

Jani Häyhä

Teollisuusunin ohjauksen modernisointi

Opinnäytetyö

Syksy 2013

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Jani Häyhä

Työn nimi: Teollisuusuurin ohjauksen modernisointi

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 2

Työn tarkoituksena oli suunnitella modernisoitu teollisuusuurin ohjaus nykyaikaisilla komponenteilla sekä lisätä ohjelmoitava logiikka korvaamaan vanha releohjaus, talentamaan historiatieto ja mahdollistaa ajastettu lämmönpudotus. Nykyisen ohjauksen ongelmakohtia ovat relelähtöisen säätimen ohjaamat suuret kontaktorit, jotka eivät mekaanisilta ominaisuuksiltaan kestä ohjauksen vaatimia jatkuvia tilojen muutoksia kovinkaan pitkään. Lisäksi mahdollisimman stabiili lopputulos edellyttää huomattavasti nopeampaa säätöä kuin kontaktoreita käytettäessä on mahdollista toteuttaa.

Työssä pohdittiin säätökomponentin valintaa logiikan PID-säätimen sekä erillisten yksikkösäädinten välillä. Lisäksi säätimen ohjausviestiä pohdittiin relelähdön, logiikkalähdön sekä analogialähdön välillä. Ohjauskomponentteja uudistettaessa merkittävin vaihto oli mekaanisten kontaktoreiden vaihto puolijohdekomponentteihin. Tyristoriyksiköiden valinnassa keskityttiin valitsemaan oikea yksikkö kaksi- ja kolmijalkaohjausten eroja pohtien. Logiikan avulla suunniteltiin sähköinen ohjaus. Käyttöliittymään tehtiin ikkunat lämpötilan seurantaan, lämmönpudotuksen hallintaan, asetusarvojen syöttöön sekä hälytyksille. Sähkösuunnitelma tehtiin CADS-työkalun avulla.

Työn lopputuloksena saatiin toteuttamiskelpoinen suunnitelma uurin ohjaukseen. Ehdotetuista ulkoisista säätimistä sekä tyristoriyksiköistä pyydettiin ja saatiin tarjoukset budjetoinnin helpottamiseksi. Lisäksi uuniin ehdotettiin mahdolliseksi jatko-parannuksiksi uurin rummun pyörintävahdin lisäämistä sekä taajuusmuuttajan lisäämistä rummun nopeuden säätöön.

Avainsanat: yksikkösäädin, puolijohde, tyristoriyksikkö, ohjelmoitava logiikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Jani Häyhä

Title of thesis: Modernizing the control system of an industrial oven

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2013

Number of pages: 47

Number of appendices: 2

The aim of this thesis was to design a modernized control system for an industrial oven using modern components. The plan was also to replace the old relay control system with a PLC, store historic data and enable the timed low heating period. At present the main problems of the control system are big contactors, controlled by a relay output controller, whose mechanical durability is not on a suitable level. In addition a well stabilized control should be a lot faster than is possible to reach by using mechanical contactors.

In this work the selection of a suitable control component between a PID-controller in a PLC and a separate unit controller was pondered. In addition the mode of control signal between relay output, logic output and analogue output was under discussion. The main issue in modernizing the control components was to change the mechanical contactors to semiconductor components. The differences between two and three leg models were compared in the selection of thyristor units. Electrical control was planned with the PLC. Views for monitoring the temperature, managing the low heating period, giving set values and following alarms were made to the user interface. CADS tool was used to perform the electrical wiring design.

As a result a complete modernization plan for an oven control was made. To make budgeting easier quotations for proposed unit controllers and thyristor units were requested and received. In addition a rotation guard and a frequency converter were proposed for the oven's possible future improvements.

Keywords: unit controller, semiconductor, thyristor unit, PLC

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne.....	10
1.4 Yritysesittely.....	10
2 TYÖN TEORIAA.....	11
2.1 Mittaustekniikka.....	11
2.1.1 Lämpötilan mittaus.....	11
2.2 Ohjauskomponentit.....	14
2.2.1 Puolijohdekomponentit.....	15
2.2.2 Tyristoriyksikön ohjaaminen.....	16
2.3 Sääätötekniikka.....	18
2.3.1 PID-säädin.....	20
2.3.2 PID-säätimen virittäminen.....	21
2.4 Logiikkaohjaukset.....	22
3 UUNIN TOIMINTAPERIAATE.....	24
4 UUNIN MODERNISOINTI.....	26
4.1 Järjestelmän vaatimukset.....	26
4.2 Sähkösuunnittelu.....	26
4.3 Logiikan valinta.....	26
4.4 Säätkomponentin valinta.....	28
4.5 Ohjauksen valinta.....	29
4.6 Logiikkaohjelma.....	31
4.7 Käyttöliittymä.....	33
4.7.1 0–400 °C näkymät.....	34

4.7.2	290–310 °C näkymät	35
4.7.3	30 minuutin näkymä	36
4.7.4	Lämmönpudotus	37
4.7.5	Lämmönpudotusinfo	38
4.7.6	Hälytykset	39
4.7.7	Asetukset	39
4.7.8	PLC:n aika	40
4.8	Historiatieto	41
4.9	Uunin uudistettu ohjauskokoonpano	43
5	YHTEENVETO	44
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	48

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Uunin nykyinen ohjauskeskus.....	9
Kuvio 2. K-typin termopari (Termopari lämpötila-anturina 2009; Pihkala 2008, 47).....	13
Kuvio 3. T-, K- ja S-typin termoparien ominaiskäyrät (Thermocouple reference tables acc. to IEC 584-1 [viitattu 12.7.2013]).	14
Kuvio 4. Tyristorin rakenne ja piirrosmerkit (Hietalahti 2011, 19).....	16
Kuvio 5. On/off-ohjaus.	17
Kuvio 6. Aikasuhteellisuus-ohjaus.....	18
Kuvio 7. Vaihekulmaohjaus, 50 % teho.....	18
Kuvio 8. Avoin säätö (Kippo & Tikka 2008, 27).....	19
Kuvio 9. Kompensoitu säätö (Kippo & Tikka 2008, 28).	19
Kuvio 10. Suljettu takaisinkytketty säätö (Kippo & Tikka 2008, 29).....	20
Kuvio 11. Hyvässä vireessä oleva säädin Ziegler-Nicholsin mukaan (Savolainen & Vaitinen 2003, 45).....	21
Kuvio 12. Järjestelmän prosessikuvaus.	24
Kuvio 13. Uunin nykyinen ohjauskokoonpano.....	25
Kuvio 14. CPU 1214C sekä termoparianalogiayksikkö.	27
Kuvio 15. KTP Basic Mono-näyttö	27
Kuvio 16. Kaksi- ja kolmijalkaohjaukset.	30
Kuvio 17. Käyttöliittymän 1 h:n näkymä.	34
Kuvio 18. Käyttöliittymän 8 h:n näkymä.	35
Kuvio 19. Käyttöliittymän 1 h:n näkymä 290–310 asteessa.	36
Kuvio 20. Käyttöliittymän 8 h:n näkymä 290–310 asteessa.	36
Kuvio 21. Käyttöliittymän 30 minuutin näkymä.....	37
Kuvio 22. Käyttöliittymän lämmönpudotusnäkymä.....	38
Kuvio 23. Käyttöliittymän lämmönpudotusinfon näkymä.	38
Kuvio 24. Käyttöliittymän hälytykset -näkymä.	39
Kuvio 25. Käyttöliittymän asetukset -näkymä.....	40
Kuvio 26. Käyttöliittymän 'asetta PLC:n aika' -näkymä.	41
Kuvio 27. Historiatiedosto PLC:n palvelimella.....	42
Kuvio 28. Uunin uudistettu ohjauskokoonpano.	43

Taulukko 1. Platina-anturin resistanssi suhteessa lämpötilaan (Pihkala 2008, 46).....	12
Taulukko 2. Yleisimmät termoelementtityypit (Pihkala 2008, 48).....	13

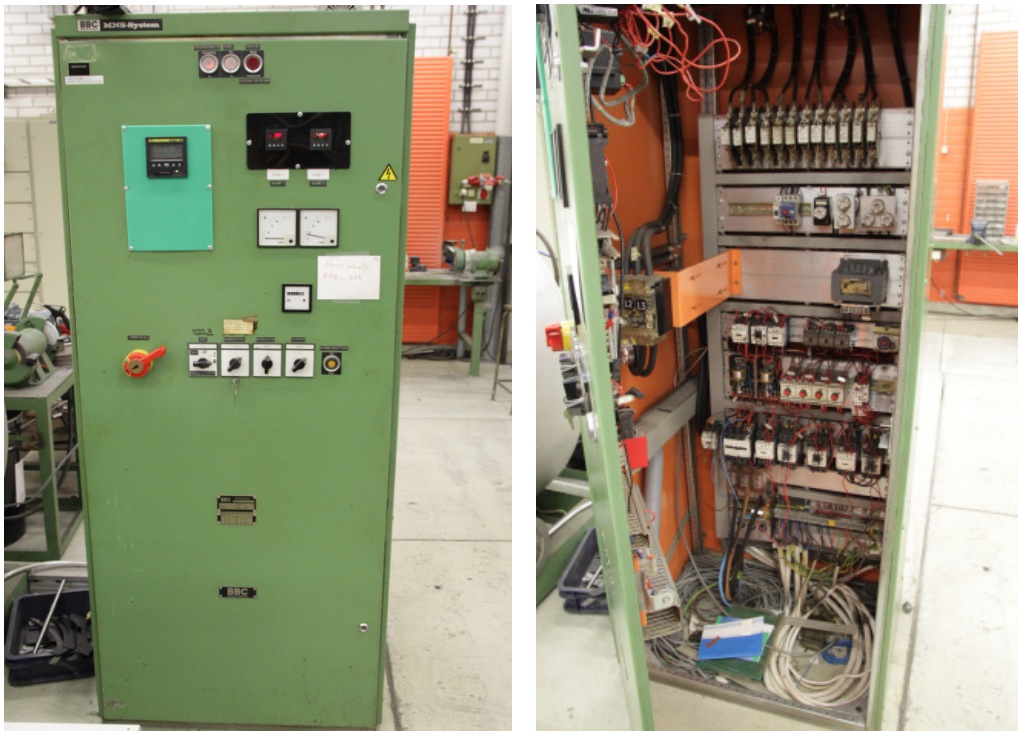
Käytetyt termit ja lyhenteet

DIN	Deutsches Institut für Normung. Saksalainen standardointi-instituutti. Yleinen teollisuustavaroiden valmistukseen liittyvä standardi.
I/O	Input/Output. Sisääntulo/ulostulo.
NTC	Negative Temperature Coefficient. Termistori, jonka resistanssi pienenee lämpötilan noustessa.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
PTC	Positive Temperature Coefficient. Termistori, jonka resistanssi suurenee lämpötilan noustessa.
SCR	Silicone Controlled Rectifiers. Tyristori.
SP	Set Point. Asetusarvo.
SSR	Solid State Relay. Puolijohderele.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Nammo Lapua Oy:llä on hylsynvalmistusprosessissa käytössä teollisuusuuni, jonka sähköistys ja ohjaus on tarpeen modernisoida. Nykyisellään uunin lämmitysvastuksia ohjataan erillisten säätimien avulla kontaktoreita ohjaamalla. Kontaktoreiden jatkuvat päälle-pois tilojen muutokset aiheuttavat isojen kontaktoreiden säännöllisiä rikkoutumisia. Uudistetun ohjauksen lisäksi uuniin tarvitaan mahdollisuus historia-tiedon lukemiseen helpolla tavalla. Nykyisellään käytössä on pieni näyttöpaneeli seuranta varten, mutta käytännössä tätä ei hyödynnetä pienen koon ja hankalan käytön vuoksi. Kuviossa 1 on esitetty uunin nykyinen ohjauskeskus.



Kuvio 1. Uunin nykyinen ohjauskeskus.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on modernisoida vanha lämmityksen ohjaus uusilla moderneilla komponenteilla sekä lisätä historiatiedon helpompi seurantamahdollisuus. Lisäksi tavoitteena on lisätä mahdollisuus lämmönpudotukselle esim. viikonloppuja varten,

sekä luoda uusia hälytyksiä lämpötilan seurantaan. Näitä varten tavoitteena on lisätä näyttöpaneeli asetusarvojen syöttöön ja seurantaan.

1.3 Työn rakenne

Johdannossa kerrotaan työstä ja sen tavoitteesta sekä esitellään yritystä. Toisessa luvussa keskitytään työn teoriataustaan sekä kerrotaan yleisiä teknisiä asioita työhön liittyen. Kolmannessa luvussa kerrotaan uunin käytöstä ja neljännessä luvussa itse työstä ja sen etenemisvaiheista. Lopussa on yhteenveto sekä pohdintaa.

