



Joonas Vikki

LÄMPÖKESKUSTEN AUTOMAATIOREVISIO

LÄMPÖKESKUSTEN AUTOMAATIOREVISIO

Joonas Vikki
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka, projektointi

Tekijä: Joonas Vikki

Opinnäytetyön nimi: Lämpökeskusten automaatiorevisio

Työn ohjaaja: Timo Heikkinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 52 + 7 liitettä

Tässä opinnäytetyössä tehtiin Rovaniemellä sijaitsevan Ojanperän lämpökeskuksen automaatiorevisio. Tavoitteena oli päivittää lämpökeskuksen kriittisimmät hälytys- ja ohjausjärjestelmät sekä liittää ne kaukokäyttöjärjestelmään. Tämän lisäksi työhön kuului kaikkien vara- ja huippuvoimalaitosten kriittisten hälytysjärjestelmien päivittäminen.

Tärkeimpinä yksittäisinä päivityksen kohteina olivat paloilmaisinjärjestelmän, öljyvuotohälytysten sekä kaukolämpöpumppujen ohjausjärjestelmän suunnittelu sekä toteutus. Työhön sisältyi suunnittelu, asennus, käyttöönotto sekä dokumentointi. Tämän lisäksi työhön kuului kaikkien osa-alueiden liittäminen kaukokäyttöjärjestelmään. Kaukokäyttöjärjestelmän ja etäkäytön toimintavarmuuden maksimoiminen oli myös tärkeä osa tätä työtä.

Työn tavoitteet saavutettiin ja aikataulu pysyi sovitun mukaisena. Hälytysjärjestelmät saatiin päivitettyä ja liitettyä kaukokäyttöjärjestelmään.

Asiasanat: Lämpökeskus, MetsoDNA, PID-säädin, Modbus, kaukokäyttö, hälytysjärjestelmät

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Automation Engineering

Author: Joonas Vikki

Title of thesis: Automation revision of heat plants

Supervisor: Timo Heikkinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013

Pages: 52 + 7 appendices

This thesis is about revision of the automation systems of Ojanperä heat plant located in Rovaniemi, Finland. Main goal was to update the most critical alarm systems and control systems and attach them to the remote control system. The project also included the update of critical alarm systems in all backup power plants.

Most important parts of the revision were installation of a fire detection system and oil leakage detection systems and planning control system for the district heating pumps. This project included planning, installation, commissioning, testing and documentation of the new systems. Also maximization of the functionality of the remote control system was important part of this project.

Main goals were accomplished within the timetable. Alarm and control systems were successfully added to the remote control system.

Keywords: Heat plant, MetsoDNA, PID-controller, Modbus, remote control, alarm systems

ALKULAUSE

Tämän insinööri työn tilaaja on Rovaniemen Energia Oy, jossa työn valvojana toimi automaatiopäällikkö Jani Pudas. Työn ohjaajana toimi lehtori Timo Heikkinen Oulun seudun ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää Rovaniemen Energian sähkö- ja automaatio-osaston väkeä, erityisesti Jani Pudasta sekä Henri Jokkalaa työni aikana saamastani avusta. Lisäksi haluan kiittää työni ohjaajaa Timo Heikkistä sekä kieliasun tarkastajaa Tuula Hopeavuorta.

Rovaniemellä 29.5.2013

Joonas Vikki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
1 JOHDANTO	8
2 KAUKOLÄMPÖ	9
2.1 Kaukolämmön tuottaminen	9
2.2 Kaukolämmön jakelu	10
2.3 Kaukolämpöpumput	11
2.4 Huippu- ja varavoimalaitokset	12
3 METSODNA-SOVELLUSUUNNITTELU	13
3.1 FbCAD-suunnitteluympäristö	13
3.2 Mtr2-moottorinohjaustoimilohko	13
3.3 PID-säädintoimilohko	14
3.4 PID-säätimen virittäminen	16
3.5 Metso ACN SR1 -prosessinohjain	19
4 KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄ	20
4.1 Kaukokäyttöjärjestelmä Rovaniemen Energialla	20
4.2 Langattomat yhteydet kaukokäytössä	20
4.3 Modbus-protokolla	22
4.3.1 Modbus/TCP	22
4.3.2 Modbus/TCP MetsoDNA:ssa	25
5 OJANPERÄN LÄMPOKESKUKSEN AUTOMAATIOREVISIO	29
5.1 Ojanperän lämpökeskus	29
5.2 Lähtötiedot ja tavoitteet	30
5.3 Hälytysjärjestelmien suunnittelu	31
5.3.1 UPS-varmennus	31
5.3.2 Palohälytysjärjestelmä	31
5.3.3 Öljyvuotohälytysjärjestelmä	33
5.4 Kaukolämpöpumppujen ohjauksen suunnittelu	34
5.4.1 Pumppausjärjestelmä	34
5.4.2 Ohjauksen suunnittelu	35

5.5 Kaukolämpöpumppujen vaihto-ohjaus	38
5.6 Kaukokäyttöjärjestelmään liittäminen	39
5.7 Langaton yhteys ja linjanvalvonta	42
5.8 Asennus ja käyttöönotto	43
6 HUIPPU- JA VARAVOIMALAITOSTEN HÄLYTINREVISIO	44
6.1 Lähtötiedot ja tavoitteet	44
6.2 Toteutus	44
6.3 Kaukokäyttöjärjestelmään liittäminen	45
6.4 Asennus ja käyttöönotto	45
7 DOKUMENTOINTI	47
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	48
LIITTEET	52

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Rovaniemen Energia Oy:n omistaman Ojanperän lämpökeskuksen automaation modernisointia sekä vara- ja huippuvoimalaitosten hälytysjärjestelmien päivittämistä. Rovaniemen Energia Oy on Rovaniemen kaupungin omistama yhtiö, joka vastaa kaukolämmön ja sähkön tuotannosta Rovaniemen alueella.

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää Ojanperän lämpökeskuksen automaatioratkaisuja. Tärkeimpinä yksittäisinä päivityksen kohteina olivat paloilmaisinjärjestelmän ja öljyvuotohälytysjärjestelmän päivittäminen sekä kaukolämpöpumppujen ohjausjärjestelmän suunnittelu sekä toteutus. Lisäksi työhön kuului muidenkin vara- ja huippuvoimalaitosten kriittisten hälytysjärjestelmien päivittäminen. Kaikki osa-alueet tuli myös liittää kaukokäyttöjärjestelmään, jotta operointi ja hälytykset ovat kaikki samassa valvomossa. Kaukokäyttöjärjestelmän mahdollisimman luotettava toiminta oli myös tärkeänä osana tätä työtä. Tämän työn kirjallisessa osuudessa on keskitytty tarkastelemaan pääosin Ojanperän lämpökeskuksen automaatiorevisiota.

Työhön sisältyi automaatioratkaisujen suunnittelu, instrumentointi, toteuttaminen ja testaus sekä dokumentointi. Pääautomaatiojärjestelmänä oli MetsoDNA CR. Dokumentointi toteutettiin AutoCAD:llä sekä ALMA-kunnossapito-ohjelmistolla. Sovellussuunnitteluun käytettiin mm. MetsoDNA:n FbCAD:ä. Työssä käsiteltiin mm. hälytysjärjestelmiä, moottorinohjauksia, PID-säätöä, PID-säätimen virittämistä sekä Modbus-protokollia.

Kaukokäytön osalta työssä perehdyttiin erilaisten tiedonsiirtoratkaisujen toimivuuteen ja toteuttamiseen. Käytännön tasolla tarkasteltiin Modbus-yhteyttä sekä sen liittämistä MetsoDNA:n automaatiojärjestelmään.

Tämän työn teoriaosuudessa tutustutaan mm. kaukolämmön tuotantoon ja jakeluun, lämpökeskusten kaukokäyttöön, kaukokäytössä sovellettuihin yhteystekniikoihin, Modbus-yhteysprotokollaan, PID-säätöön, MetsoDNA:n automaatiojärjestelmään sekä sovellussuunnitteluun.

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan rakennusten ja niiden käyttöveden lämmittämistä keskitettynä tuotantona sekä kaukolämmön toimitusta asiakkaille. Tyypillistä kaukolämmölle on keskitetty tuotanto yhdessä tai useammassa kohteessa ja kaukolämmön jakaminen verkon välityksellä. Siirtoaineena voidaan käyttää höyryä tai vettä. Asiakkaat koostuvat asuintaloista, teollisuudesta, liikerakennuksista sekä julkisista rakennuksista. (1, s. 25.)

Kaukolämmityksen etuja ovat mm. energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys, helppokäyttöisyys ja suuri toimintavarmuus. Yksi Kaukolämmön suurista eduista on mahdollisuus käyttää sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Tällä tekniikalla päästäänkin usein parempaan kokonaishyötysuhteeseen, kuin pelkällä sähkön tai lämmön tuotannolla. Kaukolämmitys antaa myös mahdollisuuden käyttää kaukojäähdytystä, jota tarvitaan etenkin toimistorakennuksissa sekä julkisissa rakennuksissa. (1, s. 25.)

Kaukolämmityksen kehittäminen Suomessa alkoi jo 1920-luvulla. Ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä valmistui vuonna 1940 Helsingin olympiakylään. Vuonna 1957 valmistui ensimmäinen vesikaukolämmitysjärjestelmä Helsinkiin. Vuonna 2005 Suomessa myytiin 1,2 mrd € edestä kaukolämpöä ja sitä tuotettiin 28,8 TWh. Kaukolämmön piiriin kuuluvia asukkaita oli jopa 2,5 miljoonaa. (1, s. 32, 35)

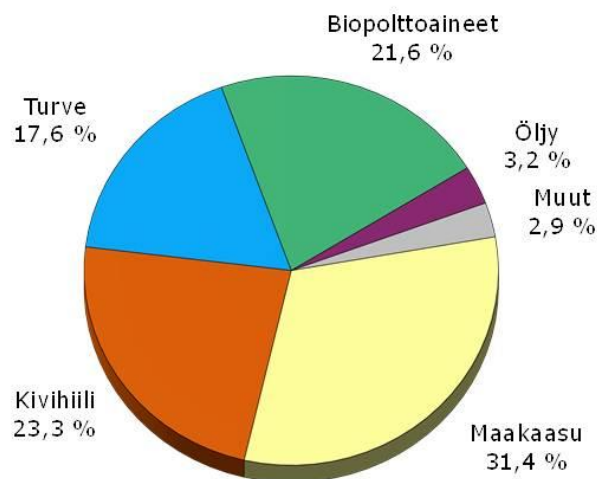
2.1 Kaukolämmön tuottaminen

Kaukolämpöä tuotetaan lämpökeskuksissa. Lämpökeskukseen sisältyy mm. polttoaineen ja tuhkan käsittelylaitteet, polttolaitteet, kattila, pumput ja putkistot, sähkö- ja automaatiolaitteet sekä savukaasujen puhdistusjärjestelmä. (1, s. 47.)

Suurin osa kaukolämmöstä tuotetaan Suomessa yhteistuotantona. Suomi on yksi maailman johtavista maista sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa. Jopa 4/5 lämmöstä tuotetaan yhteistuotantona. Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantona sähkön kanssa voimalaitoksissa. Voimalaitostyyppinä ovat mm. höyryvoimalaitos (vastapaine- tai väliottolauhdutuslaitos),

kaasuturbiinilaitos, kombivoimalaitos sekä moottorivoimalaitos. Kaukolämpöä ja sähköä tuotetaan esimerkiksi vastapainevoimalaitoksissa. Tällöin höyry johdetaan höyryturbiinin loppupäästä kaukolämmönsiirtimeen tai väliotosta otettu höyry toimitetaan käyttäjille. (1, s. 27, 47.)

Kaukolämpöä tuotetaan maakaasulla, hiilellä, turpeella, puulla, puutähteillä tai öljyllä. Polttoaine valitaan paikkakohtaisesti hinnan, saatavuuden ja käytössä olevan tekniikan mukaan. Yleisimpiä näistä ovat maakaasu, turve, hiili, ja puu. Öljyä käytetään polttoaineena enää pääasiassa varavoimalaitoksissa helpon varastoitavuutensa takia. (Kuva 1.) (2.)



KUVA 1. Kaukolämmön tuottamiseen käytetyt energialähteet 2011 (2)

2.2 Kaukolämmön jakelu

Kaukolämmön jakelu asiakkaille tapahtuu Suomessa putkissa kiertävän veden avulla. Kaukolämpöputkistossa kiertää sama vesi, joka pumpataan lämmityslaitokselta asiakkaan kiinteistöön, josta se palaa takaisin lämpölaitokselle. Kaukolämmön jakelujärjestelmä koostuu lämmityslaitoksista,

lämmön siirtämiseen käytettävästä putkistosta eli kaukolämpöverkosta sekä lämmön vastaanottoon tarkoitetuista laitteistosta asiakkaan laitteista. Veden siirtämiseen käytetään kaukolämpöpumppuja. Lämpö siirretään verkkoon lämmityslaitosten kattiloista lämmönsiirtimien avulla. (1, s. 43.)

Kaukolämpölaitteiden maksimilämpötila on 120 °C. Laitteiden maksimipaine on ensiöpuolella 1,6 Mpa, käyttövesipuolella 1,0 Mpa ja lämmitysverkoissa 0,6 MPa. Lämmönoimittaja antaa tilaajalle tiedot mitoitusta varten käytössä olevasta paine-erosta vaihtelurajoineen. Mittauskeskuksen jälkeisen paine-eron tulee olla vähintään 0,6 Mpa. (1, s. 66.)

2.3 Kaukolämpöpumput

Kaukolämpöveden pumppaukseen käytetään yleisesti keskipakopumppuja. Ne soveltuvat kiertoveden pumppaukseen, paineen pitoon järjestelmässä ja lisäveden pumppaukseen. (1, s. 169.)

Vesikierto kaukolämpöverkossa saadaan aikaan paine- ja imupuolen paine-erolla, joka taas saadaan aikaan kaukolämpöpumpuilla. Paine-eron säätö perustuu ns. kriittiseltä asiakkaalta tapahtuvaan mittaukseen, jossa paine-ero on pienimmillään. Asiakkaan puoleisen kaukolämpöverkon pään paine-eron tulee olla vähintään 0,6 bar. Säätöä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon imupuolen paineen alaraja 0,5-0,8 bar kavitaation välttämiseksi sekä putkiston mukaan määräytyvä paineen yläraja. (1, s. 172.)

Pumpun tuoton ja paine-eron säätöön voidaan käyttää kuristusventtiiliä, ohivirtausta painepuolelta imupuolelle, johtosiipien säätöä, juoksupyörän koon muutosta tai pyörimisnopeuden säätöä. Pääasiassa säätöön käytetään pyörimisnopeuden säätöä tai kuristusventtiiliä, koska muut säätötavat vaativat pysyviä muutoksia tai ovat huomattavan epätaloudellisia. Taajuusmuuttajan avulla toteutettu pyörimisnopeuden säätö on kaikkein taloudellisin säätötapa, koska siitä ei aiheudu kuristusventtiilin aiheuttamaa turhaa painehäviötä järjestelmään. Pumpun kierrosnopeutta muuttamalla ei kuitenkaan vaikuteta järjestelmässä virtaavan veden määrään, vaan valitaan optimaalinen nostokorkeus kulloistakin tarvetta vastaavaksi. (1, s. 340–341.)

2.4 Huippu- ja varavoimalaitokset

Kaukolämmön tuotannon suunnittelussa käytetään lähtökohtana sitä, että tarvittava teho tulee jakaa vähintään kahden tuotantoyksikön kesken. Energia jaetaan perus- ja huippuosiin, jolloin huippulaitosta voidaan käyttää myös varalaitoksena. (1, s. 324-326.)

Kaukolämmön kulutus vaihtelee suuresti vuodenaikojen mukaan. Tästä johtuen tulee olla käytettävissä riittävä määrä huippulämpötehoa. Tuotanto onkin mitoitettu usein siten, että peruslämmityslaitoksen ja lisäkattiloiden teho on hieman mitoitusta suuremmat. (1, s. 324-326.)

Kaukolämmön tuotannon mitoituksissa tulee ottaa huomioon riittävä toimitusvarmuus. Yleensä lyhytaikainen toimituskatko ei ole ongelma, paitsi kohteissa, joissa ei ole varastointikapasiteettia, kuten lämpimän käyttöveden valmistus. Tätä varten tulee olla riittävä määrä käytettävissä olevaa varatehoa. Varatehoksi luetaan kuitenkin vain se osa tuotantokapasiteetista, joka on käynnistettävissä tarpeeksi nopeasti, eikä sitä käytetä tuotantoon normaalitilanteessa. (1, s. 326.)

Yleisin huippu- ja varatehon energianlähde on kevyt polttoöljy. Polttoöljyn etuja ovat mm. kohtuullinen hankintakustannus, helppo varastoitavuus ja energiantuoton luotettavuus. Muita yleisesti käytettyjä energianlähteitä ovat mm. pelletti ja maakaasu. Varsinkin pelletti on yleistymässä polttoöljyn hinnan nousun vuoksi. (1, s. 325.)

3 METSODNA-SOVELLUSUUNNITTELU

3.1 FbCAD-suunnittelu ympäristö

Function Block CAD eli FbCAD on MetsoDNA:n suunnittelutyökalu. FbCAD:llä luodaan säätöpiirejä eli toimilohkokaavioita. Näillä piireillä ohjataan prosessia ja säätöjä. Toimilohkokaaviot voivat koostua jatkuvista säädöistä, I/O-toiminnoista, kaavio-ohjauksista sekä positio-, operointi-, tapahtuma- ja historiamoduuleista. (3.)

