikoon DN65, Siemens läppäventtiilit ja saman valmistajan Aquavitix SQL35 toimilaitteet. Kyseinen toimilaite valittiin siksi, että se on todettu aikaisemmassa käytössä toimintavarmaksi ja on yksinkertainen käyttää manuaalisesti. Toimilaitteisiin valittiin lisävarusteena rajakytkimet auki- ja kiinni-tiedolle.

Pääkiertoventtiiliksi valittiin, Siemensin vastaavanlainen, kokoluokan DN125, läppäventtiili ja Aquavitix toimilaite. Toimilaitteeseen valittiin lisävarusteeksi kiinni -tiedon rajakytkin, sekä potentiometri asentotiedolle.

4.6 Anturit

Osa järjestelmän antureista oli hankittu valmiiksi, mikä nopeutti projektin etenemistä. Puuttuvat anturit tilattiin vastaavanlaisina kuin etukäteen hankitut. Seuraavissa kappaleissa käydään lyhyesti läpi eri anturityypit.

4.6.1 Paineanturit

Kaikki järjestelmään asennettavat paine-anturit ovat Siemensin passiivisia virtaviestiantureita ja lähtötasoltaan 4-20mA:n. Kaukolämpölinjan meno- ja paluupuolelle asennettavat anturit ovat painevälille 0-16bar ja polttimelle syötettävän öljyn paineanturi painevälille 0-10bar. Paineanturit eivät ole absoluuttisia antureita, joten ne mittaavat vallitsevan ilmanpaineen ylittävän paineen.

4.6.2 Lämpötila-anturit

Kattilan lämpötilan mittaukseen asennettava lämpötila-anturi on PT-100 tyypin suojattu anturi, jossa on putkeen asennettava anturitasku valmiina. Anturiin on hankittu lisäosana Nokeval HTB230 -anturirasialähetin, joka muuttaa anturilta saadun vastusarvon 4-20mA virta-arvoksi ja skaalaa sen välille 0-150 °C.

Ulkolämpötila-anturi on koteloitu siten, että se soveltuu asennettavaksi ulkoseinään. Ulkolämpötila-anturissa on myös Nokeval HTB230-anturirasialähetin, jonka lähtötieto, 4-20mA on skaalattu välille -50 °C – 50 °C.

4.6.3 Pintalähettimet

Öljysäiliön- ja paisuntasäiliön pinnanmittaukseen käytin Siemensin SitransProbeLU ultraäänikaikulähetintä. Lähetin toimii silmukkavirta -periaatteella, joten se ei tarvitse erillistä käyttöjännitettä, vaan lähetin ottaa käyttöjännitteensä samasta mittausjohdosta jolla se on kytketty logiikan tuloon. Lähetin toimii 4-20mA virtaviestillä.

Lähettimeen ohjelmoidaan erillistä ohjelmointityökalua käyttäen mitattavan pinnan tyhjä- ja täysi-tasot, jolloin se skaalaa lähtöviestin näiden tasojen mukaan. Prosentuaalinen säiliön täyttömäärän mittaus on yksinkertaista toteuttaa lähes kaikilla pintalähettimillä, mutta laitoksen öljysäiliö on vaakatasossa oleva lieriösäiliö, joten prosentuaalinen öljymäärä ei ole suoraan verrannollinen pinnan tasoon. Tilavuuden laskenta voidaan toteuttaa logiikassa, mutta kyseisen sarjan lähettimissä on valmiiksi ohjelmoituna ohjelmat erimuotoisille säiliöille. Kalibroitaessa lähetintä valitaan säiliön muoto ja annetaan tarvittavat mitat, jolloin lähettimen lähtöviesti saadaan vastaamaan todellista öljymäärää.

4.6.4 Impulssivesimittari

Kaukolämpöverkkoon syötettävän lisäveden määrän tarkkailemiseksi alkuperäisessä kokoonpanossa oli siipiratasvesimittari, jonka nimellisvirtaama oli 10m³/h. Tähän mittariin ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta lisätä anturia, jolla vesimäärä saataisiin siirrettyä logiikkaan.

Sopivan impulssivesimittarin tilasin KO-KA oy:ltä. Lähin vastaavanlainen ja samaan putkikokoon sopiva mittari oli nimellisvirtaamaltaan 12m³ ja impulssisuhteeltaan 10l/Inp.

4.7 Robottipuhelin

Outel Oy:n valmistamia RT-105 -sarjan Vahtimikko -ilmoituksensiirtopuhelimia käytetään yhtiön kaikissa etävalvottavissa kohteissa ja ne on todettu käyttövarmoiksi.
Hyvien käyttökokemusten perusteella, ja jotta järjestelmä olisi yhteneväinen muihin yrityksen järjestelmiin, päätettiin myös Hämeenkyrön varalämpölaitoksen hälytystensiirto toteuttaa Vahtimikko -laitteistolla. Robottipuhelin toimii siten, että hälytystieto kytketään kärki-

tietona laitteeseen ja hälytyksen aktivoituessa robottipuhelin soittaa ennalta määrättyyn numeroon. Kun numerossa vastataan, toistaa robottipuhelin nauhoitteen, joka kertoo hälytyksestä.

4.8 Etähallintayhteys

Etähallintayhteys ei edellyttänyt komponenttihankintoja, sillä tarvittavista laitteista vastaa puhelinyhtiö josta yhteys tilataan. Lisätietoja etähallintayhteydestä kohdassa *8.1*

4.9 UPS-Laitteisto

Sähköverkossa tapahtuu kohtalaisen paljon lyhyitä katkoksia ja jännitepiikkejä. Laitoksen logiikkajärjestelmä on arka näille häiriöille ja lisäksi järjestelmän valvomotietokone sammuu sähkökatkoksien johdosta, eikä sitä ole mahdollista käynnistää etäkäyttöyhteyden avulla.

Jotta saadaan varmennettua laitoksen toiminta sähkönjakelussa esiintyneiden häiriöiden jälkeen, tulee logiikan ja tietokoneen sähkönsyöttöön lisätä UPS -laitteisto. UPS -laite tasasuuntaa siihen syötettävän sähkön ja varastoi sen akkuihin. Akkuihin varastoitu sähkö jälleen vaihtosuunnataan tietokoneohjatusti, jolloin saadaan katkeamatonta ja tasalaatuista vaihtojännitettä siihen liitetyille laitteille.

Järjestelmään lisätty UPS pystyy pitämään logiikan ja valvomotietokoneen toiminnassa noin kaksi tuntia, joten se on riittävä suurimpaan osaan sähkökatkoksista. Mikäli lämmöntoimitusta haluttaisiin jatkaa riippumatta sähköverkon katkoksista, tulisi laitoksen sähkönsyöttöön lisätä varavoimageneraattori.

5 SÄHKÖISET- JA RAKENTEELLISET MUUTOKSET

5.1 Poltinohjaus

Laitoksen poltinohjauksen toteutin yhdellä logiikan lähdön relekoskettimella, joka on kytketty alkuperäisen ohjauksen rinnalle. Ohjaustavan valintaan lisäsin vaihtokoskettimisen kytkimen, jossa vaihtoehdot ovat: *Auto, Seis* ja *Käsi*. Käsiohjauksella poltin käynnistyy heti riippumatta logiikan tilatiedosta. Automaattiohjauksella polttimen ohjaus kiertää logiikan lähdön kautta ja se on aktiivinen vain poltinohjauksen ollessa automaatilla. Alkuperäisessä kytkennässä poltinohjauskytkin ohjaa myös 24v ohjausjännitettä. Uuteen järjestelmään ohjausjännitteiden kytkentä täytyi toteuttaa erillisen kontaktorin ohjaamana, jonka lisäsin poltinkeskukseen.

Poltinkeskuksessa on lisäksi polttimen häiriöiden kuittauspainike. Käynnistettäessä poltin, häiriöt tulevat aluksi aktiivisiksi ja ne on kuitattava, ennen kuin poltin käynnistyy. Häiriöiden etäkuittausmahdollisuuden kytkin painikkeen rinnalle ja sitä ohjaa yksi logiikan lähtöön kytketty rele.

Poltinkeskukselta täytyi lisäksi saada logiikalle polttimen puhaltimen käyntitieto ja liekkitieto. Nämä tiedot johdotin suoraan poltinkeskuksessa olevista merkkivaloista. Merkkivalot toimivat 230V verkkojännitteellä, joten kytkin ne logiikkaan käyttäen etureleitä. Kaikki edellä mainitut tilatiedot ja ohjaukset kulkevat yhdessä Öhlflex 7g1,5 -kaapelissa.

5.2 Öljypumppujen ohjaus

Öljypumppujen ohjaukseen täytyi tehdä pieniä muutoksia, joilla mahdollistettiin liittäminen automaatioon. Pumppujen ohjauksien tilat olivat alkuperäisen kytkennän mukaan *0, Varalla* ja *Käy*. Nämä tilat muutin siten, että käyttötavaksi voi valita automaatti- tai käsikäytön, jolloin pumppu käy aina. Pumppujen ohjauksen logiikalta toteutin siten, että käytettävän pumpun valinta tehdään pumppukeskukselta ja logiikka ohjaa valittua pumppua käyntiin ja seis. Öljypumppujen keskukselta johdotin logiikkaan lisäksi pumppujen käyntitiedot ja moottorisuojien häiriötiedot. Kaapeloinnin tein Öhlflex 7G1,5-kaapelilla.

5.3 Hälytykset

Hälytystiedot johdotin pääasiassa alkuperäisen järjestelmän hälytyskeskukselta, josta hälytystiedot sai 24V kärkitietoina. Automaatiokeskuksen koko asetti kuitenkin rajoitteita 24V:n I/O:n määrälle, joten osa hälytyksistä täytyi johdottaa poltinkeskukselta logiikan 230v tuloihin.

Sekä hälytyskeskukselta, että poltinkeskukselta tulevat hälytykset toteutin Öhlflex 12G0,75 kaapelilla. Kun sain johdotukset valmiiksi, testasin kaikkien hälytystietojen toiminnan ja hälytysrajat.

5.4 Pääkiertopumppu ja -venttiili

Koska pumppu on toteutettu alkuperäisessä kokoonpanossa tähti-kolmio-käynnistimellä, myös pumpun syöttöjohdot tuli uusia. Taajuusmuuttajien käyttöjä toteutettaessa tulee ottaa huomioon EMC-suojauksen vaadittu taso. Kyseinen laitos ei sisällä EMC herkkiä komponentteja, joten suojaukseksi riittää normaali taso. Taajuusmuuttajatoimittajan käyttö- ja asennusoppaasta käy ilmi vaaditut kaapelityypit, jotta vaadittu taso saavutetaan (Vacon käyttöohje 2008, 34). Kyseisen taajuusmuuttajan tapauksessa kaapeliksi valitsin PVC-eristeisen MCCMK-kaapelin, joka täyttää valmiiksi EMC-vaatimukset ja on vaihtoehdoista edullisin. Kaapelin välille, ennen moottoria, asennettiin lisäksi turvakytkin, jolla pumpun moottorin virheellinen käynnistäminen huoltotöiden yhteydessä estetään.

Kaapelin mitoituksen laskin standardin SFS6000-5-52 liitteen A52 mukaan. Kaapeli asennetaan laitoksen seinään alumiiniputkeen ja ympäristön lämpötila ei ylitä standardissa määritettyä 25 °C:ta, joten lämpötilan korjauskertoimia ei tarvita. Taulukosta A.52-1 voidaan todeta asennustavan referenssiksi B/B1. Kyseisen asennustavan johdinpiikkipinta-alat löytyvät saman liitteen taulukosta A.52.2. Virta-arvo määräytyy moottorin nimellisvirran mukaan, jota hyväksikäyttäen pääsulakkeet on mitoitettu. Pääsulakkeet ovat kooltaan 50A, joten taulukko A.52.2 antaa seuraavaksi ylöspäin pyöristetyksi virta-arvoksi 55A PVC-eristeiselle kaapelille, jota vastaava kuparijohtimen poikkipinta-ala on 10mm². (SFS käsikirja 600, 2007)

Taajuusmuuttajan ohjaukseen riittää käy/seis ohjaus, jota ohjaa suoraan yksi logiikan digitaalilähdön rele. Lisäksi tarvitaan milliampeeriviesti, 4-20mA, ohjaamaan pyörimisnopeutta. Virtaviesti saadaan logiikan analogialähdöstä. Lisäksi taajuusmuuttajalta tarvitaan häiriön tilatieto, joka johdotetaan logiikkaan kärkitietona. Taajuusmuuttajan ja automaatiokeskuksen välille johdotin yhden Nomak 4*2*0,5+0,5 -kaapelin, josta tarvittavat tiedot saatiin. Kahden aktiivisen komponentin välisissä kytkennöissä on huomioitava, että 0V-potentiaalissa ei ole jännite-eroja. Potentiaalit saadaan tasattua yhdistämällä laitteiden nollatasot erillisellä johtimella.

Taajuusmuuttajan parametrien konfigurointiin käytin laitteiston sisäänrakennettua parametrointiohjelmaa, joka osoittautui toimivaksi. Pumpun käyttötavasta johtuen kiihdytys- ja hidastus ramppien aikasuureita tuli hieman kasvattaa.

Pääkiertoventtiili asennettiin yrityksen hitsaajan toimesta laitokselta lähtevään kaukolämpölinjaan. Kattilan peruslämmön ylläpitämiseksi venttiilin rinnalle asennettiin kiertolinja, jossa palloventtiilillä pystytään säätämään ohivirtausta.

Venttiilin ohjaus toimii auki- tai kiinniohjauksena ja sitä ohjaa yksi logiikan lähtö, jossa on vaihtokoskettiminen rele. Ohjauksen johdotin Öhlflex 4G1,5 -kaapelilla, jonka johdinjärjestys on 1-auki, 2-kiinni, 3-N, KeVi-PE. Venttiilin tilatietoina saadaan kiinnitieto ja asentotieto. Asentotiedon anturina toimii kierrettävä potentiometri, kuitenkin logiikkajärjestelmässä on ainoastaan virtaviestillä toimivia analogiatuloja, joten lisäsin potentiometrin rinnalle, sekä jälkeen, vastukset, joilla sain signaalin muutettua alueelle 4-20mA. Tilatiedot johdotin erillisellä Nomak 4*2*0,5+0,5–kaapelilla.

5.5 Vapaakiertopumppu ja -venttiili

Vapaakiertopumpun tähti-kolmio-käynnistimen ja syöttökaapeloinnin säilytin entisellään, mutta ohjaukseen täytyi tehdä muutoksia, jotta ohjaus saataisiin logiikan digitaalilähdöstä. Tähti-kolmio-käynnistimessä käynnistyspainike on toteutettu pitokytkennällä. Tämä kytkentä täytyi muuttaa siten, että ohjaus onnistuu logiikan lähdön kärkitiedolla *käy/seis*. Ohjauksen rinnalle lisäsin käsikäyttöisen kytkimen, josta käyttäjä voi valita tilat *Auto/0/Käsi*, Pumpun ohjaus logiikan avulla on mahdollista ainoastaan kytkimen ollessa asennossa *Auto.* Moottorin lämpösuojan kuittauspainikkeen ja sen toiminnan jätin entiselleen.

Vapaakiertoventtiili asennettiin pumpun painepuolen linjaan entisen käsikäyttöisen venttiilin tilalle. Johdotukset toteutin samalla käytännöllä kuin pääkiertoventtiiliin kohdassa *5.3* sillä poikkeuksella, että venttiilin asentotieto jäi pois ja sen tilalle tuli auki -asennon rajatieto.

5.6 Paineenpitojärjestelmä ja paisuntasäiliö

Paineenpitopumpun ohjaus on toteutettu suoraan kontaktorin ohjaamana. Tähti-kolmiokäynnistintä ei edellytetä moottorin tehon ollessa pieni. Kontaktorin ohjaus tapahtui painikkeen ohjaamana pitokytkentänä, joka täytyi muuttaa suoraohjaukseksi logiikan lähdössä sijaitsevalle releelle. Paineenpitopumpun ohjaukseen jätettiin myös erillinen käsikäytön kytkin, jonka toiminta on yhtenevä vapaakiertopumpun vastaavaan *(Kohta 5.4).*

Järjestelmän paisuntasäiliölle ja paineenpitoyksikölle johtaa vain yksi putkilinja, johon paineenpidon erottava automaattiventtiili asennettiin. Venttiili johdotettiin samalla tavoin kuin vapaakiertoventtiili kohdassa *5.4.*

Paisuntasäiliön pinnanvalvonnan anturin asensin ja johdotin 2*2*0,5+0,5 Nomak -kaapelilla paisuntasäiliön päälle. Lähettimen milliampeeriviestin skaalasin siten, että 4mA:a vastaa tyhjää säiliötä, sekä pumppujen kuivakäyntiä ja 20mA:a vastaa täyttä säiliötä, sekä säiliön ylivuotoa.

Paisuntasäiliön täyttöä vesijohtoverkosta ohjaavan magneettiventtiilin ohjauksen kytkin nykyisen ohjauksen kanssa sarjaan, jotta logiikan häiriötilanteessa rajakytkin katkaisee magneettiventtiilin ohjauksen pinnan ollessa ylärajalla. Magneettiventtiilin johdotukseen käytin Öhlflex 3G1,5 -kaapelia.

5.7 Energiamittaus

Laitoksen tuottaman kaukolämmön energialaskurin virtausanturi asennettiin ohjeiden mukaan kaukolämmön paluulinjaan. Virtausanturi on laippakiinnitteinen ja tarkoitettu putkikoolle DN150. Järjestelmän päälinjan putkikoko on DN125, joten laippoihin täytyi asentaa putkikoon muunnoskappaleet. Näin ollen anturin asennuspituus kasvoi niin suureksi, että se

karsi hieman mahdollisia asennuspaikkoja. Anturille löydettiin kuitenkin ohjeiden sallima asennuspaikka, mutta shunttiventtiilin putkilinjaa täytyi siirtää jotta se saatiin sopimaan.

Ennen virtausanturia asennettiin automaattinen ilmanpoistin, sillä putkikoon muutoksesta johtuen putkistoissa liikkuva ilma kerääntyy virtausanturiin ja haittaa näin anturin toimintaa. Energialaskuriin sisältyvät lämpötila-anturit asennettiin laitoksen meno- ja paluulinjoihin, joihin hitsattiin anturitaskuille sopivat yhteet.

Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoitus laittaa meno- ja paluulinjoihin lämpötila-anturit, joista saadaan lämpötilatiedot logiikkaan. Nämä tiedot oli kuitenkin mahdollista saada suoraan energialaskurilta, eikä erillisiä antureita tarvittu.

Energialaskurille ei löytynyt sopivaa asennuspaikkaa antureiden johdonpituuksista johtuen, joten tein sille oman telineen, jonka kiinnitin laitoksen kannatinpalkkeihin sellaiselle paikkaa, että käyttäjän on helppo lukea energiamäärät käytön päätteeksi.

Energialaskurilta logiikkaan johdotettiin kaukolämpöveden tilavuusvirta, hetkittäinen energia, sekä meno- ja paluulämpötila. Johdotukset tein Nomak 4*2*0,5+0,5 -kaapelilla.

5.8 Sähkönsyöttö

Automaation sähkönsyöttöön tarvittiin kolme erillistä syöttöä, jotka kaikki johdotin MMJ 3G1,5-kaapelilla. Kaikki automaation tarvitsemat syöttöjohdot kulkevat erillisen sulakekotelon kautta, jossa jokaiselle on erillinen automaattisulake. Järjestelmässä oleva energiamittari tarvitsi oman syötön, jonka johtosuojana on 2A hidas automaattisulake. Toinen syöttö on laitteiston tarvitsema 230V ohjausjännite, joka menee suoraan automaatiokeskukselle. Ohjausjännitteellä ohjataan mm. venttiileiden toimilaitteita.

Kaksi edellistä kaapelia on johdotettu laitoksen palokontaktorin jälkeisiltä liittimiltä. Näin ollen tulipalon sattuessa palokontaktori vapautuu ja katkaisee jännitteen energiamittarilta ja venttiileiden ohjauksilta. Viimeinen syöttökaapeli on johdotettu ennen palokontaktoria ja se toimii järjestelmän UPS-laitteiston sähkönsyöttönä. UPS-laitteiston takana on valvomotietokone ja logiikan virtalähde ja se on sijoitettu automaatiokeskuksen alapuolelle, josta käyttäjän on helppo todeta toimivuus ja akkujen varaustaso.

5.9 Robottipuhelin

Robottipuhelin oli tarkoitus kytkeä laitokselle tulevaan puhelinlinjaan, mutta linja ei ollut enää käytössä. Vaihtoehdoiksi jäi uuden puhelinliittymän tilaaminen tai hälytysten siirron toteuttaminen GSM-yhteydellä. Koska uuden lankaliittymän hankkiminen olisi pitkittänyt laitoksen käyttöönottoa huomattavasti, päätettiin yhteys toteuttaa GSM-modeemilla.

5.10 Paineanturit

Kaukolämmön meno- ja paluulinjoihin asensin paineanturit, T-yhteillä linjoissa olevien painemittarien rinnalle. Paineanturit johdotin kytkentäkoteloon, josta ne kulkevat yhtä kaapelia pitkin automaatiokeskukseen. Öljynpaineanturin asensin öljyn siirtolinjan menopuolelle, josta polttimelle syötettävän öljyn paine saadaan luotettavasti mitattua.