1.4 Yritysesittely

Nammo Lapua Oy:n tehdas sijaitsee Lapualla, Etelä-pohjanmaalla. Se on osa Nammo-konsernia, jonka omistajina ovat vuodesta 2005 alkaen olleet puoliksi Patria sekä Norjan hallitus (Lapua – Historia 2011).

Nammo Lapua Oy perustettiin alun perin vuonna 1923 Valtion Patruunatehtaan nimellä. Vuonna 1976 tapahtuneen räjähdysten jälkeen rakennettiin uusi, nykyinen tehdas Lapuan Jouttikallion teollisuusalueelle. Nykyisin tehdas työllistää Lapualla n. 150 henkilöä. Lapuan tehtaan päätuotteita ovat pienikaliiperiset patruunat ja komponentit sekä siviili- että viranomaiskäyttöön. (Lapua – Toimipisteet 2011.)

2 TYÖN TEORIAA

2.1 Mittaustekniikka

Prosessien ja automaattisten laitteiden luotettavaan toimintaan tarvitaan yksikäsitteistä ja riittävän tarkkaa tietoa laitteiden toiminnasta. Kyseisen toimintatiedon keräämistä kutsutaan mittaustekniikaksi. Yleisesti mittaustekniikassa kehitetään mitalaitteita sekä mittaustiedon käsittelyä. (Savolainen & Vaittinen, 2003, 7.)

2.1.1 Lämpötilan mittaus

Yksi yleisimmistä teollisuuden mittauksista on lämpötilan mittaus. Lämpötila vaikuttaa lähes kaikkiin fysikaalisiin ja kemiallisiin prosesseihin sekä fysikaalisten ja kemiallisten aineiden ominaisuuksiin. Lämpötilan mittaus voidaan toteuttaa useilla eri menetelmillä kohteesta riippuen, mutta tässä työssä keskitytään ainoastaan sähköisiin menetelmiin. Sähköinen lämpötilan mittaus voidaan toteuttaa perustuen joko muuttuvaan vastusarvoon tai jännite-eroon mittapäiden välillä. (Pihkala 2008, 35, 44-47.)

Vastuslämpömittaus. Metallivastusantureissa mitataan metallin sähköistä resistanssia. Metalleilla on positiivinen lämpötilakerroin, mikä tarkoittaa että lämpötilan noustessa metallien resistanssi kasvaa. Tätä ominaisuutta käytetään hyödyksi lämpötilan mittauksessa. (Pihkala 2008, 44.)

Yleisin käytetty metalli lämpötilan mittauksessa on platina. Sen resistanssi 0 °C:een lämpötilassa on 100 Ω. Tästä tuleekin nimitys yhdelle yleisimmistä vastusantureista: Pt100. Resistanssiin perustuvassa mittauksessa voidaan käyttää platinan sijasta myös esimerkiksi nikkeliä tai kuparia, mutta nämä ovat harvemmin käytettyjä kuin platina. (Pihkala 2008, 44.)

Vastusanturien resistanssi ei ole täysin lineaarinen suhteessa lämpötilan muutokseen. Tämän vuoksi lämpötilan lukuun käytetään yleensä taulukkoa, jossa on ilmoitettu resistanssin riippuvuus lämpötilasta. Vastusantureita voidaan käyttää

-200 °C...+850 °C:een lämpötila-alueella. (Pihkala 2008, 45-46.) Taulukossa 1 on esitetty Platina-anturin resistanssi suhteessa lämpötilaan.

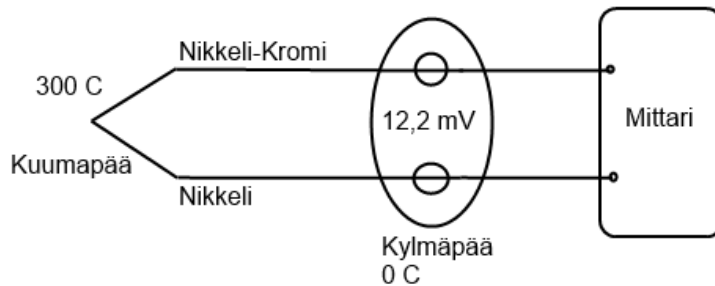
Taulukko 1. Platina-anturin resistanssi suhteessa lämpötilaan (Pihkala 2008, 46).

t/°C	Pt 100/Ω	t/°C	Pt 100/Ω
-200	18,5	200	175,8
-100	60,2	300	212,0
-50	80,2	400	247,1
0	100,0	500	280,9
50	119,4	600	313,7
100	138,5	700	345,2
150	157,3	800	375,6

Termistori on toinen resistanssiin perustuvassa lämpötilanmittauksessa käytetty elementti. Sen resistanssi riippuu voimakkaasti lämpötilasta, jonka vuoksi sitä käytetään ainoastaan hyvin kapeilla mitta-alueilla. Termistoreja on kahta tyyppiä: NTC, jonka resistanssi pienenee lämpötilan noustessa, sekä PTC, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. (Pihkala 2008, 46.)

Termoparimittaus. Termoparimittaus on eniten käytetty menetelmä lämpötilan mittaukselle. Termoparit ovat yksinkertaisia, luotettavia sekä halpoja ja sen vuoksi hyvä vaihtoehto useimpiin sovelluksiin. Varsinkin korkeammissa lämpötiloissa, yli 500 °C, termopari on yleisemmin käytetty kuin vastusanturimittaus. (Pihkala 2008, 47-48; Termopari lämpötila-anturina 2009.)

Termoparin toiminta perustuu virolaisen fyysikon Thomas Seebeckin v. 1822 keksimään ilmiöön, jossa kahden eri metallin liitoksessa syntyy lämpötilasta riippuva tasajännite. Termoparissa on aina ns. kuumapää ja kylmäpää. Näiden välisestä jännite-erosta saadaan kuuman pään lämpötila kun kylmänpään lämpötila tiedetään. Kuviossa 2 on esitetty K-tyypin termoparin toimintaperiaate. (Pihkala 2008, 47-48; Termopari lämpötila-anturina 2009.)



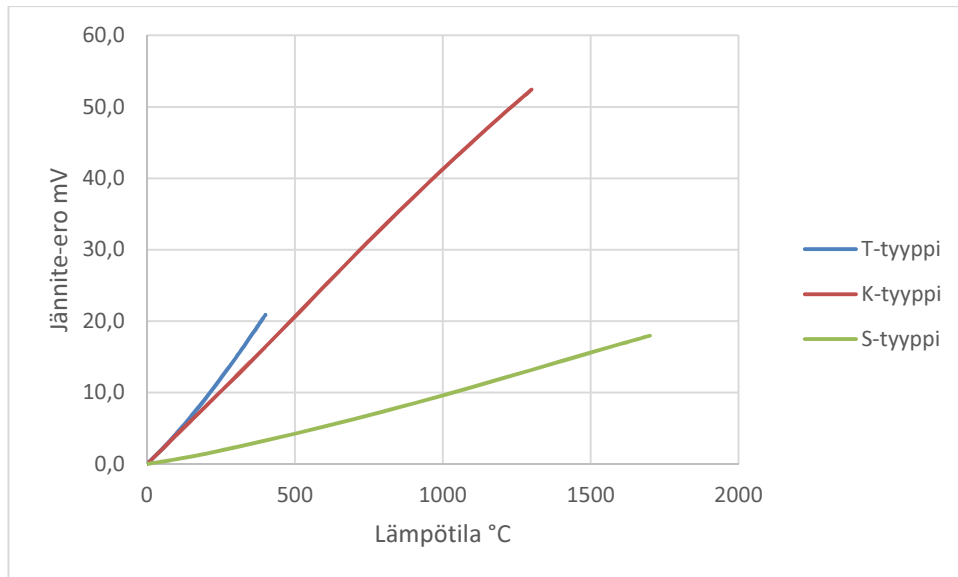
Kuvio 2. K-tyyppin termopari (Termopari lämpötila-anturina 2009; Pihkala 2008, 47).

Yleisimmin käytetty ja edullisin termopari on K-tyyppin termopari, joka koostuu nikkeli-kromi/nikkeli (NiCr-Ni) johtimista. K-tyyppin käyttö onkin suositeltavaa kaikissa olosuhteissa, joskaan ei jatkuvasti yli 1000 °C lämpötiloissa nopean ikääntymisen vuoksi. Korkeissa lämpötiloissa on suositeltavaa käyttää jaloja termopareja (esim. S-tyyppi), ja matalissa lämpötiloissa T-tyyppin termoparilla on suurin tarkkuus ja stabiilisuus. (Lämpötilan mittaus termoelementeillä; Pihkala 2008, 47-48.)

Taulukossa 2 on esitetty yleisimmät termoelementtityypit ja kuviossa 3 ominaiskäyrät T-, K- ja S-tyyppin termopareille.

Taulukko 2. Yleisimmät termoelementtityypit (Pihkala 2008, 48).

Tunnus	Johdin	Lämpötila, °C
Perusmetalli-termoelementit		
T	Cu-CuNi	-200...400
J	Fe-CuNi	-270...1050
K	NiCr-Ni	-270...1370
E	NiCr-CuNi	-270...790
N	NiCrNi-NiSi	-270...1300
Tavallisimmat jalometalli-termoelementit		
S	Pt10Rh-Pt	-50...1760
R	Pt13Rh-Pt	-50...1760
B	Pt30Rh-Pt6Rh	100...1700



Kuvio 3. T-, K- ja S-tyypin termoparien ominaiskäyrät (Thermocouple reference tables acc. to IEC 584-1 [viitattu 12.7.2013]).

2.2 Ohjauskomponentit

Aikaisemmin sähköiset ohjausjärjestelmät tehtiin käyttämällä sähkömekaanisia kytkimiä eli releitä. Releissä on mekaanisia koskettimia, jotka sulkeutuvat tai avautuvat ohjausvirran vaikuttaessa releeseen. Kytkemällä releitä sarjaan tai rinnakkain saatiin toteutettua kaikki nykyäänkin käytössä olevat loogiset toiminnot. Ajastimina käytettiin erillisiä ajastinreleitä. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 52-53, 211.)

Suuria virtoja ja jännitteitä ohjaavia releitä kutsutaan kontaktoreiksi. Ne onkin tarkoitettu päävirtapiireihin esim. kolmivaihesähkömoottorin kytkentään, kun taas pienemmät releet on tarkoitettu näiden ohjausvirtapiireihin. (Keinänen ym. 2010, 52.)

Releiden käyttö on nykyisin vähentynyt. Niiden koko, hinta ja mekaaninen kulutuskestävyys ovat ohjausjärjestelmien ongelmakohtia. Lisäksi muutosten teko releohjattuun järjestelmään on ongelmallista, koska niitä ei voida ohjelmoida. (Keinänen ym. 2010, 55.)

2.2.1 Puolijohdekomponentit

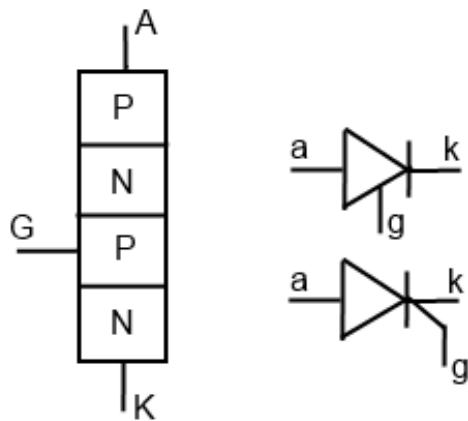
Nykyään mekaanisia ohjauskomponentteja korvataan usein puolijohdekomponenteilla. Puolijohteet, nimensä mukaisesti, eivät ole hyviä johteita eivätkä liioin eristeitä. Puolijohtamaton tila johtuu valenssielektronien (4 kpl) määrästä uloimmalla elektronikuorella. (Keinänen ym. 2010, 56.)

Lähes kaikkien puolijohdeiden toiminta perustuu puolijohdeaineiden PN-liitokseen. Tämä tarkoittaa kahden puolijohdeaineen, P ja N, liittämistä toisiinsa. Syntynyt aine on yksinkertainen puolijohdepala, joka johtaa toiseen suuntaan ja eristää toiseen, eli siis diodi. (Keinänen ym. 2010, 32.)

Puolijohdeiden tärkein alkuaine on pii. Sekoittamalla piihin pieni määrä indiumia saadaan aukkoja eli elektronivajauksia sisältävä P-aine. N-aine, eli elektroneja luovuttava, puolestaan saadaan piin ja arseenin seoksesta. (Keinänen ym. 2010, 56.)