FbCAD:llä tehty toimilohkokaavio on ajoympäristöön ladattava sovellus sekä sen graafinen dokumentointi. Toimilohkokaaviota voidaan myös diagnosoida graafisesti FbCAD:n avulla. Toimilohkokaaviot ladataan EAS-palvelimelle eli suunnittelupalvelimelle tietokantaan, josta niitä voidaan halutessa muokata. (3.)

3.2 Mtr2-moottorinohjaustoimilohko

Moottorinohjaustoimilohkoa eli mtr-toimilohkoa käytetään moottorien tai ylipäättään sellaisten laitteiden ohjaamiseen, joilla on kaksi perustilaa. Toimilohko sisältää useita parametrejä, joilla lohkon toimintaa voidaan muokata omaan sovellukseen sopivaksi. Mtr-toimilohko (kuva 2) voi toimia joko pitomoodissa tai pulssimoodissa. Pitomoodissa ulostuloa on ohjataan suoraan päälle tai pois ja ulostulo *off* seuraa tätä käänteisenä. Pulssimoodissa taas annetaan käynnistyspulssti lähtöön *on* ja pysäytyspulssti lähtöön *off*. Pulssin pituus määritellään parametrilla *tp*. (3.)

Toimilohkossa voidaan käyttää erilaisia valvonta-aikoja, kuten käynnistymisen ja pysäytyksen valvonta-aikaa. Näitä varten tuodaan käyntitieto moottorilta (esimerkiksi pyörintävahdilta tai kontaktorilta) tuloon *ins*. Mtr-toimilohko vertailee, toteutuuko moottorin käynnistys ja pysäytys halutuissa ajoissa, jotka määritellään parametreilla *ton* ja *toff*. (3.)

Lähtöä ohjataan tulojen *m*=manual, *l*=local sekä *a*=auto avulla. Näihin tuloihin tuodaan haluttu ohjauksen tila. Se, mistä tulosta ohjauksen tila luetaan, määritellään tulojen *ma* (manual/auto) ja *ld* (local/pcs) mukaan. Näiden tilojen muutoksia voidaan rajoittaa parametreilla *amc* (*a* -> *m*), *mac* (*m* -> *a*), *ldc* (*l* ->

pcs), *dlc* (dcs -> l), joilla sallitaan vaihto tilasta toiseen. Tämän lisäksi voidaan määrittellä vapautus käyntiin ja vapautus seis tuloilla *ron* ja *roff*. Moottori voidaan myös pakko-ohjata käyntiin tai seis tuloilla *fon* ja *foff*. (3.)

Ulkoiset vikatiedot tuodaan tuloihin *e1–e6*. Näihin voidaan tuoda tietoja esimerkiksi lämpösuojan laukeamisesta, turvakytkimen tilasta, taajuusmuuttajaviasta tai antivalenssiviasta. Jokaiselle tulolle voidaan määrittää aktivoitumisen jälkeinen toiminta, esimerkiksi pysäytetäänkö moottori vai annetaanko viasta pelkkä hälytys. (3.)



KUVA 2. *mtr2*-toimilohko *MetsoDNA*:ssa (3.)

3.3 PID-säädintoimilohko

PID (proportional-integral-derivative) -säädin on yksi säätötekniikan perussäätimistä. Toimilohko (kuva 3) muodostaa aktiivisen asetusarvon (*sp*) ja

mittauksen (*me*) perusteella ohjausviestin (*con*). Tarkoituksena on pitää mittausarvo asetusrvon suuruisena ohjauksen avulla. (3.)

PID-säädin koostuu nimensä mukaisesti kolmesta termistä: suhde, integroiva ja derivoiva. Säätimen generoima ohjaus on näiden kolmen termin summa. Näiden termien keskinäiseen suuruuteen vaikutetaan kolmella parametrilla: K_p , K_d ja K_i . (4.)

Suhdesäädön termi on aina suoraan verrannollinen erosuureeseen. Integraaliosa taas integroi erosuuretta. Tällön ohjaukseen vaikuttaa erosuureen nykyhetkisen arvon lisäksi myös sen vaikutusaika. Derivoiva osa taas tarkkailee erosuureen muutosnopeutta eli derivaattaa. D-osalla saadaan siis ennustettavuutta säätöön. (5, s. 18.)

PID-toimilohkon toimintaa voidaankin kuvata kaavan

$$u = K_p \left(e + \frac{T_s}{T_I} \int e dt + T_D \frac{dy}{dt} \right) + k_{ff} m_{ff} + b \quad (1)$$

mukaisella tavalla. Kaavassa u on säätimen ohjaus (*con*), e on erosuure asetusrvon ja mittauksen välillä, T_s on suoritusväli, T_I on integrointiaika, T_D on derivointiaika, y on mittausarvo, K_p on säätimen vahvistus, k_{ff} on viritystermin, m_{ff} on myötäkylkyntä ja b on sisäinen biasointiarvo. (4; 3.)

pr: TAG_CODE	
1pid	
me	con
mff	conb
kp	pos
ti	
td	
tdf	
kff	
sp1	spa
sp2	e
sp3	
colmi	
colma	colmista
lsp	colmasta
rma	mehha
parch	meha
ion	mela
fm	mella
fc	eha
fcin	ela
mehh	coha
meh	cola
mel	outctri
mell	wd
eh	wdd
el	emode=0 condir=1
coh	mac
col	ame
actconb	

KUVA 3. pid-toimilohko MetsoDNA:ssa (3.)

3.4 PID-säätimen virittäminen

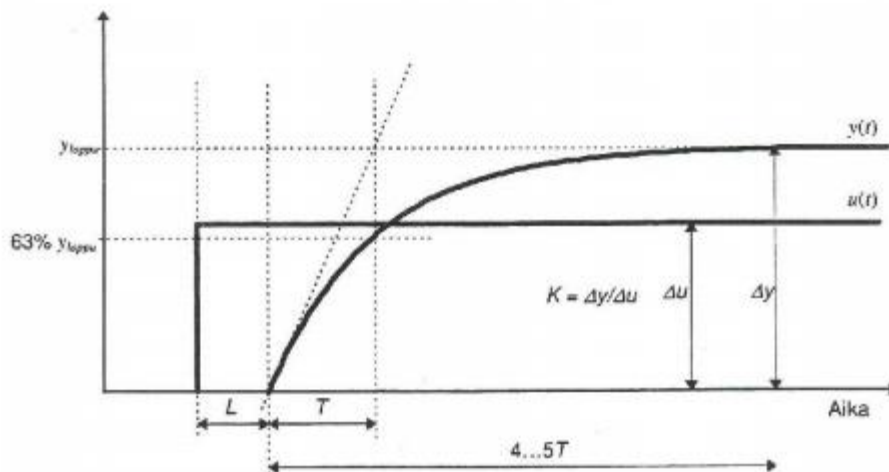
PID-säädin viritetään parametreilla *kp*, *ti*, *td*, *tdf* sekä *kff*. Viritykseen voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Viritys voi pohjautua tunnetun systeemin matemaattiseen malliin, esimerkiksi siirtofunktioon, tai viritys voidaan tehdä käyttämällä systeemistä ja sen käyttäytymisestä kerättyä dataa. Lisäksi voidaan käyttää myös erilaisia viritysohjelmistoja tai kokeellista virittämistä. (6.)

Systeemin dynamiikkaa voidaan kuvata erilaisista vasteista saatavan informaation avulla. Signaalit voivat olla esimerkiksi pulsseja, askelia tai rampeja. Yksinkertaisin ja yleisin tapa kuvata systeemin dynamiikkaa on suorittaa askelvastekoe (kuva 4). Tällöin säädin kytketään manuaalille, ohjaussignaaliin tehdään askelmainen muutos ja tämän jälkeen tarkkaillaan systeemin ulostulon käyttäytymistä. Askelvastekoe tulisi suorittaa, kun systeemi on tasapainotilassa ja mahdollisimman häiriötön. (5, s.6.)

Useimpia teollisuuden prosesseja voidaan kuvata yhden aikavakion malleilla:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-Ls}, \quad (2)$$

jossa K on staattinen vahvistus (askeleen ja ulostulon suhde), L on viive (aika, joka kuluu ulostulossa näkyvään muutokseen askeleen antamisesta) ja T on aikavakio (aika, joka kuluu, kun ulostulo on saavuttanut 63,2 % ulostulon loppuarvosta). Esimerkiksi lämpötiläsäädön prosessit ovat tällaisia. Toisen kertaluvun eli kahden aikavakion malleja (esimerkiksi paineen tai virtauksen säätöpiirit) voidaan myös useassa tapauksessa kuvata yksinkertaistettuna ensimmäisen kertaluvun mallina esimerkiksi laskemalla aikavakiot yhteen. (5, s. 6.)



KUVA 4. Ensimmäisen kertaluvun prosessin askelvaste (15, s. 10.)

PID-säätimen virittäminen on yksinkertaistettuna kolmen parametrin (K_p , T_i , T_d) hakemista siten, että systeemi käyttäytyy halutulla tavalla. Näillä kolmella parametrilla on keskinäisiä riippuvuuksia, joten lähtökohtaisesti niitä ei voida virittää parametri kerrallaan. (Taulukko 1.) (5, s. 65.)

Säädön tavoitteiden määrittely on ensimmäinen osa viritystä. Säätimen vityksessä painotettavia asioita ovat mm. robustisuus (häiriönsietokyky), nopeustavoite, tarkkuustavoite, häiriöiden kompensointi, ylitys, kaistanleveys ja stabiilisuus. Tämän lisäksi tulee valita tilanteeseen sopiva vitysmenetelmä. Monille piireille riittää vähemmän analyyttinen vitys, mutta tärkeimpien säätöpiirien kohdalla prosessin dynamiikkaa ja säätöä tulisi tarkastella yksityiskohtaisemmin. (5, s. 65.)

Ehkä perinteisin PID-säätimen vitysmenetelmä on Ziegler-Nicholsin menetelmä. Vitys voidaan tehdä avoimen piirin askelvasteeseen tai suljetun piirin taajuusvasteeseen perustuen. On huomattava, että Ziegler-Nicholsin menetelmä on yleensä vain suuntaa-antava ja antaa tyypillisesti liian suuren ylityksen. Tällä menetelmällä saadaan kuitenkin säätimen vitykselle lähtöarvot, joita voidaan hienosäätää optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Vitysparametrit saadaan askelkokeen tuloksista allaolevien laskukaavojen mukaan. (Taulukko 1.) (5, s. 66.)

TAULUKKO 1. Ziegler-Nicholsin vityskaavat (5, s.66.)

	K_p	T_i	T_d
P	$T/(KL)$		
PI	$0,9T/(KL)$	$3L$	
PID	$1,2T/(KL)$	$2L$	$L/2$

Säätimen käyttäytymiselle on kuitenkin olemassa yleisiä nyrkkisääntöjä:

- Suuri I-termi lisää värähtelyä ja epästabiilisuutta, mutta poistaa pysyvän poikkeaman.
- Suuri D-termi stabiloii, nopeuttaa ja vähentää värähtelyä, mutta on herkkä häiriöille ja viiveelle.
- Hyvin nopeaksi viritetty säädin on usein herkkä häiriöille. (6.)

3.5 Metso ACN SR1 -prosessinohjain

Metso ACN SR1 on etenkin hajautettuihin ja keskitettyihin ratkaisuihin suunniteltu prosessinohjain. ACN on suunniteltu pienille I/O-määrille. Verrattuna perinteiseen I/O-ratkaisuun. ACN:n etuja ovat pieni koko, helppo asennettavuus, hyvä pakkaustiheys ja suuri mittaustarkkuus. ACN:n I/O-moduulit mahdollistavat myös liittymisen olemassa olevaan kenttäkaapelointiin ja ristikytkentään. Tämän lisäksi se on yhteensopiva aiempien ACN-prosessinohjainten kanssa. ACN tukee myös yleisimpiä kenttäväyläratkaisuja, kuten Profibus DP, Profibus PA, Foundation Fieldbus sekä As-i. I/O-ryhmä eli kehikko koostuu MIO-teholähteestä (IPS), väyläohjaimesta (IBC) ja I/O-yksiköistä. ACN:n suunnittelutyökaluna käytetään MetsoDNA:n FbCAD:tä.

(7.)

4 KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄ

Kaukokäyttöjärjestelmän avulla pystytään valvomaan ja ohjaamaan lämpökeskusten toimintaa etävalvonnan periaatteella. Koska lämpökeskuksia on yleensä useita ja ne sijaitsevat usein etäällä toisistaan ja ovat miehittämättömiä, on järkevää, että lämpökeskusten etävalvonta on keskitetty yhteen valvomoon. Kaukokäyttöjärjestelmän avulla varmistetaan lämmöntoimitus, vähennetään vaurioita ja häiriöaikoja sekä säästetään resursseja. Kaukokäyttöjärjestelmän avulla voidaan toteuttaa mm. seuraavia toimintoja: venttiilien ohjaukset, pumpaamoiden ohjaukset, ala-asemien loogiset toiminnat ja mittaukset, häiriökirjaukset ja raportointi. (1. s. 345.)

Kaukokäyttöjärjestelmä on sijoitettu yleensä jatkuvasti miehitettyyn valvomoon, jossa se on jatkuvassa valvonnassa. Viestiliikenne hoidetaan yleensä omassa tai vuokratussa kaapeliverkossa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös puhelin- tai DSL-yhteyksiä, GSM/GPRS-verkkoa, radioverkkoa, radiolinkkiä tai muita langattomia tiedonsiirtotapoja. (1. s. 345.)

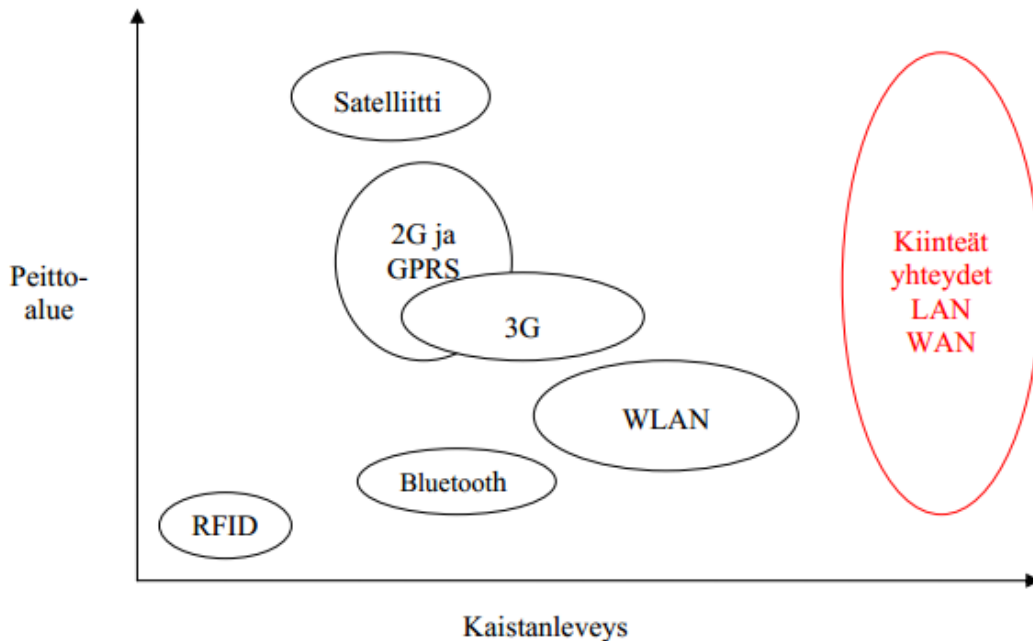
4.1 Kaukokäyttöjärjestelmä Rovaniemen Energialla

Rovaniemen Energian kaukolämpöverkkoa sekä huippu- ja varalämpölaitoksia hallitaan kaukokäyttöjärjestelmän avulla. Kaukokäyttöjärjestelmä sijaitsee Suosiolan lämpökeskuksessa. Kaukokäyttöjärjestelmä koostuu LIS-palvelimesta, operointiasemasta sekä erilaisista ala-asemista, joihin kuuluu monen eri valmistajan erilaisia ratkaisuja, mm. erilaisia ohjelmoitavia logiikoita (PLC), prosessiohjaimia tai sulautetun I/O:n ratkaisuja. Kaukokäyttöjärjestelmä on liitetty Suosiolan lämpökeskuksen pääautomaatiojärjestelmään ja sitä kautta Suosiolan valvomoon. Automaatiojärjestelmänä toimii MetsoDNA CR.

4.2 Langattomat yhteydet kaukokäytössä

Langattomat yhteydet lämpölaitosten kaukokäytössä ja ylipäätään automaatioissa tuovat mukanaan huomattavia etuja, kuten mobiilisuuden ja langattomuuden. Kuitenkin langattomissa tekniikoissa on huomattavia haittoja, kuten katvealueet, epäluotettavuus ja peittoalueet. Varsinkin tuotanto- ja

automaatiotasolla on lukuisia sähkömagneettisten häiriöiden lähteitä, jotka häiritsevät langatonta tiedonsiirtoa. Langalliset tekniikat ovat langattomiin tekniikoihin nähden ylivertaisia peittoalueeltaan ja kaistanleveydeltään. (Kuva 5.) (8, s. 22-24)



KUVA 5. Langattomien ja langallisten tekniikoiden vertailu (8, s. 23.)