5.11 Lämpötila-anturit

Kattilan lämpötila-anturille täytyi hitsata yhde, johon mittaritasku on mahdollista asentaa. Yhde hitsattiin mahdollisimman lähelle kattilaa, ulostulolinjaan. Anturin johdotin samaan kytkentäkoteloon kuin painemittaukset, josta kaikki mittaustiedot kulkevat yhdessä kaapelissa automaatiokeskukseen. Ulkolämpötila-anturin asensin laitoksen ulkoseinään sellaiselle paikalle, missä auringon vaikutus mittaustulokseen jää mahdollisimman vähäiseksi, ja tarpeeksi korkealle, jotta estetään anturin ilkivaltainen vahingoittaminen.

5.12 Impulssivesimittari

Impulssivesimittarin asensin vanhan mittarin paikalle. Koska mittari oli ulkomitoiltaan yhtenevä vanhan kanssa, putkilinjaan ei tarvinnut tehdä muutostöitä. Impulssivesimittarissa on Reed -tyypin anturi, josta saatavan pulssituksen johdotin Nomak 2*2*0,5+0,5 -kaapelilla automaatiokeskukseen.

6 LOGIIKKAOHJELMA

6.1 Ohjelmointisovellukset

Logiikan ohjelmointiin käytetään kahta eri pääsovellusta, jotka sisältävät useita alasovelluksia. Logiikan I/O- ja hardwarekonfigurointi tehdään Sixnet I/O Toolkit -ohjelmalla ja varsinainen logiikkaohjelma IsaGraf -sovelluksella.

6.1.1 Sixnet I/O toolkit

Sixnet I/O Toolkit -ohjelmointisovellus on tarkoitettu logiikkajärjestelmän hardware- ja I/O-konfigurointiin. Ohjelmalla on mahdollista simuloida reaaliaikaisesti järjestelmän tuloja ja lähtöjä, sekä kirjoittaa logiikkaan muuttujien arvoja ja lukea niitä. Sovelluksella määritetään myös logiikan liitynnät ja I/O:n hajauttaminen.

Logiikkaan on mahdollista luoda kahden tyyppisiä muuttujia. Konkreettista I/O:ta ja virtuaalista I/O:ta. Konkreettinen I/O määritetään logiikan tuloille ja lähdöille ja virtuaalista I/O:ta voidaan käyttää muistipaikkoina asetusarvojen ja ohjauksien tilojen tallennukselle.

6.1.2 ISaGraf

IsaGraf -sovelluksella suoritetaan logiikkaohjelman teko. Ohjelmassa luodaan projekti, jonka alle tehdään tarvittava määrä ohjelmalohkoja. Sovelluksella on mahdollista simuloida ohjelmaa offline -tilassa, sekä seurata ohjelman suoritusta reaaliajassa. ISaGRAF -ohjelmaan pystyy luomaan ohjelmalohkojen sisäisiä lokaaleja muuttujia, joiden käsittely on mahdollista ainoastaan siinä ohjelmalohkossa, jossa se on luotu. Nämä muuttujat ovat lisenssivapaita, joten ne eivät kuluta lisenssin sisältämää I/O:n maksimimäärää.

6.2 I/O konfigurointi

Ensimmäiseksi täytyi konfiguroida järjestelmän kokoonpanoasetukset, jotta logiikan pystyi käynnistämään. Hardwarekonfigurointi sisälsi laitteiston I/O kortit ja liitynnät logiikkaan. Logiikan ja valvomokoneen väliseksi tiedonsiirtoväyläksi valitsin RS232-sarjaliikenteen, jotta logiikassa oleva ethernetliityntä jäi vapaaksi mahdollisille ratkaisuille tulevaisuudessa.

Muuttujien konfiguroinnin suoritin taulukon 1 mukaan sen jälkeen kun kaikki johdotukset logiikkaan oli tehty. Muuttujien tunnisteet oli mahdollista määrittää automaattisesti kullekin kortille. Korttien tunnukset datatyypin mukaan ovat DI1, DI2, DO1 ,AI1 ja AO1. Muuttujien tunnisteet koostuvat korttitunnuksesta, kanavan numerosta ja komponenttilyhenteestä. Komponenttilyhenteet lisäsin helpottamaan ohjelmointityötä ja estämään huolimattomuusvirheitä. Luotu I/O konfiguraatio on koottu Liitteeseen 2.

Analogiatulojen ja analogialähtöjen muuttujat täytyi lisäksi skaalata oikealle asteikolle. Muuttujien skaalaus olisi onnistunut myös logiikkaohjelmassa, sekä käyttöliittymän ohjelmointisovelluksessa, mutta olisi näin ollut työläämpää. Kaikkien analogiatulojen ja -lähtöjen raaka-asteikko on 0-32767 ja mikäli halutaan käyttää arvoa, esimerkiksi 0-100 %, täytyy alkuperäinen arvo skaalata oikealle asteikolle. Skaalaus tapahtuu automaattisesti asettamalla jokaiselle mittaustiedolle oma mittausväli. Antureiden toimintavälit käyvät ilmi joko anturista tai toimituksen mukana tulleista ohjeista.

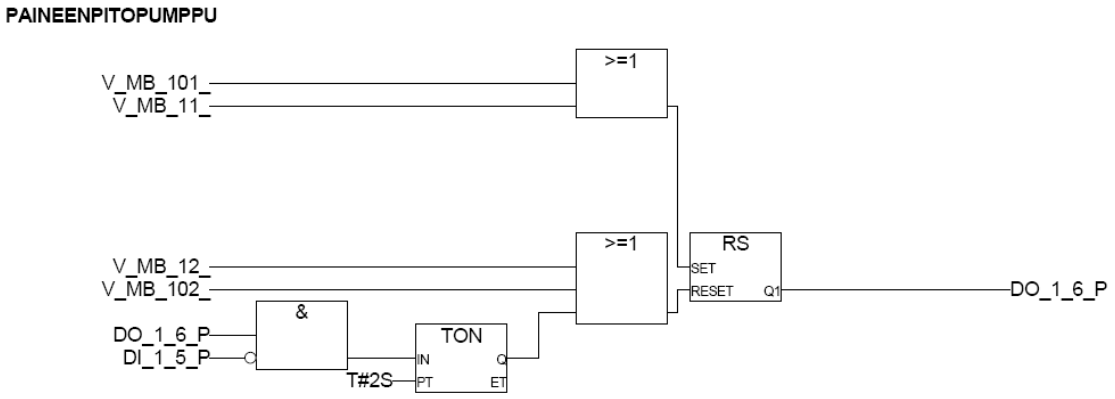
Loin järjestelmään lisäksi virtuaalisia I/O kortteja. Näitä kortteja käytetään datan välitallennuksiin, ja logiikan kättelyyn valvomo-ohjelman kanssa. Kortteja on kolme, joista ensimmäinen sisältää databittejä ja toinen integer-tyypin analogiamuuttujia, joiden vertailu mittaustuloksiin on yksinkertaista. Viimeinen kortti sisältää reaalilukumuuttujia, joita työssä käytetään pääasiassa säätimien parametrointiin.

6.3 Ohjelmalohkot

Logiikkaohjelman jaoin toiminnan selkeyttämiseksi ohjelmalohkoihin, joista kukin käsittelee yhtä laitteistokokonaisuutta tai järjestelmän toimintalohkoa. Ohjelmalohkoja on yhteensä 8 kappaletta ja ohjelman suoritusjärjestyksen prioriteetti on kaikissa sama. Kaikki ohjelmalohkot on toteutettu FBD ohjelmointikielellä.

6.3.1 Pumput

Pumppujen ohjaus toteutettiin lähtökohtaisesti kuvan 3 mukaisella tavalla. Pumppua pystytään ohjaamaan käyntiin sekä seis kahdella eri muuttujalla. Toista muuttujaa ohjataan valvomo-ohjelmasta ja toista ohjaa automaattikäynnistyksen ohjelmalohko. Kaikissa pumpuissa on tilatiedon valvonta, joka pudottaa pumpun ohjauksen pois päältä, mikäli käyntitietoa ei saada kahden sekunnin kuluessa käynnistyksestä.



KUVA 3. Pumppujen ohjaus

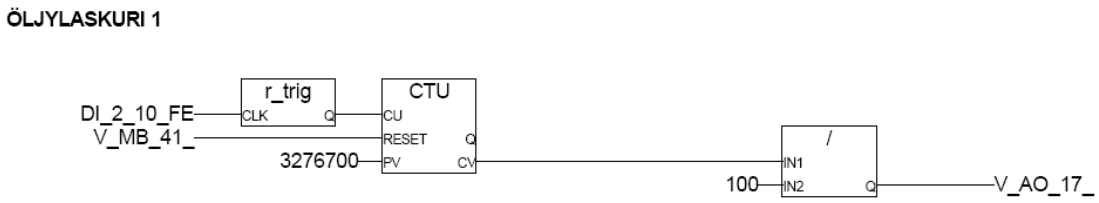
Vapaakiertopumpun ohjaus on toteutettu samalla tavoin kuin kuvassa 3 olevan paineenpitopumpun, mutta sen toimintaan on lisätty ehto, joka estää pumpun toiminnan mikäli vapaakiertoventtiili on kiinni –tilassa.

Pääkiertopumpun taajuusmuuttajan ohjauksessa ei ole käytetty tilatiedon valvontaa, sillä taajuusmuuttajalta ei tule erillistä käyntitietoa. Pumpun käynnistysehtona on, että taajuusmuuttaja ei ole häiriötilassa.

Öljypumppujen ohjaukseen on lisätty kuivakäynnin esto, joka tarkkailee pumpun jälkeistä öljynpainetta käynnin aikana. Mikäli paine putoaa alle 0,3 baariin, putoaa pumpun ohjaus pois päältä.

Öljypumppuun täytyi lisäksi tehdä käyttövalmiuden ylläpitosykli, sillä pumppujen seistessä pitkään öljylinja pääsee valumaan tyhjäksi ja paineen nostaminen ei onnistu. Ylläpitosykli toimii siten, että käyttäjä määrittää valvomo-ohjelman kautta *Seis* ja *Käy* -aikamääreet. *Seis*-aika annetaan tunteina ja *Käy*-aika sekunteina. Logiikka ohjaa pumppua tämän aikasyklin mukaan tasaisin väliajoin päälle ja pois. Jäljellä oleva *Seis*-aika tallennetaan virtuaaliseen integermuuttujaan, josta se esitetään käyttäjälle valvomo-ohjelman välityksellä.

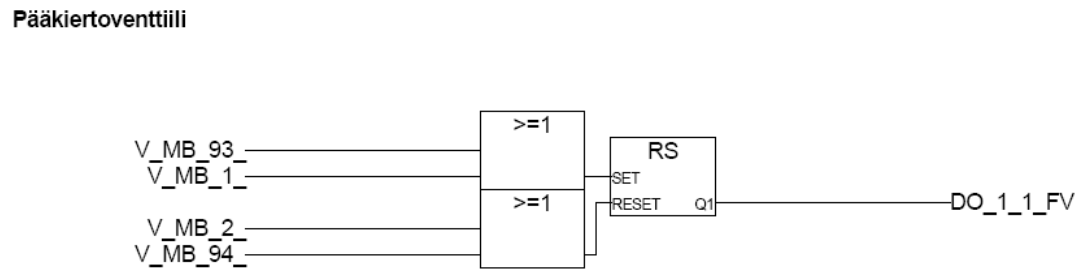
Pumput ohjelmalohko sisältää lisäksi kaksi öljynkulutuslaskuria (kuva 4), joista ensimmäinen on nollattavissa ja laskee kulutetun öljymäärän sadoissa litroissa. Toinen laskuri laskee saman öljymäärän kuutioissa ja on tarkoitettu kokonaiskulutuksen seurantaan. Laskuria kaksi ei pysty nollaamaan.



KUVA 4. Öljyn kulutuslaskuri

6.3.2 Automaattiventtiilit

Järjestelmän kolmea moottoriventtiiliä ohjataan kuvan 5 mukaisella ohjelmalla. Ohjelmassa venttiiliä ohjataan auki tai kiinni liipaistaessa digitaalitason muuttujaa. Auki- ja kiinni-ohjauksia on molempia kaksi, jotta ohjaus onnistuu käyttöliittymästä ja logiikkaohjelman sisäisistä ohjauksista.



KUVA 5. Pääkiertoventtiilin ohjaus

6.3.3 Taajuusmuuttaja

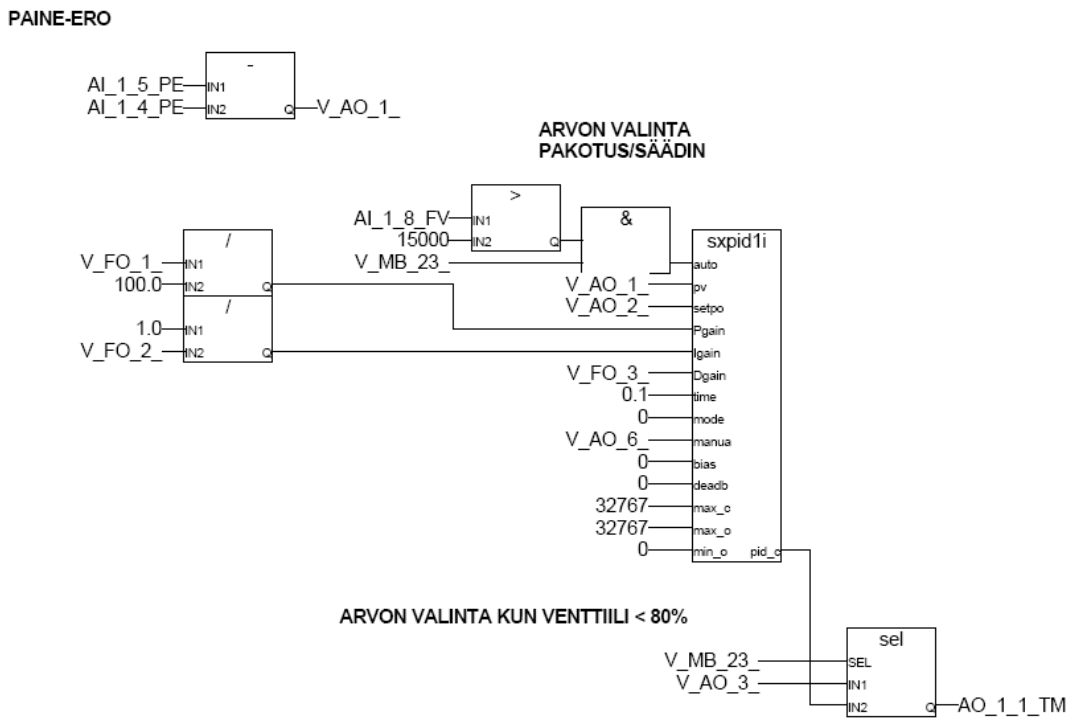
Taajuusmuuttajaa ohjaava paine-erosäädin on toteutettu normaalina PID-säätönä, johon ohjelmointisovelluksesta löytyi valmis komponentti. Taajuusmuuttaja -ohjelmalohko koostuu paine-eron laskennasta, joka tallennetaan virtuaaliseen integermuuttujaan, sekä säätöpiiristä, jossa on muutamia vaihtoehtoisia ohjaustapoja (kuva 6).

PID säätimessä on valmiiksi sisäänrakennettu ominaisuus, jolla voidaan pakottaa ohjausarvo tietyn suuruiseksi. Säätimen haluttua toimintaa ohjataan digitaalisella muuttujalla, ja kun säädin otetaan käyttöön, alkaa se laskea uutta ohjausarvoa pakotetusta ohjausarvosta. Säädin on aktiivinen ainoastaan kun pakotus-säätö ja venttiilin asentosäätö eivät ole aktiivisia. Tätä ominaisuutta käytin tilanteeseen, jossa pääkiertoventtiilin asento on alle 80 %. Kyseisessä tilanteessa ei voida ajaa vielä paine-erosäädön mukaan, sillä venttiilin asennosta aiheutuva virtauksen muutos on liian suuri. Pumppua on kuitenkin ajettava, jotta vältetään kierron muuttuminen päinvastaiseksi. Ohjausarvo venttiilin auetessa on mahdollista asettaa käyttöliittymästä.

Säätimen jälkeinen ohjausarvovalinta on toteutettu tilanteeseen, jossa taajuusmuuttajalle halutaan asettaa kiinteä ohjausarvo.
Säätimen vahvistus-, derivointi- ja integrointiarvot on mahdollista asettaa käyttöliittymästä. Arvot tallennetaan virtuaalisiksi reaaliluvuiksi, jotta niiden jakaminen helpottuu. Säätimeen määritetään lisäksi lähdön maksimi- ja minimiarvot.

Parametrien käsittelyn tein siten, että vahvistusarvo jaetaan sadalla, integrointiarvo on yhden jakojäännös ja derivointiarvo asetetaan suoraan. Kyseisessä järjestelmässä laskennan

derivointiosuus on hieman turha, sillä taajuusmuuttajan kierrosten muutosnopeus on ennalta määrätty ja hitaampi kuin derivointiarvon aiheuttama ohjausarvon lisäys.

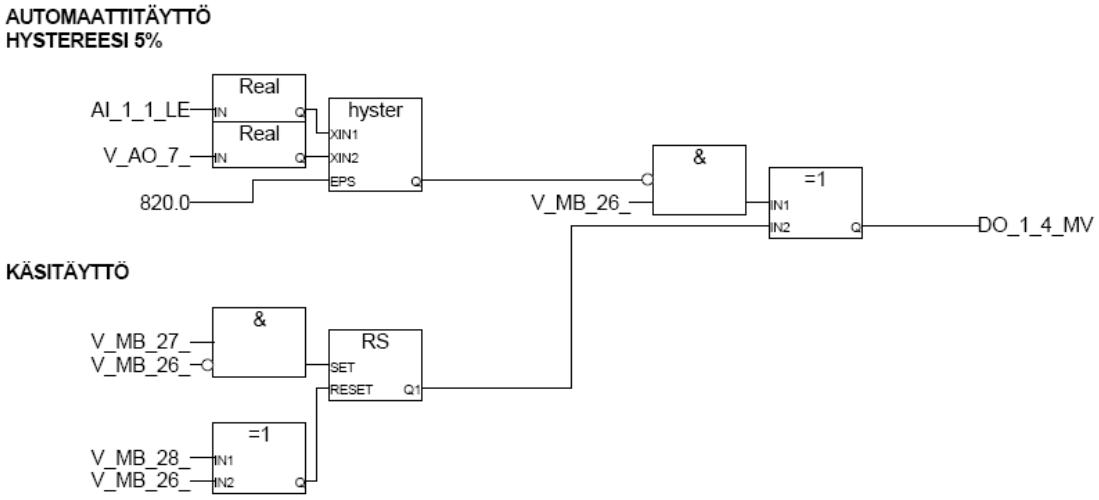


KUVA 6. Taajuusmuuttajan ohjaus

6.3.4 Paisuntasäiliö

Paisuntasäiliön täytönhallinnan toteutin kuvan 7 mukaisella piirillä. Ohjelmointisovelluksesta löytyi sopiva komponentti digitaaliselle pinnanohjaukselle analogisten arvojen perusteella, johon oli lisäksi mahdollista asettaa täytönohjauksen hystereesi.

Ohjaus tapahtuu joko käsikäytöllä, ohjaamalla venttiiliä pitokytkennällä auki ja kiinni tai automaattikäytöllä, jolloin käyttäjä asettaa valvomo-ohjelmaan halutun pinnankorkeuden prosentteina, ja logiikkaohjelma pitää, hystereesi huomioiden, säiliön pinnan tällä tasolla.

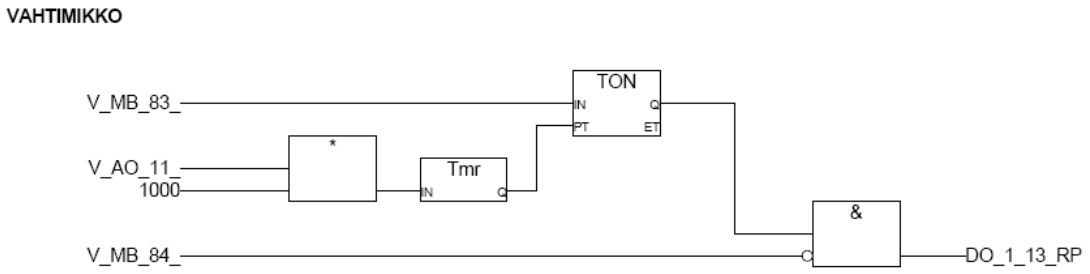


KUVA 7. Paisuntasäiliön pinnansäätö

Paisuntasäiliö -ohjelmalohko sisältää myös kolme lisävesilaskuria, jotka on tarkoitettu havainnollistamaan kaukolämpöverkossa esiintyvien vuotojen määrää. Kaksi ensimmäistä vesilaskuria laskee vesimittarilta tulevia pulsseja ja tallentaa tiedot integermuuttujiin. Ensimmäinen laskuri laskee veden kokonaismäärää eikä ole käyttäjän nollattavissa. Toinen vesilaskuri on tarkoitettu yhden käyttökerran lisävesimäärän määrittämiseen ja käyttäjän on mahdollista nollata se ennen laitoksen käynnistämistä. Kolmas laskuri laskee vuorokautisen lisävesimäärän, laskurin kaksi arvon perusteella. Laskenta toteutetaan kuluneen ajan ja lisätyn veden perusteella.