Puolijohderele. Puolijohdereleen toiminta on samanlainen kuin sähkömekaanisen releen. Se kytkee ohjaussignaalin avulla suuremman kuormituksen. Toisin kuin sähkömekaanisissa releissä puolijohdereleissä ei ole liikkuvia osia, vaan päästösuunta aktivoidaan puolijohdeiden, esim. transistorien avulla. Mekaanisten, liikkuvien osien puuttuminen onkin puolijohdereleen suurin hyöty. Tämän johdosta ne kestävät huomattavasti pidempään kuin mekaaniset releet, ovat nopeita sekä lähes äänettä. (Overview of solid-state relays, [viitattu 15.7.2013].)

Tyristori. Tyristori on nelikerroksinen puolijohdekomponentti, jonka johtavuutta voidaan ohjata ulkoisella viestillä. Siinä on vuorotellen P- ja N-tyyppisiä puolijohdekerroksia. Tyristorissa on anodi ja katodi kuten diodissakin, mutta lisäksi vielä ohjaamiseen tarkoitettu hila (gate). Kuviossa 4 on esitetty tyristorin rakenne ja yleisesti käytettyjä piirrosmerkkejä. (Hietalahti 2011, 19; Johansson 1996, 27.)



Kuvio 4. Tyristorin rakenne ja piirrosmerkit (Hietalahti 2011, 19).

Kun tyristorin anodi (a) on negatiivinen katodiin (k) nähden, tyristori on estotilassa. Kun anodi on positiivinen katodiin nähden, tyristori on myötäestotilassa. Kun myötäestotilassa hilalla (g) tuodaan riittävän suuri positiivinen jännitepulssi, tyristori alkaa johtaa, eli menee päästötilaan. (Hietalahti 2011, 19.)

Päästötilassa tyristori johtaa, vaikka hilajännite laskisikin nolnaan. Tyristori ei siis tarvitse jatkuvaa ohjausta. Tyristori sammuu vasta, kun anodivirta laskee alle pitovirran ja anodijännite on negatiivinen katodiin nähden. (Hietalahti 2011, 20.)

2.2.2 Tyristoriyksikön ohjaaminen

Tyristoriyksikön ohjaaminen voidaan jakaa kahteen kategoriaan:

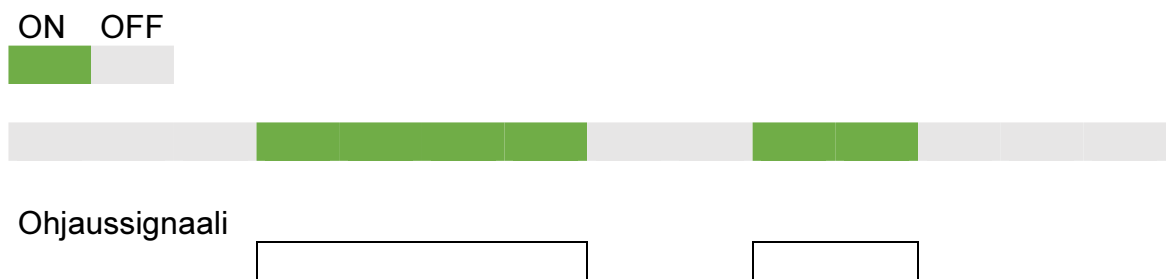
1. Nollapisteohjaus (zero voltage crossover)
2. Ei-nollapisteohjaus (non-zero voltage crossover). (SCR Power theory training material, 9.)

Nollapisteohjaus. Ohjauspiiriä kutsutaan nollapiste-tyyppiseksi, mikäli tyristoriyksikön ohjaus sallitaan ainoastaan, kun siniaaltomuotoinen jännitekäyrä on nollakohdassa. Tämä tapahtuu siniaallossa $\frac{1}{2}$ jakson välein. (SCR Power theory training material 2002, 9.)

Nollapistehjauksen tekniikat voidaan jakaa seuraaviin tyypeihin:

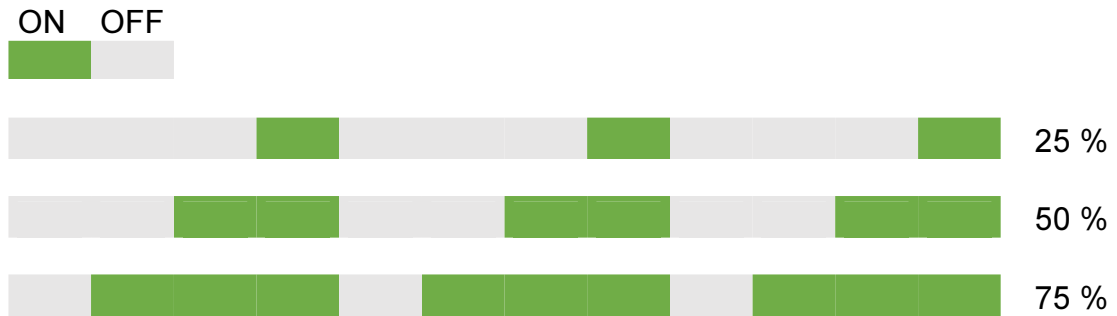
- On/off
- Aikasuhteellisuus (time proportional). (SCR Power theory training material, 10.)

On/off-ohjauksessa tyristoriyksikkö joko on täysin päällä tai pois riippuen ohjaussignaalista. Tätä ohjausta käytetään usein, mikäli korvataan suoraan vanhat kontaktorit tyristoriyksiköllä. Vakio ohjaussignaali on/off-ohjauksessa on yleensä 3–32 VDC. Kuviossa 5 on esitetty lähtösignaalin tila ohjaussignaaliin verrattuna. (SCR Power theory training material 2002, 11.)



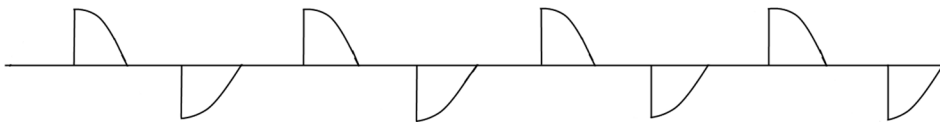
Kuvio 5. On/off-ohjaus.

Aikasuhteellisuus-ohjauksessa ulkoinen säädin määrittää tarvittavan ulostulotehon prosenteissa. Tässä ohjauksessa ajanjakso on määritelty (esim. 1 s) ja tyristoriyksikön lähtö on päällä määritetyn prosenttiosuuden määritetystä ajanjaksosta. Esimerkiksi, jos tarvitaan 50 % ulostuloteho, tyristoriyksikön lähtö on päällä 0,5 s ja pois 0,5 s. Vastaavasti, mikäli tehotarve on 75 %, tyristoriyksikön lähtö on päällä 0,75 s ja pois 0,25 s. Yleisimmät ohjaussignaalit aikasuhteellisuus-ohjauksessa ovat analogiset 4–20 mA, 0–5 VDC ja 0–10 VDC. Kuviossa 6 on esitetty lähtösignaalin tilat eri ohjaussignaalin voimakkuudella. (SCR Power theory training material 2002, 12.)



Kuvio 6. Aikasuhteellisuus-ohjaus.

Ei-nollapisteohjaus. Ei-nollapiste-ohjauksessa tyristoryksikkö voidaan kytkeä päälle missä tahansa siniaallon kohdassa. Tässä ohjauksessa on vain yksi yleisesti käytetty tyyppi: vaihekulmaohjaus. Se jakaa jokaisen jakson pienempiin palasiin. Esimerkiksi 50 % ulostulolla jokaisesta siniaallon jaksosta puolet on päällä ja puolet leikkautuu pois, kuten kuviossa 7 on esitetty. Koska kytkentävaiheen jännite ei yleensä ole nolla, kytkeminen saattaa aiheuttaa sähköistä häiriötä. Tämän vuoksi tyristoryksikön kytkennässä käytetään yleensä mieluummin nollajänniteohjauksen tekniikoita. (SCR Power theory training material 2002, 14-15.)



Kuvio 7. Vaihekulmaohjaus, 50 % teho.

2.3 Säätötekniikka

Säätötekniikassa on kyse prosessista, jonka olotilaa voidaan muuttaa. Säätötekniikka voidaan jakaa kahtia: manuaaliseen säätöön ja automaattiseen säätöön. (Savolainen & Vaittinen 2003, 7.)

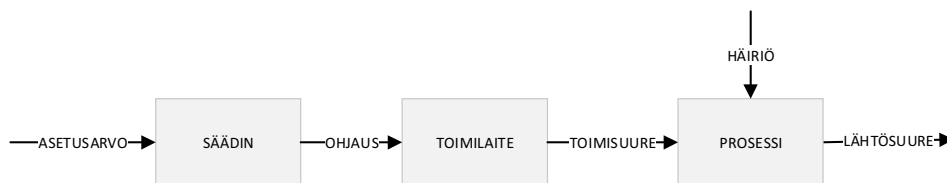
Manuaalisessa säädössä käyttäjä itse säätää säädintä, esim. venttiiliä tai potentiometriä, manuaalisesti saavuttaakseen haluamansa vasteen (Savolainen & Vaittinen 2003, 8-9).

Automaattisessa säädössä säätöjärjestelmä tekee tarvittavan säädön prosessin tulotietojen ja/tai mittaustietojen eli takaisinkytkennän perusteella (Savolainen & Vaitinen 2003, 8-9).

Automaattinen säätö voidaan lisäksi jakaa seuraavasti:

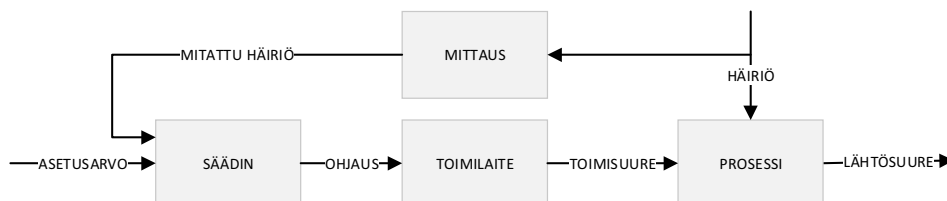
- avoin säätö
- kompensointi
- suljettu takaisinkytketty säätö. (Kippo & Tikka 2008, 27.)

Avoimessa säädössä prosessin toimilaitetta ohjataan suoraan ilman mittaustietoa. Tällaisessa säädössä prosessin käyttäytyminen ja häiriöt tulee olla tarkasti tiedossa, jotta haluttuun lopputulokseen päästään mahdollisimman tarkasti. Kuviossa 8 on esitetty avoimen säädön periaate. (Kippo & Tikka 2008, 27.)



Kuvio 8. Avoin säätö (Kippo & Tikka 2008, 27).

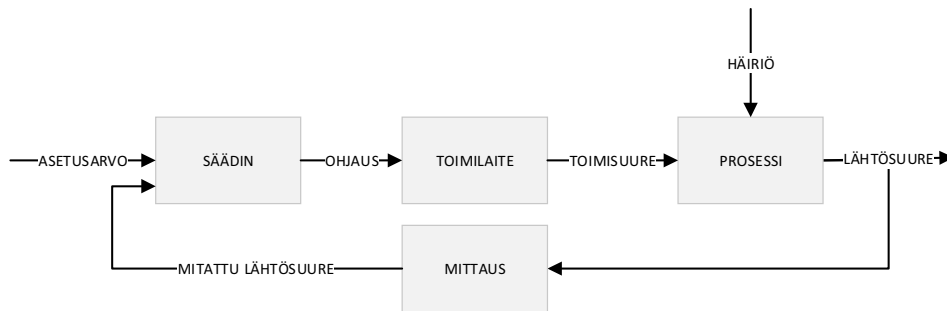
Kompensoinnilla tarkoitetaan prosessiin vaikuttavan häiriön mittaamista ja sen huomioimista säädössä, ennen kuin se ehtii vaikuttaa prosessin lähtösuureeseen. Kompensointi on ennakoiva säätö eikä sisällä itse prosessin mittaustietoa. Kuviossa 9 on esitetty kompensoidun säädön periaate. (Kippo & Tikka 2008, 27-28.)



Kuvio 9. Kompensoitu säätö (Kippo & Tikka 2008, 28).

Suljettu takaisinkytketty säätö sisältää prosessin lähtösuureen mittaamisen. Tämän tiedon avulla ohjataan säädintä halutun lähtösuureen aikaansaamiseksi. Takaisinkytketty säätö ottaa huomioon niin prosessiin kohdistuvat häiriöt kuin ajan myötä

tapahtuvan säädettävän suureen ryöminän jompaan kumpaan suuntaan. Takaisinkytketty säätö ei ota huomioon häiriöitä ennakkoiden kuten kompensointi, vaan säätö tapahtuu jälkikäteen prosessin mittaustiedon perusteella. Kuviossa 10 on esitetty takaisinkytketyn säädön periaate. (Kippo & Tikka 2008, 28-29.)