Langattomien ratkaisujen käyttäminen on kuitenkin monissa tapauksissa perusteltua, jopa välttämätöntä. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi vaikeissa paikoissa sijaitsevat kohteet tai kohteet, joihin ei ole taloudellisesti järkevää rakentaa langallista yhteyttä. Langattomuuden käyttö tulee aina arvioida tapauskohtaisesti. (8, s. 22-24.)

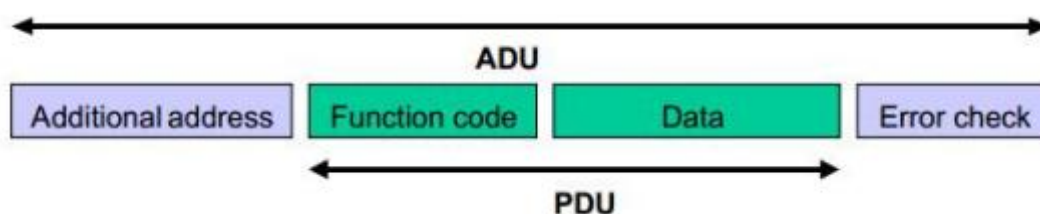
Langattomassa kaukokäytössä tulee ottaa huomioon kohteen kriittisyys ja kohteen etähallinnan tarve. Esimerkiksi pieneen, normaalisti ilman etäoperointia toimivaan lämpökeskukseen langaton ratkaisu on perusteltu. Langattoman ratkaisun toteutuksessa tulee kuitenkin pyrkiä mahdollisimman suureen toimintavarmuuteen. Esimerkiksi langattoman yhteyden mahdollisia katkoja varten tulee olla linjan- tai linkinvalvonta, joka ilmoittaa yhteyden katkeamisesta välittömästi. Myös etäkäytöstä huolehtivilla käyttöpäivystäjillä tulee olla selkeät toimintaohjeet yhteyskatkon sattuessa.

4.3 Modbus-protokolla

Modbus on sarjaliikenneprotokolla, jonka julkaisi vuonna 1979 Modicon. Modbus on edelleenkin laajassa käytössä teollisuudessa. Modbusin käyttöä puoltavat helppo käyttöönotto, rajoituksettomuus sekä se, että se on avoin ja lisenssimaksuton. Tästä syystä Modbus on vieläkin laajassa käytössä eri teollisuuden aloilla. (9.)

Modbus-protokollasta on sarjaliikennepohjaiset versiot Modbus RTU (Remote Terminal Unit) ja Modbus/ASCII (American Standard Code of Information Interchange) sekä TCP/IP-pohjainen Modbus/TCP. Näiden protokollien yhteenliittäminen on mahdollista, koska kaikki käyttävät samaa PDU-kehystä (Protocol Data Unit). PDU pitää sisällään toimintokoodin ja datapaketin. PDU on yhteyskerroksesta erotettu itsenäinen paketti. (Kuva 6.) (10.)

Yleisimmät fyysisen kerroksen toteutukseen käytettävät tekniikat ovat sarjaliikennepohjaiset RS-232 ja RS-485 sekä TCP/IP-pohjainen Ethernet-verkko. Modbus toimii master-slave-periaatteella eli isäntä-orjaperiaatteella, jossa isäntälaitte kontrolloi tietoliikennettä ja orjalaitte vastaa ainoastaan isännän pyyntöihin. Ethernet versiossa näistä käytetään nimityksiä Server ja Client eli palvelin ja asiakas. Ethernet-versiossa sekä palvelin että asiakas voivat kirjoittaa kyselyitä, mutta yleensä kyselyt hoitaa palvelin. (10.)

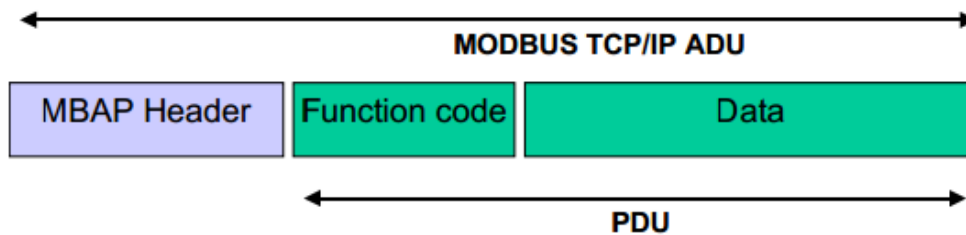


KUVA 6. Modbus-sarjaliikenneprotokollien ADU-viestikehys (11, s.4.)

4.3.1 Modbus/TCP

Modbus/TCP-protokolla on Modbus-tuoteperheen yhteysprotokolla, joka on tarkoitettu automaatiolaitteiden valvontaan ja ohjaukseen. Nimensä mukaisesti Modbus/TCP pohjautuu TCP/IP-protokollaan ja sitä käytetään Ethernet-verkoissa. Yleisin käyttökohde on PLC:n, I/O-modulien tai yhdyskäytävien liittäminen Ethernetin välityksellä. (10.)

Modbus/TCP-protokolla määrittelee muiden Modbus-versioiden tapaan PDU-kehysten ja ADU-viestikehysten (kuva 7). Sarjaliikenneversioista poiketen ADU sisältää MBAP-toimilohkon, jossa on järjestysnumero, protokollatunnus, pituus ja laitenumero. Sarjaliikenneversiosta poiketen virheentarkistussummaa ei tarvita. (11, s. 5.)



KUVA 7. Modbus/TCP:n ADU-viestikehys (11, s.4.)

Järjestysnumero (transaction identifier) on kaksibittinen tieto, jolla hallitaan useita yhtäaikaista yhteyksiä. Protokollanumeroon (protocol identifier) kirjoitetaan 0. Pituudella (length) määritetään viestissä jäljellä olevien bittien määrä. Yksikön tunnistuksen (unit identifier) avulla voidaan käyttää useita Modbus/TCP-serveereitä samalla koneella. (Taulukko 2.) (11, s. 5.)

TAULUKKO 2: MBAP-toimilohko (11, s.5.)

Fields	Length	Description -	Client	Server
Transaction Identifier	2 Bytes	Identification of a MODBUS Request / Response transaction.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Protocol Identifier	2 Bytes	0 = MODBUS protocol	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Length	2 Bytes	Number of following bytes	Initialized by the client (request)	Initialized by the server (Response)
Unit Identifier	1 Byte	Identification of a remote slave connected on a serial line or on other buses.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request

Modbus/TCP käyttää muiden Modbus-varianttien tapaan neljää eri tietotyyppiä. Nämä ovat diskreetit tulot, lähdöt, tulorekisterit ja pitorekisterit. Kaksi ensimmäistä ovat yksibittisiä ja jälkimmäiset 16-bittisiä sanoja. (Taulukko 3.) Jokaiselle tietotyypille on oma toimintokoodi. (11, s. 5.)

TAULUKKO 3: Modbus:n tietotyypit (11, s. 8.)

Primary tables	Object type	Type of	Comments
Discretes Input	Single bit	Read-Only	This type of data can be provided by an I/O system.
Coils	Single bit	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.
Input Registers	16-bit word	Read-Only	This type of data can be provided by an I/O system
Holding Registers	16-bit word	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.

Modbus-standardiin on määritelty kolmea eri tyyppiä olevia toimintokodeja. Nämä tyypit ovat yleiset koodit (Public Function Codes), varatut koodit (Reserved Codes) sekä käyttäjän määrittelemät koodit (User-Defined Function Codes). Yleiset koodit ovat Modbus.orgin hyväksymiä, tarkasti määriteltyjä ja dokumentoituja. Käyttäjän määrittelemät koodit ovat laitevalmistajien itse määrittelemiä ja varatut koodit laitevalmistajien käytössä, mutta eivät julkisia. (Taulukko 4.) (12, s. 50.)

TAULUKKO 4: Modbusin yleiset toimintokoodit (12, s. 50)

				Function Codes		
				code	Sub code	(hex)
Data Access	Bit access	Physical Discrete Inputs	Read Discrete Inputs	02		02
		Internal Bits Or Physical coils	Read Coils	01		01
			Write Single Coil	05		05
			Write Multiple Coils	15		0F
	16 bits access	Physical Input Registers	Read Input Register	04		04
		Internal Registers Or Physical Output Registers	Read Holding Registers	03		03
			Write Single Register	06		06
			Write Multiple Registers	16		10
			Read/Write Multiple Registers	23		17
			Mask Write Register	22		16
			Read FIFO queue	24		18
	File record access		Read File record	20		14
			Write File record	21		15
	Diagnostics		Read Exception status	07		07
			Diagnostic	08	00-18,20	08
		Get Com event counter	11		0B	
		Get Com Event Log	12		0C	
		Report Server ID	17		11	
		Read device Identification	43	14	2B	
Other		Encapsulated Interface Transport	43	13,14	2B	
		CANopen General Reference	43	13	2B	

4.3.2 Modbus/TCP MetsoDNA:ssa

Modbus-yhteys liitetään MetsoDNA:han DNA Logic Interface Serverin (LIS) avulla. LIS-palvelin voidaan konfiguroida joko client- tai server-tilaan yksilöllisesti jokaisen yhteyden kohdalla. Server hallitsee pääasiassa yhteyttä niin normaali- kuin poikkeustilanteissakin. (Kuva 8.) (3.)



KUVA 8. Modbus/TCP:n periaatekuva MetsoDNA:ssa (3.)

Protokollan initialisointi eli alustus tapahtuu pchi- ja prtc-toimilohkojen avulla. Näillä toimilohkoilla luodaan serveri. Näissä toimilohkoissa määritellään yhteyden käyttämät parametrit. (Taulukko 5 ja taulukko 6.)

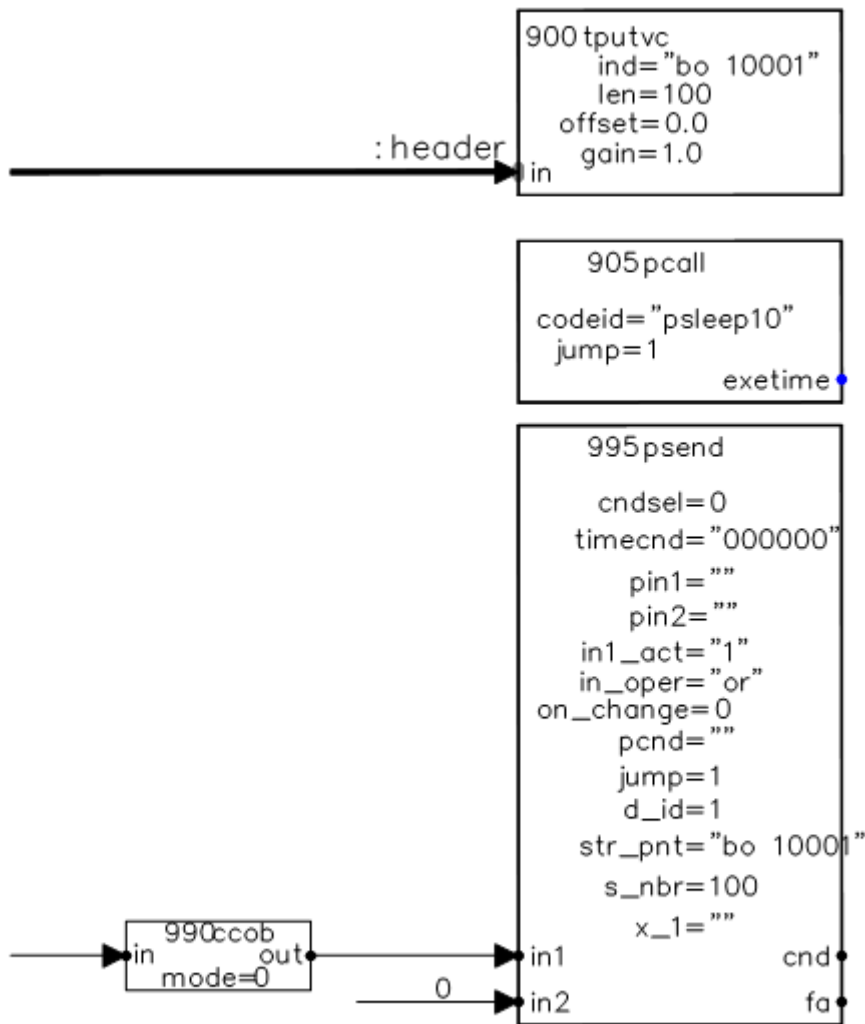
TAULUKKO 5: Pchi-toimilohkon esimerkkiparametrit Modbus/TCP-yhteydessä.

Parametri	Datatyyppi	Arvo	Kuvaus
baud=	int32	38400	Baudinopeus.
parity=	txt8	"none"	Tavukohtainen pariteetti: even, odd tai none.
databits=	uns16	8	Tavun databittien määrä: 7 tai 8.
stops=	uns16	1	Tavun stop-bittien maara: 1 tai 2.
chnid=	txt32		I/O-kanavan kortti- ja porttiosoite.
act<	bin	0	Aktivointitieto metsoDNA:sta.

TAULUKKO 6: Prtc-toimilohkon esimerkkiparametrit Modbus/TCP-yhteydessä.

Parametri	Datatyyppe	Arvo	Kuvaus
protocol=	txt16	MODBUS/TCP	Protokolla: MODBUS, 3964 tai AB.
ownid=	uns32	-	MetsoDNA:n oma osoite.
timeout=	float	20.0	Yhteyden maksimikesto.
retry=	uns16	5	Uudelleenyrityskertojen määrä
act<	bin		Aktivointi metsoD- NA:sta.

Kun yhteys on initialisoitu pchi- ja prtc-toimilohkoilla, voidaan sitä käyttää. Tämä tapahtuu pget- ja psend-toimilohkoilla. Näihin toimilohkoihin määritellään lähetyksen vastaanottamisen parametrit. Itse lähetyk tapahtuu tputvc- ja tgetvc-toimilohkojen in- ja out-tulojen avulla, joihin käsiteltävä data tuodaan. (Kuva 8.)



KUVA 8. Binääritiedon lähetys psend-toimilohkolla

5 OJANPERÄN LÄMPOKESKUKSEN AUTOMAATIOREVISIO

5.1 Ojanperän lämpökeskus

Projekti aloitettiin tutustumalla kohteeseen, prosessiin ja tavoitteisiin. Ojanperän lämpökeskus sijaitsee Ojanperän kaupunginosassa Rovaniemellä. Ojanperän lämpökeskuksella tuotetaan kaukolämpö ympäröiviin kohteisiin. (Kuva 9.)

Ojanperän lämpökeskus on jaettu kolmeen rakennukseen. Kaukolämpö tuotetaan kahdella pellettipolttimella, jotka sijaitsevat omissa konteissaan sekä kahdella öljypolttimella, jotka sijaitsevat omassa rakennuksessa. Molemmat pellettipolttimet ja öljypolttimet on kytketty sarjaan. Lämpölaitoksella on kaksi rinnan kytkettyä kaukolämpöpumppua, joilla vesi pumpataan kaukolämpöverkkoon.

Ojanperän kunnossapito oli muista laitoksista poiketen ulkoistettu ISS:lle.



KUVA 9. Ojanperän lämpökeskus

5.2 Lähtötiedot ja tavoitteet

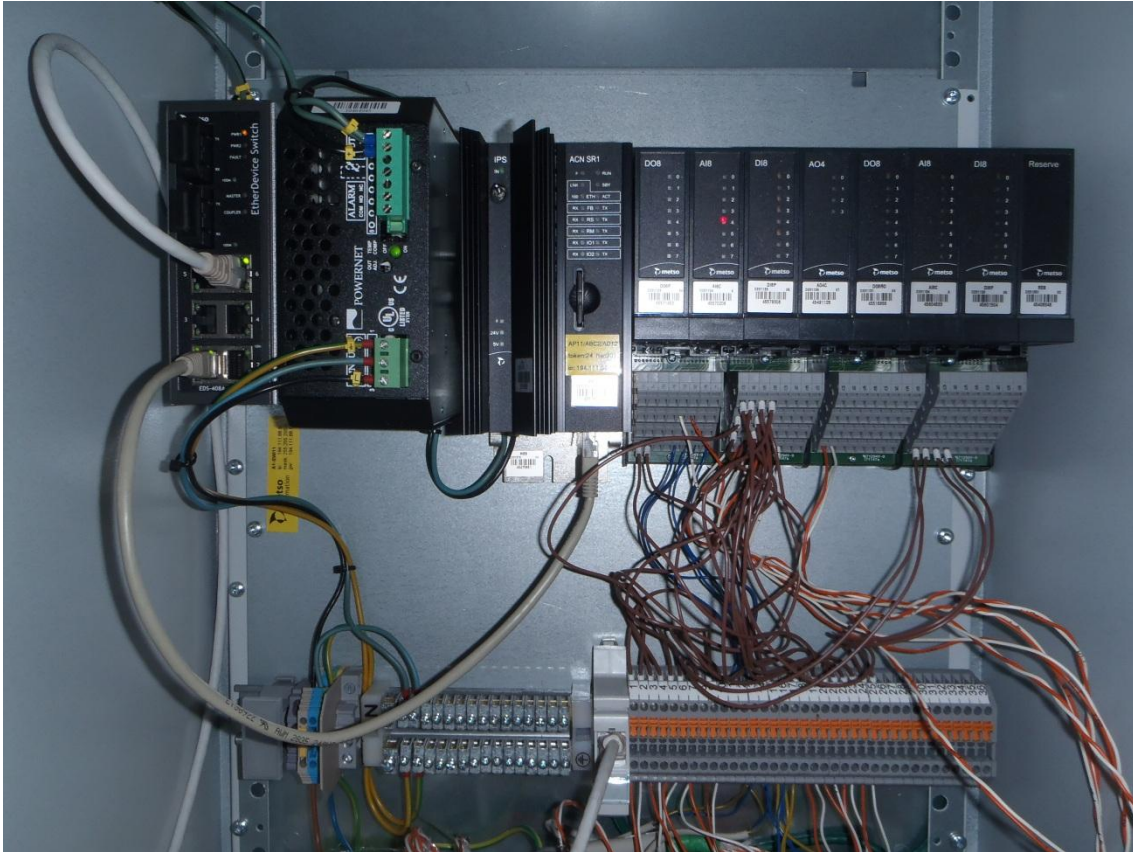
Automaatiorevision ensimmäinen vaihe oli palo-, öljyvuo-, tiedonsiirtohälytysten sekä muiden kriittisten hälytysten lisääminen ja niiden liittäminen kaukokäyttöjärjestelmään. Lähtötilanne oli se, että Ojanperälle ei ollut asennettu ainuttakaan öljyvuo- tai palohälytintä. Ainoat valvomoon menevät tiedot olivat lähtevän ja tulevan kaukolämpöveden paineet. Myöskään minkäänlaisia operointimahdollisuuksia kaukokäytössä ei ollut.