6.3.5 Hälytykset

Hälytykset -ohjelmalohkossa käsitellään kaikki laitoksen hälytyksiin liittyvä data. Ohjelmalohkon alussa on poltinhälytysten kuittauksen ohjaus, jonka toteutin siten, että jos jokin poltinkeskuksilta tuleva hälytys on aktiivinen, niin se kuittaantuu normaalin hälytystenkuittauksen yhteydessä. Toinen varsinaisiin hälytyksiin kuulumaton ohjaus ohjaa vahtimikko -robottipuhelimen hälytysten siirtoa (kuva 8). Jos järjestelmään tulee hälytys ja hälytysten siirron esto ei ole aktiivinen, kytkeytyy vahtimikkoa ohjaava lähtö päälle.

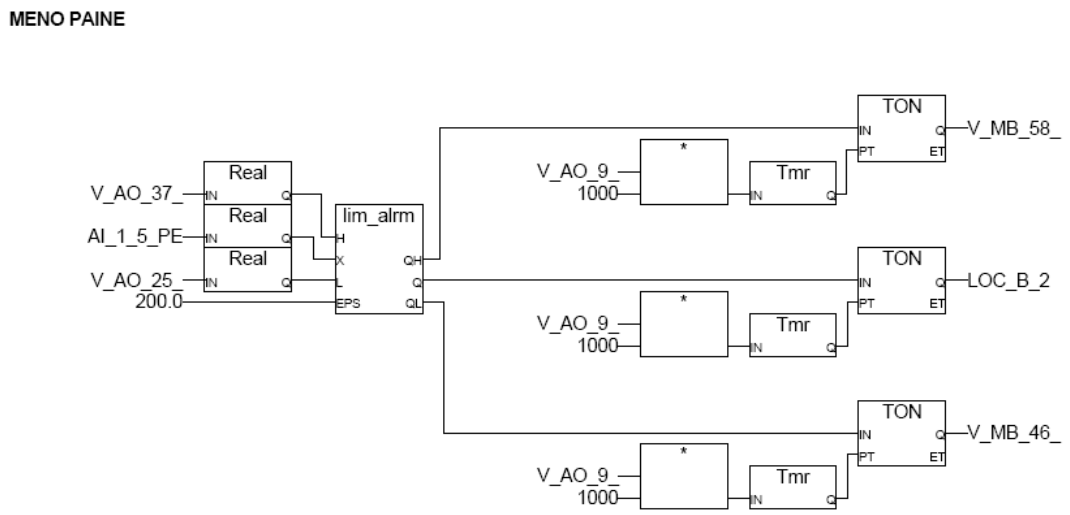


KUVA 8. Robottipuhelimen ohjaus

Jos jokin ohjelmalohkon sisältämistä hälytyksistä tulee aktiiviseksi, aktivoi se yleishälytys muuttujan. Tätä muuttujaa käytetään valvomo-ohjelmassa indikaattorina siitä, että hälytyksiä on ollut. Kun yleishälytys aktivoituu, järjestelmä soittaa hälytys-summeria kaksi ja puoli sekuntia, mikäli valvomo-ohjelmasta asetettava hälytys-summerin hiljennysmuuttuja ei ole aktiivinen.

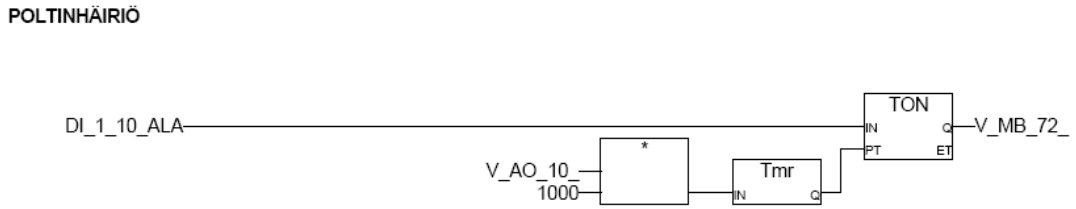
Varsinaiset hälytykset käsitellään ohjelmalohkossa kahdessa eri osiossa. Ensimmäinen osio käsittää kaikki analogiset hälytykset. Analogisten hälytysten ohjaus on toteutettu siten, että vertaillaan mittaussuuretta käyttöliittymässä asetettuihin ylä- ja alarajoihin. Jokaiseen analogiseen hälytykseen on lisätty suure, joka määrittää hälytyksen aktivoitumisen ja poistumisen välisen alueen, jotta vältytään värähtelyltä mittaussuureen ollessa raja-arvolla. Analogisten hälytysten käsittely on esitetty kuvassa 9.

Vertailun jälkeen asetin ajastimet, joilla määritetään kauanko suureen täytyy poiketa asetellulta väliltä, ennen kuin hälytys aktivoituu. Jokaiselta suureelta saadaan kolme digitaalista muuttujaa, jotka ovat ylärajahälytys, yleishälytys ja alarajahälytys. Hälytysviiveet on aseteltavissa valvomo-ohjelmasta.



KUVA 9. Analogiset hälytykset

Järjestelmän digitaaliset hälytykset käsitellään ohjelmalohkon toisessa osiossa (kuva 10). Digitaalisille hälytysmuuttujille lisäsin myös ajastimen, jolla estetään hetkellisistä häiriöistä ja virtapiikeistä johtuvat hälytykset. Ajastimen aikamääre on aseteltavissa sekunteina käyttösovelluksesta.

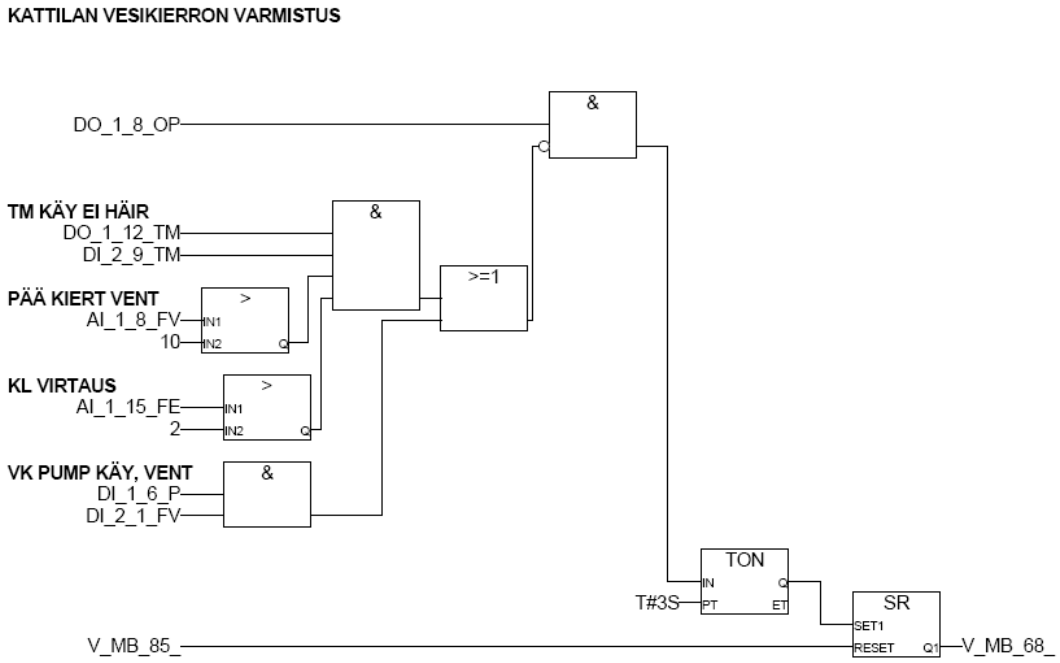


KUVA 10. Digitaaliset hälytykset

Ohjelmalohko sisältää lisäksi yhden hälytyksen käsittelyn, joka ei sovi edellisiin osioihin. Kyseinen hälytys on kattilan vesikierron hälytys (kuva 11), jota tarvitaan tilanteessa kun poltin käy ja kattilan läpi kulkeva virtaus loppuu. Tällaisessa tilanteessa poltinta ohjaava lämpötilamittaus ei pidä enää paikkaansa ja kattilassa oleva vesi kuumenee yli kiehumispisteen.

Kattilan vesikierron varmistus on toteutettu siten, että polttimen ollessa päällä, täytyy pääkiertopumpun pyöriä, ja kaukolämpövirtauksen olla enemmän kuin 2m³/h, tai vaihtoehtoisesti vapaakiertoventtiilin olla auki -asennossa ja vapaakiertopumpun päällä.

Mikäli nämä ehdot eivät toteudu, tulee hälytys aktiiviseksi ja poltin pysähtyy. Hälytykseen on myös lisätty kolmen sekunnin viive virhehälytysten estämiseksi.

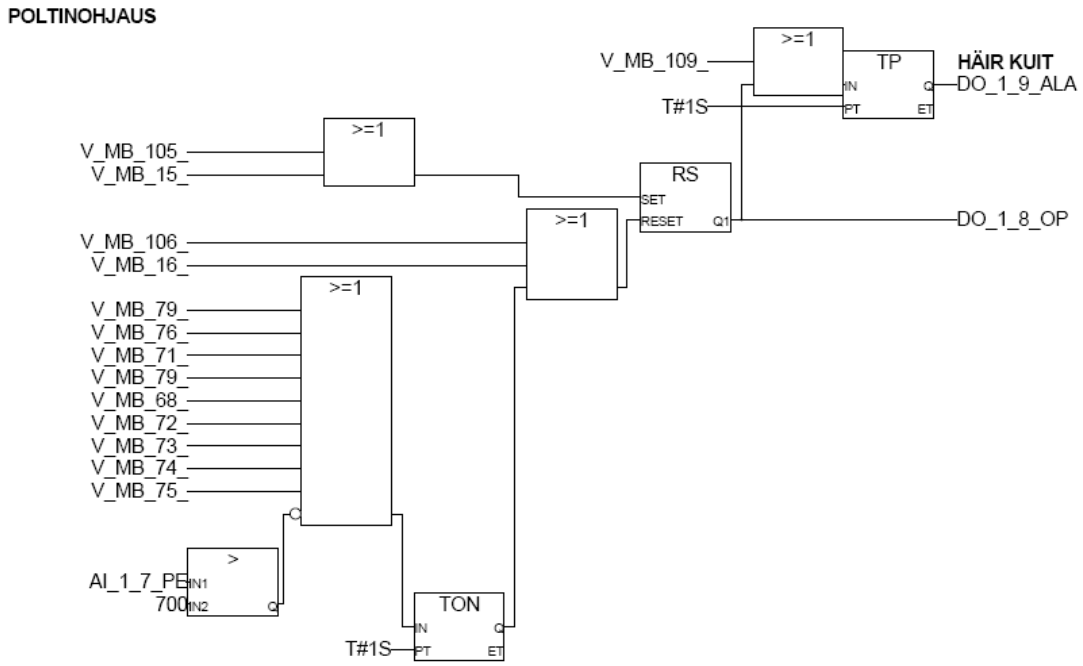


KUVA 11. Kattilan vesikierron varmistus

6.3.6 Poltinohjaus

Järjestelmän polttimen ohjauksen toteutin siten, että logiikkaohjelman tai valvomo-ohjelman digitaalista muuttujaa liipaisemalla voidaan käynnistää tai pysäyttää poltin. Polttimen käynnistysehtoina on, että yksikään poltinkeskukselta tuleva hälytys ei saa olla aktiivinen ja kattilan vesikierto on oltava enemmän kuin 2m³/h. Lisäksi öljynpaineen on oltava suurempi kuin 0,2 baaria (kuva 12).

Kun poltin käynnistetään, poltinkeskuksen hälytykset tulevat aktiiviseksi riippumatta hälytysten todellisesta tilasta. Poltin käynnistyy vasta kun hälytykset on kuitattu poltinkeskukselta, joten lisäsin ajastimen, joka liipaisee hälytystenkuittauksen polttimen ohjauksen aktivoituessa.



KUVA 12. Poltinohjaus

6.3.7 Automaattikäynnistys

Yhtenä tavoitteena työssä oli laitoksen yksinkertainen ja nopea käyttöönotto. Jotta laitos pystytään ajamaan verkkoon yhdellä käskyllä, täytyi järjestelmään tehdä sekvenssiperiaatteella toimiva automaattikäynnistys -ohjelmalohko. Automaattikäynnistykseen tarvittavien toimenpiteiden ja niiden suoritusjärjestyksen havainnollistamiseksi laadin taulukon 2 mukaiset ohjeet. Ohjeeseen on koottu käynnistyksen ehdot ja ehtoja vastaava käynnistyssekvenssi.

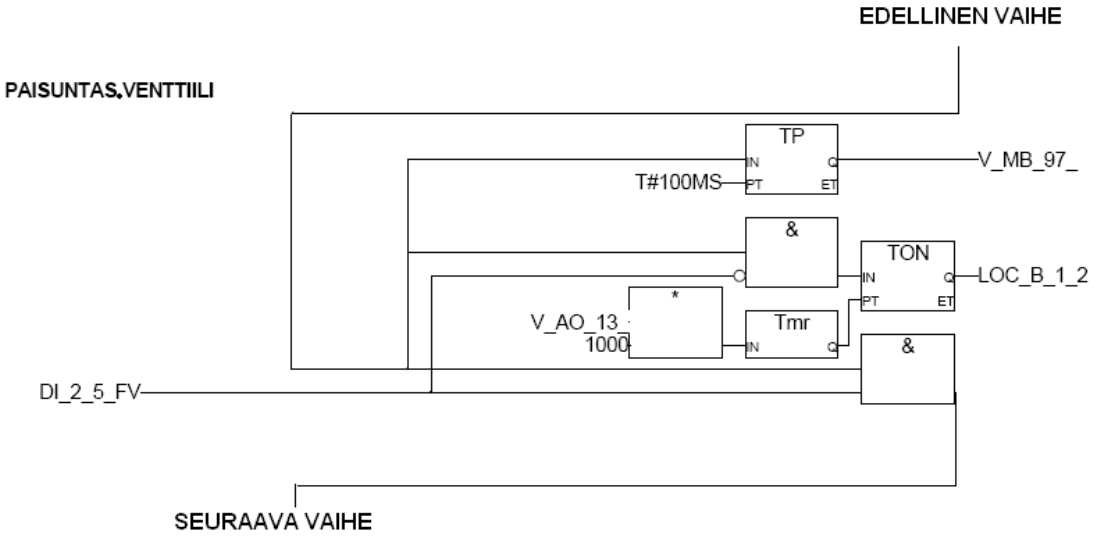
Käynnistykseen vaikuttavia ehtoja on kaksi. Ensimmäinen määrittää halutaanko käynnistää myös laitoksen paineenpitojärjestelmä, eli ajetaanko laitosta päälaitoksen kanssa rinnan vai erikseen. Toinen ehto määrittää kattilan tarvittavan lämmityskäytön, eli mikäli kattilassa oleva kaukolämpövesi on tarpeeksi lämmintä ajettavaksi verkkoon, ei kattila tarvitse erillistä lämmitysajoa.

TAULUKKO 2. Ohje käynnistys-sekvensseille

EHDOT	Paineenpito päällä Kattila lämpötila < asetus	Paineenpito pois Kattila lämpötila < asetus	Paineenpito päällä Kattila lämpötila > asetus	Paineenpito pois Kattila lämpötila > asetus
SEKVENSSI	1 Paineenpitopumppu päälle	1 Vapaakiertoventtiili auki	1 Paineenpitopumppu päälle	1 Pääkiertopumppu päälle
	2 Paisuntasäiliön venttiili auki	2 Vapaakiertopumppu päälle	2 Paisuntasäiliön venttiili auki	2 Pääkiertoventtiili auki
	3 Vapaakiertoventtiili auki	3 Öljypumppu päälle	3 Pääkiertopumppu päälle	3 Öljypumppu päälle
	4 Vapaakiertopumppu päälle	4 Poltin päälle	4 Pääkiertoventtiili auki	4 Poltin päälle
	5 Öljypumppu päälle	5 Kattila lämpötila > asetus	5 Öljypumppu päälle	
	6 Poltin päälle	6 Pääkiertopumppu päälle	6 Poltin päälle	
	7 Kattila lämpötila > asetus	7 Pääkiertoventtiili auki		
	8 Pääkiertopumppu päälle	8 Vapaakiertopumppu seis		
	9 Pääkiertoventtiili auki	9 Vapaakiertoventtiili kiinni		
	10 Vapaakiertopumppu seis			
	11 Vapaakiertoventtiili kiinni			

Ohjelmalohkon alussa tarkastellaan kattilan lämpötila ja käyttäjän valitsema ajotapa. Nämä tiedot tallennetaan lokaaleiksi datamuuttujiksi. Näiden muuttujien perusteella ajetaan niiden määräämä sekvenssi läpi, jossa liipaistaan tietyssä järjestyksessä laitteita käyntiin ja seis.

Automaattikäynnistys perustuu kuvan 13 mukaiseen toimintaan, jossa käynnistetään yksi laite liipaisemalla käynnistysmuuttujaa. Tämän jälkeen odotetaan laitteen käyntitietoa. Kun käyntitieto saadaan, siirtyy ohjelma seuraavaan sekvenssin määräämään laitteen ohjaukseen. Mikäli laitteen käyntitietoa ei saada valvomo-ohjelmassa määritetyn ajan sisällä, asetetaan käynnistyksen epäonnistumisesta indikoiva bitti aktiiviseksi. Tämä bitti keskeyttää käynnistys-sekvenssin jatkamisen ja aiheuttaa häiriöilmoituksen.



KUVA 13. Käynnistys-sekvenssin laiteohjaus

Sekvenssin lopuksi *Käynnistys onnistunut* -bitti tulee aktiiviseksi ja käyttäjä havaitsee onnistuneen käynnistyksen valvomo-ohjelmasta.

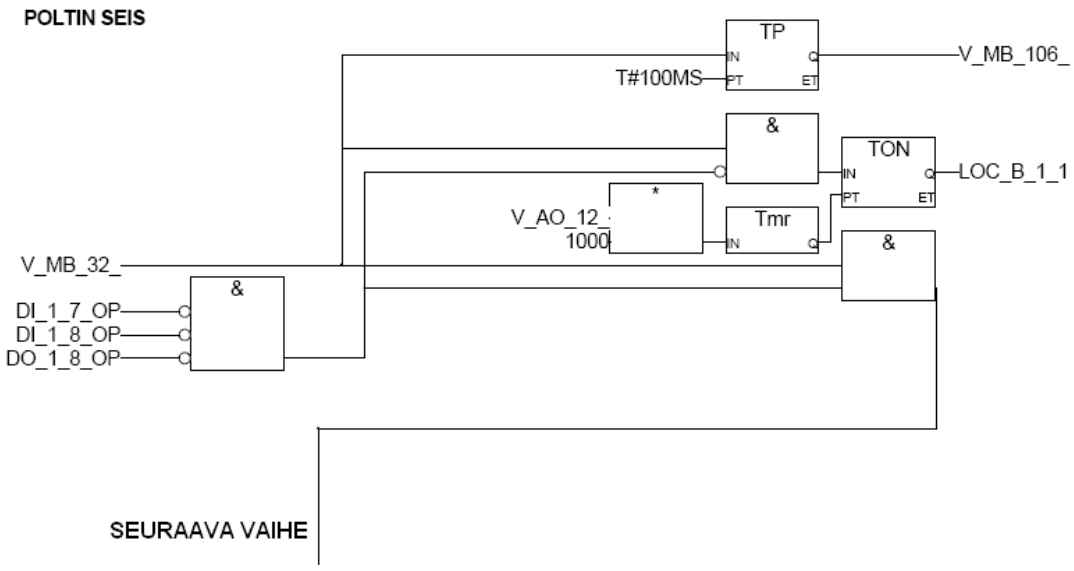
6.3.8 Automaattipysäytys

Automaattinen pysäytys toimii samalla periaatteella kuin automaattikäynnistys. Automaattipysäytys sisältää myös jaksotettua toimintaa, jotta järjestelmä saadaan ajettua hallitusti alas. Periaate automaattipysäytyksessä on, että järjestelmä ohjaa kaikki laitoksen laitteet seis- tai kiinni-tilaan. Toiminta on esitetty kuvassa 14.

Pysäytys-sekvenssi toimii siten, että sammutetaan poltin ja öljypumppu ja samanaikaisesti pääkiertoventtiili ohjataan kiinni, jonka jälkeen pysäytetään pääkiertopumppu. Kyseisten toimintojen aikana myös paisuntasäiliön venttiili ohjataan kiinni ja sammutetaan paineenpitopumppu, sekä sammutetaan vapaakiertopumppu ja suljetaan vapaakiertoventtiili.

Automaattipysäytyksessä tarkkaillaan myös haluttujen toimintojen toteutumista. Jos laitteen tilatieto ei muutu halutun aikamääreen aikana, asetetaan pysäytyksen epäonnistumisesta indikoiva bitti aktiiviseksi. Tämä bitti aiheuttaa myös häiriöilmoituksen.

Lopuksi *Pysäytys onnistunut* -bitti tulee aktiiviseksi ja siitä tulee ilmoitus käyttäjälle valvomo-ohjelmaan.