Kuvio 10. Suljettu takaisinkytketty säätö (Kippo & Tikka 2008, 29).

2.3.1 PID-säädin

Yleisimmin teollisuudessa käytetyn PID-säätimen ohjaus koostuu kolmesta termistä; suoraan erosuureeseen verrannollisesta P-termistä, erosuureen integraalista sekä erosuureen derivaatasta (PID-säädin 2011).

P-säätö. Proportionaalisessa lohossa lähtösignaali on suoraan verrannollinen prosessin tulosignaaliin. Tulosignaalin muuttuessa lähtösignaali muuttuu samassa suhteessa ilman viivettä. P-säädön parametrina käytetään suhteellista vahvistusta K_P . Erosuure kerrotaan vahvistuksella K_P ja tästä saadaan P-säädön ohjaussignaali. (Savolainen & Vaitinen 2003, 53-54.)

I-säätö. Integroivassa lohossa tulosignaalia integroidaan ajan suhteen. I-säätöä käytetään yleensä P-säädön kanssa, jolloin P-säädöstä jäljelle jäänyt säätöpoikkeama saadaan poistettua. I-säädön parametrina käytetään integrointikerrointa K_I tai sen käänteisarvoa integrointiaikavakiota T_I . (Savolainen & Vaitinen 2003, 55-56.)

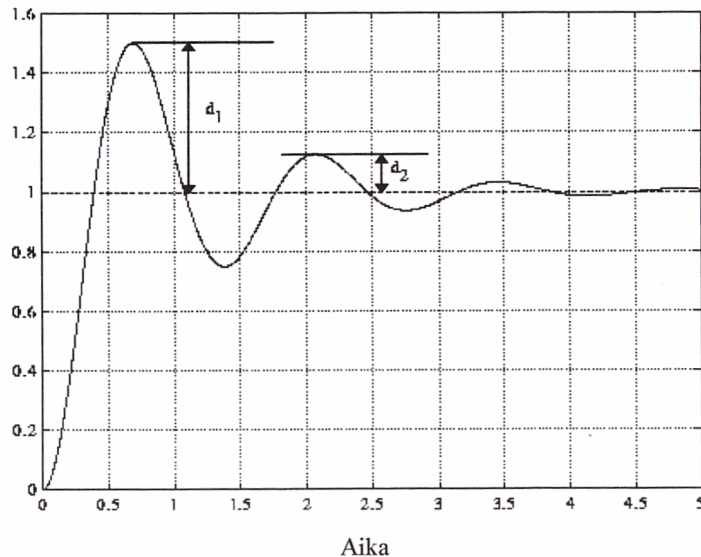
D-säätö. Derivoivassa lohossa tulosignaalia derivoidaan ajan suhteen. Tällöin D-säädön ohjaussignaali on verrannollinen tulosignaalin tapahtuneen muutoksen nopeuteen. D-säätöä käytetään yleensä yhdessä P- ja I-säätöjen kanssa. Tällöin

saadaan yleensä paras säätötulos, kun säätimellä voidaan tehokkaasti vaikuttaa järjestelmän nopeuteen, tarkkuuteen sekä värähtelyominaisuuksiin. D-säädön parametrina käytetään derivointikerrointa K_D tai sen käänteisarvoa derivointiaikava-kiota T_D . (Savolainen & Vaittinen 2003, 59-62.)

2.3.2 PID-säätimen virittäminen

Pelkkä PID-säädin ei vielä tee prosessissa ihmeitä, vaan se täytyy lisäksi olla hyvin viritetty, jotta säädöstä saadaan paras mahdollinen. PID-säätimen kohdalla virittäminen merkitsee P-, I- ja D-parametrien määrittämistä siten, että järjestelmän säätöpoikkeama olisi mahdollisimman pieni eikä järjestelmä värähtelisi häiritsevästi. (Savolainen & Vaittinen 2003, 43.)

Kaksi yleisintä PID-säätimen vitysmenetelmää ovat Ziegler-Nicholsin menetelminä tunnetut askelvastemenetelmä ja värähtelyrajamenetelmä (Savolainen & Vaittinen 2003, 43). Hyvässä vireessä oleva säädin käyttäytyy Ziegler-Nicholsin mukaan, kuten kuviossa 11, eli säätösuureessa esiintyvä värähtely asetusarvon muutoksen jälkeen vaimenee neljännekseen yhden jakson aikana.



Kuvio 11. Hyvässä vireessä oleva säädin Ziegler-Nicholsin mukaan (Savolainen & Vaittinen 2003, 45).

Askelvastemenetelmä. Askelvastemenetelmässä järjestelmän sisääntuloon aiheutetaan askelmainen muutos ja ulostulon käyttäytyminen tallennetaan esimerkiksi piirturille. Tästä saadaan parametreina järjestelmän aikavakio, viive sekä vahvistuskerroin. Näiden parametrien avulla saadaan laskettua menetelmässä määriteltujen kerrointen avulla säätimen P-, I- ja D-parametrit. (Savolainen & Vaittinen 2003, 43-44.)

Värähtelyrajamenetelmä. Värähtelyrajamenetelmässä järjestelmä ohjataan P-säätöä eli vahvistusta käyttämällä tasapainotilaan, jossa järjestelmän lähtösuure reagoi tulosuureen pieneen muutokseen alkamalla värähdellä vakioamplitudilla ja vakiotaajuudella. Tästä tilasta saadaan parametreina järjestelmän kriittinen vahvistuskerroin sekä kriittinen jaksonaika. Näiden parametrien avulla saadaan laskettua menetelmässä määriteltujen kerrointen avulla säätimen P-, I- ja D-parametrit. (Savolainen & Vaittinen 2003, 45-46.)

2.4 Logiikkaohjaukset

Automaatiossa on käytössä paljon komponentteja ja toimilaitteita, jotka toimivat on/off-periaatteella. Aikaisemmin näiden ohjaukset toteutettiin suurimmalta osin mekaanisilla releillä. Tämä johti useimmiten hankalaan johdotukseen sekä suureen komponenttimäärään. (Keinänen ym. 2010, 221.)

Nykyään samat järjestelmät voidaan toteuttaa ohjelmoitavilla logiikoilla (PLC). Komponenttien ja toimilaitteiden I/O-tiedot tuodaan logiikkaan ja ohjelma (johdotukset) suunnitellaan sähköisesti.

Standardi IEC-60031-3 määrittää syntaksin 5:lle eri ohjelmointikielelle, joita logiikkaohjelmoinnissa käytetään. Näistä kaksi ovat tekstipohjaisia kieliä, IL (instruction list) ja ST (structured text), ja kolme graafista kieltä, SFC (sequential function chart), LD (ladder diagram) ja FBD (function block diagram). (Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages [viitattu 23.8.2013].)

SFC. SFC ei ole varsinaisesti tarkoitettu itse loogisten toimintojen ohjelmointiin, vaan paremminkin ylemmän tason ohjelmointiin. Se on vuokaaviomainen graafinen

metodi ohjelman toimintojen valitsemiseen. (Keinänen ym. 2010, 224-225; Rockwell Software 2013.)

IL. Instruction List on matalan tason ohjelmointikieli muistuttaen Assembly-ohjelmointia. Se on käytännöllinen ohjelmissa, joissa pieniä toiminnallisuuksia toistetaan usein. Sitä pidetään tehokkaana, joskin hiukan hankalana opittavana. (Rockwell Software 2013.)

ST. Structured Text muodostuu tekstimuotoisista komennoista, jotka muistuttavat Pascal- tai Basic-ohjelmointikieliä. Etenkin kokeneemmat ohjelmoijat pystyvät tämän avulla helposti luomaan ratkaisuja hankalimmille matemaattisille toimituksille, algoritmeille tai valinnoille. Sen ohjelmarakenne perustuu IF-THEN-ELSE-rakenteeseen. (Keinänen ym. 2010, 224; Rockwell Software 2013.)

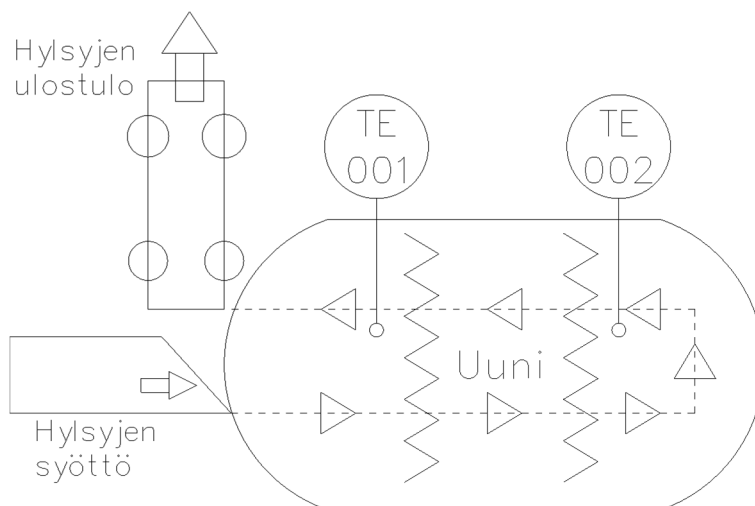
LAD. Ladder Diagram eli tikapuukaavio on yleisesti teollisuuden käytössä oleva loogikkaohjelmointikieli. Se muistuttaa sähköisiä piirikaavioita ja on sen vuoksi helposti ymmärrettävä. Siinä piirin vasemmassa reunassa on piiriin kytkettyjen tulojen koskettimet ja oikeassa reunassa lähtöjen koskettimet. (Keinänen ym. 2010, 224.)

FBD. Function Block Diagram eli toimilohkokaavio on graafinen kieli, joka mahdollistaa muiden kielten, kuten IL, ST ja LAD, käytön toimilohkokaavion sisällä. Siinä ohjelmaelementit esitetään lohkoina, jotka ovat sidoksissa toisiinsa. FBD on useasti käytössä sovelluksissa, joissa samaa toiminnallisuutta käytetään useasti eri kohdassa ohjelmaa. (Rockwell Software 2013.)

3 UUNIN TOIMINTAPERIAATE

Uunin käyttäminen aloitetaan asettamalla pääkytkin ON-asentoon sekä käynnistämällä rummun pyörintä. Kun rummun pyörintä on varmistettu, voidaan lämmitys kytkeä päälle. Haluttu lämpötila asetetaan kahdella erillisellä säätimellä etu- ja takaosalle erikseen. Lämpötilan noustua halutuksi uuni on käyttövalmis ja hehkutettavaa tavaraa voidaan syöttää. Nykyisessä käytössä tavarana läpimeno uunissa kestää n. 2 h. (Nammo Lapua Oy, 2013.)

Kuviossa 12 on esitetty järjestelmän prosessikuvaus. Hylsyjen syöttö tapahtuu täryn avulla manuaalisesti täytetystä laatikosta. Hylsyt kiertävät uunin rummussa ja ulostulosta hylsyt viedään kuljettimella eteenpäin. Lämpötilan mittaus tapahtuu uunin sisältä etu- ja takaosalle erikseen.



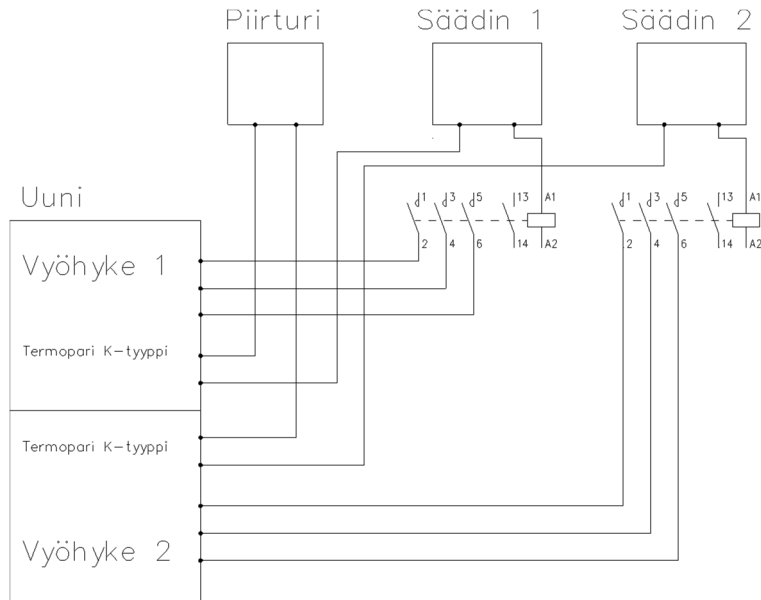
Kuvio 12. Järjestelmän prosessikuvaus.