Toinen ongelma Ojanperän toiminnassa oli kaukolämpöpumppujen ohjaus. Ohjauksilla ei ollut minkäänlaista operoitavuutta kaukokäytöstä, eikä myöskään mitään hälytyksiä tullut Suosiolan valvomoon esimerkiksi tilanteesta, jossa kaukolämpöpumppu pysähtyy.

Kolmantena ongelmana Ojanperän laitoksessa oli langattoman yhteyden huono toimivuus. Jo yhteyden käyttöönoton jälkeen siihen oli ilmaantunut ongelmia, joiden vuoksi linkin nopeutta oli jouduttu pudottamaan. Vieläkin yhteyden toimivuus oli kuitenkin epävarmaa, koska yhteys saattoi jäättyä aika ajoin ilman mitään erityistä syytä.

Koska lämpökeskus oli normaalitilanteessa miehittämätön, hälytysten sekä muiden tietojen kulkeutuminen kaukokäyttöjärjestelmään oli erityisen tärkeää. Myös yhteydet piti testata sekä varmistaa, että mahdollisesta yhteyskatkosta tulee välittömästi hälytys kaukokäyttöjärjestelmään.

Automaatioratkaisuna Ojanperällä oli käytetty Metson ACN SR1 -prosessinohjainta. (Kuva 10.)



KUVA 10. Metson ala-asema Ojanperällä asennusvaiheessa.

5.3 Hälytysjärjestelmien suunnittelu

5.3.1 UPS-varmennus

Mahdollisten sähkökatkojen varalle Ojanperälle asennettiin akustolla varustettu UPS-ylijännitesuoja. UPS:n taakse liitettiin Metson ala-asema, palo- ja öljyvuotohälyttimet, sekä langattoman linkin modeemi.

Tämän lisäksi kytkettiin karkitieto UPS:n relelähdestä Metsolle. Rele vapautuu, kun UPS:n syöttöjännite katkeaa, eli tällä saatiin tieto mahdollisesta verkkokatkosta valvomoon.

5.3.2 Palohälytysjärjestelmä

Palohälytysjärjestelmästä haluttiin mahdollisimman luotettava. Asennettiin jokaiseen konttiin omat palohälyttimet. Öljypoltinkonttiin asennettiin sekä lämpöilmaisimien että savuilmalämpömittareita. Molempiin pellettikontteihin asennettiin pelkäästään lämpöilmaisimet, koska pellettipolttimien normaalikäytössä tilaan

saattaa vapautua savua. Tällä haluttiin eliminoida väärät hälytykset. Ilmaisimet asennettiin kattoon mahdollisimman lähelle polttimia. (Kuva 11.)

Jännitesyötön kaapelointiin käytettiin FRHF-kaapelia. Tämä kaapeli on varustettu palonkestävällä vaipalla, joka varmistaa katkeamattoman jännitesyötön tulipalon sattuessakin. Kosketintiedon tuomiseen käytettiin KLMA-HF-kaapelia.

Palohälytysignaali kierrätettiin jokaisen ilmaisimen kautta eli ilmaisimet kytkettiin sarjaan. Hälytystieto kytkettiin ilmaisimien avautuviin koskettimiin (NC), jolla varmistettiin, että hälytystieto indikoi myös mahdollisen kaapelivaurion.

Jokaiselle ilmaisimelle tuotiin oma 230 V:n syöttö. Tämän lisäksi jokainen ilmaisimien oli varustettu 9 V:n paristovarmennuksella, joten ilmaisimet toimivat sähkökatkon ja UPS-häiriönkin jälkeen.



KUVA 11. Lämpöilmaisimien ja optinen savuilmaisin asennettuna

Molemmat öljypolttimet oli myös varustettu omilla palosulakkeilla. Tulipalon sattuessa palosulakkeen muovinen sulakeosa palaa pois, ja tämä vapauttaa sitä vasten olevan jousen, joka taas avaa relekoskettimen, josta saadaan hälytystieto. Molempien polttimien palosulakkeet kytkettiin sarjaan, jolloin jommankumman laukeaminen aiheuttaa hälytyksen valvomoon ja katkaisee lisäksi välittömästi polttimien jännitesyötön. Katkaisu tapahtuu laukaisemalla polttimien pääkontaktorit.

5.3.3 Öljyvuotohälytysjärjestelmä

Ojanperän lämpökeskuksessa oli kaksi öljypoltinta, sekä niitä varten kaksi öljysäiliötä. Öljyvuotojen haitallisuuden takia haluttiin varmistaa, että vuototilanteessa saadaan hälytys vuodosta saman tien, ennen kuin vuoto ehtii aiheuttaa suurta aineellista tuhoa tai ympäristöhaittaa.

Mahdollisimman suuren varmuuden aikaansaamiseksi asennettiin oma öljyvuotohälytin kummallekin polttimelle, sekä kummallekin öljysäiliölle. Öljyvuotohälyttiminä käytettiin Labkotecin SET/OELO2-antureita sekä SET-2000-keskusosaa. (Kuva 12.)

SET/OELO2 on kapasitiivinen anturi, jota voidaan käyttää veden, öljyn ja kemiallisten aineiden vuotojen valvontaan. Anturin pääasiallisia sovelluskohteita ovat mm. öljypolttimien aluskaukalot, säiliökentät, kattilahuoneet, kellarit ja kuivatilat. (13.)

SET-2000 on kaksikanavainen pintakytkin. Laitteen yleisimpiä käyttökohteita ovat säiliöiden ylä- ja alarajahälytykset, kondenssivesihälytykset, pinnankorkeuden ohjaus sekä öljyn-, hiekan- tai rasvanerottimien hälytykset. (14.)

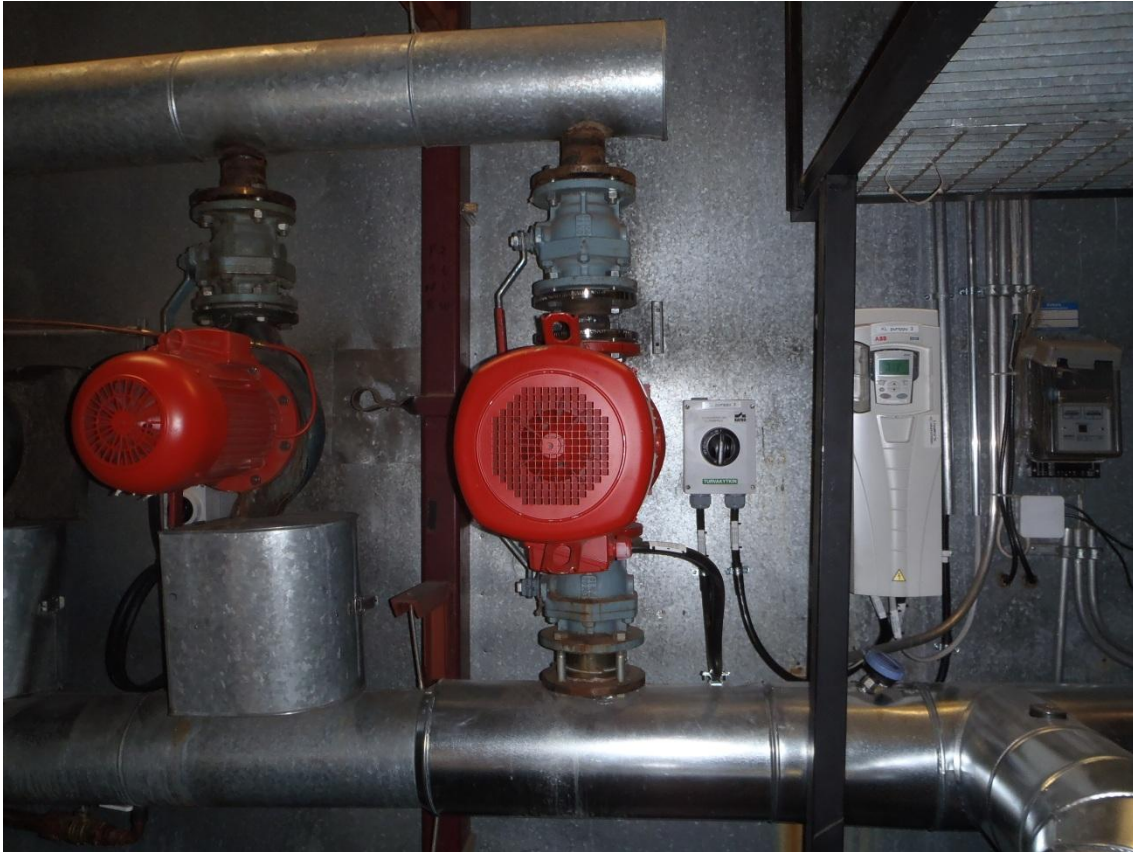


KUVA 12. Labkotec SET-2000 -keskusosa asennettuna

5.4 Kaukolämpöpumppujen ohjauksen suunnittelu

5.4.1 Pumppausjärjestelmä

Ojanperän lämpövoimalassa kaukolämpöveden pumppausta varten oli kaksi rinnan kytkettyä kaukolämpöpumppua: suoralla kontaktoriohjauksella toimiva pumppu KL2 sekä taajuusmuuttajaohjattu pumppu KL3. Tarkoituksena oli, että KL3 toimii primääripumppuna, jota ohjataan PID-säädöllä. KL2:n oli tarkoitus toimia varapumppuna KL3:n pettäessä, jotta kaukolämmön toimitus olisi mahdollisimman varmatoimista. (Kuva 13.)



KUVA 13. Kaukolämpöpumput KL2 ja KL3 sekä KL3:n taajuusmuuttaja

5.4.2 Ohjauksen suunnittelu

Sovellussuunnittelussa käytettiin moottoreiden ohjaukseen mtr2-toimilohkoja jatkuvalla ohjauksella eli pito-moodissa (liite 6).

KL2-pumppu oli suoralla kontaktorihjauksella toimiva pumppu, jota ohjattiin pelkästään 0/1-nokkakytkimellä. Ohjausvirtapiiriä muutettiin siten, että paikallisohjaukseen käytettiin 0/1/K-nokkakytkintä, jolla voitiin tarvittaessa ohjata pumppu päälle tai pois paikallisesti (0/1). Kaukokäyttöasennossa (K) kontaktorin ohjauksen hoiti vaihtoautomaattiikka tai sitä voitiin operoida suoraan valvomosta käsin. (Liite 3.)

KL2:n ohjaukseen vietiin Metson ala-asemalta seuraavat signaalit:

- Käynnistyskäsky (DO +28 V).

KL2:n ohjauksesta vietiin Metson ala-asemalle seuraavat signaalit:

- Käyntitieto kontaktorin apukärjeltä (Pot. vap. kosketintieto)
- Tieto lämpöreleen laukeamisesta (Pot. vap. kosketintieto)
- Tieto paikallisohjauksen tilasta 0/1 (Pot. vap. kosketintieto)
- Tieto kaukokäyttöohjauksesta 0/1 (Pot. vap. kosketintieto).

KL3-pumpun eli primääripumpun säätö toteutettiin PID-säätimen avulla.

Lähtevän veden ja tulevan veden paineista oli valmiina painemittaukset, jotka oli tuotu Metson ala-asemalle. Näistä paineista saatiin laskennallinen paine-ero, jota käytettiin PID-säätimen mittausarvona (*me*). PID-säätimen ohjearvo eli setpoint pystyttiin muuttamaan valvomosta käsin, mutta oletusarvoksi valittiin 1,5 bar. Tähän arvoon ei päästy minkään laskennallisen keinon avulla, vaan tähän käytettiin verkon toiminnasta vastaavan ISS:n asentajan lausuntoa. PID-säätimen ohjaus (*con*) kytkettiin taajuusmuuttajan ohjearvoksi. (Liite 5.)

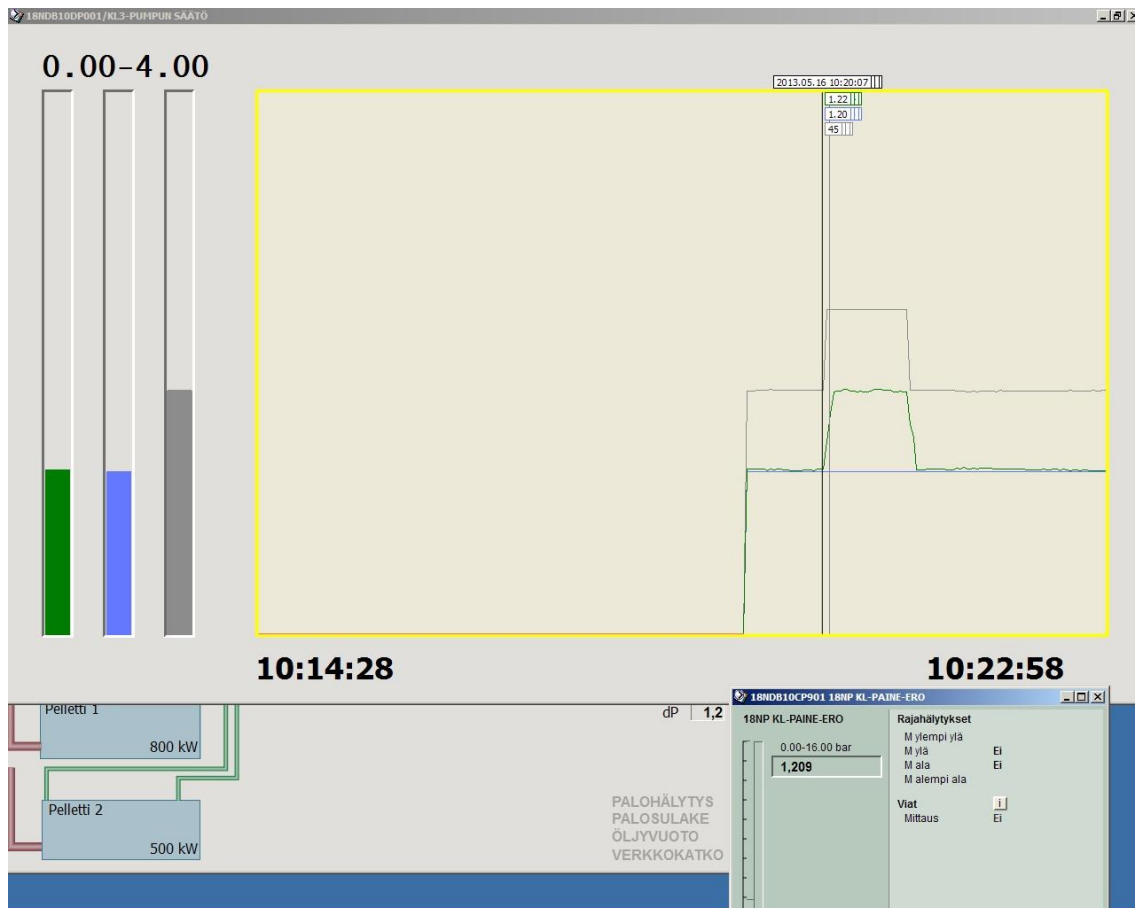
KL3:n taajuusmuuttajalle oli tuotu Metson ala-asemalta seuraavat tiedot:

- Taajuuden ohjearvo (4–20 mA)
- Käynnistyskäsky (DO)
- Digitaalinen maa.

KL3:n taajuusmuuttajalta oli tuotu Metson ala-asemalle seuraavat tiedot:

- Taajuuden oloarvo (4–20 mA)
- Taajuusmuuttajavika (Pot. vap. kosketintieto)
- Käyntitieto (Pot. vap. kosketintieto).

Säätö toteutettiin PI-säätönä. D-osan käyttö ei ollut perusteltua säädön vähäisen nopeusvaatimuksen ja prosessimallin vuoksi. Systeemin ollessa lähellä tasapainotilaa tehtiin askelkoe. Askelkokeessa kytkettiin säädin manuaalille ja annettiin askel säätimen lähtöön. (Kuva 14.)