KUVA 14. Pysäytys-sekvenssin laiteohjaus

7 KÄYTTÖLIITTYMÄ

7.1 Ohjelmointisovellus

Laitoksen käyttöliittymä toteutettiin Citrix -ohjelmointisovelluksella, koska kyseinen ohjelma oli asennettuna valvomotietokoneeseen valmiiksi. Ohjelmaan hankittu lisenssi mahdollistaa ainoastaan 150 muuttujan käsittelyn, joten tämä asettaa hieman rajoitteita haluttujen muuttujien hallitsemiselle.

7.2 Muuttujien konfigurointi

Sixnet I/O toolkit ohjelmalla tehdyt konfiguraatiot, mukaan lukien Logiikan ja tietokoneen välisen tiedonsiirron asetukset, oli mahdollista siirtää sellaisenaan Citrix sovelluksen käyttöön, joka nopeutti muuttujien määrittämistä huomattavasti. Hälytys ja trendimuuttujat täytyi kuitenkin konfiguroida erikseen.

7.2.1 Hälytykset

Hälytysmuuttujat täytyi listata erikseen, sillä niiden toiminnallisuus on hieman erilainen normaaleihin muuttujiin verrattuna. Logiikan muuttujista saadaan ainoastaan tieto siitä onko hälytys aktiivinen, mutta käytön helpottamiseksi hälytysmuuttujille voidaan asettaa eri tiloja. Näiden tilojen hallintaan löytyy valmiit työkalut.

Hälytysmuuttujille asetettiin neljä erilaista tilaa: ei aktiivinen, aktiivinen, kuitattu aktiivinen ja kuittaamaton ei aktiivinen. Näille tiloille määritettiin omat tunnusvärinsä, jotka helpottavat hälytyslistan tulkintaa.

7.2.2 Trendit

Mittauksista saatavan datan tallentamiseksi täytyi halutuista muuttujista luoda erilliset trendi muuttujat. Jokaiselle trendimuuttujalle asetettiin erillinen näytteenottotaajuus, riippuen suureen muuttumisnopeudesta. Kovalevytilan säästämiseksi ja johtuen laitoksen pienestä käyttöasteesta, datan keräyspituudeksi määritettiin yksi viikko. Trendien datan tallentamiseksi luotiin tietokoneelle oma kansio, jonka kokoa on helpompi seurata.

7.3 Välilehdet

Käyttöliittymän perustana on koko näytölle aukeava ikkuna, jossa hallittavat parametrit on jaettu tyypin mukaan neljään erilliseen välilehteen. Eri toimilaitekokonaisuuksien hallitsemiseksi käyttöliittymän päälle on mahdollista avata myös popup-ikkunoita välilehdillä olevista painikkeista. Alareunassa olevassa palkissa on aika ja päivämäärä, sekä painikkeet joilla hälytysten siirto voidaan estää. Alapuolella on käyty ohjelman sivut yksitellen läpi.

7.3.1 Pääsivu

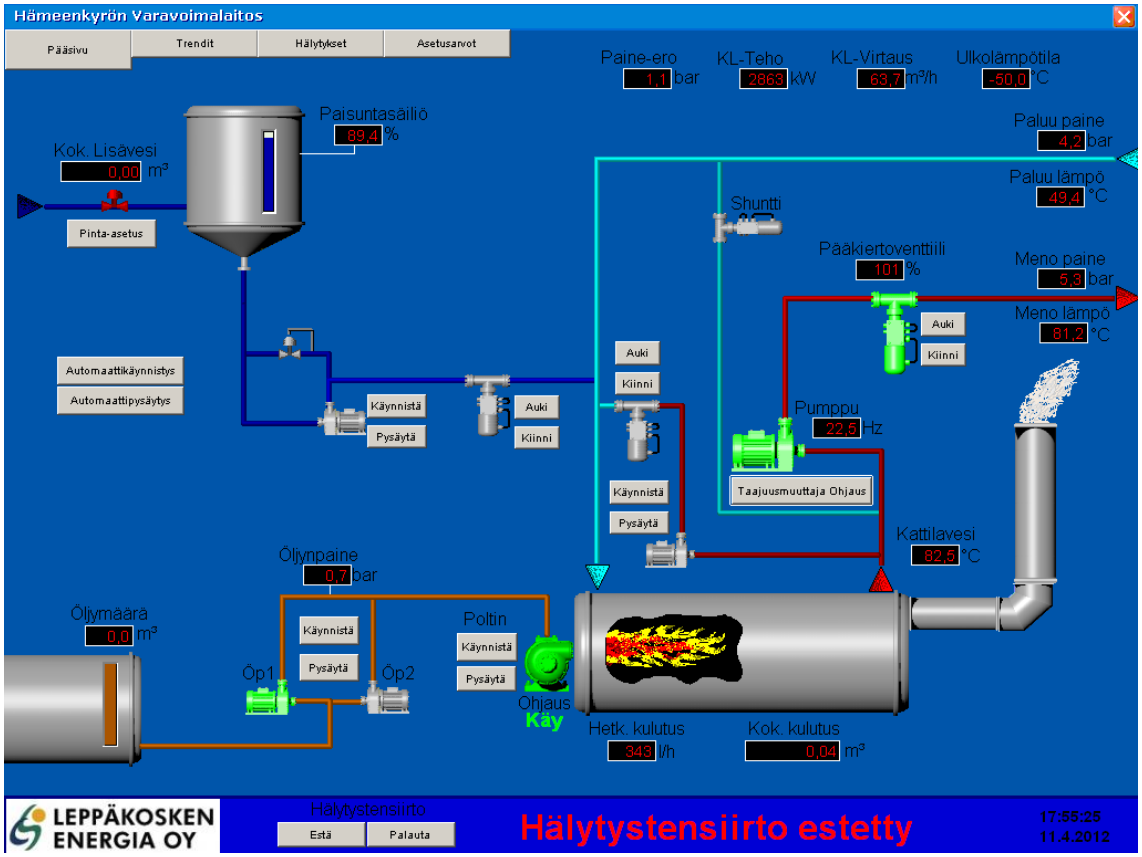
Pääsivulle (kuva 15) on koottu kaikki laitoksen normaalikäytössä tarvittavat mittausarvot ja laitteiden ohjaukset. Kuvassa laitos on käynnissä päälaitoksen rinnalla, joten paineenpitojärjestelmä ei ole käytössä.

Venttiileiden kuvakkeiden värikoodit kertovat venttiileiden tilan. Kuvakkeen ollessa harmaa venttiili on kiinni, ja vihreä kun venttiili on auki. Tilanteessa kun venttiili on kääntymässä, eikä kumpikaan rajatieto ole aktiivinen, venttiilin kuvake vilkkuu vihreänä ja harmaana. Venttiileillä ei ole häiriöstä indikoivaa väriä vaan käyttäjän on pääteltävä venttiilin oikeellinen toiminta sen käyttäytymisestä.

Moottoreiden kuvakkeiden tilat ovat harmaa, vihreä ja punainen. Harmaa väri kertoo, että moottori on käyttövalmiudessa, mutta se ei pyöri. Vihreä väri kertoo, että moottori pyörii ja punainen, että moottori on häiriötilassa, eli sen moottorisuoja on lauennut.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan ohjauksen tilatiedoille piti asettaa myös indikaattorit. Valitettavasti ohjelmalisenssin riittämättömyyden vuoksi nämä tilatiedot täytyi jättää pois. Ainoa ohjauksen tilatieto mikä valvomo-ohjelmasta nähdään, on poltinohjauksen tila. Toinen oleellinen asia, joka täytyi jättää pois samaisesta syystä, on laitteiden käyttötavan valintakytkimen tila, eli tieto siitä onko ohjaustapa automaatti vai käsi.

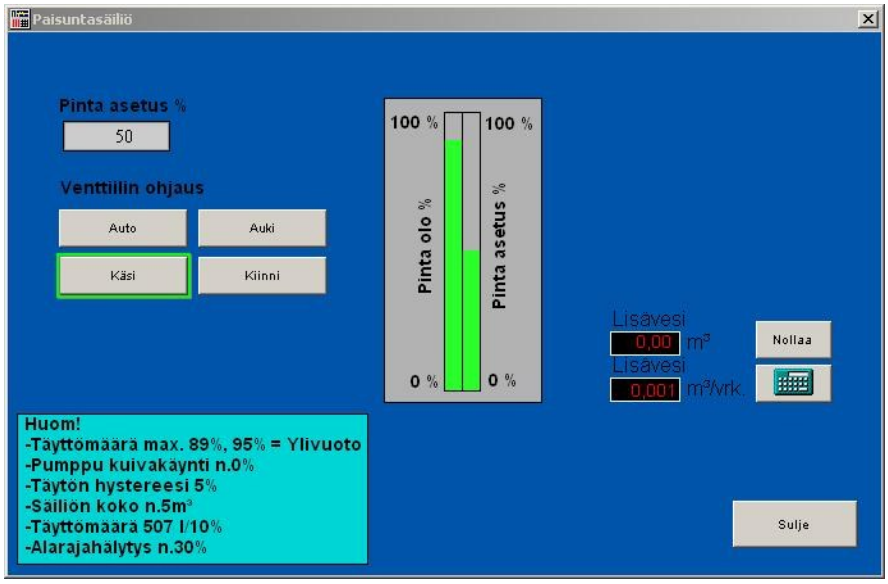
Shunttiventtiilille ei ole vielä tässä vaiheessa erillistä ohjausta, mutta ohjaus on tarkoitus toteuttaa tulevaisuudessa käyrästöltä ulkolämpötilan ja menoveden lämpötilan mukaan.



KUVA 15. Valvomo-ohjelman pääsivu

Pääsivun *Pinta-asetus* -painikkeesta aukeaa kuvan 16 mukainen ikkuna. Ikkunasta voidaan hallita paisuntasäiliön pinnan käyttäytymistä ja tarkkailla lisävesimääriä. Venttiilin ohjauksen valintatavat ovat *Auto* ja *Käsi.* Automaattiohjauksella lisävesiventtiilin ohjaus noudattaa pinta-asetusarvoa ja täytön hystereesi on 5 %. Käsikäytöllä lisävesiventtiiliä voidaan ohjata auki ja kiinni. Ohjattaessa venttiili auki, säiliö täyttyy ylärajaan asti. Pinnan asetus- ja oloarvoja voidaan seurata palkeista. Ikkunassa oleva lisäveden laskuri on eri laskuri kuin pääikkunassa, ja sen voi nollata aloitettaessa laitoksen käyttö.

Ikkunasta löytyy myös laskennallinen lisäveden vuorokausimäärä jota käytetään havainnollistamaan verkostovuodon määrää. Vesimäärien laskemisen helpottamiseksi Windowsin oma laskin on avattavissa painikkeesta.

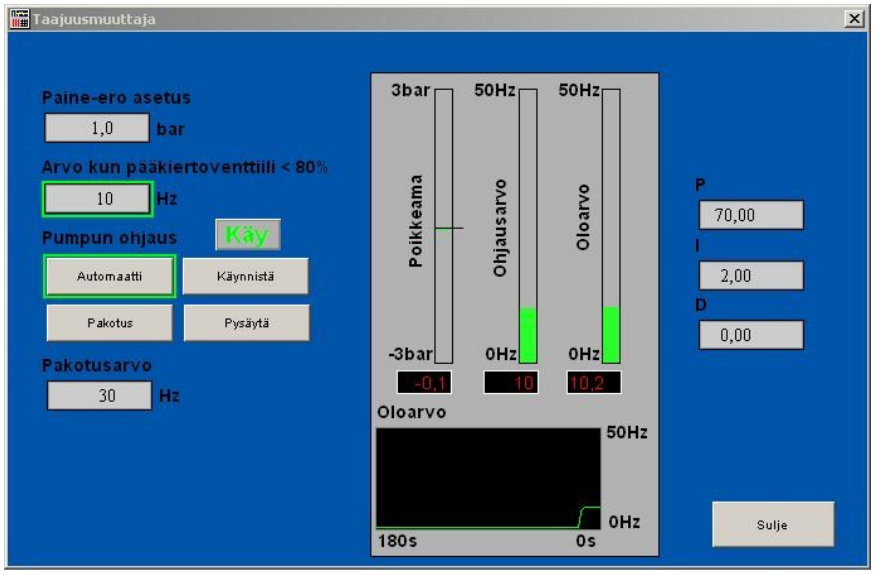


KUVA 16. Paisuntasäiliön ikkuna

Taajuusmuuttajan ohjaus tapahtuu *Taajuusmuuttaja Ohjaus* -painikkeesta aukeavasta kuvan 17 mukaisesta ikkunasta. Taajuusmuuttajalla on kaksi ohjaustapaa, automaatti ja pakotus. Automaattiajolla taajuusmuuttaja säätyy paine-eron ja paine-eroasetuksen mukaan, PID-säätimen ohjaamana. PID-säätimen parametrit voi asettaa ikkunan oikeassa laidassa oleviin kenttiin. Pakotus ohjauksessa taajuusmuuttajalle voidaan asettaa kiinteä pakotusarvo. Pumpun ohjaus täytyi toteuttaa siten, että kun pääkiertoventtiilin asento on alle 80 %, pumppu pyörii aina kiinteällä pienellä arvolla, joka on aseteltavissa kenttään ikkunan vasemmassa laidassa.

Taajuusmuuttajan toiminnan hahmottamiseksi lisäsin ikkunaan kolme palkkia ja trendikäyrän. Palkeista ensimmäinen kertoo poikkeaman todellisen paine-eron ja paine-eroasetuksen välillä. Mikäli taajuusmuuttaja ja säätöpiiri toimivat oikein tulisi tämän arvon olla mahdollisimman lähellä nollaa. Kaksi muuta palkkia kertovat logiikalta lähtevän taajuusmuuttajan ohjearvon, sekä logiikalle tulevan taajuusmuuttajan oloarvon. Näiden arvojen tulee olla normaalikäytössä yhtenevät. Eroavaisuuksia aiheuttaa ainoastaan taajuusmuuttajan parametreissa oleva nopeudenmuutosramppi.

Trendikäyrä piirtyy taajuusmuuttajan oloarvon mukaan, joten siitä näkee säätimen parametreista aiheutuvan huojunnan tilanteessa, kun säätö ei ole stabiili.



KUVA 17. Taajuusmuuttajan ohjaus

Laitosta käynnistettäessä voi automaattikäynnistyksen suorittaa pääsivulta (kuva 15) löytyvästä *Automaattikäynnistys* -painikkeesta. Kun painiketta on vaikutettu, järjestelmä kysyy käyttäjältä ajetaanko laitosta päälaitoksen kanssa rinnan vai erikseen ja tästä johtuen käynnistetäänkö paineenpito (kuva 18).

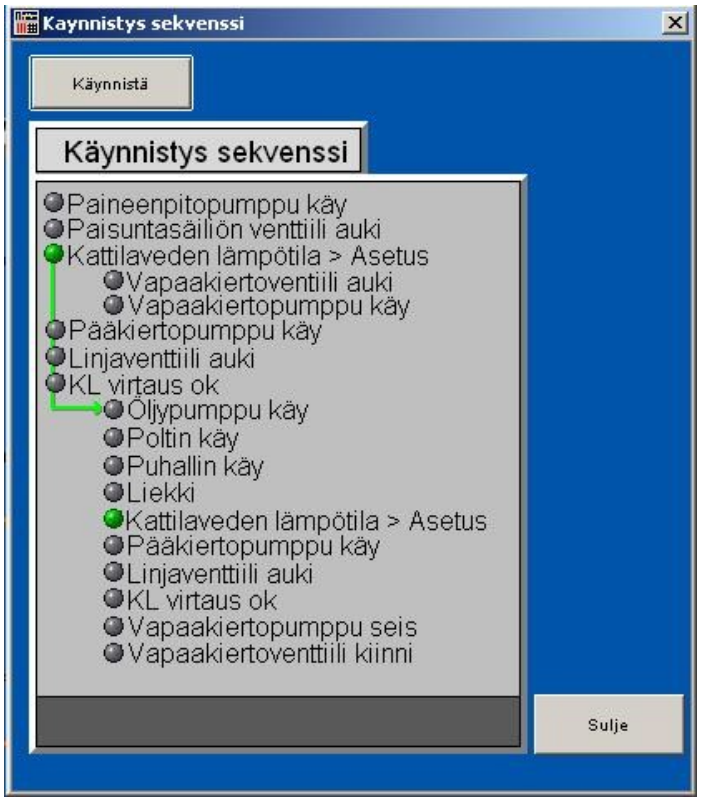
KUVA 18. Käynnistetäänkö paineenpito.

Käyttäjän valittua haluttu ajotapa, aukeaa kuvan 19 mukainen *Käynnistys-sekvenssi* -ikkuna. Mikäli paineenpitoa ei käynnistetä, paineenpitopumpun ja paisuntasäiliön venttiilin tilatietojen päälle tulee punainen rasti ja sekvenssi aloittaa kiertonsa vasta kattilaveden lämpötilan tarkastelusta.

Mikäli *Asetusarvot* -sivulla sijaitseva *Verkkoonajolämpötila* on pienempi, kuin vallitseva kattilan lämpötila, järjestelmän käynnistys-sekvenssi muuttuu. Ikkunassa näkyvä nuoli indikoi, kumpaa sekvenssiä käytetään.

Laitoksen käynnistys tapahtuu *Käynnistä* -painikkeesta, jolloin ikkunassa näkyvät laitteiden tilatiedot muuttuvat yksitellen vihreiksi, ylhäältä alaspäin.

Ikkunassa olevassa harmaassa palkissa näkyy käynnistyksen tila. Käynnistettäessä palkissa vilkkuu vihreä teksti *Käynnistetään*. Kun käynnistys-sekvenssi on käyty onnistuneesti läpi, palkissa näkyy vihreä teksti *Käynnistys onnistunut*. Mikäli käynnistyksessä ilmenee jokin virhe, eikä järjestelmä pysty käynnistymään *Asetusarvot* -välilehdellä olevien aikarajojen puitteissa, palkkiin tulee punainen teksti: *Käynnistys epäonnistui*.



KUVA 19. Käynnistys-sekvenssi

7.3.2 Trendit

Valittaessa yläpalkista *Trendit* -välilehti, muuttuu pääsivu kuvan 20 mukaiseksi trendisivuksi. Tämä sivu on tarkoitettu kerätyn mittausdatan käsittelyyn. Trendikäyriksi kerätystä mittausdatasta on helppo tutkia laitoksen käyttäytymistä erilaisissa kuormitustilanteissa ja havainnoida erilaisten säätötoimenpiteiden vaikutusta prosessiin. Trendeistä on myös helppo tarkastella häiriötilanteisiin johtaneita syitä.

Trendit -sivulla tarkasteluun haluttava suure valitaan johonkin sivun alalaidassa näkyvistä erivärisistä kentistä. Kerrallaan tarkasteltavia suureita voi olla yhteensä kahdeksan kappaletta ja ne näkyvät datakentässä erivärisinä käyrinä. Lisättäessä tai muutettaessa tietyn värin muuttujaa, painetaan värikenttää kaksi kertaa, jolloin ilmestyy valikko josta valitaan tarkasteltavaksi haluttu muuttuja. Trendeistä on myös tehty valmiiksi ryhmiä joihin on koottu toisiinsa vaikuttavia suureita. Käyttäjä voi rakentaa trendiryhmiä myös itse *Lisää Trendiryhmä* -painikkeesta. Valmiit ryhmät saa esille kansiokuvakkeesta, josta voi myös tyhjentää trendikentät.

Data-aluetta voi zoomata ja liikutella kentän alla olevista painikkeista. Painikkeista voi myös määrittää halutun tarkasteluvälin pituuden ja ajankohdan. Kelattaessa datakenttää taaksepäin tulee kohtaan *Display history mode* asettaa rasti.

KUVA 20. Trendit -välilehti

Haluttu skaalaus voidaan asettaa jokaiselle trendille erikseen, sillä jos samalla asteikolla tarkastellaan tehoa välillä 0-4000kW ja paine-eroa välillä 0-1 baaria, paine-eron käyrä muuttuu lukukelvottomaksi. Skaalaus asetetaan joko datakentän alapuolella olevasta *Auto scale* -painikkeesta, joka skaalaa datakentän suureen maksimi- ja minimiarvon välille, tai manuaalisesti datakentän oikealla puolella sijaitsevista maksimi- ja minimiarvoista.

Suureiden nykyinen arvo näkyy trendikentissä, mutta menneitä arvoja voi tarkastella tarkemmin painamalla kursorilla datakenttään. Painettaessa kenttään ilmestyy pystysuora ohut viiva ja sen viereen suureiden senhetkiset arvot ja tarkka aika. Viivaa voi siirtää haluttuun paikkaan laahaamalla. Mittausdatan voi myös tallentaa myöhempää käsittelyä varten oikeassa ylälaidassa olevista painikkeista joko tekstitiedostona tai kuvatiedostona.