Uunin rummussa on kiviä tai vastaavaa lämpöä varaavaa materiaalia. Tämän vuoksi sekä uunin lämpiäminen ja jäähtyminen on hidasta. Uunia ei ole aikaisemmin tavattu pysäyttää yön eikä viikonlopun yli juuri hitauden vuoksi.

Uunin ollessa toiminnassa käyttäjän tehtävänä on valvoa, että rumpu pyörii keskeytyksettä ja lämpötila pysyy 298–303 asteen haarukassa. Uunissa on hälytys sähkökatkoksen varalle, mutta lämpötilan ala- ja ylärajahälytykset puuttuvat.

Uunin sammutuksessa tulee huomioida, että kaikki tavara on tullut ulos uunista. Tämän jälkeen säätimestä voidaan asettaa alhaisempi lämpötila. Rummun pyöritys voidaan kuitenkin sammuttaa vasta, kun lämpötila on laskenut alle 100 asteen.

Kuviossa 13 on esitetty uunin nykyinen ohjauskokoonpano.



Kuvio 13. Uunin nykyinen ohjauskokoonpano.

4 UUNIN MODERNISOINTI

4.1 Järjestelmän vaatimukset

Uunin modernisointia suunniteltaessa on otettava huomioon vanhan releohjauksen muuttaminen logiikkaohjatuksi, lämmityksen kytkevien kontaktoreiden vaihto puoli-johdekomponentteihin sekä historiatiedon lukemismahdollisuus. Lisäksi tulee ottaa huomioon lämmönpudotusmahdollisuuden lisääminen.

Säätökomponentteina voidaan käyttää joko nykyisessä järjestelmässä olevia säätimiä relelähdöllä, uusia säätimiä SSR- tai analogialähdöllä tai vaihtoehtoisesti logiikan PID-säätimiä analogiaulostulolla.

4.2 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelu tehdään Kymdatán CADS-työkalulla. CADS Planner on Kymdatán mukaan selkeä markkinajohtaja sähkö- ja automaatioalan suunnittelu-ohjelmassa (CADS Planner 2013). Lisäksi opinnoissa saatu koulutus CADS-ohjelmistoon tuki valintaa.

4.3 Logiikan valinta

Vanha releohjaus päätettiin uudistaa toteuttamalla ohjaus logiikalla. Nammo Lapualla on käytössä ainoastaan Siemensin logiikoita, joten valmistajan valinta oli tässä tapauksessa selvä.

Siemensiltä oli tarjolla pienohjauksiin tarkoitettu Logo!, laajemmilla toiminnoilla varustettu S7-1200, sekä suurempiin koneenohjauksiin tai hajautettuihin prosesseihin tarkoitettu S7-1500 sekä vanhemmat S7-300/400. Näistä vaihtoehdoista päädyttiin S7-1200-logiikkaan riittävien ominaisuuksien ja I/O-paikkojen, laajennettavuuden sekä hinnan perusteella. Valintaa tuki myös Nammo Lapuan hyvät käyttökokemukset S7-1200-sarjasta. Logiikan lisäksi projektiin valittiin näyttöpaneeliksi 4” Simatic

HMI KTP400 Basic mono-näyttö sekä termoparin sisääntuloon tarkoitettu 4-kanavainen AI-moduuli.

Logiikkakokoonpano:

Kuviossa 14 on esitetty logiikan keskusyksikkö sekä termoparin AI-moduuli:

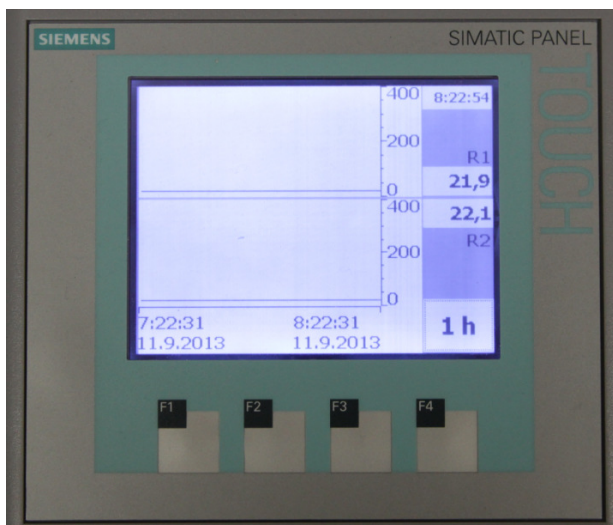
- CPU 1214C (14 DI, 24 VDC; 10 DO, 24 VDC; 2 AI), PS 24VDC
- Analog Input 4 AI thermocouple module TC



Kuvio 14. CPU 1214C sekä termoparisanalogiyksikkö.

Kuviossa 15 on esitetty KTP400 Basic mono-näyttö:

- KTP400 Basic Mono Display 38" PROFINET Interface



Kuvio 15. KTP Basic Mono-näyttö

4.4 Säätkomponentin valinta

Vanha säädin, Red Lion T16. Nykyisellään uunissa on säätiminä 2 kpl Red Lion T16 (T1611100) -lämpötilasäätimiä. Säätimen sisääntuloon voidaan kytkeä suoraan termopari tai vastusanturi ja ulostulolla ohjataan relelähtöä (85–250 VAC). Tällä säätimellä ohjaus voidaan siis toteuttaa relelähdöllä joko on-off-ohjauksella tai PID-ohjauksella.

Relelähteisellä säätimellä ei kuitenkaan saada hyödynnettyä nykyaikaisia tyristoryksiköitä riittävän nopeasti. Tämän vuoksi vanhaa säädintä ei modernisoinnissa käytetä.

Logiikan PID-säädin. S7-1200-logiikoissa on sisäänrakennettuna PID-säätäjiä. Näillä saadaan erillisen analogia ulostuloyksikön kanssa tuotettua tyristoryksiköiden yleisesti hyväksymää 4–20 mA:n ohjausviestiä.

Uusi säädin. Yleisesti lämpötilan säätöön tarkoitetuissa säätimissä on lähtövaihtoehtoina relelähtö, SSR-lähtö sekä analogialähtö.

- Vanhan säätimen yhteydessä käsiteltiin, että relelähteisistä säädintä ei kannata käyttää tyristoryksikön kanssa, koska se ei ole riittävän nopea.
- SSR-lähdöllä säädin tuottaa nopeaa aikasuhteellista säätöä.
- Analogialähtö tuottaa tarkinta säätöä. Useimmissa säätimissä on 0–10 V, 0–20 mA sekä 4–20 mA lähdöt.

Ehdotus. Tähän prosessiin ehdotetaan uusien ulkoisten säätimien valintaa analogialähdöllä. Ulkoiset säätimet on nimenomaiseen säätötehtävään suunniteltuja ja sen vuoksi hyvillä algoritmeilla varustettuja. Ulkoiset säätimet ovat myös suorituskyvyltään parempia kuin logiikan säätimet ja niissä on myös lähes poikkeuksetta automaattiviritys PID-säätöä käytettäessä. Tämä helpottaa etenkin säätöön perehtymättömien henkilöiden säätimen käyttöä. Lisäksi ulkoisesta näytöstä lämpötilan säätö ja valvonta ovat helpompia kuin pienehköstä logiikan näytöstä.

Vaihtoehto 1: Esimerkkisäätimenä tähän on valittu Eurotherm 3208 -malli. Se on 1/8 DIN kokoinen (48x96 mm) lämpötilasäädin valmistajan 3200-sarjasta. Tässä

säätimessä ulostuloina on kaksi relelähtöä sekä säätölähtönä käytettävä analogialähtö, 4–20 mA. Lisäksi 3208-mallissa on vakiona yksi digitaalitulo, jolla voidaan suorittaa lämpötilan alennus logiikan avulla, eli valinta SP2.

Vaihtoehto 2: Toisena vaihtoehtona on Red Lion T48 -malli. Se on 1/16 DIN kokoinen (49,5x49,5 mm) lämpötilasäädin samalta valmistajalta kuin uunissa aiemmin oli. Tämä säädin valittaisiin myös analogialähdöllä, 4–20 mA. Lisäksi tässä on myös yksi digitaalitulo SP2-valinnalle.

4.5 Ohjauksen valinta

Lämmitysvastukset kytkeväksi elementiksi päätettiin valita nykyisin paljon vastaviin tarkoituksiin käytetty tyristoryksikkö. Tyristoryksiköitä on markkinoilla useaa eri merkkiä ja mallia. Valinnassa käytettiin apuna Elcotherma Finlandin myyntiä ja teknistä tukea.

Tyristoryksikön etuihin kuuluu, että se mahdollistaa täsmällisen ja nopean tehonsyötön lämmitysvastuksille prosessin tarpeen mukaan. Tyristoryksikön hyötyihin kuuluu lisäksi:

- Tarkan ja täsmällisen lämmityksen ansiosta tuotteen laatu paranee.
- Suuri kytkentänopeus vähentää lämmitysvastusten termomekaanista kulumista, joka taas vähentää seisokkeja ja huoltokustannuksia.
- Laitteiston käyttöikä pitenee. (Elcotherma – Tuotteet 2010.)

Tyristorin valinnassa on otettava huomioon seuraavat seikat:

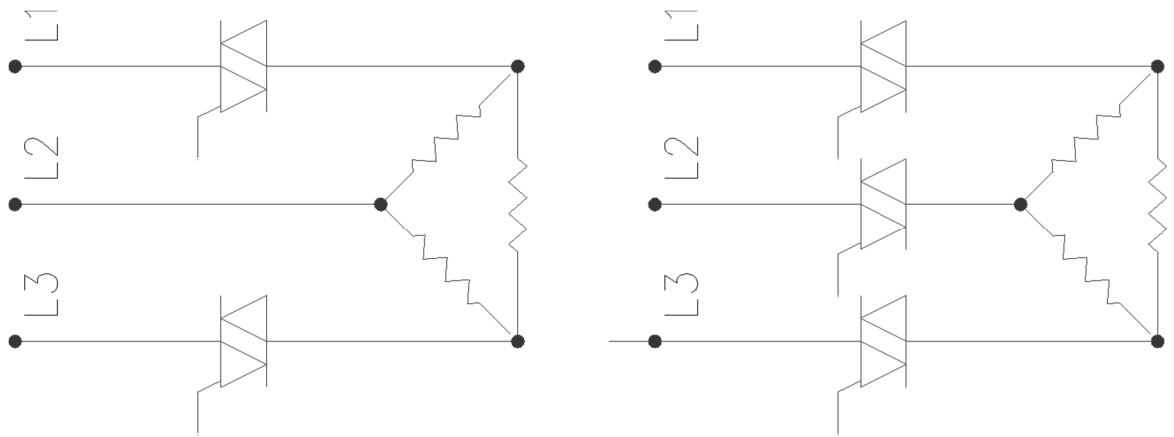
- ohjaustapa (säätimeksi valittu 4–20 mA)
- maksimi virta
- kaksijalka- vai kolmijalkaohjaus.

Maksimi kuormanvirta saadaan seuraavalla kaavalla, kun uunin teho on kolmivaiheverkossa 31,5 kW/ryhmä ja pääjännite 400 V.

$$P = \sqrt{3} * U * I \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} * U} = \frac{31500 \text{ W}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 45,5 \text{ A}$$

Tyristoriyksiköiden valinnassa käytetään Elcotherman suosituksesta varmuuskerrointa 1,2. Tällöin tyristoriyksikön tulisi olla mitoitettu $1,2 * 45,5 A = 54,6 A$ virralle. Lähin suurempi tarjolla oleva yksikkö on yleisesti 63 A.

Kaksi- tai kolmijalkaohjauksella määritetään ohjataanko tyristoriyksiköllä kahta vai kaikkia kolmea vaihetta. Kuviossa 16 on esitetty malli sekä kaksijalka- että kolmijalkaohjauksesta. Lähtökohtina tässä tapauksessa on tyristorin ohjaaminen nollapistemetodilla sekä vastusten fyysinen kytkentä suljettuun kolmioon.



Kuvio 16. Kaksi- ja kolmijalkaohjaukset.

Tällöin kaksijalkakytkennän eduksi kolmijalkakytkentään voidaan huomioida mm. seuraavat:

- vähemmän sähkömagneettista häiriötä (ei kuitenkaan käytännön merkitystä nollapisteohjausta käytettäessä).
- vähemmän lämpöhäviötä.
- halvempi hinta. (Choosing two-leg vs three-leg control for 3-phase applications 2005.)