KUVA 14. Askelvaste

Askelkokeen parametreiksi saatiin: $K_p=1$, $T_i=4$, $L=2$. Parametrien avulla voitiin muodostaa yksinkertaistettu ensimmäisen kertaluvun prosessimalli:

$$G(s) = \frac{1}{4s+1} e^{-2s} \quad (2.)$$

Säädin viritettiin Ziegler-Nicholsin menetelmää käyttäen ja säätimen vitysparametreiksi saatiin (taulukko 1)

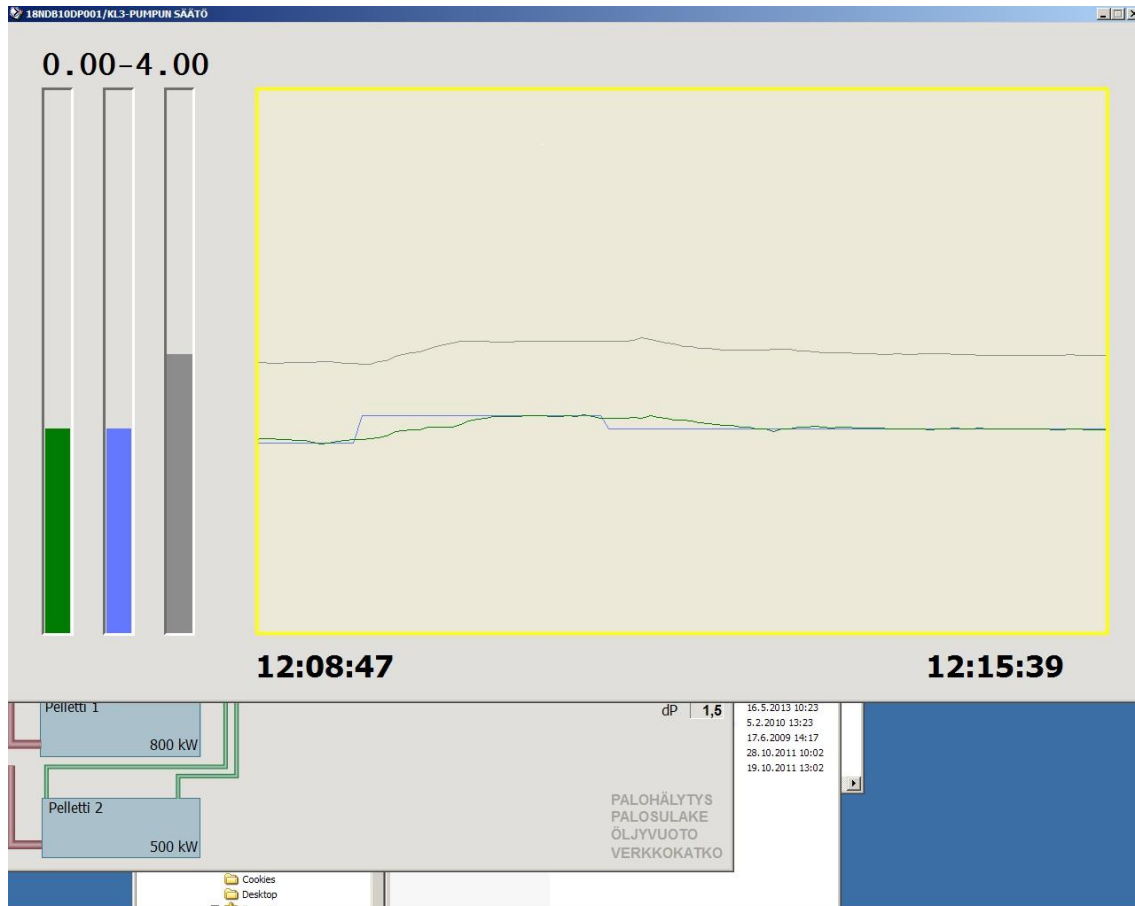
$$K_p = \frac{0,9 \cdot 4}{2} = 1,8$$

$$T_i = 3 \cdot 2 = 6.$$

Säädin viritettiin ja säätimen toimintaa testattiin. Sääto toimi tarkoitukseen nähden hyvin. Sen jälkeen simuloitiin muutoksia mittauksessa ja asetusarvossa tekstibuggerin avulla lähellä tasapainotilaa ja todettiin, että säätö on stabiili, värähtelyä tai ylitystä ei esiintynyt juuri ollenkaan (kuva 15).

Integrointiavakiota kasvatettiin kuitenkin 20:een, koska säädöltä haettiin lähinnä suurta robustisuutta ja stabiilisuutta eikä nopeudella ollut kovin suurta

merkitystä. Säätimen ulostulon (*con*) maksimiarvo rajoitettiin 70 %:iin, jotta vältettäisiin mahdolliset paineiskut käynnistämisen yhteydessä, kun paine-ero on 0 bar. Tässä tilanteessa säädin ohjaa taajuusmuuttajaohjattua pumppua liian suurella kierrosnopeudella ja menopuolen paine kasvaa hetkellisesti liian suureksi.



KUVA 15. Säätimen testausta

5.5 Kaukolämpöpumppujen vaihto-ohjaus

Häiriötön kaukolämmön jakelu oli erittäin tärkeä seikka pumppujen ohjauksen suunnittelussa. Aiempien ongelmien sekä langattoman yhteyden ajoittaisen epäluotettavuuden takia haluttiin varmistaa kaukolämmön toimitus siinäkin tapauksessa, että yhteys laitokselle on poikki ja pumppuun tulee vikatilanne. Nämä seikat huomioiden päädyttiin kehittämään kaukolämpöpumpuille vaihto-ohjausautomaatiikka.

Vaihto-ohjauksen tarkoituksena on siis käynnistää varapumppu automaattisesti, jos primääripumppu pettää ja toisinpäin. Vaihto-ohjaus voidaan kytkeä valvomosta käsin päälle tai pois, ja tämän lisäksi voidaan valita, kumpaa pumppua käytetään ensisijaisesti. Myös vaihto-ohjauksen aktivoitumisesta liitettiin tieto automaatiojärjestelmään. Sovellukset ladattiin Metson ala-asemalle, jotta vaihto-ohjausautomaatiikka toimii mahdollisen yhteyskatkonkin aikana.

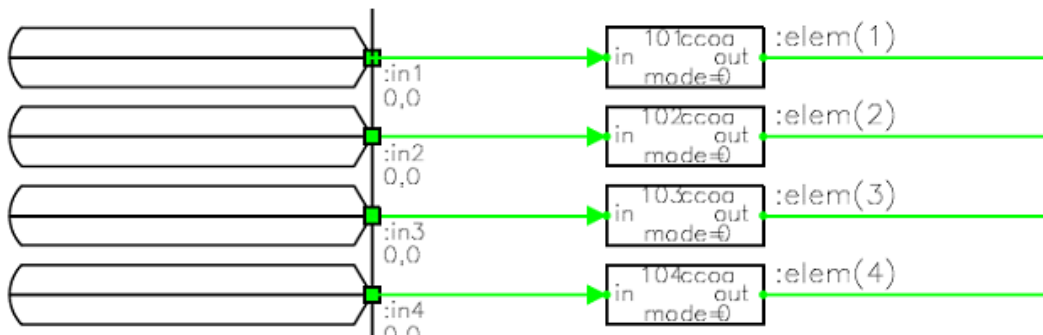
Ensimmäisessä osiossa ohjelma analysoi vian vertaamalla moottorien ohjaustietoa käyntitietoihin ja feedback-tietoihin I/O-kortilta. Ohjelma ottaa myös huomioon mtr2-toimilohkon ulkoiset viat sekä watchdog-tiedot. Watchdog-tiedon määrittelytiedosta (ints = short integer) on myös poimittu vertailutoimilohkojen avulla määrittely viasta, jonka perusteella tehdään päätös vaihto-ohjauksen käynnistämisestä.

Vikatilanteessa ohjelma ohjaa automaattisesti toisen moottorin päälle ja viallisen moottorin pois päältä. Ohjelmassa on myös otettu huomioon, että viallista moottoria ei voida valita primääriksi, sekä tilanne, että molemmat laitteet ovat viallisia, jolloin vaihto-ohjausta ei voida aktivoida. Ohjelmaan voidaan myös määrittellä, saako moottori käydä viallisena (esimerkiksi tilanne, jossa ulkoinen vika, mutta moottori silti käy) sekä käynnistetäänkö varalaite pelkästään vikatilanteessa vai aina, kun toinen laite pysähtyy. Vaihto-ohjausautomaatiikka toteutettiin pääasiallisesti käyttämällä loogisia operaattoreita, sekä pulssi- ja viivetoimilohkoja. (Liite 4.)

5.6 Kaukokäyttöjärjestelmään liittäminen

Ojanperän lämpölaitoksen tiedonsiirto tapahtui langattoman linkin ja Modbus/TCP-protokollan välityksellä. Ojanperän aseman tunnus oli AP11 ja langattoman linkin toisen pään eli Apurin pumppaamon ala-aseman tunnus oli AP10. Tiedonsiirto näiden asemien välillä toteutettiin Modbus-tietoa lähettävien ja lukevien piirien avulla. Molempia piirejä oli kolmelle eri tietotyypille. Tietotyyppejä olivat binääritieto (bin), analogitieto (ana), sekä kokonaislukutieto (integer).

Esimerkiksi lähetettäessä binääristä tietoa AP11-asemalta lähetys tapahtuu piirillä AP11-BIN-SND1. Binääritieto luetaan piiriin suorasaantiportilla (external in continuous), jonka jälkeen jokainen yksittäinen signaali pakataan taulukon (array) alkioon (kuva 16). Taulukko lähetetään kohdeasemalle AP10, jossa se luetaan piirillä AP10-BIN-GET1. Arraystä puretaan jokainen alkio erikseen erottimella eli specifierillä. Tämän jälkeen tiedot voidaan lukea haluttuun piiriin suorasaantiportilla (external in continuous), jonka osoitteeksi määritetään li:AP10-BIN-GET1:inx, jossa x määrittelee piiristä luettavan tietopaikan.



KUVA 16. Modbus-tiedon kirjoitus taulukon alkioihin

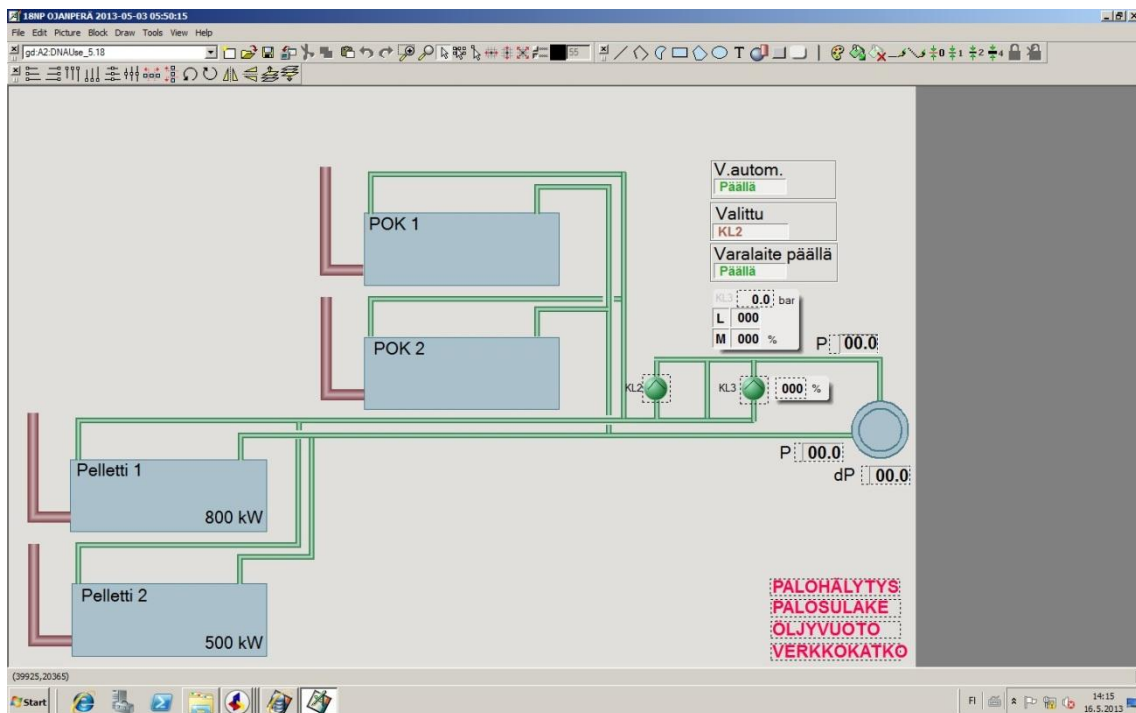
Kaukolämpöpumput ja vaihtoautomaattikka haluttiin valvomosta täysin operoitavaksi. Positio-, tapahtuma- ja operointimoduulien käyttäminen ei kuitenkaan onnistunut suoraan Modbus-yhteyden yli, koska siinä tiedot pakattiin taulukon alkioiksi. Tämän takia jokaisesta piiristä tehtiin kaksi versiota. Toinen piireistä sijaitsee Suosiolan LIS-asemalla A2L1. Tämä piiri sisältää positio-, operointi- ja tapahtumamoduulit, joiden avulla sitä voidaan operoida valvomosta käsin normaalisti. Tästä piiristä tiedot siirrettiin Modbus-yhteydellä, jokainen tieto omana alkionaan Ojanperän ala-asemalle AP11, jossa ne kopioitiin vastaavan piiriin tuloihin. Tämä piiri hoitaa itse toimilaitteiden ohjauksen.

Esimerkiksi moottorinohjaus toteutettiin kahdella eri piirillä, joissa molemmissa oli mtr2-toimilohko. A2L1-aseman mtr2-toimilohkon operointiin ja hälytyksien siirtoon käytettiin normaalisti operointi- ja tapahtumamoduleita. Tämän jälkeen mtr2-toimilohkosta luettiin tarvittavat sisään- ja ulostulot ja ne lähetettiin Modbus-yhteyden avulla AP11-aseman piirissä sijaitsevalle mtr2-toimilohkolle vastaaviin tietopisteisiin. Sama toteutettiin myös toiseen suuntaan. Tavallaan siis toista mtr-toimilohkoa ohjattiin toisella mtr-toimilohkolla. Tällä tavalla

moottorikäyttöille saatiin normaali operoitavuus valvomosta käsin Modbus-yhteyden yli. Tätä tekniikkaa käyttämällä saatiin myös mahdollisimman suuri toimintavarmuus, kun mahdollisen yhteyskatkon sattuessa pumppuja ohjaava piiri toimii vielä Ojanperän ala-aseamalla. Tällä periaatteella toteutettiin kaikki piirit moottorinohjauksista yksittäisiin binäärihälytyksiin.

Langattomassa yhteydessä esiintyneiden ongelmien takia oli ajoittain mahdollista se, että jos yhteys katkesi hetkeksi aikaa, niin signaaliin tuli vikabitti: old data, eli uudistumaton data. Vikabitti PID-säätimen tai mtr2-toimilohkon tulossa aiheutti niiden menemisen manuaalitilaan. Tämä ongelma vältettiin suodattamalla eli maskaamalla old data -vikabitti molemmissa päissä ccob-toimilohkojen vikabittimaskin avulla.

Ojanperän lämpökeskuksen operointikuva kaukokäyttöjärjestelmään tehtiin DNAUse-editorin avulla kaukokäyttöjärjestelmän valvomoon A2. Operointikuva haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena, koska toiminnan pitää olla mahdollisimman varmatoimista myös yhteyskatkon sattuessa. (Kuva 17.)



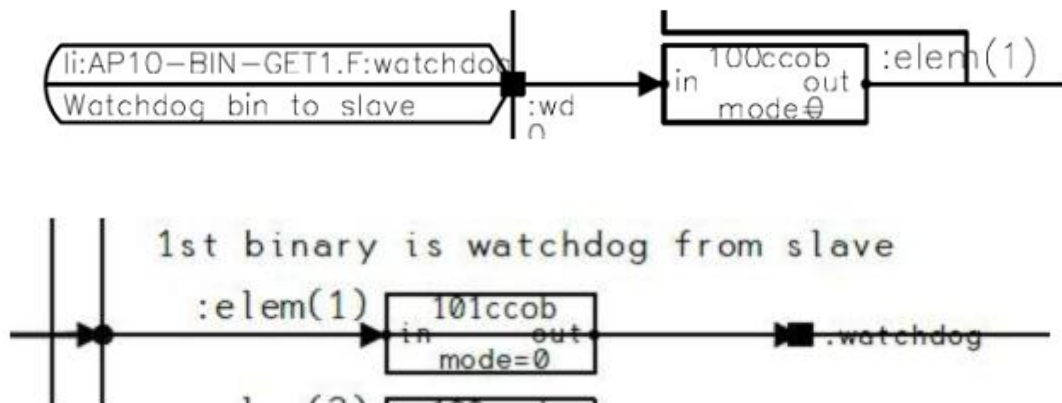
KUVA 17. Ojanperän operointikuva

5.7 Langaton yhteys ja linjanvalvonta

Ojanperän lämpökeskuksen yhteys oli toteutettu langattomalla yhteydellä käyttäen radiolinkkiä. Radiolinkkiyhteys muodostettiin Ojanperän lämpökeskuksen katolla sijaitsevat antennin ja Apurin pumppausasemalla sijaitsevan antennin välille. Apurin pumppausasemalta oli langallinen SDSL-yhteys Suosiolan voimalaitokseen.