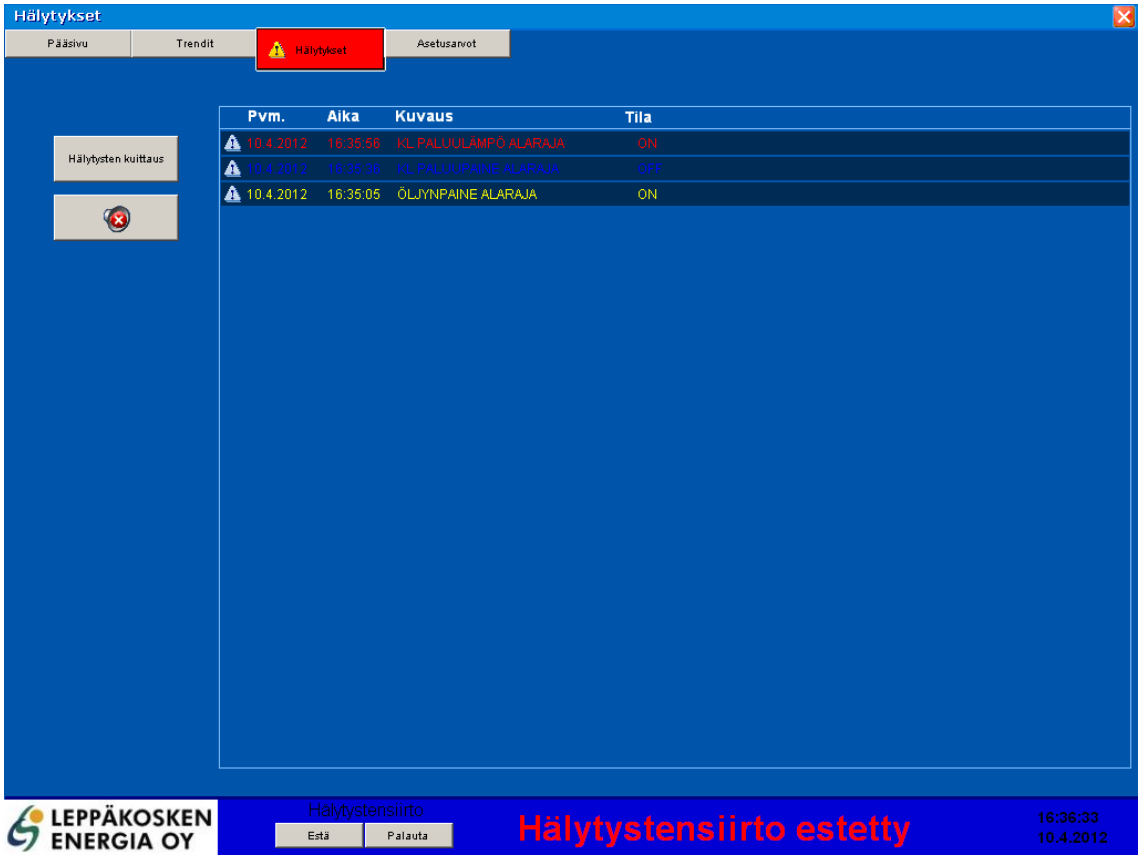
7.3.3 Hälytykset

Hälytykset-välilehti (kuva 21) on tarkoitettu hälytystietojen keräykseen ja niiden käsittelyyn. Välilehti koostuu hälytykset -kentästä, johon ilmestyy kaikki aktiiviset ja kuittaamattomat hälytysilmoitukset. Hälytysilmoitus sisältää päivämäärän ja kellonajan, jolloin hälytys on tullut aktiiviseksi, hälytystiedon kuvauksen ja tilan. Hälytystiedon tilan kertoo myös ilmoituksen väri. Punainen tarkoittaa kuittaamatonta aktiivista hälytystä ja nämä hälytykset ovat aina listassa ensimmäisenä. Sininen väri kertoo että hälytys on poistunut, mutta sitä ei ole kuitattu ja keltainen väri tarkoittaa, että hälytys on edelleen aktiivinen, mutta se on kuitattu. Mikäli käyttäjä haluaa tarkempaa tietoa hälytyksestä, voi hälytystietoa painamalla avata ikkunan, jossa on hälytysilmoituksen kaikki tiedot.

Hälytykset voi kuitata *Hälytysten kuittaus* -painikkeella, jolloin kaikki poistuneet hälytykset häviävät listalta. Mikäli jokin hälytys tulee poltinkeskukselta, kuittauspainike liipaisee myös poltinkeskuksen hälytystenkuittauspainikkeen.

Hälytyksen tullessa aktiiviseksi, *Hälytykset* -välilehden painike muuttuu punaiseksi ja siihen ilmestyy huomiomerkki kaikilla käyttöliittymän välilehdillä. Painike pysyy punaisena kuittaukseen asti, vaikka hälytys poistuisikin itsestään. Jos listaan jää kuitattuja, mutta aktiivisia hälytyksiä, välilehden painikkeeseen jää huomiomerkki.

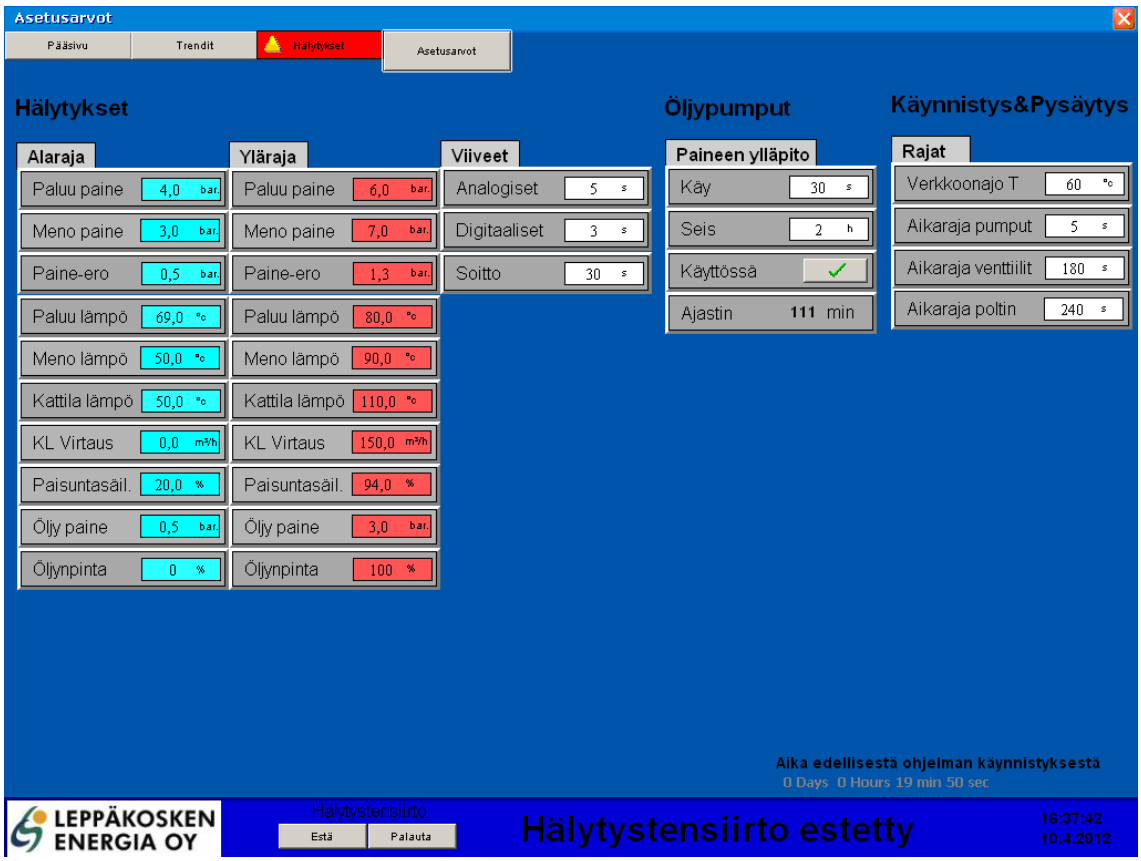
Järjestelmän hälytys-sireenin voi vaimentaa kaiutin -painikkeesta, jolloin sen päälle ilmestyy punainen rasti. Hälytys-sireeni on hyvä kytkeä pois päältä, mikäli laitos ei ole käytössä.



KUVA 21. Hälytykset -välilehti

7.3.4 Asetusarvot

Käyttöliittymän *Asetusarvot* -välilehdellä (kuva 22) pystytään hallitsemaan hälytysrajoja ja viiveitä. Lisäksi välilehdellä on joitakin muita laitoksen käyttöön vaikuttavia rajoja ja asetusarvoja. Yrityksen etävalvontajärjestelmään kuuluvia tietokoneita tulisi uudelleenkäynnistää tietyin väliajoin, jotta halutut päivitykset asentuvat oikein, joten lisäsin sivun alakulmaan ajastimen, joka kertoo ajan valvomotietokoneen edellisestä käynnistyskerrasta.



KUVA 22. Asetusarvot -välilehti

Hälytykset -kohdassa voidaan jokaiselle analogiselle hälytykselle määritellä *ylä-* ja *ala hälytysrajat*. Hälytysrajojen hystereesit on määritelty logiikkaohjelmassa jokaisen suureen vaihteluvälin mukaan, eikä niitä ole tarpeellista muuttaa.

Analogisille ja digitaalisille hälytyksille voidaan asettaa *hälytysviiveet*. Viive on tarpeellinen järjestelmässä esiintyvien häiriöiden takia ja mikäli häiriö poistuu itsestään nopeasti. Lisäksi lisäsin viiveisiin soittoviiveen. Soittoviiveellä pystytään asettamaan aika, joka kuluu hälytyksestä siihen kun robottipuhelin välittää hälytyksen eteenpäin. Tätä viivettä tarvitaan silloin jos laitos on miehitetty, jotta käyttäjä ehtii kuittaamaan hälytyksen ennen sen välittämistä päävalvomoon.

Yleisenä tapana on, että jokaisella hälytyksellä on alahälytys ja -varoitus, sekä ylähälytys ja -varoitus rajat. Lisäksi jokaiselle rajalle tulisi voida määrittää oma viive. Tästä ominaisuudesta jouduin kuitenkin tinkimään lisenssin sisältämien muuttujien pienen määrän vuoksi.

Öljypumput -kohdassa voidaan hallita öljypumppujen käyttövalmiuden ylläpitosykliä. *Käy* ja *Seis* -kohtiin asetetaan halutut aikamäärät pumpun käyttösyklille. *Käytössä* -painikkeesta

voidaan ylläpito ottaa pois käytöstä. Alapuolella sijaitseva ajastin kertoo ajan seuraavaan pumppauskertaan minuuteissa.

Käynnistys & Pysäytys -osiosta hallitaan automaattikäynnistykseen ja -pysäytykseen liittyviä parametreja. *Verkkoonajo T* -kohtaan asetetaan haluttu lämpötila, jolla laitos ajetaan verkkoon ja aikarajat määräävät sen kauanko järjestelmä odottaa laitteiden käynnistymistä, ennen kuin käynnistys tai pysäytys todetaan epäonnistuneeksi.

8 ETÄKÄYTTÖ JA VALVONTA

Yrityksen laitosten käytönvalvonta on toteutettu siten, että kun miehittämättömällä laitoksella tulee häiriöilmoitus, välittää robottipuhelin ilmoituksen päävalvomoon. Päävalvomon päivystäjä tarkastaa ensin häiriön laadun laitoksen etäkäyttöyhteydellä. Mikäli häiriö vaatii välittömiä toimenpiteitä, päivystäjä soittaa laitoksen päivystävälle käytönvalvojalle. Käytönvalvojan on myös mahdollista käyttää laitosta omalla tietokoneellaan etäyhteyden avulla. Mikäli käytönvalvoja ei saa korjattua vikaa etäkäytöllä ja vian korjauksen tarve on akuutti, joutuu käyttäjä vasta tällöin käymään fyysisesti laitoksella. Seuraavat kappaleet käsittelevät etäkäytön toteutusta.

8.1 Etäkäyttöyhteys

Yrityksen laitosten etäkäyttöyhteyksistä vastaa Satapirkan Sähkö Oy, joka toteuttaa myös Hämeenkyrön varalaitoksen etäkäyttöyhteyden. Laitoksella ei ole puhelinlinjaa eikä Internet-yhteyttä valmiina, joten linja täytyi tilata erikseen puhelinyhtiöltä. Kytkentämaksu ei kuitenkaan noussut kovin suureksi, sillä puhelinkeskus on samassa tilassa laitoksen kanssa.

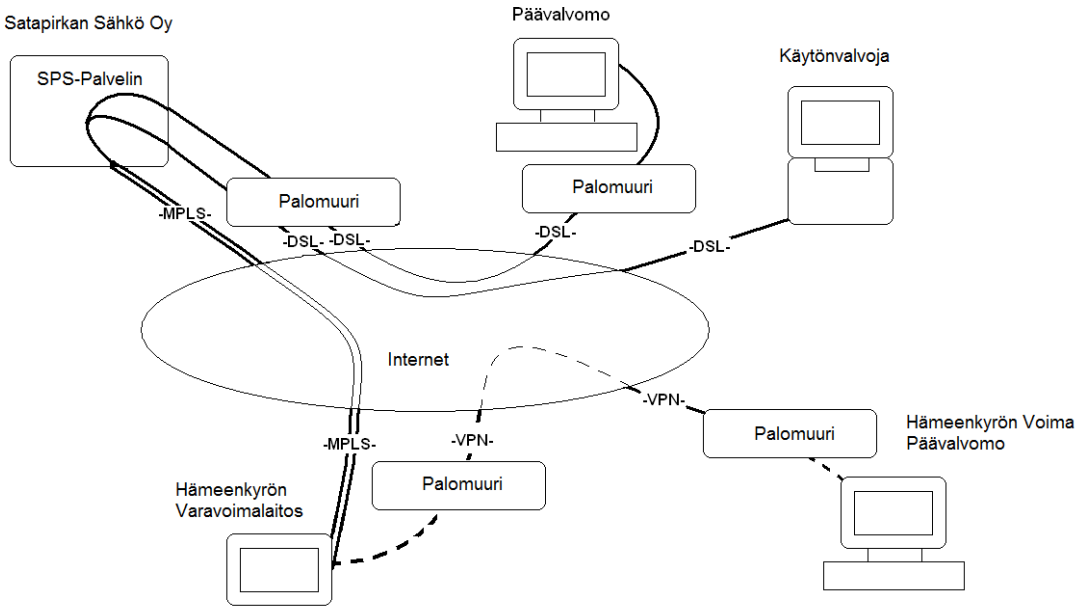
Kaikki yrityksen etäkäyttöyhteydet toimivat kuvakaappausperiaatteella, joka toimii siten, että käyttäjä valitsee NetOp -etäkäyttösovelluksesta halutun laitoksen, jonka jälkeen laitoksen valvomotietokoneen työpöytä ilmestyy etätietokoneen näytölle. Kaikki toiminnot pelaavat samaan tapaan kuin käyttäjä olisi fyysisesti laitoksella.

Laitosten etäkäyttöyhteydet on toteutettu VPN-tunneleilla. VPN-tekniikka on tarkoitettu lähiverkkojen virtuaaliseen yhdistämiseen ja sillä on mahdollista yhdistää kaksi erillään olevaa lähiverkkoa näennäisesti yhdeksi. VPN-tunnelit muodostavat kahden IP-osoitteen välisen kiinteän yhteyden julkisen verkon välityksellä.

Hämeenkyrön varalaitoksen yhteys SPS -palvelimelle päätettiin toteuttaa VPN -yhdyskäytävällä, joka toimii MPLS -verkossa (kuva 23). MPLS-verkkoprotokolla eroaa tavallisesta IP -osoiteohjatusta verkosta siten, että lähetetylle datapaketille määritetään sen kulkureitti valmiiksi. Näin ollen verkon solmukohdissa IP -osoitteen mukaan tapahtuva reititys jää pois. Tekniikka nopeuttaa huomattavasti verkkoliikennettä ja esimerkiksi verkkopalveluiden tarjoajat käyttävät MPLS -tekniikkaa runkoverkoissaan. MPLS -tekniikka mah-

dollistaa myös useiden eri protokollien mukaisen tiedonsiirron, sillä datapaketit puretaan vasta määränpäässä, eikä yhteyskerros ole kiinnostunut pakettien sisällöstä.

Etäkäyttöyhteyden käyttöönotto tapahtuu siten, että SPS asentaa tarvittavat etäkäyttöohjelmat laitoksen valvomo-tietokoneeseen, kun yhteydet on saatu valmiiksi. Lisäksi heidän vastuulleen jää toteuttaa etäkäytön vaatimat lisäykset NetOp -etäkäyttöohjelmaan.



KUVA 23. Etäkäyttöyhteyksien periaatekuva

8.2 Etäkäyttö tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa laitoksen ohjaus tullaan siirtämään Hämeenkyrön Voiman päävalvomoon. Päävalvomon ja varalaitoksen välille tullaan luomaan kiinteä, kahden IP -osoitteen välinen VPN -tunneli, joka suojataan palomuureilla. Varalaitoksen muuttujat saadaan näin päävalvomon valvontakoneelle luodulle OPC -serverille. OPC -serverille konfiguroituja varalaitoksen muuttujia pystytään hallitsemaan lähes reaaliaikaisesti.

9 DOKUMENTOINTI

9.1 Positiointi

Suuremmissa järjestelmissä käytetään yleensä ennalta sovittuja lyhenteitä eri komponenttien erottamiseen toisistaan. Järjestelmän vianetsintä helpottuu kun jokaisella laitteella on oma tunnuksensa ja kaikki tunnukset ovat yhteneviä sähköpiirustusten kanssa.

Positioinnin laitetunnukset vaihtelevat hieman, riippuen käytetystä kielestä ja erilaisista näkemyksistä pääteltäessä komponentin oikeaa nimeä ja toimintatapaa. Taulukkoon 3 on koottu laitteiden tunnuksia, joiden perusteella toteutin Hämeenkyrön varalämpölaitoksen positioinnin. Laitetunnukset on koottu pääosin ST-kortiston LVIS-Merkinnät – julkaisusta (2000, 7-9). Positiotunnus koostuu laitetunnuksesta ja laitteen järjestysnumerosta. Järjestysnumerot kasvavat kymmenen portaissa. Kaapeleiden positiotunnuksessa lukee molempien laitteiden tunnukset, joiden välillä kaapeli kulkee, sekä kirjaintunnus *W* ja kaapelin järjestysnumero. Kaapeleiden järjestysnumerointi alkaa sadasta.

TAULUKKO 3. Laitetunnukset (LVIS-Merkinnät 2000, muokattu)

Tunnus	Laite	Tunnus	Laite
FV	Säätöventtiili	PT	Painelähetin
VM	Vesimittari	QQ	Lämpömäärälaskuri
PA	Paisunta-astia	RLK	Riviliitinkytkentäkotelo
ÖP	Öljypoltin	TE	Lämpötilaanturi
LM	Lämpömäärän mittari	OK	Ohjauskeskus
P	Pumppu	PK	Pääkeskus
FE	Virtausanturi	RP	Robottipuhelin
FQ	Vesimäärälaskuri	SIR	Sireeni
FT	Virtauslähetin	TM	Taajuusmuuttaja
LT	Pinnankorkeuslähetin	UPS	UPS-laite

9.2 Piirustukset

Laitteistoihin tehdyistä muutoksista ja järjestelmän uusista osista tein sähköpiirustukset, jotka kattavat jokaisen liittimen ja johdon jota automatisoinnissa on käytetty. Järjestelmän alkuperäisiä sähkökuvia en kuitenkaan alkanut piirtää uusiksi, koska työ olisi ollut kohtalaisen suuri verrattuna siitä saatuun hyötyyn.

Kaikki sähkökuvat piirsin CADS-Planner sovelluksella, josta löytyy valmiiksi kohtalaisen kattava sähköpiirrosmerkkikirjasto. Sähkökuvien perustana toimii Komponenttiluettelo, josta pystyy vertailemaan laitetta, laitteen johdotusnumeroita ja laitetta koskevien sähköpiirustusten sivunumeroita. Toinen havainnollistava kuva on järjestelmän kaapeloinnin layout -kuva, josta kaapeleita ja laitteita on helppo verrata. Sähkökuvat löytyvät liitteestä 3.

Putkilinjoihin tehdyt muutokset lisäsin laitoksesta tehtyyn PI -kaavioon. Kaavio löytyy liitteestä 1. Kaaviossa jälkeenpäin lisätyt komponentit on merkitty punaisella värillä.

9.3 Käyttöohjeet ja käyttökoulutus

Yritykselle toimitin kahdet erilliset käyttöohjeet laitoksen käyttöä varten. Ensimmäinen ohje sisältää laitoksen käytön logiikan ohjaamana automaattikäyttönä, joka on laitoksen normaali käyttötapa. Tämä ohje sisältää laitoksen verkkoon- ja alasajon ohjeet, ohjeet poikkeustilanteissa sekä tiedot säätöparametreista ja niiden vaikutuksesta prosessiin.

Toinen ohje käsittelee laitoksen käyttöä tilanteessa, jossa logiikka tai valvomotietokone vioittuu, eikä automaattikäyttö ole näin ollen mahdollista. Ohje sisältää samaan tapaan verkkoon- ja alasajon ohjeet, mutta toteutettuna käsikäytöllä.

Pidin järjestelmän toiminnasta ja valvomo-ohjelman käytöstä yrityksen henkilökunnalle tiivistetyn esittelyn, jossa kävin laitoksen automaattisen käytön toimenpiteet läpi. Tarkemman käyttökoulutuksen yrityksen työntekijöille tulen pitämään, kun etäkäyttöyhteys saadaan toimintaan kesän 2012 aikana.

9.4 Muut dokumentit

Kaikki projektiin liittyvät dokumentit kasasin omiin kansioihin. Kansioita on kolme ja ne sisältävät laitteiden käyttöohjeet, laitehankintoihin liittyvät sähköpostit, laitoksen alkuperäiset dokumentit ja CD-levyn, johon on koottu sähköiset dokumentit, piirustukset, valokuvat ja valvomo- sekä logiikkaohjelmien varmuuskopiot.