Kaksijalkakytkennän haitoista kolmijalkakytkentään verrattuna Elcotherman edustaja (Elcotherma Finland Oy, 2013) puolestaan mainitsi seuraavaa:

- Mikäli jokin elementeistä menee oikosulkuun, kuormasta tulee epäsymmetrinen. Tällöin syntyy jännite-epätasapainoa, jolloin ehjien elementtien jänniterasitus kasvaa ja elinikä lyhenee.

- Mikäli jokin ohjattujen vaiheiden tyristoreista menee oikosulkuun, suoraan kytketty vaihe jää täysillä johtavaksi myös silloin, kun yksikkö ei pyydä tehoa. Tällöin saattaa syntyä hallitsematonta lämpötilan nousua, jolloin prosessi kärsii.

Ehdotus: Tähän prosessiin ehdotetaan kustannustehokkaiden kaksijalkaohjattujen tyristoriyksiköiden hankintaa. Kolmijalkaohjaus on sähköisesti parempi, mutta tähän prosessiin tarjotun vaihtoehdon noin 4-kertainen hinta verrattuna kaksijalkaohjattuun ei tuota noin merkittävää hyötyä ohjaukseen.

Vaihtoehto 1: Tyristoriyksiköksi tähän prosessiin on valittu Eurotherm 7200S -malli. Se on kolmivaiheisiin resistiivisiin kuormiin tarkoitettu kaksijalkaohjattu yksikkö. Yksikkö määritetään tehtaalla tilauksen mukaisesti esim. ohjausviesti 4–20 mA eikä se ole enää kentällä sen jälkeen muunneltavissa. 7200S-yksikkö käyttää aikasuhteellisuus -ohjaustapaa. Valmistajan tuotetietojen mukaan alle 100 A:n yksiköiden kanssa ei tarvitse käyttää erillistä tuuletinta yksikön jäähdytykseen.

Vaihtoehto 2: Toisena vaihtoehtona on sähköisesti parempi kolmijalkaohjaus. Teho-ohjaimeksi tähän on valittu Eurothermin Epack-yksiköitä. Epack on yksivaiheohjain, jolloin jokaiselle vastuselementille tulisi oma ohjain. Epack on kompakti täysin kentällä määriteltävissä oleva yksikkö monipuolisilla liitännöillä.

4.6 Logiikkaohjelma

Logiikkaohjelmassa toteutetaan järjestelmän digitaaliohjaukset, annetaan lämmityslupa, ohjataan merkkilamppuja ja hälytyksiä, mahdollistetaan lämmönpudotus sekä toteutetaan prosessiarvojen tallennus ja monitorointi.

Logiikkaohjelma toteutetaan Siemensin Tia Portal v12:sta. Samassa ympäristössä hallitaan logiikan määrittely ja logiikkaohjelman sekä käyttöliittymän teko. Itse logiikkaohjelma toteutetaan tikapuukaaviona.

Logiikkaohjelmassa lämmityslupa annetaan, kun uuni, rummun pyörintä sekä lämmitys on kytketty päälle. Lämmitysluvan lähtötieto sallii syötön kytkemisen tyristo-

riyksiköille. Uunille, rummulle ja lämmitykselle on kaikille erillinen kytkin sekä merkkilamppu. Lämmitysluvan bittitieto katkaistaan, mikäli lämpötila nousee liian korkeaksi. Maksimi lämpötila-arvo on käyttäjän määriteltävissä näyttöpaneelin avulla.

Lämmönpudotuksessa aktivoidaan yksi logiikan lähtöbitti. Bittitieto viedään molemmille säätimille, joissa on ennalta asetettu lämmönpudotuksen lämpötilatieto. Lämmönpudotukselle on lisäksi oma merkkilamppu ohjauskeskuksen ovelta.

Hälytyksiin on määritelty seuraavat tilanteet:

- Lämmitys ei sallittu, rumpu ei pyöri
- Lämpötila liian matala
- Lämpötila liian korkea
- Lämpötila max. arvo ylitetty
- Rumpua ei saa sammuttaa yli 100 °C lämpötilassa

Hälytyksen aikana punainen hälytyksen merkkilamppu palaa.

Käyttäjä pystyy määrittelemään näyttöpaneelin avulla seuraavat parametrit:

- Lämmönpudotusaika tunteina
- Lämpötilan alaraja
- Lämpötilan yläraja
- Lämpötilan maksimiarvo
- PLC:n kellonaika

Lämpötilatiedon tallennus on aktiivinen aina, kun uuni on kytketty päälle.

I/O taulukko:

Input	Selitys
I0.0	Varalla
I0.1	Uuni on/off
I0.2	Rummun pyörintä on/off
I0.3	Lämmitys on/off
I0.4	Kuittaus
I0.5	Varalla
I0.6	Varalla
I0.7	Varalla

I0.8	Varalla
I0.9	Varalla
I0.10	Varalla
I0.11	Varalla
I0.12	Varalla
I0.13	Varalla

Output

Q0.0	Rummun moottori
Q0.1	Lämmitys sallittu
Q0.2	Merkkilamppu uuni
Q0.3	Merkkilamppu rummun moottori
Q0.4	Merkkilamppu lämmitys
Q0.5	Merkkilamppu SP2
Q0.6	Asetusarvo SP1/SP2
Q0.7	Merkkilamppu hälytys
Q0.8	Varalla
Q0.9	Varalla

TC AI

AI0.0	Termopari 1
AI0.1	Termopari 2
AI0.2	Varalla
AI0.3	Varalla

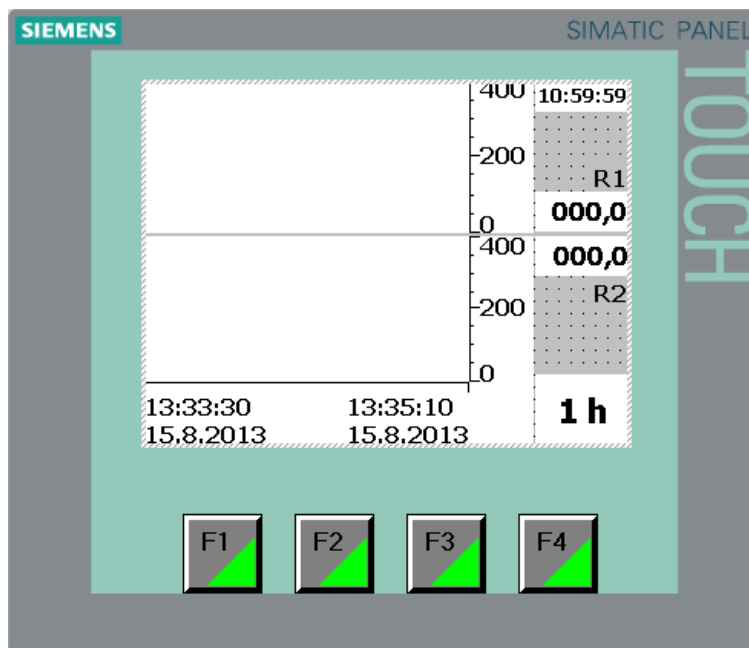
4.7 Käyttöliittymä

Käyttöliittymään tulee lämpötilan seurantanäkymä sekä 1 h:n että 8 h:n ajalle kiinteillä lämpötila-asteikolla 0–400 ja 290–310 astetta. Lisäksi tulee oma näkymä dynaamiselle 30 min näkymälle, lämmönpudotuksen valinnalle, hälytyksille sekä asetuksille. Näytön toimintanäppäimillä F1–F4 valitaan näkymä seuraavasti.

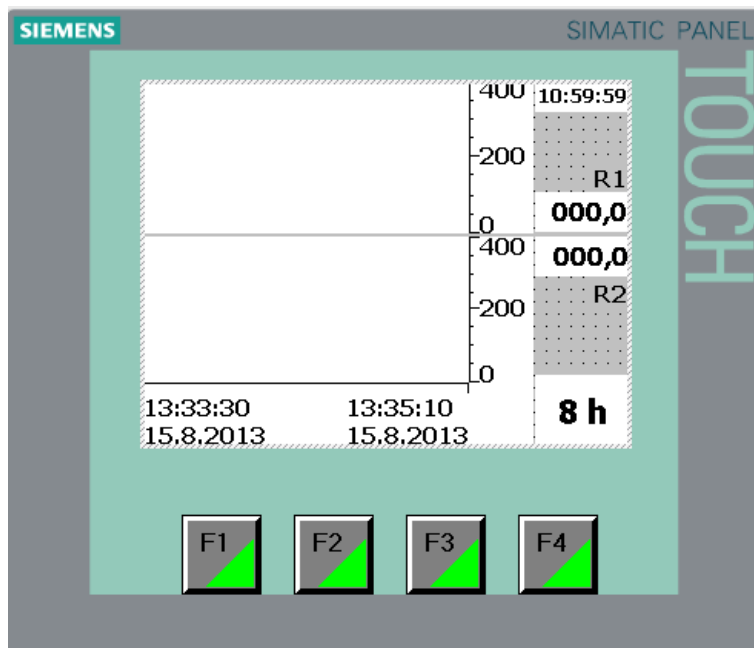
- F1: 1 h seurantanäkymä
- F2: lämmönpudotusnäkyä
- F3: hälytysnäkyä
- F4: asetukset-näkyä

4.7.1 0–400 °C näkymät

Lämpötilan seurantanäkymässä käyttäjälle esitetään molempien vyöhykkeiden lämpötilakäyrät sekä viimeisen tunnin että viimeisten 8 h:n ajalta, nykyiset lämpötilat ja kellonaika. 1 h:n näkymässä nykyiset lämpötilat sekä kello päivittyvät 1 s välein ja lämpötilakäyrät 10 s välein. 8 h:n näkymässä tapahtuu vastaavasti, mutta lämpötilakäyrät päivittyvät 1 min välein. 1 h näkymän oikeassa alakulmassa on 1 h -painike, josta aukeaa vastaava 8 h:n näkymä. 8 h:n näkymän 8 h -painikkeesta aukeaa 1 min näkymä 290–310 °C:lle. Kuviossa 17 on esitetty käyttöliittymän 1 h:n näkymä ja kuviossa 18 8 h:n näkymä 0–400 °C:lle.



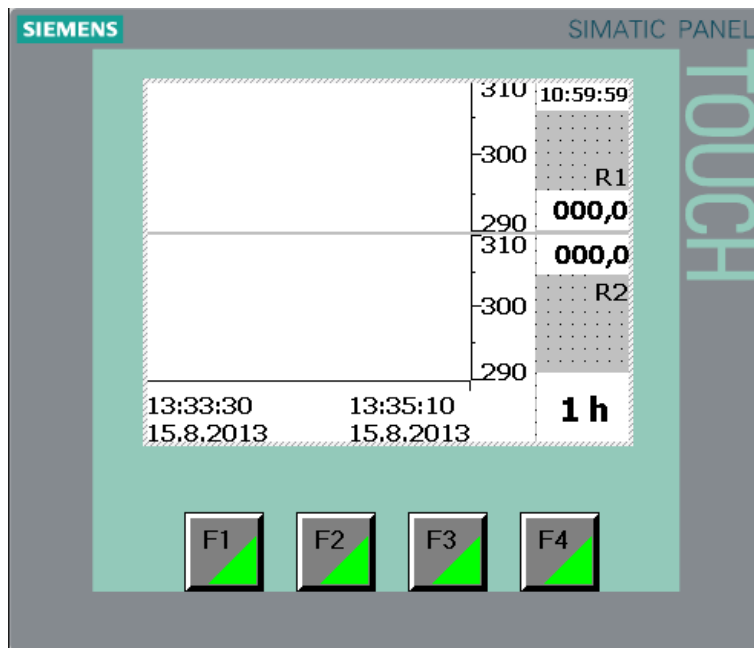
Kuvio 17. Käyttöliittymän 1 h:n näkymä.