Ojanperän langattoman linkin kanssa oli esiintynyt merkittäviä ongelmia. Ajoittain yhteys saattoi katketa, mikä aiheutti yleensä Ojanperän ja Suosiolan välisen tiedonsiirron jääntymisen kokonaan. Itse yhteys palautui aina melko nopeasti, mutta kaikki tiedonsiirto, kuten mittaukset yms. jumiutuivat. MetsoDNA:n tekstibuggerilla yhteys kuitenkin toimi ja parametrien luku sekä muokkaus onnistui Ojanperän asemalta. Ongelmaan löytyi ratkaisu Modbus-yhteyden alustuspiiristä prtc. Molemmissa päissä sijaitseviin alustuspiireihin kasvatettiin parametri *timeout* 5.0s -> 20.0s, sekä parametri *retry* 1 -> 5. Näin menetellen kasvatettiin siis yhteyden katkeamiseen tarvittava aika 20 sekuntiin ja uudelleenyritysten määrä viiteen. Tällä tavalla saatiin yhteys toimimaan ilman suurempia ongelmia. Vieläkin yhteys saattoi jumiutua muutamiksi sekunneiksi, mutta tämä ei aiheuttanut enää tiedonsiirron kokonaisvaltaista jumiutumista.

Langattoman linkin linjanvalvonta on toteutettu yksinkertaisella watchdog-bitin kierrätyksellä. Ojanperällä sijaitseva binääritiedon lähettävä piiri siis lähetti jokaisella suorituskerralla binäärisignaalin vastaanottavaan piiriin, jossa signaali invertoitiin ja lähetettiin taas takaisin. Tällä saatiin aikaan suoritusvälien välein vaihtuva 0/1-pulssi. Vertailuun käytettiin molemmissa päissä kahta pls-toimilohkoa delay- eli viive-moodissa, toinen nousevan reunan tunnistuksella ja toinen laskevan reunan tunnistuksella. Toimilohkojen viiveen pituudeksi määritettiin 20 sekuntia, eli jos pulssibitin tila ei vaihdu 20 sekunnin aikana, piiri antaa valvomoon hälytyksen yhteydessä olevasta viasta. (Kuva 19.)



KUVA 19. Ojanperän yhteyden linjanvalvonta

5.8 Asennus ja käyttöönotto

Asennukset tehtiin vaiheittain kevään 2013 aikana. Asennus- ja käyttöönototyöt tehtiin sillä tavalla, että lämpökeskus oli aina toimintakunnossa. Ensimmäisenä asennettiin palohälyttimet, öljyvuotohälyttimet sekä niitä varten kenttäkotelo. Myöhemmin keväällä tehtiin kaukolämpöpumppujen ohjaukseen muutokset, koska nämä muutokset vaativat keskuksen kytkemistä jännitteettömäksi, mikä olisi haitannut öljypolttimien toimintaa. Myöhemmin keväällä öljypolttimia ei kuitenkaan enää tarvittu, joten muutokset voitiin tehdä ilman vaikutusta kaukolämmöntuotantoon.

Hälytykset ja muut toiminnot liitettiin kaukokäyttöjärjestelmään vaiheittain heti, kun ne olivat valmiita, jotta kriittiset hälytykset saataisiin toimintaan mahdollisimman nopeasti. Kaukolämpöpumppujen säädöt, ohjaukset ja vaihto-ohjaus otettiin käyttöön viimeisenä sen jälkeen, kun niiden toiminta oli testattu ja langattoman yhteyden viat oli korjattu. Tähän asti käytettiin suoralla kontaktoriohjauksella olevaa varapumppua KL2.

Kaikki hälytystiedot sekä pumppujen ohjaukset testattiin yhteistyössä valvomon kanssa, jotta varmistuttiin kaikkien osa-alueiden toimivuudesta.

6 HUIPPU- JA VARAVOIMALAITOSTEN HÄLYTINREVISIO

6.1 Lähtötiedot ja tavoitteet

Tarkoituksena oli päivittää kaikkien Rovaniemen Energia Oy:n huippu- ja varavoimalaitosten kriittisimmät hälytykset. Kriittisiä hälytyksiä olivat Ojanperän tapaan palohälytykset sekä öljyvuotohälytykset. Näiden lisäksi laitoksittain saattoi olla myös muita kriittisiä hälytyksiä.

Tavoitteena oli myös kaikkien hälytysten tuominen kaukokäyttöjärjestelmään. Lisäksi yhteyden testaus suoritettiin jokaiselta kohteelta ja varmistettiin, että mahdollisesta etäyhteyden katkeamisesta tuli hälytys järjestelmään. Jos hälytystä ei tullut, se piti lisätä.

Lähtötilanne oli, että palo- ja öljyvuotohälytysten osalta tilanne oli joissain kohteissa hyvinkin puutteellinen. Palohälyttimiä ei ollut asennettu moneen kohteeseen ollenkaan ja öljyvuotohälyttimiäkin puutteellisesti. Tämän lisäksi hälytysten kulkeutuminen kaukokäyttöjärjestelmään oli epävarmaa. Useaan kohteeseen oli lisäksi asennettu langaton linkki hälytyskeskukselle, joka vian sattuessa välitti hälytyksen suoraan aluehälytyskeskukselle. Tästä olikin tullut aiemmin useita vääriä hälytyksiä, joten nämä linkit oli tarkoitus purkaa pois, kunhan ensin varmistuttiin, että hälytystiedot oli liitetty luotettavasti kaukokäyttöjärjestelmään.

Kohteita oli Ojanperä poislukien seitsemän: 3NP Ounas, 4NP Korsteeni, 7NP Oppipoika, 8NP Teollisuustie, 10NP Hillerintie, 12NP Nivavaara sekä 15NP Someronharju. Kaikki laitokset käyttivät polttoaineena joko kevyttä tai raskasta polttoöljyä. Nivavaara oli muista poiketen kiinteän polttoaineen laitos, jossa oli kuitenkin lisäksi kaksi öljypoltinta.

6.2 Toteutus

Palohälytinjärjestelmät sekä öljyvuotohälytysjärjestelmät toteutettiin saman periaatteen mukaisesti kuin Ojanperällä. Palohälyttiminä käytettiin tilanteen mukaan lämpöilmaisimia tai optisia savuilmalaisimia. Öljyvuotohälytyksiin

käytettiin Labkotec:in SET-2000-keskusyksikköä sekä SET/OELO2 kapasitiivia antureita.

6.3 Kaukokäyttöjärjestelmään liittäminen

Jokaisesta kohteesta hälytykset siirrettiin Suosiolan pääautomaatiojärjestelmään, MetsoDNA CR:ään.

Ounaksen, Korsteenin sekä Oppipojan liityntä automaatiojärjestelmään oli toteutettu Metson sulautetulla kenttä-I/O-yksiköillä, mm. BIR82 sekä BOR82. Kohteista oli langallinen DSL-yhteys Suosiolaan. Datan siirtoon käytetty protokolla oli sarjaliikennepohjainen Modbus-RTU. Sulautettujen järjestelmien ohjelmointiin käytettiin IEC 61131-3-normin mukaista Codesys-ohjelmointiympäristöä.

Hillerintien lämpökeskuksella oli käytössä ABB:n AC500- ohjelmoitava logiikka. Hillerintien yhteys oli toteutettu langattoman radiolinkin avulla point-to-point-radiomodeemeja käyttäen. Datan siirtoon käytetty protolla oli myös Modbus-RTU. Ohjelmointi tapahtui myös Codesys-ohjelmointiympäristössä.

Teollisuustien lämpökeskuksen yhteys oli toteutettu Dupline-yhteydellä. Dupline on väyläratkaisu, jolla voidaan siirtää useita tietoja samaa fyysistä yhteyttä käyttäen. Muista yhteyksistä poiketen I/O-tieto tuotiin suoraan Suosiolan ristikytkennässä sijaitseville I/O-korteille sen sijaan, että olisi käytetty sulautettua I/O:ta tai PLC:tä itse kohteessa.

Nivavaarassa hälytykset tuotiin Siemens Desigo PXC200.E.D- modulaarisen alakeskuksen I/O-moduleille.

6.4 Asennus ja käyttöönotto

Asennukset suoritettiin kevään 2013 aikana kohde kerrallaan sillä tavalla, että kohteet pyrittiin pitämään koko ajan toimintakunnossa. Ensimmäiseksi tehtiin laitteiden asennukset ja kaapeloinnit. Tämän jälkeen tehtiin tarvittavat ohjelmamuutokset kohteelle ja liitettiin hälytykset kaukokäyttöjärjestelmään. Seuraavaksi päivitettiin pääautomaatiojärjestelmän ohjelmat sekä ajokuvat.

Lopuksi testattiin kaikki hälytykset sekä tiedonsiirtoyhteys yhteistyössä valvomon kanssa.

7 DOKUMENTOINTI

Kokonaisvaltainen dokumentointi oli tärkeä osa projektia. Ajan tasalla oleva dokumentointi muutoksien tai revision jälkeen on tärkeää. Se helpottaa vianetsintää, diagnosointia sekä mahdollisia tulevia muutostöitä.

Kaikista uusista asennuksista ja muutostöistä piirrettiin ajan tasalla olevat piirikaaviot ja johdotuskaaviot AutoCAD LT 2012 -ohjelmistolla sekä siihen liitettävällä SähköARK-laajennuksella (liite 2).

Positiot nimettiin Rovaniemen Energian käytännön mukaisesti. Positointi perustuu voimalaitoksissa yleisesti käytössä olevaan KKS-järjestelmään. Kaikki kaapeloinnit sekä lisätyt positiot, esimerkiksi kenttäkotelot, nimettiin ja merkittiin kentälle. Kaikki positiot, laitteet, kaapeloinnit ja kytkennät päivitettiin myös ALMA-kunnossapito-ohjelmistoon.

Kaikkien päivitettävien laitosten hälytyksistä tehtiin testauspöytäkirja (liite 7). Lisäksi tehtiin toiminta- ja säätökuvaus (liite 1) Ojanperän projektista.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän insinööriyön tavoitteena oli päivittää Ojanperän lämpölaitoksen automaatio, varsinkin kriittiset osa-alueet. Työhön kuului palo- ja öljyvuotohälytysjärjestelmien sekä kaukolämpöpumppujen ohjausjärjestelmien lisääminen, kokonaisuuden liittäminen kaukokäyttöön ja kaukokäytön yhteyden tarkastelu.

Lisäksi työ käsitti kaikkien huippu- ja varavoimalaitosten kriittisten hälytysjärjestelmien päivityksen ja liittämisen kaukokäyttöjärjestelmään. Koska kokonaisuus oli niin laaja, päädyin tässä opinnäytetyössä tarkastelemaan pääasiassa Ojanperän projektia. Työhön kuului järjestelmien suunnittelu, sovellussuunnittelu, instrumentointi, asennus, testaus, käyttöönotto ja dokumentointi.

Kokonaisuutena päästiin tavoitteisiin aikataulun puitteissa. Kriittiset hälytykset ja ohjaukset saatiin liitettyä kaukokäyttöjärjestelmään sekä varmistettua kaukokäyttöyhteyksien toimivuus. Tällä parannettiin laitosten toimintavarmuutta sekä pystytään välttämään tulevaisuudessa suuriakin vahinkoja, kun hälytysjärjestelmät päivitettiin ajan tasalle ja niiden toimivuus varmistettiin. Näin voidaan varmistua siitä, että hälytykset ovat varmasti aiheellisia ja että ne tulevat varmasti perille. Lisäksi hälytyskeskuksen linjojen purkamisesta saatiin kustannussäästöjä, kun liittymistä ei tarvitse maksaa enää eikä vääriä hälytyksiä tule. Myös dokumentoinnin päivittäminen helpottaa vianetsintää ja mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa, joten tälläkin saadaan säästöä kustannuksissa.

Tulevaisuutta ajatellen Ojanperän lämpökeskuksen revisiota voidaan jatkaa helposti tältä pohjalta. Tällä hetkellä revision päivittäminen jää tulevaisuuteen ajankohtaisempien tehtävien mennessä edelle tärkeysjärjestyksessä.

Opinnäytetyötä tehdessäni merkittävimpiä uusia oppimiani asioita olivat mm. tutustuminen Codesys-ohjelmointiympäristöön sekä syvällisempi perehtyminen Modbus-tiedonsiirtoon. MetsoDNA:n automaatiojärjestelmään ja sovellussuunnitteluun syventyminen olivat ehkäpä työn mielenkiintoisinta antia.

Koulussa saamani taidot kehittyivät huomattavasti käytännön sovellussuunnittelun ja ongelmien parissa työskennellessäni. Tämän lisäksi tutustuin useisiin erilaisiin automaatio- ja logiikkapohjaisiin toteutuksiin. Myös automaatiosuunnittelu, instrumentointi sekä erilaiset automaation tiedonsiirtoratkaisut tulivat tutuksi työni aikana.

Haastavimpia asioita työssä olivat mm. moniin erilaisiin automaatiotratkaisuihin sekä tiedonsiirtoratkaisuihin perehtyminen. Itse kirjallisen osuuden tekeminen tarjosi myös oman haasteensa, varsinkin sisällytettävien asioiden miettiminen tuotti ongelmia. Koska aiheita oli hyvin paljon erilaisia, kokonaisuudesta olisi voinut tulla helposti sekava.

Haastavat työtehtävät, mielenkiintoiset ongelmat sekä jokapäiväinen uuden tiedon oppiminen ovat olleet paras motivaation lähde työni aikana.

LÄHTEET

1. Energiateollisuus ry 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Libris Oy.
2. Energiateollisuus ry 2011. Kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>. Hakupäivä 14.5.2013.
3. Metso DNA Manuals. Collection 2011 Fi V.14.1 build 1.
4. Analogisen säädön verkkokurssi 2011. PID-Säädin. Saatavissa: <http://autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.2111/simulointi/oppitunti5/pid.html>. Hakupäivä 14.5.2013.
5. Tervaskanto, Manne 2011. PID-säädön perusteet. Saatavissa: http://cc oulu.fi/~ylikoant/PID/PID_saadon_perusteet_2011.pdf. Hakupäivä 16.5.2013.
6. Analogisen säädön verkkokurssi 2011. PID-säätimen kokeellinen virittäminen. Saatavissa: <http://autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.2111/kehittyneet/oppitunti12/kokeellinen.html>. Hakupäivä 14.5.2013.
7. Metso ACN SR1. Saatavissa: [http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-76273/\\$File/E8720_EN_03-ACN%20SR1.pdf](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110927-2256F-76273/$File/E8720_EN_03-ACN%20SR1.pdf). Hakupäivä 14.5.2013.
8. Artell, Tom 2004. Palvelunlaatu automaation tiedonsiirrossa. Diplomityö. Saatavissa: http://ae.tut.fi/research/AIN/Publications/Tom_Artell.pdf. Hakupäivä 14.5.2013.
9. Modbus 2013. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>. Hakupäivä 14.5.2013.

10. Modbus TCP/IP Overview 2009. Saatavissa:
<http://www.rtautomation.com/modbustcp/>. Hakupäivä 14.5.2013.
11. Modbus messaging on TCP/IP implementation guide v1.0b 2006.
Saatavissa:
http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf. Hakupäivä 14.5.2013.
12. Modbus application protocol specification V1.1b3 2012. Saatavissa:
http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf.
Hakupäivä 14.5.2013.
13. Labkotec. Set/Oelo-2 kapasitiivinen anturi. Käyttö- ja asennusohje.
Saatavissa: <http://www.labkotec.fi/@Bin/26892/D25228Ds.pdf> Hakupäivä
15.5.2013.
14. Labkotec. Set-2000 pintakytkin kahdelle anturille. Käyttö- ja asennusohje.
Saatavissa: <http://labkotec-fi-bin.directo.fi/@Bin/e9eea8fd66bebe9f75457d58ec84262b/1368562664/application/pdf/102098/D15234Cs.pdf>. Hakupäivä 15.5.2013.

LIITTEET

Liite 1. Toiminta- ja säätökuvaus

Liite 2. Esimerkki piirikaaviosta

Liite 3. Esimerkki Piiri- ja johdotuskaavioista

Liite 4. Vaihtoautomaatiikan toimilohko-ohjelma

Liite 5. Esimerkki PID-säätimen toimilohko-ohjelmasta

Liite 6. Esimerkki moottorinohjauksen toimilohko-ohjelmasta

Liite 7. Varavoimalaitosten hälytysten testauspöytäkirja

ROVANIEMEN ENERGIA OY

OJANPERÄN LÄMPÖKESKUS

ALA-ASEMA

TOIMINTA- JA SÄÄTÖKUVAUS

Kaukokäyttö

Öljypoltinkeskuksessa kytkentäkotelossa 18CVA01 sijaitseva Metson ACN SR1 toimii laitoksen alasemana. Yhteys Suosiolan kaukokäyttöjärjestelmään toimii radiolinkin kautta Apurin pumppauskeskukselle, josta SDSL-yhteydellä Suosiolaan. Tiedonsiirto on toteutettu käyttäen Modbus/TCP-protokollaa. Lämpökeskus sisältää 2 kpl pellettipolttimia sekä 2 kpl öljypolttimia.

KL- menoveden paine laitoksella

Mitataan painelähtimellä ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

KL- paluuvete paine laitoksella

Mitataan painelähtimellä ja välitetään kaukokäyttöjärjestelmään.

KL-paine-ero

Laskennallinen paine-ero käyttäen hyväksi paluuvete ja menoveden painemittauksia.