10 KÄYTTÖÖNOTTO

Laitoksen käyttöönoton toteutin vaiheittain. Sitä mukaa kun sain laitteiston yhden laitekokonaisuuden valmiiksi, pyrin testaamaan ja säätämään sen toiminnan. Varsinainen koko järjestelmän testaus alkoi kun järjestelmä oli valmis. Ensimmäisen testauksen tein ilman verkkoonajoa ja se onnistui hyvin, mutta ei antanut todellista tietoa laitoksen toiminnasta. Lisäksi taajuusmuuttajan toimintaa ei pystynyt todentamaan, sillä virtausta laitoksen läpi ei ollut.

Toisen testiajon tein siten, että laitos kytkeytyi verkkoon, päälaitoksen rinnalle, jolloin taajuusmuuttaja oli mahdollista säätää oikein. Oikeat arvot paine-erosäätimelle löytyivät kohtalaisen helposti, sillä lähtöarvoina käytin yrityksen toisen, toimivan laitoksen arvoja. Näitä arvoja vähissä määrin säätämällä sain paine-ero-ohjauksen stabiiliksi.

Ainoat muutoksia vaativat logiikkaohjelman osat olivat automaattikäynnistys ja -pysäytys Muutokset koskivat lähinnä aikarajojen hienosäätöä ja jossain määrin ohjelmamuutoksia.

Laitoksen kokonaisvaltaista toimintaa vaativia käyttökertoja on ollut kevään 2012 aikana kaksi ja automaatiojärjestelmää on pyritty säätämään toimivammaksi molemmilla kerroilla. Kuitenkaan suuria ongelmia ei ole enää ilmennyt.

Laitoksen säätäminen ja käyttöönotto jatkuu edelleen ja korjauksia pyrin tekemään aina, kun käytössä ilmaantuu ongelmia. Käyttöönotto on hieman hidasta, johtuen laitoksen pienestä käyttöasteesta.

11 YHTEENVETO

11.1 Suunnitellun toteutuminen

Seuraavissa kappaleissa tutkitaan projektityön lopputulosten vastaavuutta alkuperäisiin suunnitelmiin, sekä käydään läpi muita projektin edetessä esiin tulleita asioita.

11.1.1 Laitteisto

Laitteiston osalta alkuperäiset suunnitelmat toteutuivat kohtuullisen hyvin. Joitakin suunniteltuja komponentteja täytyi kuitenkin karsia, sillä niiden asentaminen ei ollut vielä mahdollista. Näitä osia ovat mm. öljyn pinnanmittaus, jonka jouduin jättämään pois, sillä öljysäiliö tullaan siirtämään eri paikkaan. Hieman haluttuja toimintoja karsi myös automaatiokeskuksen koko ja käytössä olleiden ohjelmalisenssien suuruus.

11.1.2 Esiintyneet ongelmat

Laitteiden kytkentöjä tehdessä toteutusta hidasti huomattavasti alkuperäisen järjestelmän sähkökuvien puuttuminen. Kaikki kytkentäpisteet täytyi selvittää koestamalla ja mittaamalla.

Ohjelmointisovellusten käytön harjoitteluun kului myös kohtalaisen paljon aikaa, sillä aikaisempaa kokemusta ei näistä ohjelmista ole. Ohjelmointia hankaloitti myös lisenssien sisältämien muuttujakäsittelyiden vajavainen määrä.

Suuri hidaste oli henkilökohtainen kokemattomuus projektin hallinnointiin ja automaatiojärjestelmien suunnitteluun. Tästä johtuen, osatilauksia joutui tekemään sitä mukaa kun tarpeita ilmeni. Kokemattomuus tuli esiin myös komponenttivalintoja tehdessä, jolloin eri komponenttivaihtoehdoista täytyi taustatiedot selvittää tarkasti, ennen kuin pystyi varmuudella toteamaan komponentin sopivuuden järjestelmään.

Valvomo-ohjelman toteutusta hankaloitti hieman se, että ohjelman alkuperäinen käyttö on tarkoitettu tietokonehiirellä ohjattavaksi. Koska ohjelmaa tulee voida käyttää kosketusnäytöltä, tarkoitukseen tehdyllä kynällä, hiiren toisella painikkeella tehtäväksi tarkoitetut toimenpiteet eivät olleet mahdollisia. Nämä ohjaukset täytyi muuttaa siten, että kokonaisvaltainen käyttö onnistuu myös kosketusnäytöltä.

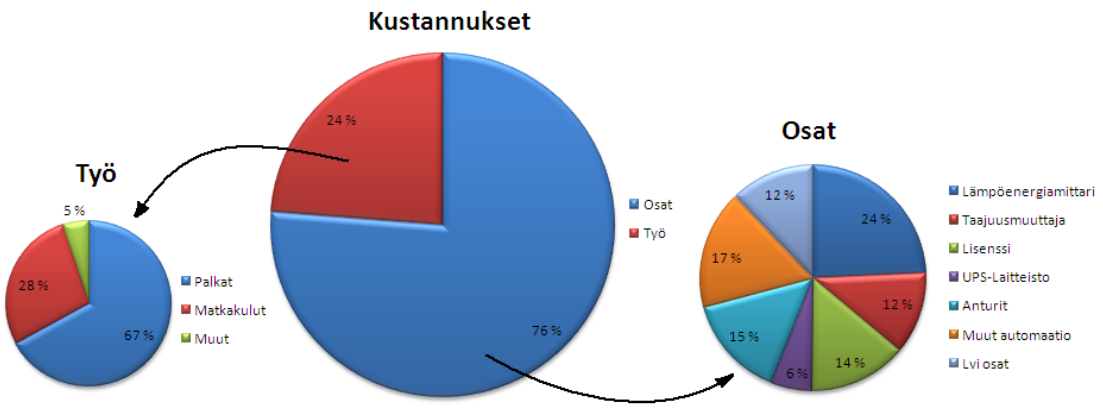
Laitetoimittajien etsiminen, tarjouspyyntöjen tekeminen ja toimittajien valinta, sekä komponenttihankintojen toimituksen viivästyminen pitkittivät myös osaltaan työn valmistumista.

11.1.3 Aikataulu

Aikataulullisesti projektityö on suurimmalta osin onnistunut. Hieman viivettä suunnitelman mukaiselle laitoksen käytölle on kuitenkin aiheuttanut etäkäyttöyhteyden toteuttamisen suurehko viivästyminen. Lisäksi henkilökohtainen työn dokumentointi on viivästynyt tavoitteesta. Työ pyritään saamaan kuitenkin päätökseen ennen kesää 2012.

11.2 Kustannukset

Projektityön kokonaiskustannukset alittivat asetetun budjetin huomattavasti. Kuvioon 2 on koottu kokonaiskustannusten prosentuaalinen jakautuminen eri sektoreille. Kaikki kustannukset on jaoteltu ensin työperäisiin kustannuksiin ja komponenttihankinnoista aiheutuviin kustannuksiin. Nämä osiot on jaettu erikseen pienempiin osioihin. *Osat* -osiosta käy ilmi kustannusten jakautuminen eri komponenttihankintojen välillä.



KUVIO 2. Kokonaiskustannusten jakautuminen

Todellisuudessa työn osuus kokonaiskustannuksista on hieman pienempi, sillä osa komponenteista oli hankittu etukäteen, eikä niitä ollut mahdollista huomioida laadittaessa kuvioita.

11.3 Tulevaisuus

Tulevaisuuden töitä, jotka eivät aikarajojen puitteissa mahtuneet projektin toteutukseen, on muutamia. Alapuolelle on listattu suurin osa näistä.

Öljysäiliöiden uusiminen tullaan toteuttamaan siten, että vanhat maasäiliöt poistetaan käytöstä ja niiden tilalle asennetaan laitoksen vieressä sijaitsevaan kylmään sisätilaan yksi 20m³:n kaksoisvaippasäiliö. Öljysäiliön pinnanmittaus toteutetaan tähän säiliöön.

Laitoksen shunttiventtiili ei toimi tällä hetkellä, joten shunttia käyttävä toimilaite tulee uusia ja shuntin ohjaus toteuttaa logiikan ohjaamalla säätimellä, ulkolämpötilan ja menoveden lämpötilan mukaan. Shunttiventtiili on olennainen osa toimivaa ja stabiilia lämmöntuotantojärjestelmää, jolla kompensoidaan kattilaveden lämpötilamuutosten aiheuttama huojunta kaukolämmön menovesilinjassa.

Tällä hetkellä laitoksen toimilaitteiden pääkytkimet täytyy pitää päällä, jotta mahdollistetaan laitoksen käynnistäminen etäohjattuna. Kuitenkin taajuusmuuttajalta olisi hyvä katkaista syöttöjännite kun laitos on pitkään käyttämättä, sillä taajuusmuuttaja pysyy aina valmiustilassa ja sen jäähdytyspuhaltimet ovat päällä.
Laitoksen kaikki syöttöjännitteet kulkevat kolmen kontaktorin kautta ja näiden kontaktoreiden ohjaus tulisi mahdollistaa valvomo-ohjelman kautta.

Laitoksen poltin on nimellisteholtaan 4MW, mutta saatu lämpöteho vain noin 3MW. Lisäksi öljynvirtaus polttimelle on vain noin 330l/h. Jotta polttimesta saataisiin täysi teho, tulisi se avata ja tarkistaa öljysuuttimien oikeellinen koko. Tämän jälkeen poltin tulee säätää uudelleen. Moduloivan polttimen säätö on hieman monimutkaisempaa kuin normaalin kiinteätehoisen, joten säätämiseen on hyvä varata runsaasti aikaa. Polttimesta olisi mahdollista saada myös hieman lisätehoa nykyisillä suuttimilla, sillä ruiskutuspaineen säätöjärjestelmässä on vielä mahdollisuus kasvattaa painetta.

Polttimen tehoa ohjaava tehonsäädin tulisi myös tarkastaa tai vaihtoehtoisesti uusia lähiaikoina. Tehonsäätimen tarkoituksena on säätää moduloivan polttimen tehoa halutun kattilaveden lämpötilan mukaan. Nykyisellään säädin ohjaa polttimen tehon ainoastaan maksimiin ja poltin pysähtyy kun lämpötilan raja-arvo saavutetaan. Toimivan säätimen tulisi pienentää tehoa ennen polttimen pysähtymistä ja lisätä sitä lämpötilan pudotessa ja näin minimoida polttimen pysäytysten määrä.

Nykyisen varalaitoksen lisäksi Hämeenkyrön kaukolämpöverkkoon on tulossa vuoden 2012 aikana toinen varakaukolämpölaitos. Uuden laitoksen automatisointi tulisi toteuttaa siten, että molemmat laitokset ovat käytettävissä yhden rajapinnan kautta. Lisäksi uudelle varalaitokselle ei tule paineenpitojärjestelmää, joten Hämeenkyrön varalaitoksen lisävesijärjestelmän ohjaus tulee onnistua myös uudelta varalaitokselta.

12 LOPPUSANAT

Työ oli lähtökohdiltaan kohtalaisen suuri kokonaisuus, joten toteutus on ollut aikaavievää. Työn alussa asetetut tavoitteet ja omat henkilökohtaiset tavoitteet on kuitenkin saavutettu ja työn tuloksena on valmistunut suunnitelmia vastaava täysin automatisoitu lämpölaitos.

Työn toteuttaminen olisi ollut joiltain osin helpompaa, mikäli etukäteen hankittuja komponentteja ei olisi ollut, vaan toteutuksen olisi saanut hoitaa myös siltä osin itse. Lisäksi vanhan järjestelmän modernisointi on usein haastavampaa kuin uuden vastaavanlaisen toteuttaminen.

Työ antoi paljon kokemusta siitä milloin jokin osakokonaisuus kannattaa uusia kokonaan sen sijaan, että tehdään suuria muutoksia ja parannuksia. Lisäksi työn suorittaminen vahvisti käsitystäni toiminnan suunnittelun tärkeydestä ja siitä, kuinka paljon huolellisella suunnittelulla ja aikataulutuksella saadaan säästettyä varsinaisen työn määrää.

Projekti on kokonaisuudessaan antanut todella paljon tietoa lämpölaitosten automatisointikäytännöistä ja prosessien säätötekniikasta, sekä projektinhallinnasta. Uskoisin, että tulevaisuudessa vastaavanlaisiin projekteihin on helpompi lähteä ja niiden toteutus nopeampaa, sillä työn suorittamisen toimiva järjestys on nyt paremmin selvillä.

Lopuksi haluan kiittää koko Leppäkosken Energian henkilöstöä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen ja tuesta projektin aikana ilmenneissä ongelmissa.

LÄHTEET

Leppäkosken Sähkö –konserni. 2012. Leppäkosken Sähkö Oy Internetsivut. Luettu 13.5.2012. http://www.leppakoski.fi/tietoa/organisaatio

Sixnet –tuoteperheen esittely. 2012. Sixnet yrityksen Internetsivut. Luettu 15.5.2012 http://www.sixnet.com/department/products-140.cfm

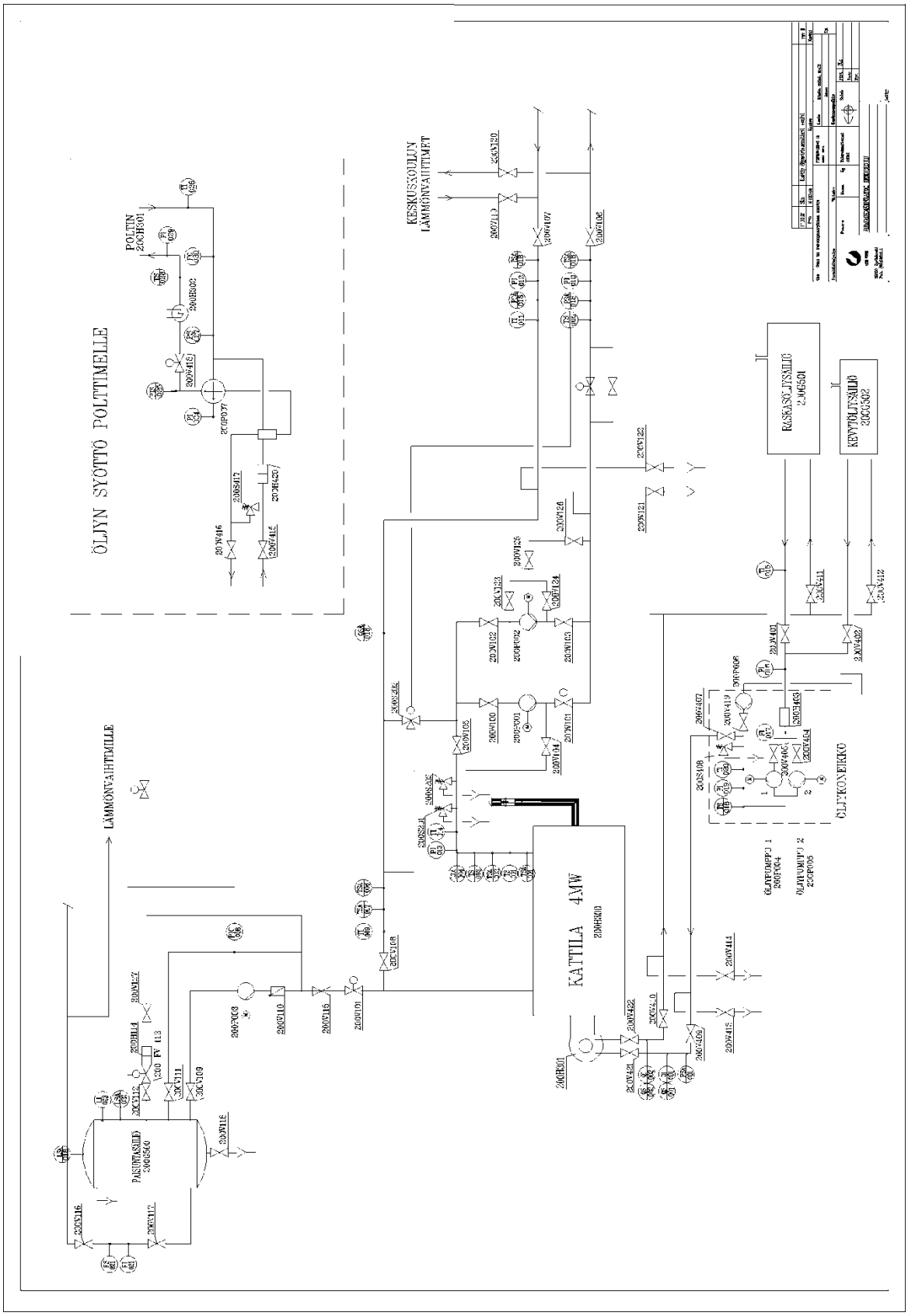
Vacon NX-sarjan Taajuusmuuttajat. Käyttöohje 2008. Vacon Oyj

SFS käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

LVIS-Merkinnät. 2000. Sähkötieto Ry. Luettu 23.3.2012. http://www.engelco.fi/docs/LVIS_ST5125.pdf

LIITTEET

Liite 1. PI-kaavio



Liite 2. I/O konfiguraatio

1/(12)

DI 1

1/12

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
DI_1_1_P	0	discrete							OLJYPUMPPU1_KAY
DI_1_2_P	1	discrete							OLJYPUMPPU2_KAY
DI_1_3_ALA	2	discrete							OLJYPUMPPU1_HAIRIO
DI_1_4_ALA	3	discrete							OLJYPUMPPU2_HAIRIO
DI_1_5_P	4	discrete							PAINEENPITOPUMPPU_KAY
DI_1_6_P	5	discrete							VAPAAKIERTOPUMPPU_KAY
DI_1_7_OP	6	discrete							POLTIN_PUHALLIN
DI_1_8_OP	7	discrete							POLTIN_LIEKKI
DI_1_9_ALA	8	discrete							YLEISHALYTYS
DI_1_10_ALA	9	discrete							POLTINHAIRIO
DI_1_11_ALA	10	discrete							RAJOITIN_TOIMINUT
DI_1_12_ALA	11	discrete							OLJYNPAINE_ALARAJA
DI_1_13_ALA	12	discrete							POLTIN_PUHALLIN_HAIRIO
DI_1_14_ALA	13	discrete							OHJAUSJÄNNITE_230V_OK
DI_1_15_	14	discrete							
DI_1_16_	15	discrete							

DI 2

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
DI_2_1_FV	16	discrete							VAPAAKIERTOVENTTIILI_AUKI
DI_2_2_FV	17	discrete							VAPAAKIERTOVENTTIILI_KIINNI
DI_2_3_	18	discrete							
DI_2_4_FV	19	discrete							PAAKIERTOVENTTIILI_KIINNI
DI_2_5_FV	20	discrete							PAISUNTASAILIOVENTTIILI_AUKI
DI_2_6_FV	21	discrete							PAISUNTASAILIOVENTTIILI_KIINNI
DI_2_7_FE	22	discrete							LISAVESI_PULSSIT
DI_2_8_	23	discrete							
DI_2_9_TM	24	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_OK
DI_2_10_FE	25	discrete							OLJYVIRTAUS_PULSSI
DI_2_11_ALA	26	discrete							PAISUNTASAILIO_ALARAJA
DI_2_12_ALA	27	discrete							KATTILA_KUIVAKIEHUNTA
DI_2_13_ALA	28	discrete							PAINEENPITOPUMPPU_HAIRIO
DI_2_14_ALA	29	discrete							VAPAAKIERTOPUMPPU_HAIRIO
DI_2_15_ALA	30	discrete							VAPAA_HALYTYS
DI_2_16_	31	discrete							

DO 1

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
DO_1_1_FV	0	discrete							PAAKIERTO_VENTTIILI_OHJAUS
DO_1_2_FV	1	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_OHJAUS
DO_1_3_FV	2	discrete							PAISUNTASAILIO_VENTTIILI_OHJAUS
DO_1_4_MV	3	discrete							LISAVESI_VENTTIILI_OHJAUS
DO_1_5_P	4	discrete							OLJYPUMPPU_OHJAUS
DO_1_6_P	5	discrete							PAINEENPITO_PUMPPU_OHJAUS
DO_1_7_P	6	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_OHJAUS
DO_1_8_OP	7	discrete							POLTIN_KAY/SEIS
DO_1_9_ALA	8	discrete							HAIRIO_KUITTAUS
DO_1_10_	9	discrete							
DO_1_11_	10	discrete							
DO_1_12_TM	11	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_OHJAUS
DO_1_13_RP	12	discrete							YLEISHALYTYS_VAHTIMIKKO
DO_1_14_	13	discrete							HALYTYS_SUMMERI
DO_1_15_	14	discrete							
DO_1_16_	15	discrete							