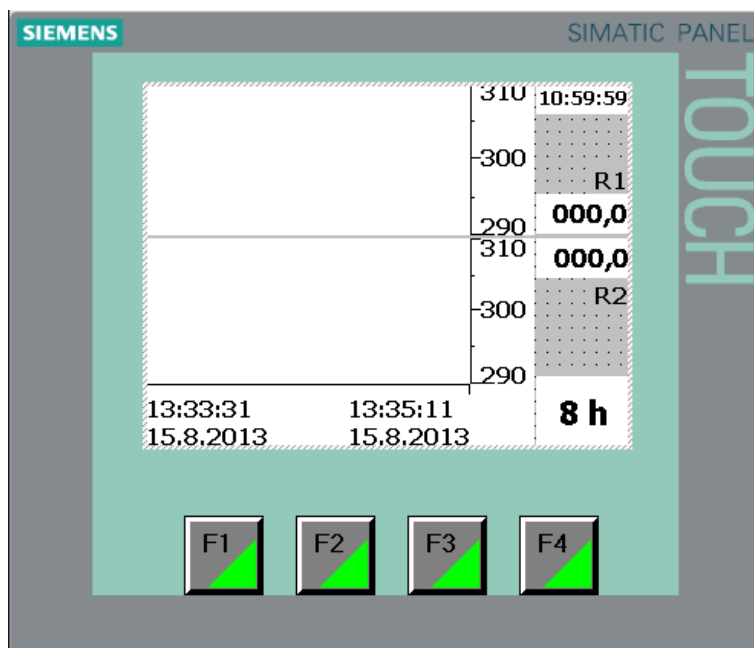
Kuvio 18. Käyttöliittymän 8 h:n näkymä.

4.7.2 290–310 °C näkymät

Tarkemmat näkymät lämpötiloissa 290–310 °C ovat vastaavia kuin 0–400 °C:een näkymät. Tarkemman näkymän tavoitteena on nähdä selvemmin pienet heilahtelut lämpötilassa. Kuviossa 19 on esitetty 1 h:n ja kuviossa 20 8 h:n näkymä 290–310 °C:ssa,



Kuvio 19. Käyttöliittymän 1 h:n näkymä 290–310 asteessa.

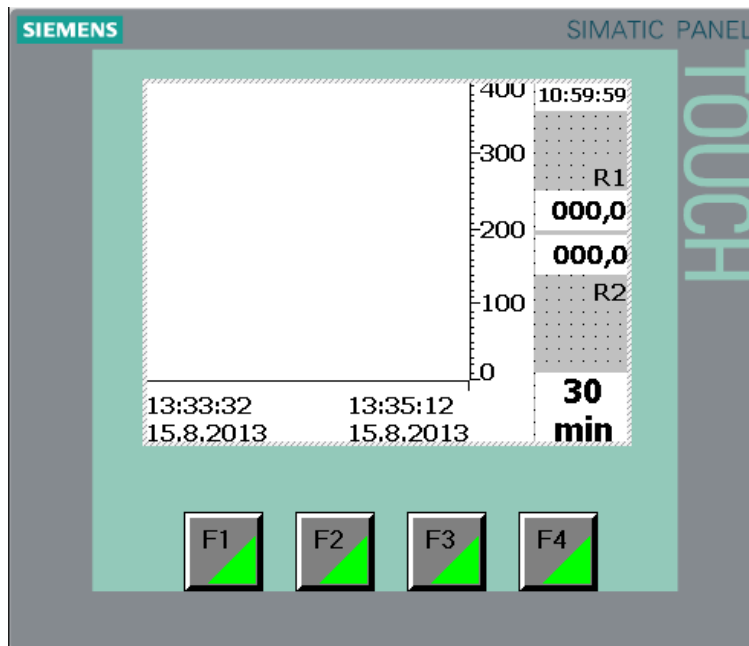


Kuvio 20. Käyttöliittymän 8 h:n näkymä 290–310 asteessa.

4.7.3 30 minuutin näkymä

30 minuutin näkymässä on samat elementit kuin 1 h:n ja 8 h:n näkymissä. Erona edellisiin on dynaaminen lämpötila-asteikko, jolloin pienet muutokset lämpötilassa

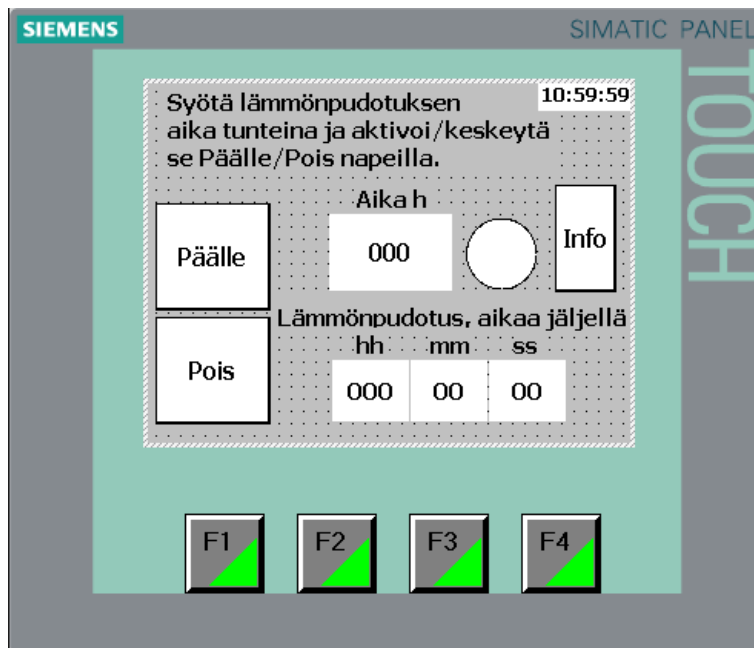
on helppo havaita. Oikean alakulman 30 min -painikkeesta aukeaa takaisin 1 h:n 0–400 °C näkymä. Kuviossa 21 on esitetty käyttöliittymän 30 minuutin näkymä.



Kuvio 21. Käyttöliittymän 30 minuutin näkymä.

4.7.4 Lämmönpudotus

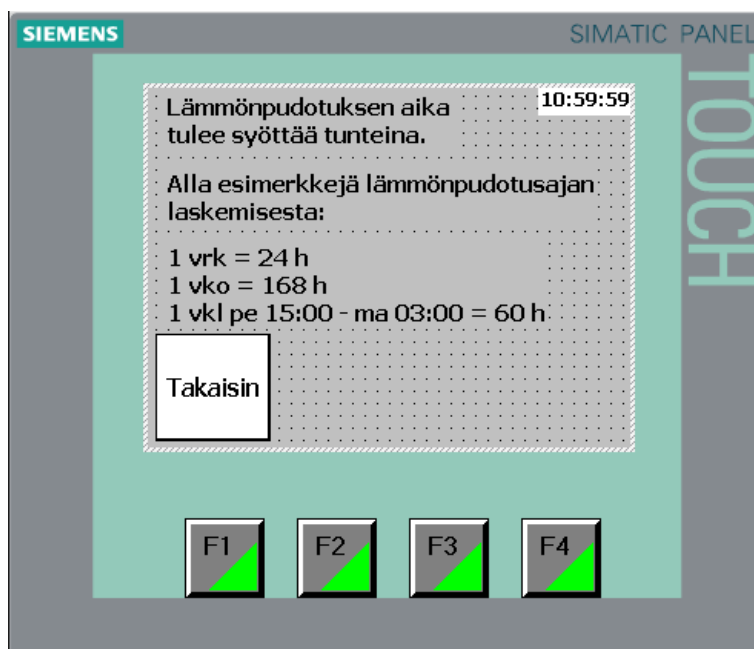
Lämmönpudotusnäkyssä käyttäjä syöttää lämmönpudotusajan tunteina. Lämmönpudotus aktivoidaan ja keskeytetään ”Päälle”- ja ”Pois”-painikkeilla. Syöttöajan vieressä oleva ympyrä toimii vilkkuvana indikaattorina lämmönpudotuksen ollessa aktiivinen. Jäljellä oleva lämmönpudotusaika näkyy käyttäjälle näkymän alareunassa. Käyttäjän keskeyttäessä lämmönpudotuksen ”Pois”-painikkeella jäljellä oleva lämmönpudotusaika nollautuu. Info-painikkeella aukeaa uusi ikkuna, jossa on esimerkkejä lämpötilanpudotuksen ajan laskemisesta. Kuviossa 22 on esitetty käyttöliittymän lämmönpudotusnäky.



Kuvio 22. Käyttöliittymän lämmönpudotusnäkyä.

4.7.5 Lämmönpudotusinfo

Info-sivulla on muutama esimerkki avuksi lämpötilanpudotuksen ajan laskentaan. Takaisin-painikkeella aukeaa edellinen lämmönpudotusnäkyä. Kuviossa 23 on esitetty käyttöliittymän lämmönpudotusinfon näkyä.



Kuvio 23. Käyttöliittymän lämmönpudotusinfon näkyä.

4.7.6 Hälytykset

Hälytykset-näkymässä näytetään aktiiviset hälytykset sekä kellonaika. Hälytyksen aktivoituessa näkymä avautuu automaattisesti ja hälytyksen loppuessa 1 h:n näkymä avautuu. Hälytykset ovat warning-tyyppisiä, ja niitä ei tarvitse kuitata pois. Ainoastaan lämpötilan max-arvon ylitys katkaisee lämmitysluvan ja se täytyy kuitata ohjauskeskuksen etupaneelin painonapilla pois. Kuviossa 24 on esitetty käyttöliittymän hälytykset -näkyvä.



Kuvio 24. Käyttöliittymän hälytykset -näkyvä.

4.7.7 Asetukset

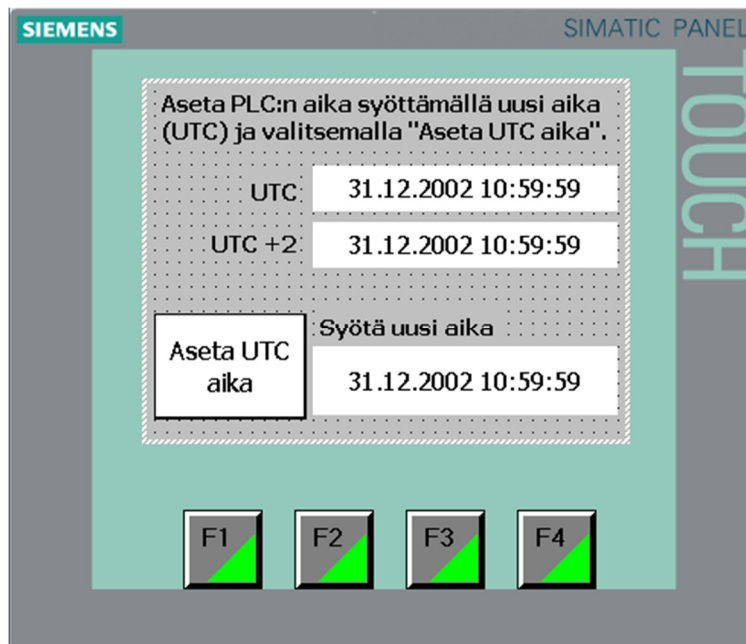
Asetukset-näkymässä käyttäjä voi syöttää lämpötilan ala- ja ylärajan hälytyksiä varten sekä maksimiarvon lämmönkatkaisua varten. "Aseta aika" -painikkeella avautuu ko. näkymä, jossa käyttäjä voi syöttää PLC:lle uuden ajan. Kuviossa 25 on esitetty käyttöliittymän asetukset -näkyvä.



Kuvio 25. Käyttöliittymän asetukset -näkyvä.

4.7.8 PLC:n aika

Mikäli PLC:n kello on nollautunut, käyttäjä voi syöttää uuden ajan "PLC:n aika" näkymässä. Aika syötetään "Uusi aika" -kenttään ja asetetaan käyttöön "Aseta UTC aika" -painikkeella. Käyttäjän on huomioitava, että uusi aika on syötettävä UTC/GMT-vyöhykkeelle, josta logiikka laskee paikallisen ajan sille määritetyn aikavyöhykkeen perusteella. Tässä tapauksessa aikavyöhykkeeksi määritellään "Helsinki +2". Kuviossa 26 on esitetty käyttöliittymän 'asetta PLC:n aika' -näkyvä.



Kuvio 26. Käyttöliittymän 'asetta PLC:n aika' -näkyvä.

4.8 Historiatieto

Historiatiedon tallennus tehdään S7-1200-logiikassa olevan web-palvelimen avulla. Palvelin aktivoidaan Tia Portalista ja logiikkaohjelmaan tehdään oma lohko lämpötila-arvojen tallennukselle. Logiikan IP-osoitteeksi määritetään 192.168.0.1.

Järjestelmään asetetaan tallennusajaksi 30 päivää. Tallennusvälin ollessa 10 min tiedostoon kertyy 30 päivän aikana 4320 riviä. Tiedostokokoo on tällöin n. 280 kt.

Tiedosto tallentuu palvelimelle .csv-muodossa, joten sen pystyy avaamaan joko tekstieditorissa tai taulukkolaskentaohjelmassa. Vaihtoehtoisesti tiedosto tallentuu automaattisesti muistikortille, mikäli sellainen on logiikkaan asennettu. Kuviossa 27 on esitetty palvelimen käyttöliittymä sekä esimerkki historiatiedostosta.