KL3-pumpun säätö

PI-säätö laskennallisen paine-eron mukaan. Asetusarvo 1,5 bar. Säätimen parametrit ja asetusarvo muokattavissa kaukokäyttöjärjestelmästä. PI-säädin ohjaa KL3 taajuusmuuttajaa.

KL3- ja KL2-pumppujen ohjaus

Molemmat pumput operoitavissa kaukokäyttöjärjestelmästä sekä paikallisesti. KL2-pumpun paikallisohjaus 0/1/K-nokkakytkimellä.

KL-pumppujen vaihto-ohjaus

Operoitavissa kaukokäyttöjärjestelmästä: On/off-valinta, primäärilaitteen valinta. Tieto varalaitteen toiminnasta liitetty kaukokäyttöjärjestelmään.

Öljyvuotohälytys

Mitataan kahden Labkotec SET-2000 2-kanavaisen pintakytkimen ja neljän kapasitiivisen vuotoanturin avulla. Tieto kaukokäyttöjärjestelmään. UPS-varmennettu.

Palohälytys

Toteutettu kolmen lämpöilmaisimen ja yhden optisen savuilmaisimen avulla. Tieto kaukokäyttöjärjestelmään. UPS-varmennettu.

Palosulakehälytys

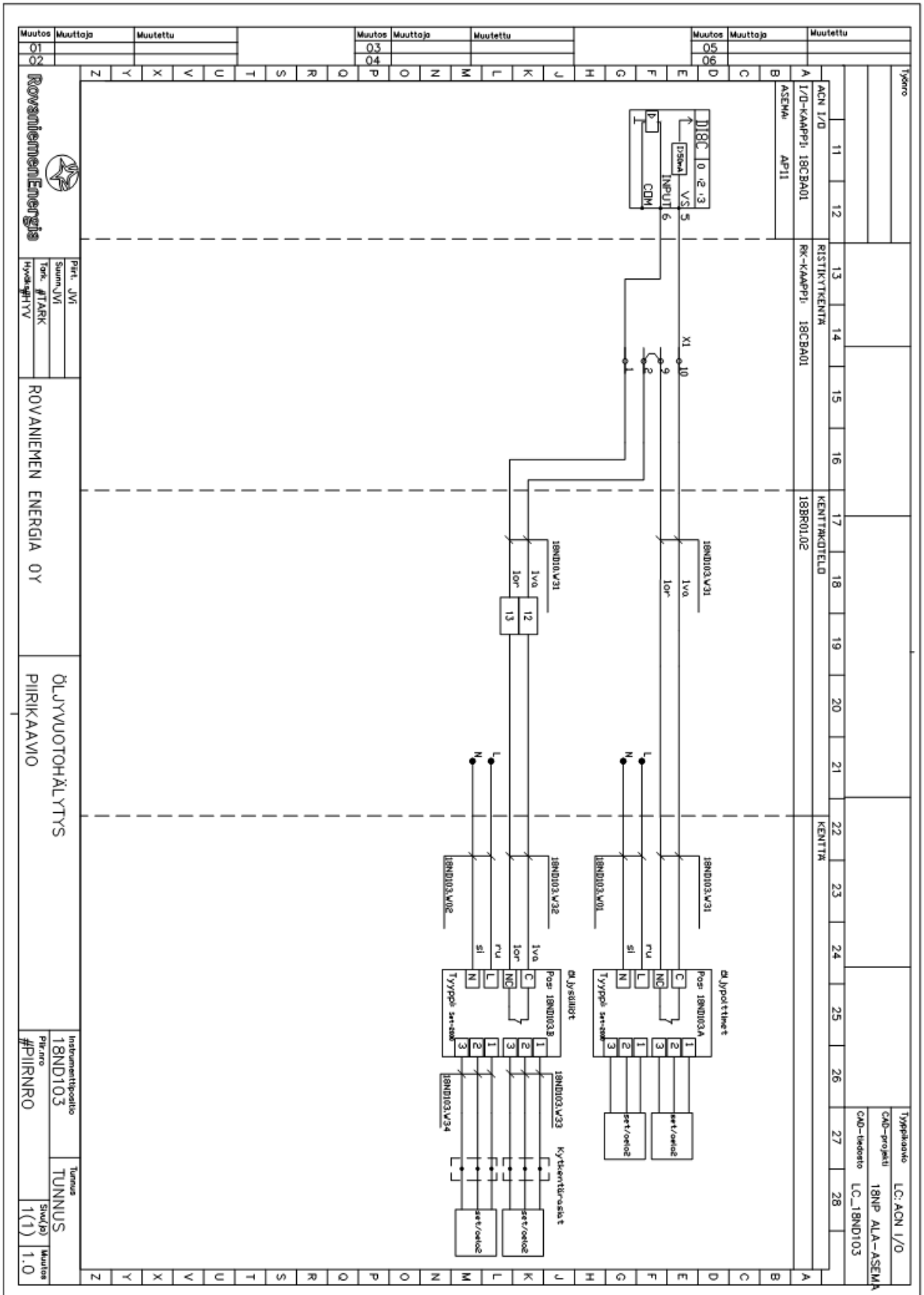
Molempiin öljypolttimiin asennettu palosulakkeet. Jomman kumman laukeaminen aiheuttaa öljypuolen pääkontaktorin laukeamisen. Tieto kaukokäyttöjärjestelmään.

Verkkokatkohälytys

Kärkitieto UPS:lta, kun se menee toimintatilaan. Tieto kaukokäyttöjärjestelmään.

Käyttöliittymä kaukokäyttöjärjestelmässä

Mittaukset tulevan veden paineesta ja lähtevän veden paineesta. Laskennallinen paine-ero. Operoitavat KL-pumput 2 ja 3. KL3:n taajuusmuuttajan oloarvo. Vaihto-ohjausautomaatiikan päälle/pois-valinta, primäärilaitteen valinta. Hälytykset menoveden ja tuloveden paineiden ala- ja ylärajoista sekä paine-eron ala- ja ylärajoista. Hälytykset palosta, palosulakkeen laukeamisesta, öljyvuodosta, verkkokatkosta sekä linjanvalvonnasta.