AI 1

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
AI_1_1_LE	0	short	0.0	32767.0	0.0	100.0	%	1	PAISUNTASAILIOSAILIO_PINTA
AI_1_2_TE	1	short	0.0	32767.0	-50.0	50.0	c°	1	ULKO_LAMPO
AI_1_3_TE	2	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	KATTILA_LAMPO
AI_1_4_PE	3	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	PALUU_PAINE
AI_1_5_PE	4	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	MENO_PAINE
AI_1_6_	5	short	0.0	32767.0	0.0	100.0	%	1	OLJYN_PINTA
AI_1_7_PE	6	short	0.0	32767.0	0.0	10.0	bar	1	OLJYN_PAINE
AI_1_8_FV	7	short	11700	21500	0	100	%	0	PAAKIERTOVENTTIILI_ASENTO
AI_1_9_	8	short	0	32767	0	32767		0	
AI_1_10_	9	short	0	32767	0	32767		0	
AI_1_11_TM	10	short	0.0	32767.0	0.0	50.0	Hz	1	TAAJUUSMUUTTAJA_OLO
AI_1_12_FE	11	short	0	32767	0	400	l/h	0	OLJY_VIRTAUS
AI_1_13_TE	12	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	MENO_LAMPO
AI_1_14_TE	13	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	PALUU_LAMPO
AI_1_15_FE	14	short	0.0	32767.0	0.0	250.0	m³/h	1	KL_VIRTAUS
AI_1_16_QQ	15	short	0	32767	0	5000	kW	0	KL_TEHO

AO 1

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
AO_1_1_TM	0	short	0	32767	10	50	Hz	0	TAAJUUSMUUTTAJA_OHJAUS
AO_1_2_	1	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_3_	2	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_4_	3	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_5_	4	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_6_	5	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_7_	6	short	0	32767	0	32767		0	
AO_1_8_	7	short	0	32767	0	32767		0	

V_MB

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_MB_1_	512	discrete							PAAKIERTO_VENTTIILI_AUKIOHJ
V_MB_2_	513	discrete							PAAKIERTO_VENTTIILI_KIINNIOHJ
V_MB_3_	514	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_AUKIOHJ
V_MB_4_	515	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_KIINNIOHJ
V_MB_5_	516	discrete							PAISUNTASAILIO_VENTTIILI_AUKIOHJ
V_MB_6_	517	discrete							PAISUNTASAILIO_VENTTIILI_KIINNIOHJ
V_MB_7_	518	discrete							
V_MB_8_	519	discrete							
V_MB_9_	520	discrete							OLJYPUMPPU_PAALLEOHJ
V_MB_10_	521	discrete							OLJYPUMPPU_POISOHJ
V_MB_11_	522	discrete							PAINEENPITO_PUMPPU_PAALLEOHJ
V_MB_12_	523	discrete							PAINEENPITO_PUMPPU_POISOHJ
V_MB_13_	524	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_PAALLEOHJ
V_MB_14_	525	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_POISOHJ
V_MB_15_	526	discrete							POLTIN_PAALLEOHJ
V_MB_16_	527	discrete							POLTIN_POISOHJ
V_MB_17_	528	discrete							HAIRIO_KUITTAUSOHJ
V_MB_18_	529	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_PAALLEOHJ
V_MB_19_	530	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_POISOHJ
V_MB_20_	531	discrete							
V_MB_21_	532	discrete							
V_MB_22_	533	discrete							OLJYPUMPPU_AUTOM_PAINEENPITO
V_MB_23_	534	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_AUTOM
V_MB_24_	535	discrete							
V_MB_25_	536	discrete							
V_MB_26_	537	discrete							LISÄVESIVENTTIILI_AUTOM
V_MB_27_	538	discrete							LISÄVESIVENTTIILI_AUKI_OHJ
V_MB_28_	539	discrete							LISÄVESIVENTTIILI_KIINNI_OHJ
V_MB_29_	540	discrete							AUTOMAATTIKÄYNNISTYS
V_MB_30_	541	discrete							AUTOMAATTIKÄYNNISTYS_AKTIIVINEN
V_MB_31_	542	discrete							AUTOMAATTIPYSÄYTYS
V_MB_32_	543	discrete							AUTOMAATTIPYSÄYTYS_AKTIIVINEN
V_MB_33_	544	discrete							PAINEENPITO_KAYNNISTA_OHJ

V_MB

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_MB_34_	545	discrete							PAINEENPITO_ALAKAYNNISTA_OHJ
V_MB_35_	546	discrete							PAINEENPITO_KAYNNISTA
V_MB_36_	547	discrete							VERKOSSA
V_MB_37_	548	discrete							AUTOMAATTIKÄYNNISTYS_EPÄONNISTUI
V_MB_38_	549	discrete							AUTOMAATTIKÄYNNISTYS_ONNISTUI
V_MB_39_	550	discrete							PAINEENPITO_ALAKAYNNISTA
V_MB_40_	551	discrete							LISAVESI_LASKURI_NOLLAUS
V_MB_41_	552	discrete							OLJY_LASKURI_NOLLAUS
V_MB_42_	553	discrete							AUTOMAATTIKAYNNISTYS_PERUUTA
V_MB_43_	554	discrete							AUTOMAATTIPYSAYTYS_PERUUTA
V_MB_44_	555	discrete							KL_ENERGIA_LASKURI_NOLLAUS
V_MB_45_	556	discrete							ALARAJA_PALUU_PAINE_HALYTYS
V_MB_46_	557	discrete							ALARAJA_MENO_PAINE_HALYTYS
V_MB_47_	558	discrete							ALARAJA_PAINE-ERO_HALYTYS
V_MB_48_	559	discrete							ALARAJA_PALUU_LAMPO_HALYTYS
V_MB_49_	560	discrete							ALARAJA_MENO_LAMPO_HALYTYS
V_MB_50_	561	discrete							ALARAJA_KATTILA_LAMPO_HALYTYS
V_MB_51_	562	discrete							ALARAJA_KL_VIRTAUS_HALYTYS
V_MB_52_	563	discrete							ALARAJA_PAISUNTASAILIO_PINTA_HALYTYS
V_MB_53_	564	discrete							ALARAJA_OLJY_PAINE_HALYTYS
V_MB_54_	565	discrete							ALARAJA_OLJY_PINTA_HALYTYS
V_MB_55_	566	discrete							
V_MB_56_	567	discrete							
V_MB_57_	568	discrete							YLARAJA_PALUU_PAINE_HALYTYS
V_MB_58_	569	discrete							YLARAJA_MENO_PAINE_HALYTYS
V_MB_59_	570	discrete							YLARAJA_PAINE-ERO_HALYTYS
V_MB_60_	571	discrete							YLARAJA_PALUU_LAMPO_HALYTYS
V_MB_61_	572	discrete							YLARAJA_MENO_LAMPO_HALYTYS
V_MB_62_	573	discrete							YLARAJA_KATTILA_LAMPO_HALYTYS
V_MB_63_	574	discrete							YLARAJA_KL_VIRTAUS_HALYTYS
V_MB_64_	575	discrete							YLARAJA_PAISUNTASAILIO_PINTA_HALYTYS
V_MB_65_	576	discrete							YLARAJA_OLJY_PAINE_HALYTYS
V_MB_66_	577	discrete							YLARAJA_OLJY_PINTA_HALYTYS

V_MB

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_MB_67_	578	discrete							
V_MB_68_	579	discrete							KATTILAVESIKIERTO_HÄIRIO
V_MB_69_	580	discrete							OLJYPUMPPU1_HAIRIO
V_MB_70_	581	discrete							OLJYPUMPPU2_HAIRIO
V_MB_71_	582	discrete							POLTIN_YLEISHALYTYS
V_MB_72_	583	discrete							POLTINHAIRIO
V_MB_73_	584	discrete							RAJOITIN_TOIMINUT
V_MB_74_	585	discrete							POLTIN_OLJYNPAINE_ALARAJA
V_MB_75_	586	discrete							POLTIN_PUHALLIN_HAIRIO
V_MB_76_	587	discrete							OHJAUSJÄNNITE_230V_HAIRIO
V_MB_77_	588	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_HAIRIO
V_MB_78_	589	discrete							PAISUNTASAILIO_ALARAJA
V_MB_79_	590	discrete							KATTILA_KUIVAKIEHUNTA
V_MB_80_	591	discrete							PAINEENPITOPUMPPU_HAIRIO
V_MB_81_	592	discrete							VAPAAKIERTOPUMPPU_HAIRIO
V_MB_82_	593	discrete							VAPAA_HALYTYS
V_MB_83_	594	discrete							HALYTYS_AKTIIVINEN
V_MB_84_	595	discrete							HAYTYSTENSIIRTO_ESTETTY
V_MB_85_	596	discrete							HALYTYS_KUITTAUS
V_MB_86_	597	discrete							HALYTYS_AANIMERKKI_ESTO
V_MB_87_	598	discrete							
V_MB_88_	599	discrete							
V_MB_89_	600	discrete							AUTOMAATTIPYSÄYTYS_EPÄONNISTUI
V_MB_90_	601	discrete							AUTOMAATTIPYSÄYTYS_ONNISTUI
V_MB_91_	602	discrete							
V_MB_92_	603	discrete							
V_MB_93_	604	discrete							PAAKIERTO_VENTTIILI_AUKIOHJ_AUTOM
V_MB_94_	605	discrete							PAAKIERTO_VENTTIILI_KIINNIOHJ_AUTOM
V_MB_95_	606	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_AUKIOHJ_AUTOM
V_MB_96_	607	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_KIINNIOHJ_AUTOM
V_MB_97_	608	discrete							PAISUNTASAILIO_VENTTIILI_AUKIOHJ_AUTOM
V_MB_98_	609	discrete							PAISUNTASAILIO_VENTTIILI_KIINNIOHJ_AUTO
V_MB_99_	610	discrete							OLJYPUMPPU_PAALLEOHJ_AUTOM

V_MB

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_MB_100_	611	discrete							OLJYPUMPPU_POISOHJ_AUTOM
V_MB_101_	612	discrete							PAINEENPITO_PUMPPU_PAALLEOHJ_AUTOM
V_MB_102_	613	discrete							PAINEENPITO_PUMPPU_POISOHJ_AUTOM
V_MB_103_	614	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_PAALLEOHJ_AUTOM
V_MB_104_	615	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_POISOHJ_AUTOM
V_MB_105_	616	discrete							POLTIN_PAALLEOHJ_AUTOM
V_MB_106_	617	discrete							POLTIN_POISOHJ_AUTOM
V_MB_107_	618	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_PAALLEOHJ_AUTOM
V_MB_108_	619	discrete							TAAJUUSMUUTTAJA_POISOHJ_AUTOM
V_MB_109_	620	discrete							HALYTYS_KUITTAUS_AUTOM
V_MB_110_	621	discrete							VAPAAKIERTO_VENTTIILI_KIINNIOHJ_AUTOM_2
V_MB_111_	622	discrete							VAPAAKIERTO_PUMPPU_POISOHJ_AUTOM_2
V_MB_112_	623	discrete							
V_MB_113_	624	discrete							
V_MB_114_	625	discrete							
V_MB_115_	626	discrete							
V_MB_116_	627	discrete							
V_MB_117_	628	discrete							
V_MB_118_	629	discrete							
V_MB_119_	630	discrete							
V_MB_120_	631	discrete							

V_AO

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_AO_1_	512	short	0	32767	0	32767	bar	0	PAINE-ERO_LASKETTU
V_AO_2_	513	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	PAINE-ERO_ASETUS
V_AO_3_	514	short	0	32767	10	50	Hz	0	TAAJUUSMUUTTAJA_PAKOTUSARVO
V_AO_4_	515	short	-32768	32767	-32768	32767		0	OLJYPUMPPU_SEIS_AIKA_H
V_AO_5_	516	short	-32768	32767	-32768	32767		0	OLJYPUMPPU_KAY_AIKA_S
V_AO_6_	517	short	0	32767	10	50	Hz	0	TAAJUUSMUUTTAJA_ARVO_VENTTIILIN_AUETESSA
V_AO_7_	518	short	0	32767	0	100	%	0	PAISUNTASÄILIÖPINTA_ASETUS
V_AO_8_	519	short	0	32767	0	150		0	VERKKOONAJO_LAMPOTILA
V_AO_9_	520	short	-32768	32767	-32768	32767		0	HALYTYS_VIIVE_ANA
V_AO_10_	521	short	-32768	32767	-32768	32767		0	HALYTYS_VIIVE_DIG
V_AO_11_	522	short	-32768	32767	-32768	32767		0	HALYTYS_VIIVE_SOITTO
V_AO_12_	523	short	-32768	32767	-32768	32767		0	KAYNNISTYS_AIKARAJA_PUMPUT
V_AO_13_	524	short	-32768	32767	-32768	32767		0	KAYNNISTYS_AIKARAJA_VENTTIILIT
V_AO_14_	525	short	-32768	32767	-32768	32767		0	KAYNNISTYS_AIKARAJA_POLTIN
V_AO_15_	526	short	-32768	32767	-32768	32767		0	OLJYPUMPPU_SEIS_AIKA_LASKURI
V_AO_16_	527	short	-32768	32767	-32768	32767		0	LISAVESI_PULSSIT_LASKURI_1
V_AO_17_	528	short	-32768	32767	-32768	32767		0	OLJY_PULSSIT_LASKURI
V_AO_18_	529	short	-32768	32767	-32768	32767		0	KL_ENERGIA_LASKURI
V_AO_19_	530	short	-32768	32767	-32768	32767		0	LISAVESI_PULSSIT_LASKURI_2
V_AO_20_	531	short	-32768	32767	-32768	32767		0	OLJY_PULSSIT_LASKURI_2
V_AO_21_	532	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_22_	533	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_23_	534	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_24_	535	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	ALARAJA_PALUU_PAINE_ASETUS
V_AO_25_	536	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	ALARAJA_MENO_PAINE_ASETUS
V_AO_26_	537	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	ALARAJA_PAINE-ERO_ASETUS
V_AO_27_	538	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	ALARAJA_PALUU_LAMPO_ASETUS
V_AO_28_	539	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	ALARAJA_MENO_LAMPO_ASETUS
V_AO_29_	540	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	ALARAJA_KATTILA_LAMPO_ASETUS
V_AO_30_	541	short	0.0	32767.0	0.0	250.0	m³/h	1	ALARAJA_KL_VIRTAUS_ASETUS
V_AO_31_	542	short	0.0	32767.0	0.0	100.0	%	1	ALARAJA_PAISUNTASAILIO_PINTA_ASETUS
V_AO_32_	543	short	0.0	32767.0	0.0	10.0	bar	1	ALARAJA_OLJY_PAINE_ASETUS
V_AO_33_	544	short	0	32767	0	100	%	0	ALARAJA_OLJY_PINTA_ASETUS

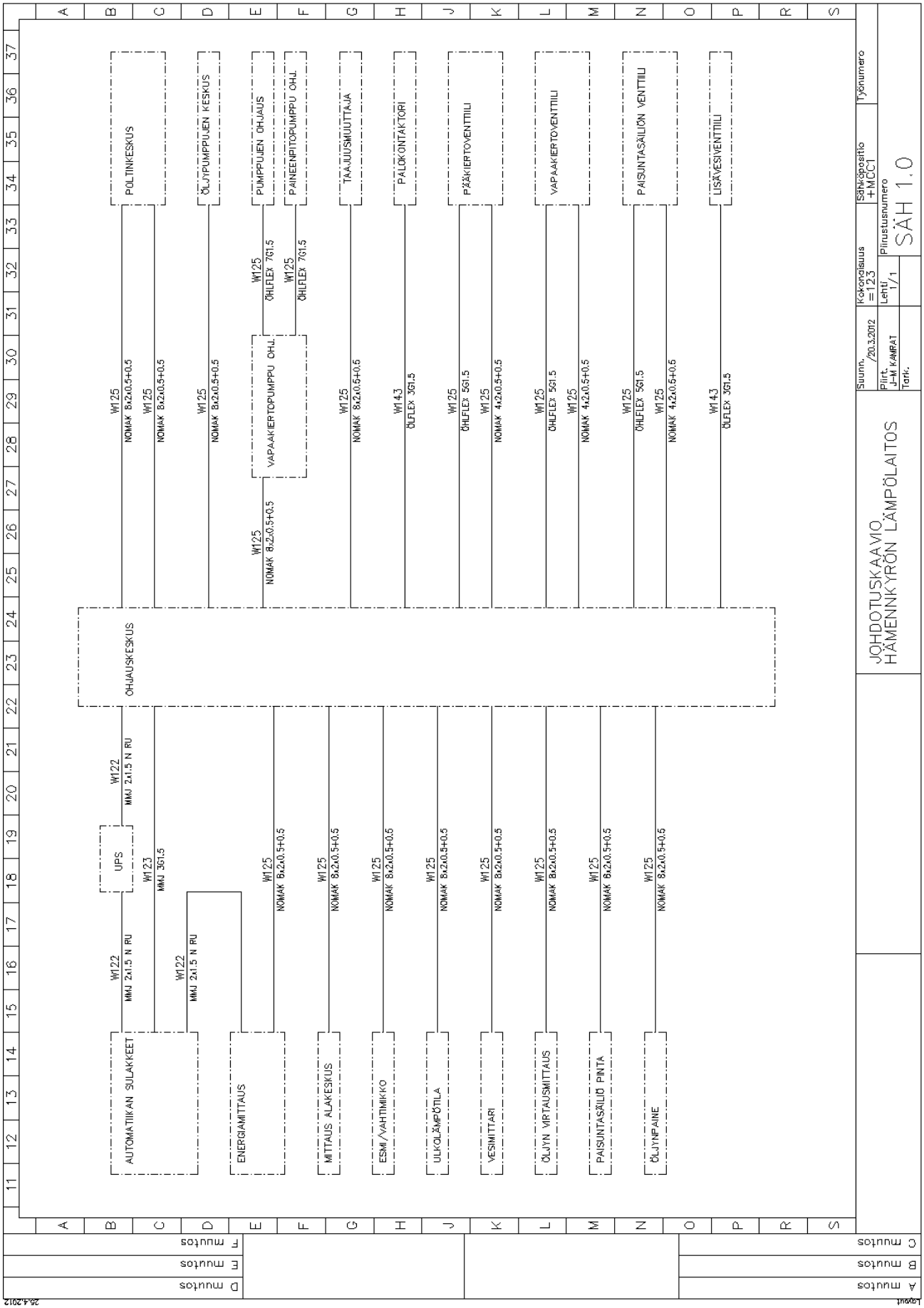
V_AO

Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_AO_34_	545	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_35_	546	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_36_	547	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	YLARAJA_PALUU_PAINE_ASETUS
V_AO_37_	548	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	YLARAJA_MENO_PAINE_ASETUS
V_AO_38_	549	short	0.0	32767.0	0.0	16.0	bar	1	YLARAJA_PAINE-ERO_ASETUS
V_AO_39_	550	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	YLARAJA_PALUU_LAMPO_ASETUS
V_AO_40_	551	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	YLARAJA_MENO_LAMPO_ASETUS
V_AO_41_	552	short	0.0	32767.0	0.0	150.0	c°	1	YLARAJA_KATTILA_LAMPO_ASETUS
V_AO_42_	553	short	0.0	32767.0	0.0	250.0	m³/h	1	YLARAJA_KL_VIRTAUS_ASETUS
V_AO_43_	554	short	0.0	32767.0	0.0	100.0	%	1	YLARAJA_PAISUNTASAILIO_PINTA_ASETUS
V_AO_44_	555	short	0.0	32767.0	0.0	10.0	bar	1	YLARAJA_OLJY_PAINE_ASETUS
V_AO_45_	556	short	0	32767	0	100	%	0	YLARAJA_OLJY_PINTA_ASETUS
V_AO_46_	557	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_47_	558	short	-32768	32767	-32768	32767		0	
V_AO_48_	559	short	-32768	32767	-32768	32767		0	