Part. JVF
Suunn. JVI
Tark. ATARK
Hyväks. HTV

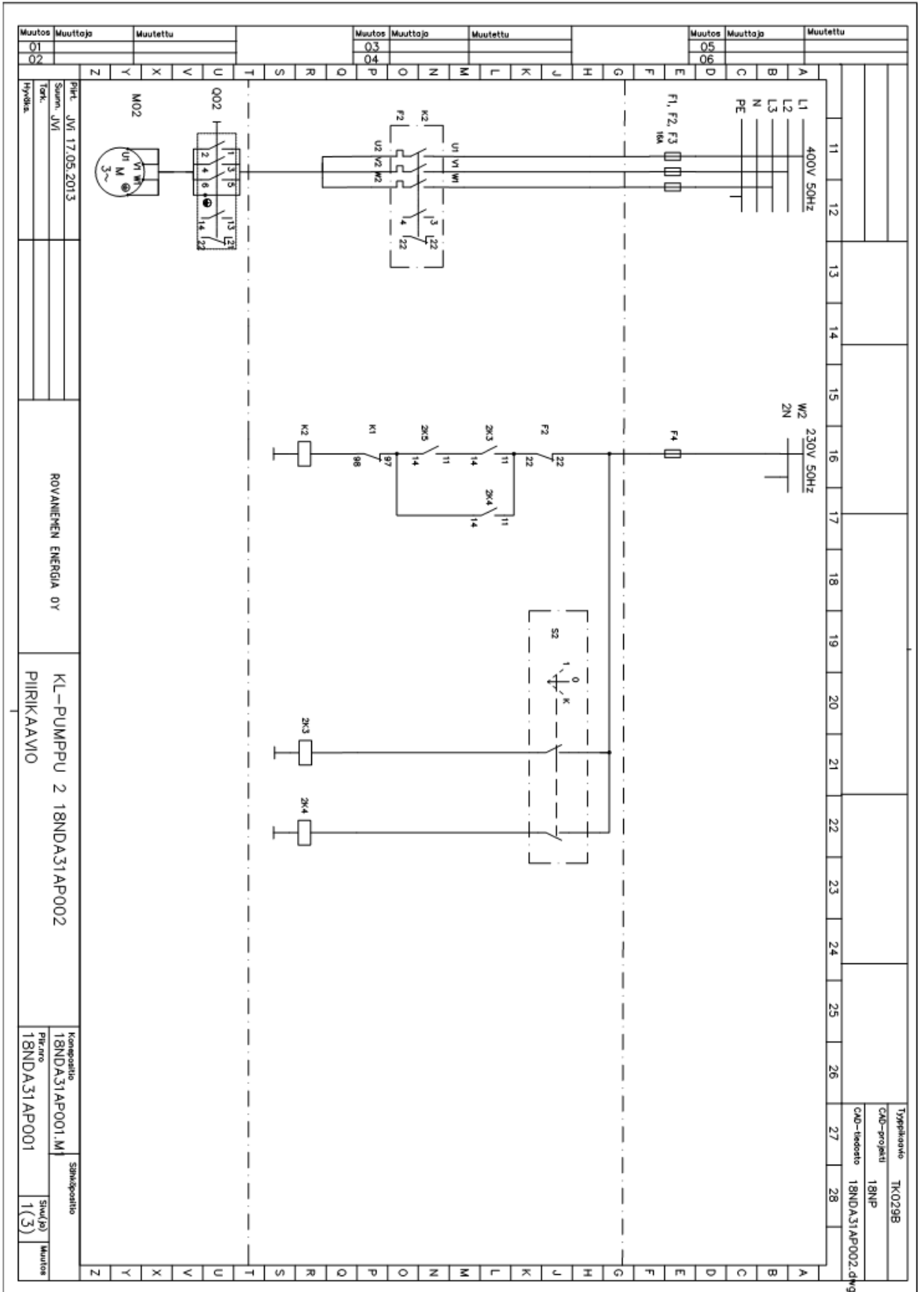
ROVANIEMEN ENERGIA OY

ÖLJYVUOTOHÄLYTYS
PIIRIKAAVIO

Instrumentaatio
Pipr.no 18ND103
#PIIRIRO

Tuura
TUNNUS
Siv(ä) 1(1)
Muutos 1.0

Typpeko
LC: ACN I/O
CAD-projekt 18NP ALA-ASEMA
CAD-tiedosto LC_18ND103



Piiri: JVI 17.05.2013
Suuren JVI
Tark:
Hyvitys

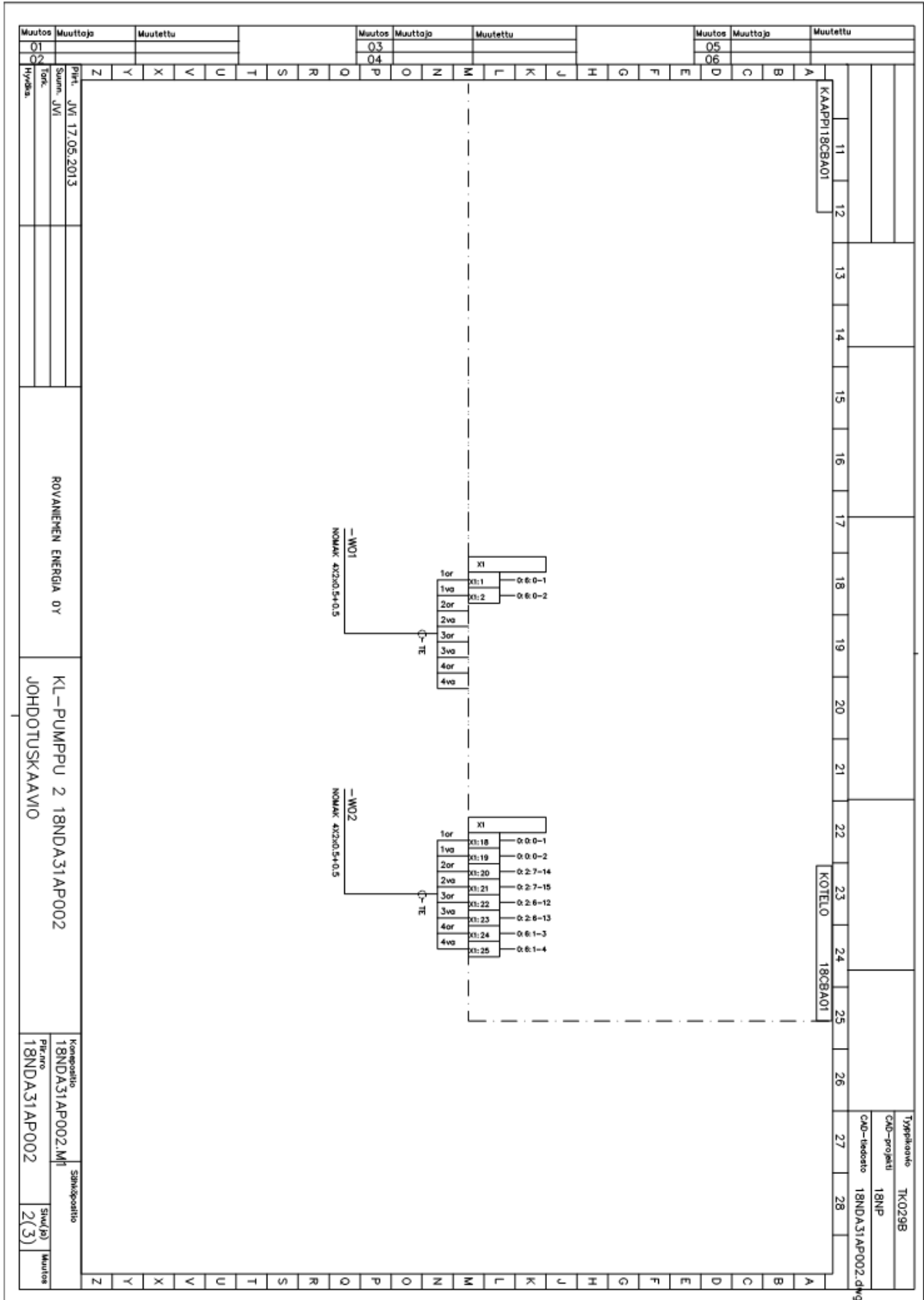
ROVANIEMEN ENERGIA OY

KL-PUMPPU 2 18NDA31AP002
PIIRIKAAVIO

Konseptio
18NDA31AP001.M
Pitane
18NDA31AP001

Sähköpiirio
Sivu(ja) 1(3)
Muutos

Typpikoodi TK029B
CAD-projekti 18NP
CAD-teksti 18NDA31AP002.dwg



ROVANEN ENERGIA OY

KL-PUMPPU 2 18NDA31AP002
JOHDOTUSKAAVIO

Komponentti
18NDA31AP002.MI

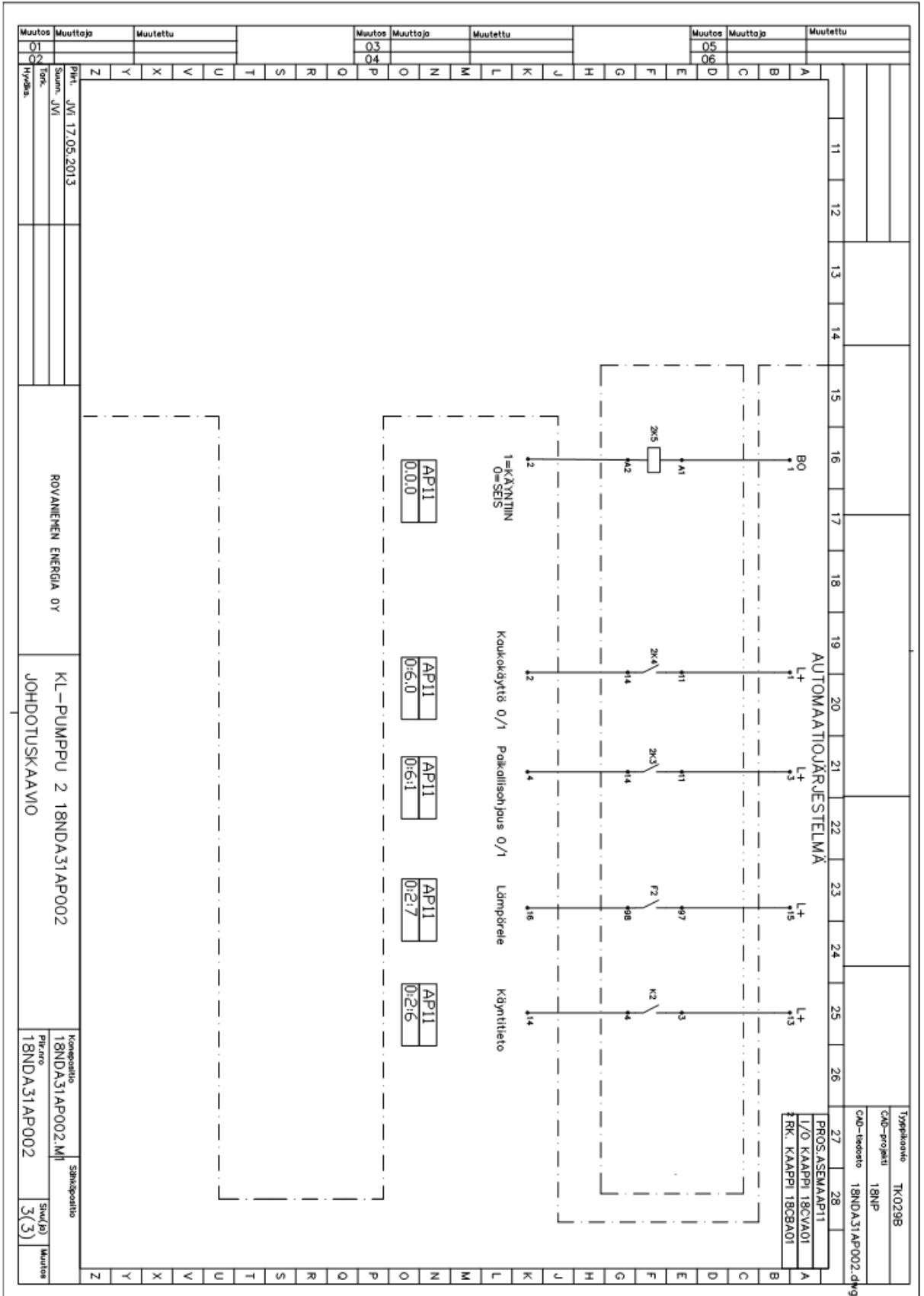
Piirino
18NDA31AP002

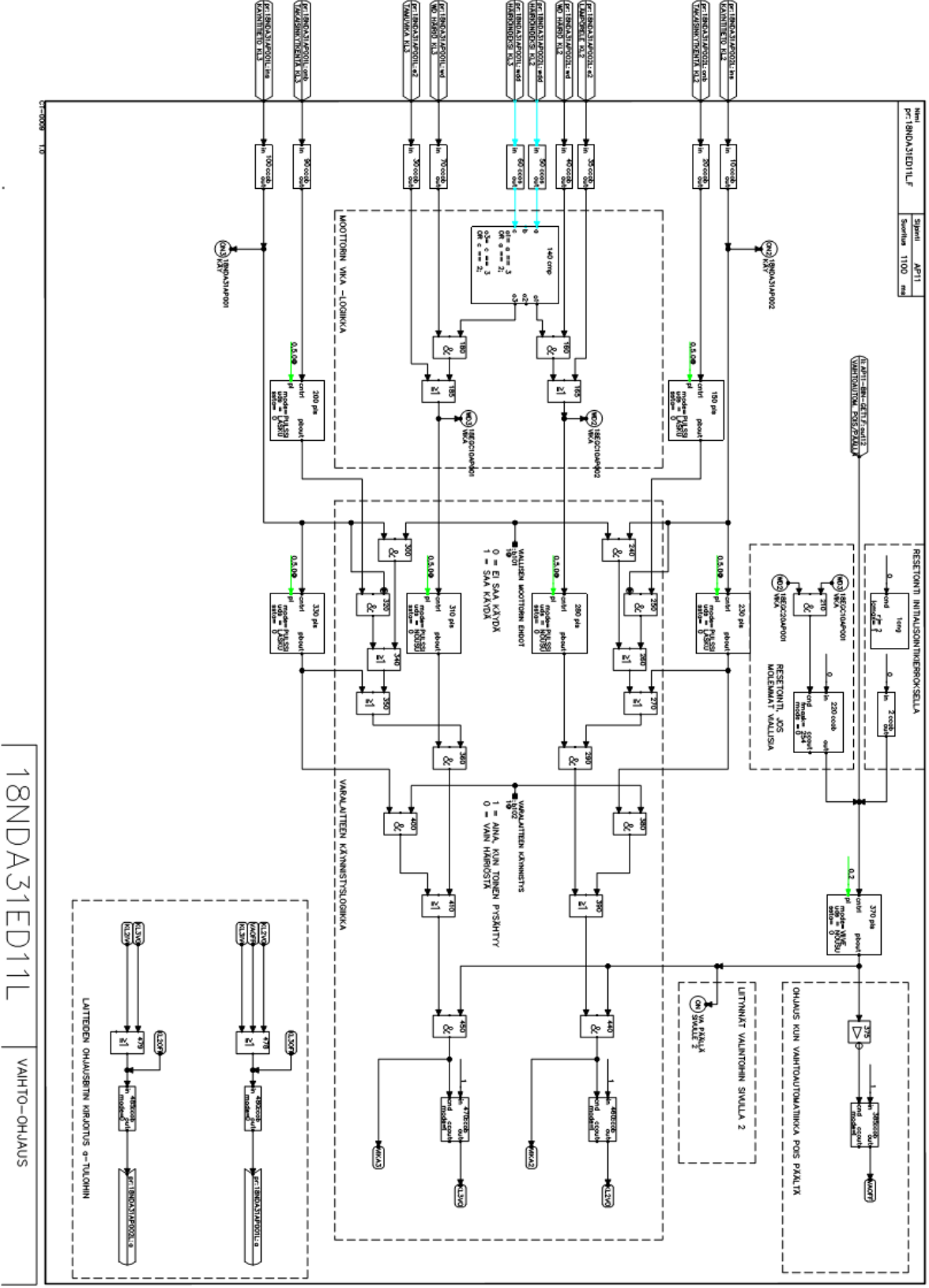
Sivukohtainen
2(3)

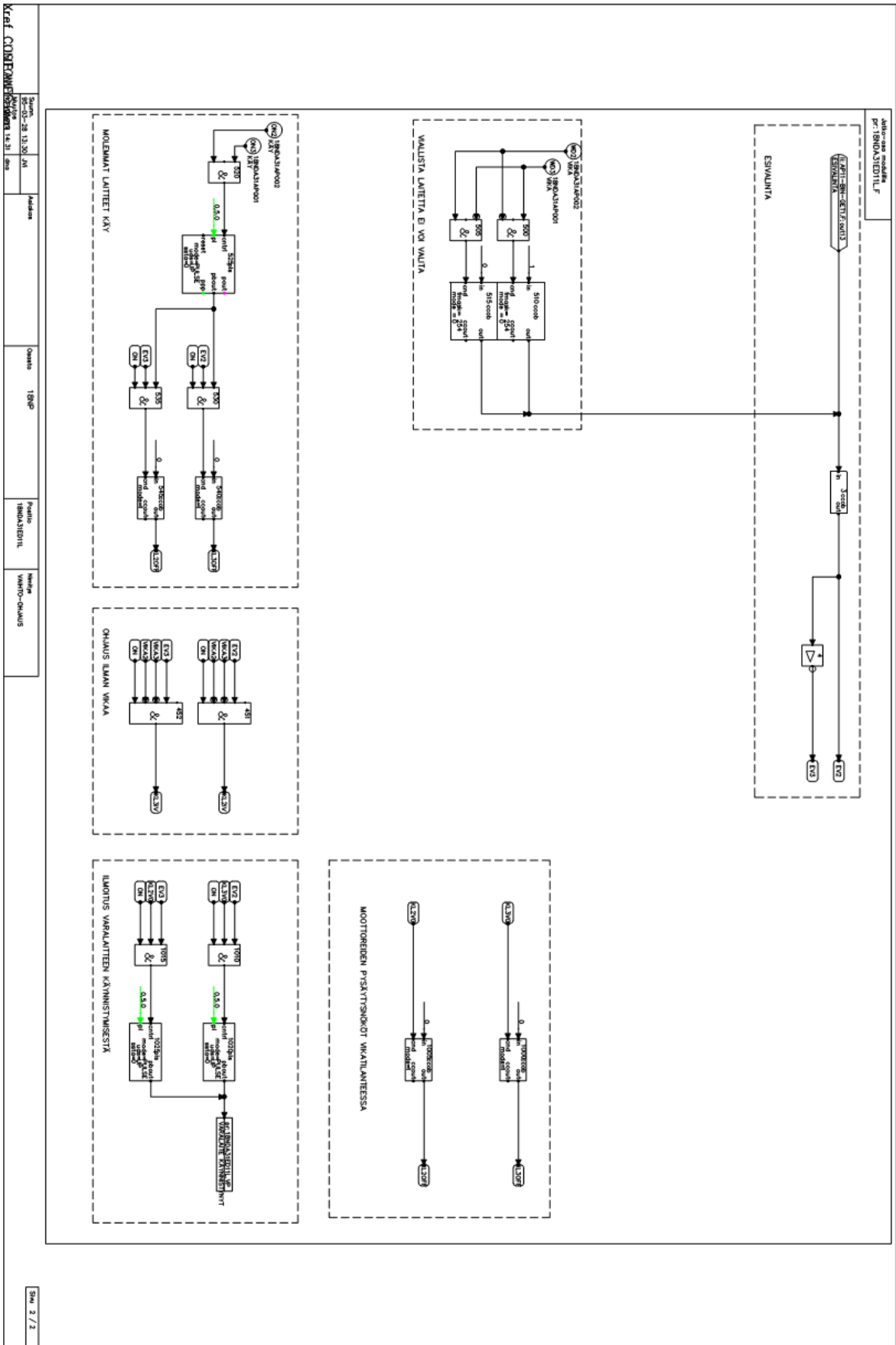
Tyypillinen
TK0298

Calo-projekti
18NP

Calo-tiedosto
18NDA31AP002.dwg

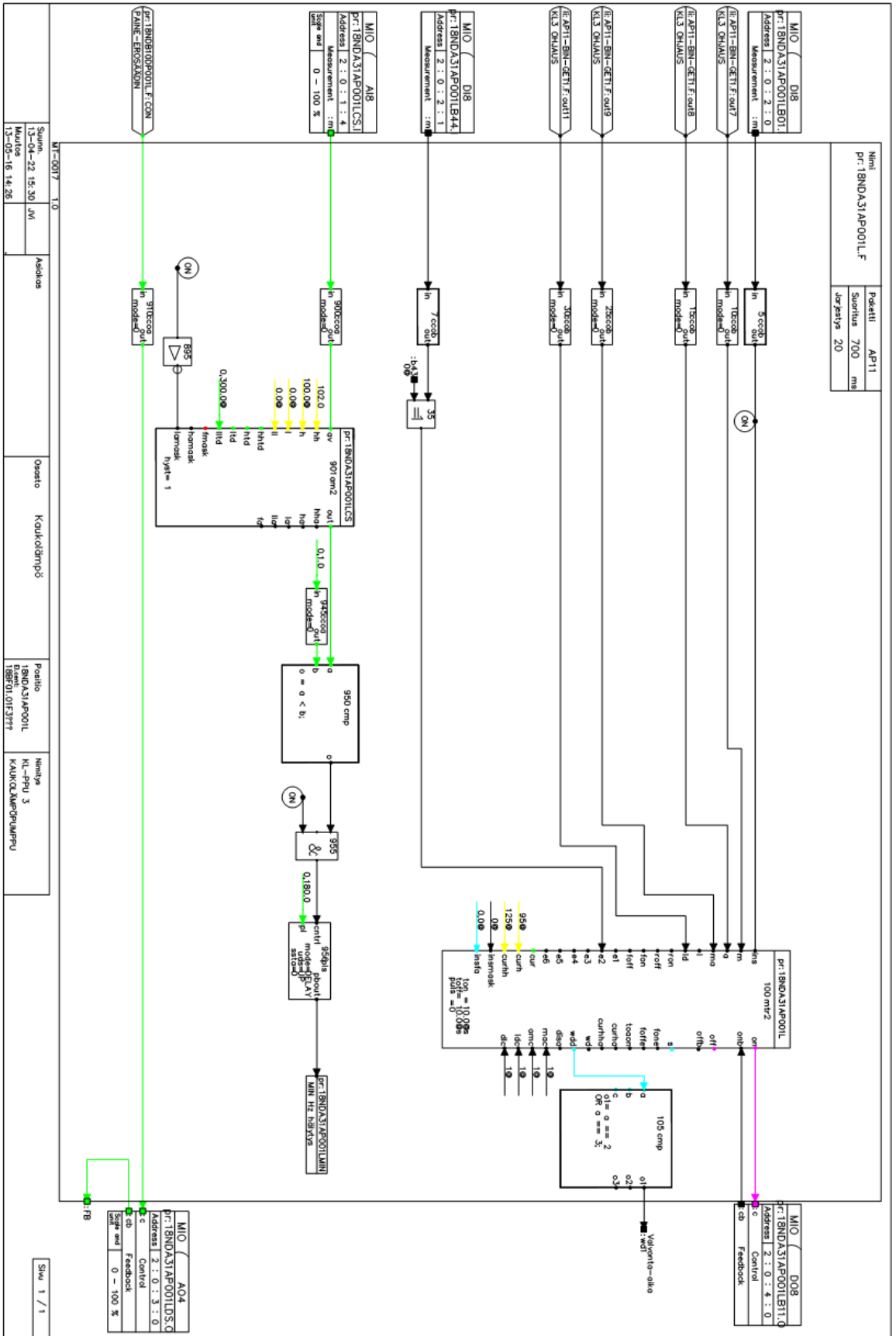






Ketel. OMPERON	Siirtäminen 20.03.2018 13.30 JN	Asennus	Omako. 180P	Puoliteh. 1800/1800/11	Wattin VÄRITÖ-04/05
----------------	------------------------------------	---------	-------------	---------------------------	------------------------

ESIMERKKI MOOTTORIOHJAUksen TOIMILOHKO-OHJELMASTA LIITE 6



4NP Korsteeni		
4NP00CL101	Poltin 1	ok 11.3.2013
4NP00CL101	Poltin 2	ok 11.3.2013
4NP00CL101	Poltin 3	ok 11.3.2013
4NP00CL102	Koneikko	ok 11.3.2013
4PD10L01	Kaivo	ok 18.4.2013
7NP Oppipoika		
7NP00CL102	Pumppari	ok 1.2.2013
7NP00CL101	Säiliö 1	ok 1.2.2013
7NP00CL101	Säiliö 2	ok 1.2.2013
7NP00CL101	Poltin 1	ok 1.2.2013
7NP00CL101	Poltin 2	ok 1.2.2013
7NP00CL102	Lattiahälytin	ok 21.2.2013
18NP Ojanperä		
18ND102.A	Poltin 1	ok 4.4.2013
18ND102.A	Poltin 2	ok 4.4.2013
18ND102.B	Säiliö 1	ok 4.4.2013
18ND102.B	Säiliö 2	ok 4.4.2013
10NP Hillerintie		
10NP104	Kaivo	ok 20.03.2013
3NP Ounas		
3M04	Lattiakaivo 1	ok 10.03.2013
3M04	Lattiakaivo 2	ok 10.03.2013
3M04	Lattiakaivo 3	ok 10.03.2013
3M04	Koneikko	ok 10.03.2013
12NP Nivan- vaara		
02OZ00A	Kaivo	ok 16.04.2013
02OZ00A	Poltin 1	ok 16.04.2013
02OZ00A	Poltin 2	ok 16.04.2013
8NP Te- ollisuustie		
8M02	Kaivo	ok 23.4.2013

7NP Oppipoika		
Positio	Sijainti	huomioitavaa
7M05.A	Savuilmaisin	ok 21.2.2013
7M05.A	Lämpöilmaisin	ok 21.2.2013
7M05	Palosulake poltin 1	ok 21.2.2013
7M05	Palosulake poltin 2	ok 21.2.2013
4NP Korsteeni		
7M08.A	Savuilmaisin	ok 8.3.2013
7M08.A	Lämpöilmaisin	ok 8.3.2013
7M08	Palosulake poltin 1	ok 8.3.2013
7M08	Palosulake poltin 2	ok 8.3.2013
7M08	Palosulake poltin 3	ok 8.3.2013
7M08	Yläkerta hälytin 1	ok 8.3.2013
7M08	Yläkerta hälytin 2	ok 8.3.2013
7M08	Yläkerta hälytin 3	ok 8.3.2013
7M08	Yläkerta hälytin 4	ok 8.3.2013
18NP Ojanperä		
18ND101.A	Savuilmaisin, öp	ok 4.4.2013
18ND101.A	Lämpöilmaisin, öp	ok 4.4.2013
18ND101.B	Lämpöilmaisin, pelletti 1	ok 4.4.2013
18ND101.C	Lämpöilmaisin, pelletti 2	ok 4.4.2013
18ND105	Palosulake, poltin 1	ok 4.4.2013
18ND105	Palosulake, poltin 2	ok 4.4.2013
10NP Hillerintie		
10NP103.A	Lämpöilmaisin	ok 20.03.2013
10NP103.B	Savuilmaisin	ok 20.03.2013
10NP103	Palosulake, poltin 1	ok 20.03.2013
10NP103	Palosulake, poltin 2	ok 20.03.2013
3NP Ounas		
3M07.A	Lämpöilmaisin, kattilasali	ok 11.04.2013
3M07.A	Savuilmaisin, kattilasali	ok 11.04.2013
3M07.B	Lämpöilmaisin, sähkötila	ok 11.04.2013
3M07.B	Savuilmaisin, sähkötila	ok 11.04.2013
3M08	Palosulake, poltin 1	ok 11.04.2013
3M08	Palosulake, poltin 2	ok 11.04.2013

12NP Nivanvaara

00PH00.A	Lämpöilmaisín, kattilasali	ok 16.04.2013
00PH00.A	Savuilmaisin, kattilasali	ok 16.04.2013
00PH00.B	Lämpöilmaisín, toimistotila	ok 16.04.2013
00PH00.B	Savuilmaisin, toimistotila	ok 16.04.2013
01PS01A	Palosulake KPA	ok 16.04.2013

8NP Teollisuustie

8M03.A	Lämpöilmaisín	ok 23.4.2013
8M03.A	Savuilmaisin	ok 23.4.2013
8M03	Palosulake, öp1	ok 23.4.2013
8M03	Palosulake, öp2	ok 23.4.2013