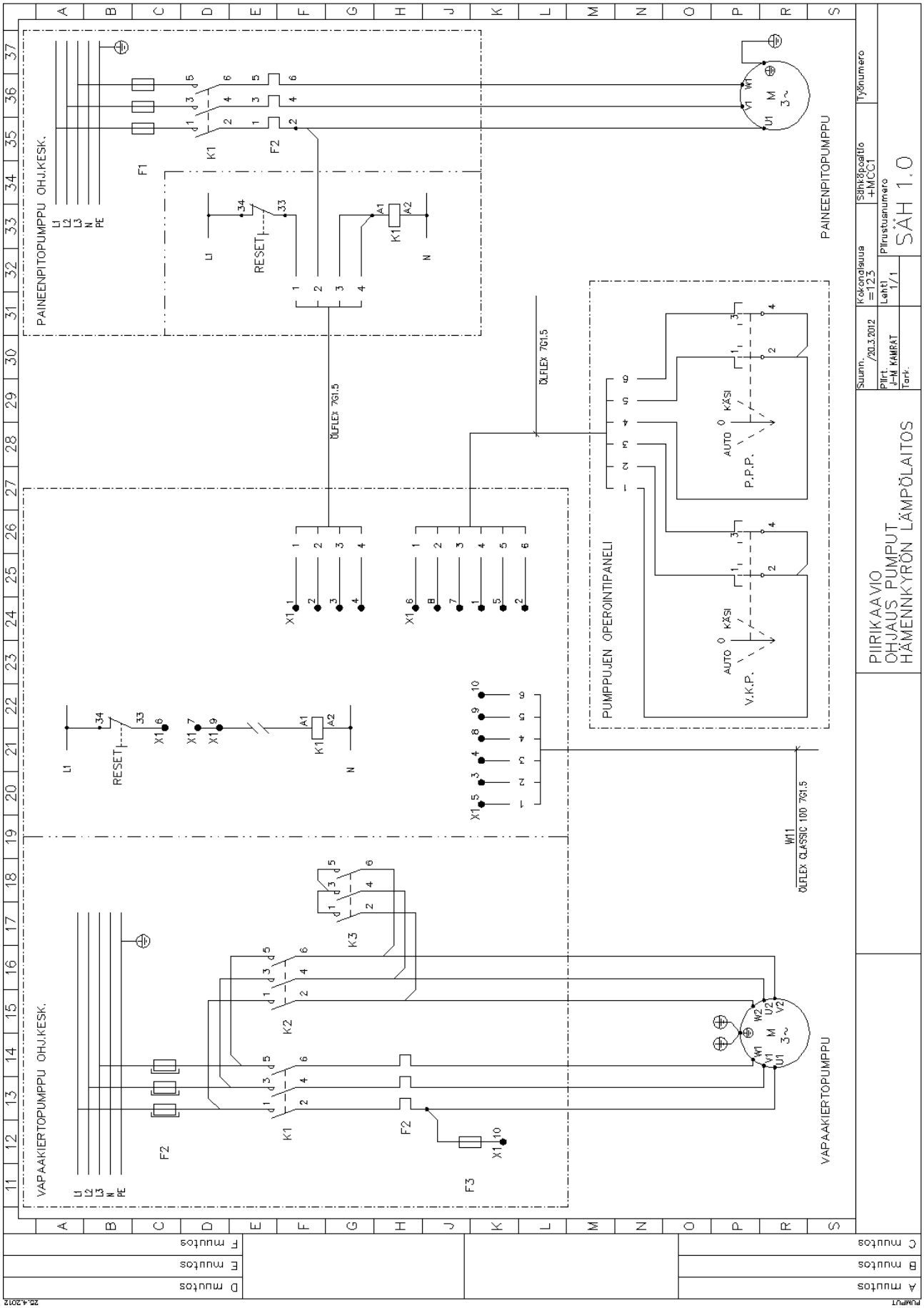
V_FO

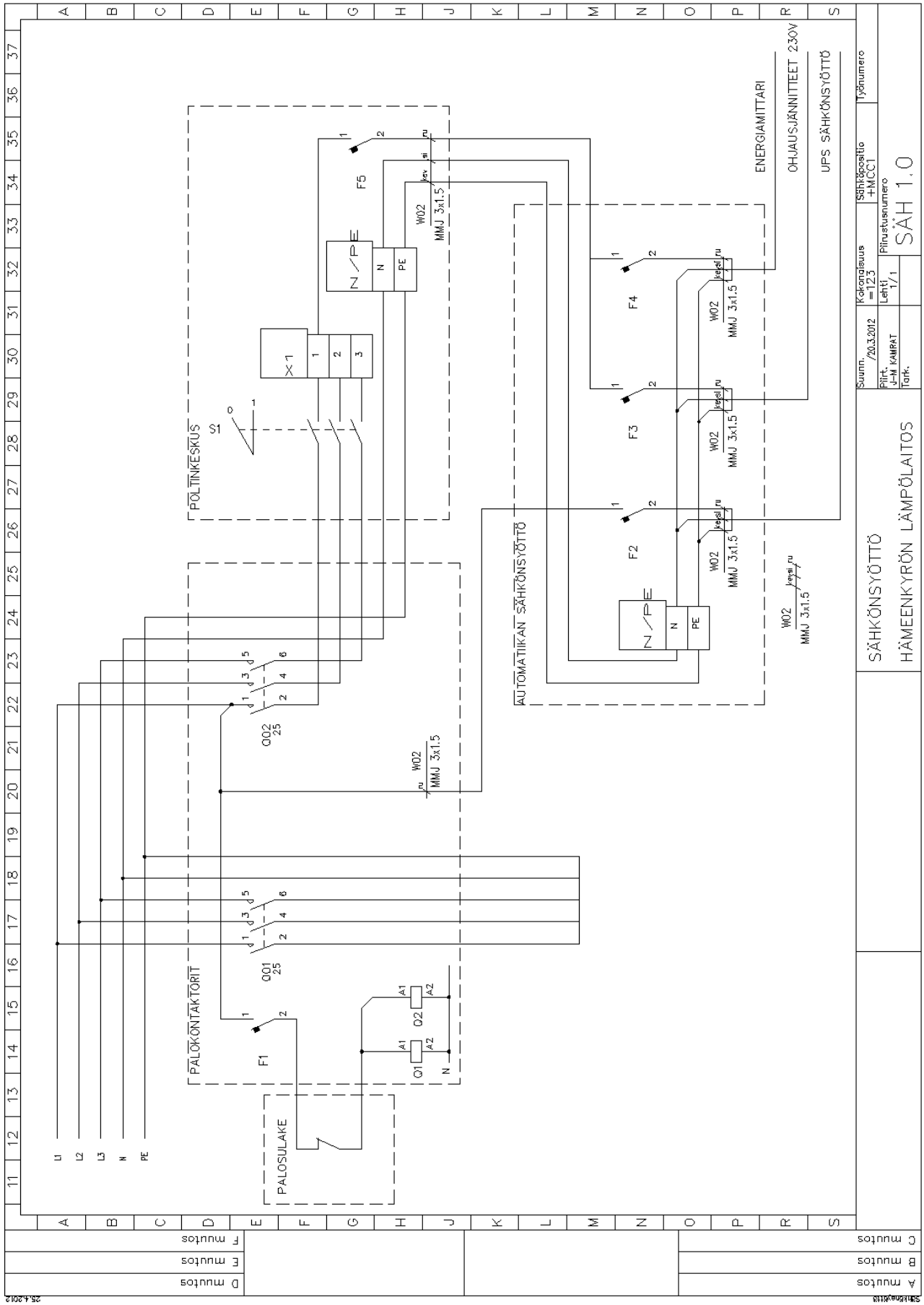
Tag Name	I/O Register	Data Type	Actual Min	Actual Max	Scaled Min	Scaled Max	Unit	Dec.	Description
V_FO_1_	512	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	PID_VAHVISTUS
V_FO_2_	513	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	PID_INTEGROINTI
V_FO_3_	514	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	PID_DERIVOINTI
V_FO_4_	515	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	LISAVESI_VUOROKAUSIMAARA
V_FO_5_	516	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_6_	517	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_7_	518	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_8_	519	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_9_	520	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_10_	521	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_11_	522	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_12_	523	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_13_	524	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_14_	525	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_15_	526	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	
V_FO_16_	527	float	-3.402823e+038	3.402823e+038	-3.402823e+038	3.402823e+038		0	

Liite 3. Sähkökuvat 1(6)

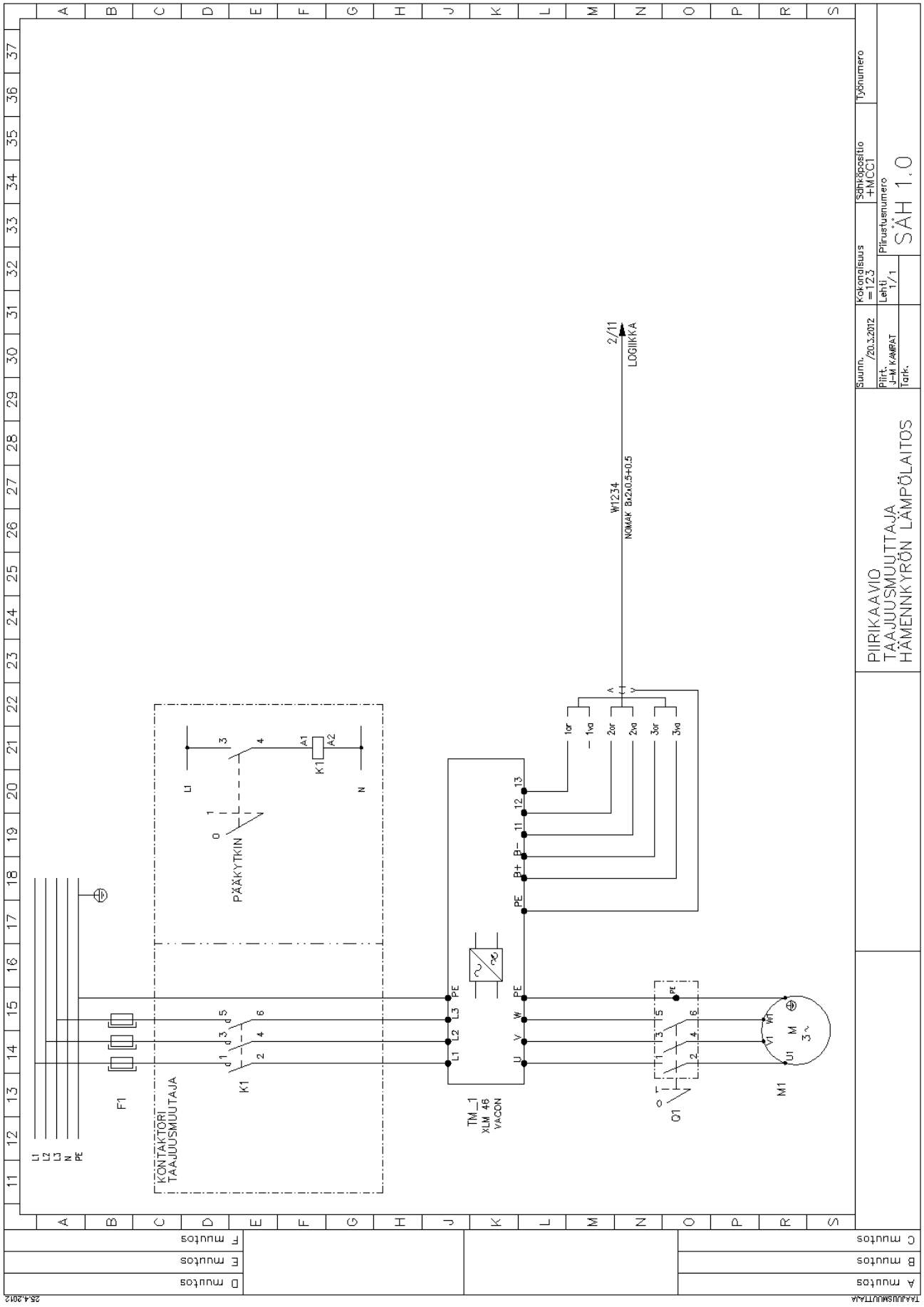


2(6)

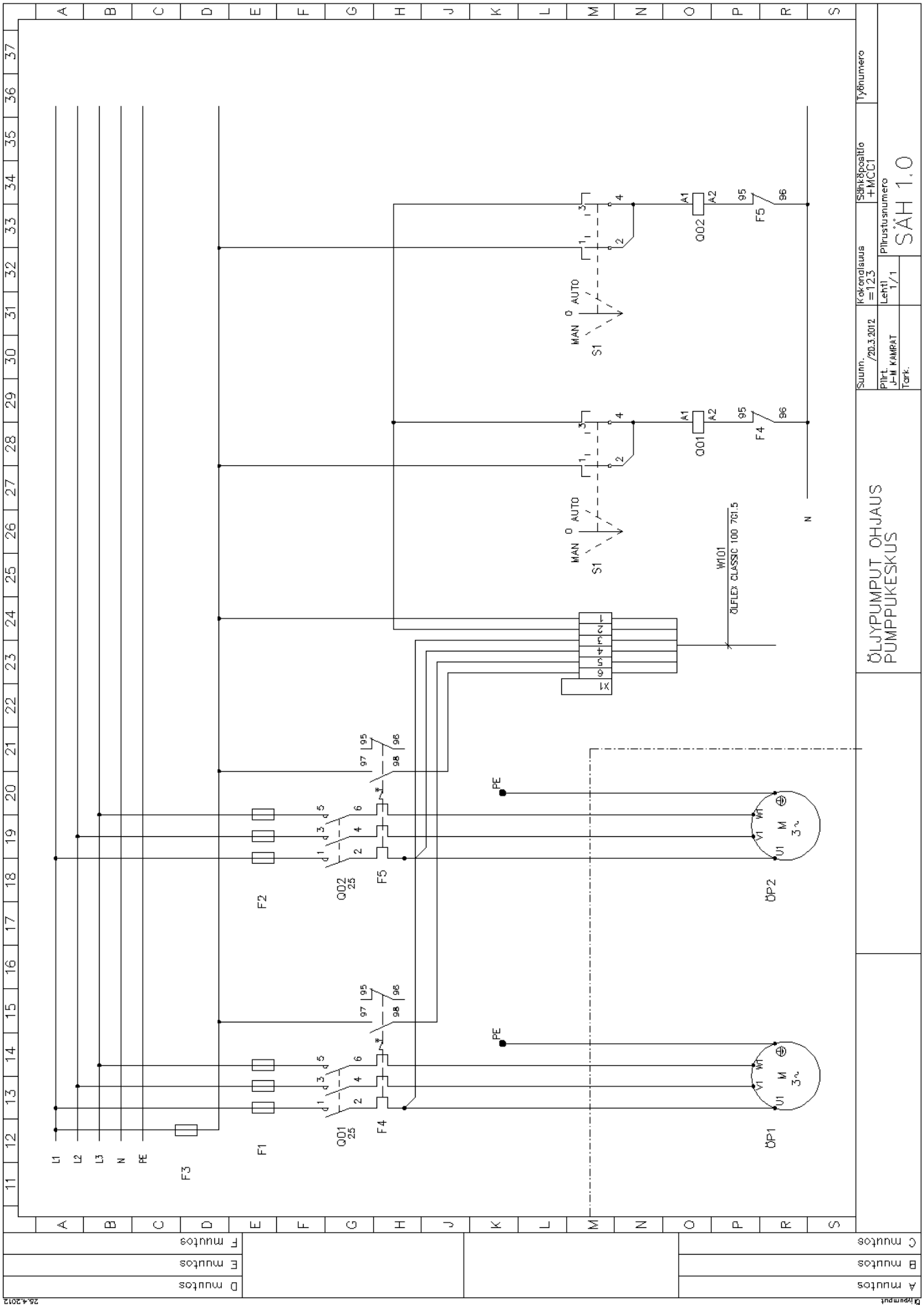

PAINEENPITOPUMPPU OHJ.KESK.
PAINEENPITOPUMPPU
VAPAAKIERTOPUMPPU OHJ.KESK.
VAPAAKIERTOPUMPPU
PUMPPUJEN OPEROINTIPANELI
P.P.P.
V.K.P.
AUTO
KÄSI
RESET
ÖLFLEX 761.5
ÖLFLEX CLASSIC 100 761.5
PIIRIKAAVIO
OHJAUS PUMPUT
HÄMENNKYRÖN LÄMPÖLAITOS
SÄH 1.0
Suunn. /20.3.2012
Piirt. J-M KAMRAT
Tark.
Kokonaisuus =123
Lehti 1/1
Sähköpaltto +MCC1
Piirustusnumero
Työnumero
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos
25.4.2012
PUMPUT

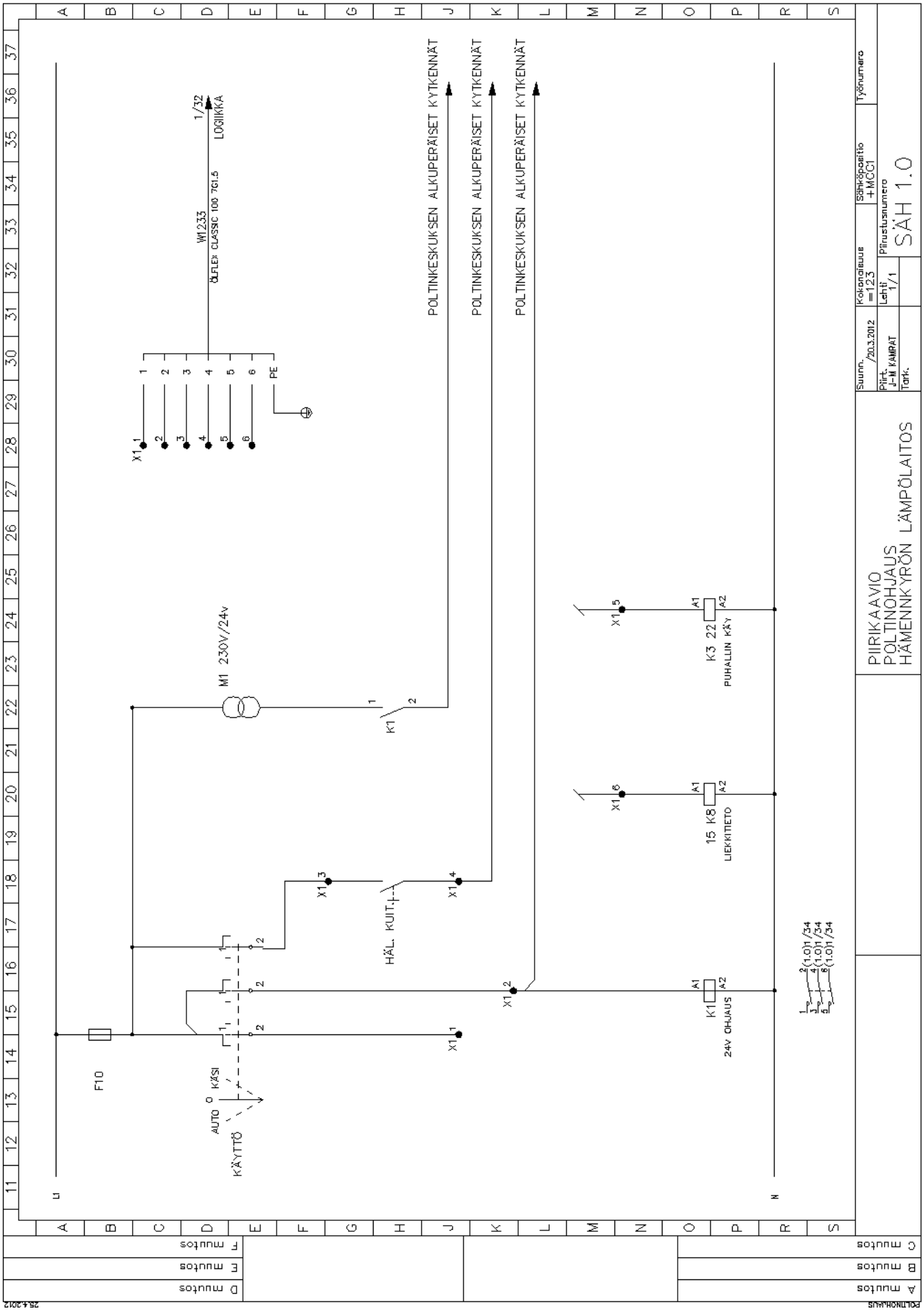

SÄHKÖNSYÖTTÖ
HÄMEENKYRÖN LÄMPÖLAITOS
SÄH 1.0
Suunn. /20.3.2012
Piirt. J-M KAMPRAT
Tark.
Kokonaisuus =123
Lehti 1/1
Piirustusnumero
Sähköposition +MCC1
Työnumero
ENERGIAMITTARI
OHJAUSJÄNNITTEET 230V
UPS SÄHKÖNSYÖTTÖ
POLTTINKESKUS
AUTOMATIIKAN SÄHKÖNSYÖTTÖ
PALOKONTAKTORIT
PALOSULAKE
F1
F2
F3
F4
F5
S1
X1
Q01
Q02
Q1
Q2
W02
MMJ 3x1.5
L1
L2
L3
N
PE

4(6)


PIIRIKAAVIO
TAAJUUSMUUTTAJA
HÄMENNKYRÖN LÄMPÖLAITOS
Suunn. /20.3.2012
Piirt. J-M KAMRAT
Tark.
Kokonaisuus =123
Lehti 1/1
Sähköpositio +MCC1
Piirustusnumero
SÄH 1.0
Työnumero
L1
L2
L3
N
PE
F1
KONTAKTORI
TAAJUUSMUUTTAJA
K1
PÄÄKYTKIN
TM_1
XLM 46
VACON
Q1
M1
M
3~
W1234
NOMAK BA2X0.5+0.5
2/11
LOGIIKKA
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos
25.4.2012
TAAJUUSMUUTTAJA

5(6)


ÖLJYPUMPUT OHJAUS
PUMPPUKESKUS
SÄH 1.0
Suunn.
/20.3.2012
Piirt.
J-M KAMPAT
Tark.
Kokonaisuus
=123
Lehti
1/1
Piirustusnumero
Sähköpostilo
+MCC1
Työnumero
L1
L2
L3
N
PE
F3
F1
F2
QD1
25
QD2
25
F4
F5
ÖP1
ÖP2
PE
S1
MAN
AUTO
QO1
QO2
A1
A2
95
96
W101
ÖLFLEX CLASSIC 100 7G1.5
X1
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos
Ölypumput
25.4.2012


POLTINKESKUKSEN ALKUPERÄISET KYTKENNÄT
POLTINKESKUKSEN ALKUPERÄISET KYTKENNÄT
POLTINKESKUKSEN ALKUPERÄISET KYTKENNÄT
W1233
ÖLFLEX CLASSIC 100 7G1.5
1/32
LOGIIKKA
X1
PE
M1 230V/24v
K1
F10
AUTO
KÄSI
KÄYTTÖ
HÄL. KUIT.
K3 22
PUHALLIN KÄY
15 K8
LIEKKITETO
K1
24V OHJAUS
PIIRIKAAVIO
PÖLTINOHJAUS
HÄMENNKYRÖN LÄMPÖLAITOS
Suunn.
Piirt.
J-M KAMPAT
Tark.
Kokonaisuus
=123
Lehti
1/1
Sähköpositio
+MCC1
Piirustusnumero
SÄH 1.0
Työnumero
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos
POLTINOHJAUS
25.4.2012