S7-1200 station_1 - Windows Internet Explorer

https://192.168.0.1/Portal/Portal.mwsl?PriNav=DataLog&RecentCount=25

File Edit View Favorites Tools Help




Favorites Suggested Sites Free Hotmail Web Slice Gallery

S7-1200 station_1

SIEMENS S7-1200 station_1/PLC_1

admin [Log out](#)

Data Logs

Date	UTC Time	Files	Download	Download & Clear	Delete
22.09.2013	04:28:24 pm	MyDataLog			

Number of recent entries to view:

MyDataLog - Notepad

File Edit Format View Help

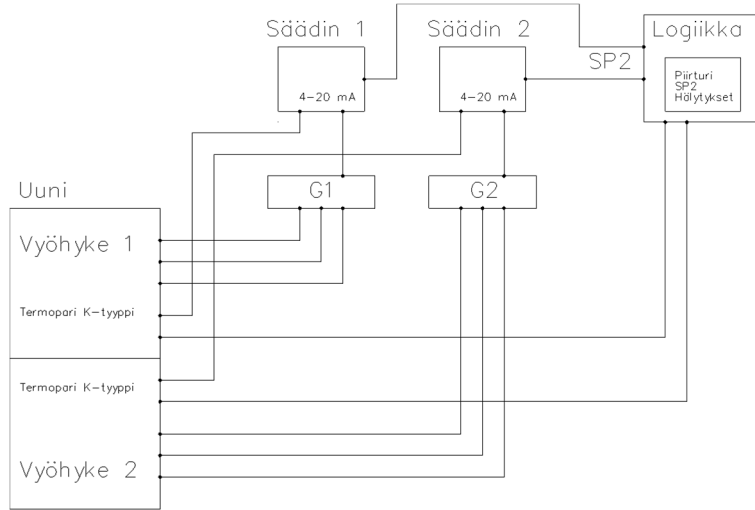
```
Record, Date, UTC Time, Temperature1, Temperature2
1, 9/22/2013, 11:28:25, 2.010000E+01, 2.030000E+01
2, 9/22/2013, 11:38:25, 2.020000E+01, 2.030000E+01
3, 9/22/2013, 11:48:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
4, 9/22/2013, 11:58:25, 1.960000E+01, 2.010000E+01
5, 9/22/2013, 12:08:25, 1.960000E+01, 2.020000E+01
6, 9/22/2013, 12:18:25, 1.960000E+01, 2.020000E+01
7, 9/22/2013, 12:28:25, 1.960000E+01, 2.000000E+01
8, 9/22/2013, 12:38:25, 1.950000E+01, 2.010000E+01
9, 9/22/2013, 12:48:25, 1.960000E+01, 2.010000E+01
10, 9/22/2013, 12:58:25, 1.950000E+01, 2.000000E+01
11, 9/22/2013, 13:08:25, 1.970000E+01, 2.010000E+01
12, 9/22/2013, 13:18:25, 1.950000E+01, 2.000000E+01
13, 9/22/2013, 13:28:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
14, 9/22/2013, 13:38:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
15, 9/22/2013, 13:48:25, 1.970000E+01, 2.010000E+01
16, 9/22/2013, 13:58:25, 1.970000E+01, 2.030000E+01
17, 9/22/2013, 14:08:25, 1.960000E+01, 2.010000E+01
18, 9/22/2013, 14:18:25, 1.950000E+01, 2.000000E+01
19, 9/22/2013, 14:28:25, 1.950000E+01, 2.000000E+01
20, 9/22/2013, 14:38:25, 1.960000E+01, 1.990000E+01
21, 9/22/2013, 14:48:25, 1.970000E+01, 2.010000E+01
22, 9/22/2013, 14:58:25, 1.960000E+01, 2.000000E+01
23, 9/22/2013, 15:08:25, 1.960000E+01, 2.010000E+01
24, 9/22/2013, 15:18:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
25, 9/22/2013, 15:28:25, 1.960000E+01, 2.000000E+01
26, 9/22/2013, 15:38:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
27, 9/22/2013, 15:48:25, 1.940000E+01, 1.990000E+01
28, 9/22/2013, 15:58:25, 1.970000E+01, 2.020000E+01
29, 9/22/2013, 16:08:25, 1.960000E+01, 2.010000E+01
```

Done

Kuvio 27. Historiatiedosto PLC:n palvelimella.

4.9 Uunin uudistettu ohjauskokoonpano

Kuviossa 28 on esitetty uunin uudistettu ohjauskokoonpano.



Kuvio 28. Uunin uudistettu ohjauskokoonpano.

5 YHTEENVETO

Vaihtoehtoja tämän työn toteuttamiseen on olemassa useita. Sääto voidaan toteuttaa usealla tavalla käyttäen joko ulkoisia säätimiä tai logiikan PID-säätimiä. Lisäksi säädön ohjaustapa voi olla joko säätimistä ulos saatava logiikkalähtö (nopeapulsista on/off-signaalia) tai analogiasignaali. Relelähtöiset säätimet voidaan kuitenkin unohtaa käytettäessä lämmönkytkentään nopeita tyristoryksiköitä.

Vaikka tässä työssä ei suuria ohjaustarpeita logiikalla ollut, päätettiin ohjaus uudistaa kuitenkin ”oikeaoppisesti”. Tämä tarkoittaa, että käytetään ulkoista säädintä siihen tarkoitukseen, mihin se on tehty eli säätämiseen. Logiikalla puolestaan hoidetaan digitaaliohjaukset, lämmityslupa, hälytykset sekä lämpötilan seuranta. Logiikkaohjelma pystyttiin toteuttamaan ja testaamaan olemassa olleen logiikan ja testisalkun avulla varsin kattavasti.

Ulkoisen säätimen valintaa tukee myös sen selkeä toiminta ja käyttö. Miinuksena on hiukan korkeampi hinta kuin analogialähtöyksikön hankinta logiikalle olisi ollut. Tämä ei kuitenkaan ole ratkaisevassa asemassa modernisointia suunniteltaessa.

Ohjaustavaksi valittiin paras ja hyvin yleisesti käytössä oleva analogiaviesti, 4–20 mA. Tällä saavutetaan kaikkein stabiilein säätö eikä tähän prosessiin kannata huonompaa valita vain budjetin takia.

Tyristoryksiköitä on markkinoilla saatavilla useita malleja eri valmistajilta. Valmistajat ovat halukkaita myymään teknisesti parempia kolmijalkaohjattuja yksiköitä, mutta valinta on aina tehtävä käyttökohteen mukaan. Tyristorin valintaan vaikuttaa mm. kuorman tyyppi, kohteen riskitekijät sekä budjetti.

Tyristoryksiköiksi valittiin kaksijalkaohjattuja kolmivaiheyksiköitä. Kolmijalkaohjauksella ei tavallisia resistiivisiä vastuksia ohjatessa saavuteta isohkon hintaeron tuomia parannuksia. Myöskään yksiköiden muokattavuutta ei tähän oteta huomioon, vaan yksiköt on tarkoitettu ko. uunin ohjaamiseen valitulla ohjaussignaalilla.

Sekä säädin että tyristoryksikkö valittiin saman valmistajan mallistosta. Tämän pitäisi taata hyvä yhteistoiminta, mutta valinnassa arvostetaan osaltaan myös asiantuntevaa sekä palvelevaa teknistä tukea. Eurothermilla on Suomessa toimipiste,

josta tuen ja palvelun saa tämän työn kyselyiden perusteella nopeasti ja Suomen kielellä.

Logiikan lisäämisellä järjestelmään saavutetaan helposti muokattava ohjaus sekä historiatiedon keräys. Mikäli uuniin on jatkossa tulossa muutoksia tai lisäyksiä niin ne on helppo integroida järjestelmään ohjelmoitavuuden ansiosta.

Pienoisena yllätyksenä tässä työssä tuli historiatiedon tallennuksessa oleva rajoitus. S7-1214C-logiikka sallii maksimissaan 500 kt:n yksittäisen tiedoston tallennuksen logiikan muistiin. Tässä työssä se kuitenkin riittää, koska historiatietoa ei ole tarpeen kerätä kovin pitkältä ajalta. Mikäli tarvitaan pidempää historiaa tai useampia näytteitä, historiatieto tulee jakaa useampaan tiedostoon.

Historiatiedostot voidaan tallentaa logiikan muistin sijasta myös erilliselle muistikortille. Muistikortin käytössä on kuitenkin vielä tässä logiikassa rajoitus, että ohjelman suoritus pysähtyy, mikäli muistikortti poistetaan logiikasta historiatietojen analysoimista varten. Tämän vuoksi uuni olisi aina sammutettava kortin poistamista ja tiedon lukemista varten. Parempi ja tässä työssä riittävä ratkaisu on käyttää logiikan muistia tiedoston tallennukseen.

Tulevaisuudessa uunin toimintaa voisi vielä parantaa asentamalla rummulle pyörintävahdin sekä lisäämällä tämä logiikkaohjelmaan. Lisäksi rummun pyörintänopeuden säätöön voisi asentaa taajuusmuuttajan korvaamaan nykyisen manuaalisen säädön.

LÄHTEET

- CADS Planner. 2013. [Verkkosivu]. Kyndata Oy. [Viitattu 26.8.2013]. Saatavana: http://www.cads.fi/fi/Ajankohtaista/?news_id=118
- Choosing two-leg vs three-leg control for 3-phase applications. 2005. [Verkojulkaisu]. Watlow electric manufacturing company. [Viitattu 26.8.2013]. Saatavana: <http://www.watlow.com/downloads/en/whitepapers/two%20leg%20or%20three%20leg.pdf>
- Elcotherma – Tuotteet. 2010. [Verkkosivu]. Elcotherma Finland Oy Ab. [Viitattu 26.8.2013]. Saatavana: <http://www.elcotherm.fi/tuotesivut.php?p=2myynti>.
- Elcotherma Finland Oy. 2013. Tekninen tuki / myynti. Sähköpostit 20.8-11.9.2013.
- Hietalahti, L. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. 1. p. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
- Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. PLC Open. [Viitattu 23.8.2013]. Saatavana: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/
- Johansson, G. 1996. Elektroniikka 2000. Suomentaja Rae Perälä. 1. p. Iisalmi: IS-Yhtymä Oy.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.-2. p. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Lapua - Historia. 2011. [Verkkosivu]. Nammo Lapua Oy. [Viitattu 25.6.2013]. Saatavana: <http://www.lapua.com/fi/lapua--/lapuan-historia.html>
- Lapua - Toimipisteet. 2011. [Verkkosivu]. Nammo Lapua Oy. [Viitattu 25.6.2013]. Saatavana: <http://www.lapua.com/fi/lapua--/toimipisteet/lapua----.html>
- Lämpötilan mittaus termoelementeillä. [Verkkosivu]. Nokeval Oy. [Viitattu 9.7.2013]. Saatavana: http://www.nokeval.com/pages.php?page_id=12&
- Overview of solid-state relays. [Verkkosivu]. Omron Corporation. [Viitattu 15.7.2013]. Saatavana: <http://www.ia.omron.com/support/guide/18/overview.html>

- PID-säädin. 2011. [Verkkosivu]. Aalto-yliopisto. [Viitattu 13.8.2013]. Saatavana: <http://autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.2111/simulointi/oppitunti5/pid.html>
- Pihkala, J. 2008. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2-1. p. Helsinki: Opetushallitus.
- Rockwell Software. 2013. [Verkkosivusto]. Rockwell Automation. [Viitattu 26.8.2013]. Saatavana: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/overview.page>
- Savolainen, J. & Vaittinen, R. 2003. Sääntötekniikan perusteita. 5. tark. p. Helsinki: Opetushallitus.
- SCR Power theory training material. 2002. [Verkkojulkaisu]. Chromalox. [Viitattu 22.8.2013]. Saatavana: <http://www.chromalox.com/content/training-manuals/TM-PK501-SCR-power.pdf>
- Termopari lämpötila-anturina. 2009. [Verkkojulkaisu]. Pietiko Oy. [Viitattu 9.7.2013.] Saatavana: www.pietiko.fi/pietiko/sovellus/Termopari.pdf
- Thermocouple reference tables acc. to IEC 584-1. [Verkkojulkaisu]. Ametek Test & Calibration Instruments. [Viitattu 12.7.2013]. Saatavana: <http://www.jofra.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiler%2fProdukt%2fTemperatur%2fSS-FP-ThermocoupleVoltage-Table-UK.pdf>

LIITTEET

LIITE 1 Esimerkki logiikkaohjelmasta, historiatiedon tallennus

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Data_write [FC1]

Data_write Properties

General

Name	Data_write	Number	1	Type	FC
Language	LAD				

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

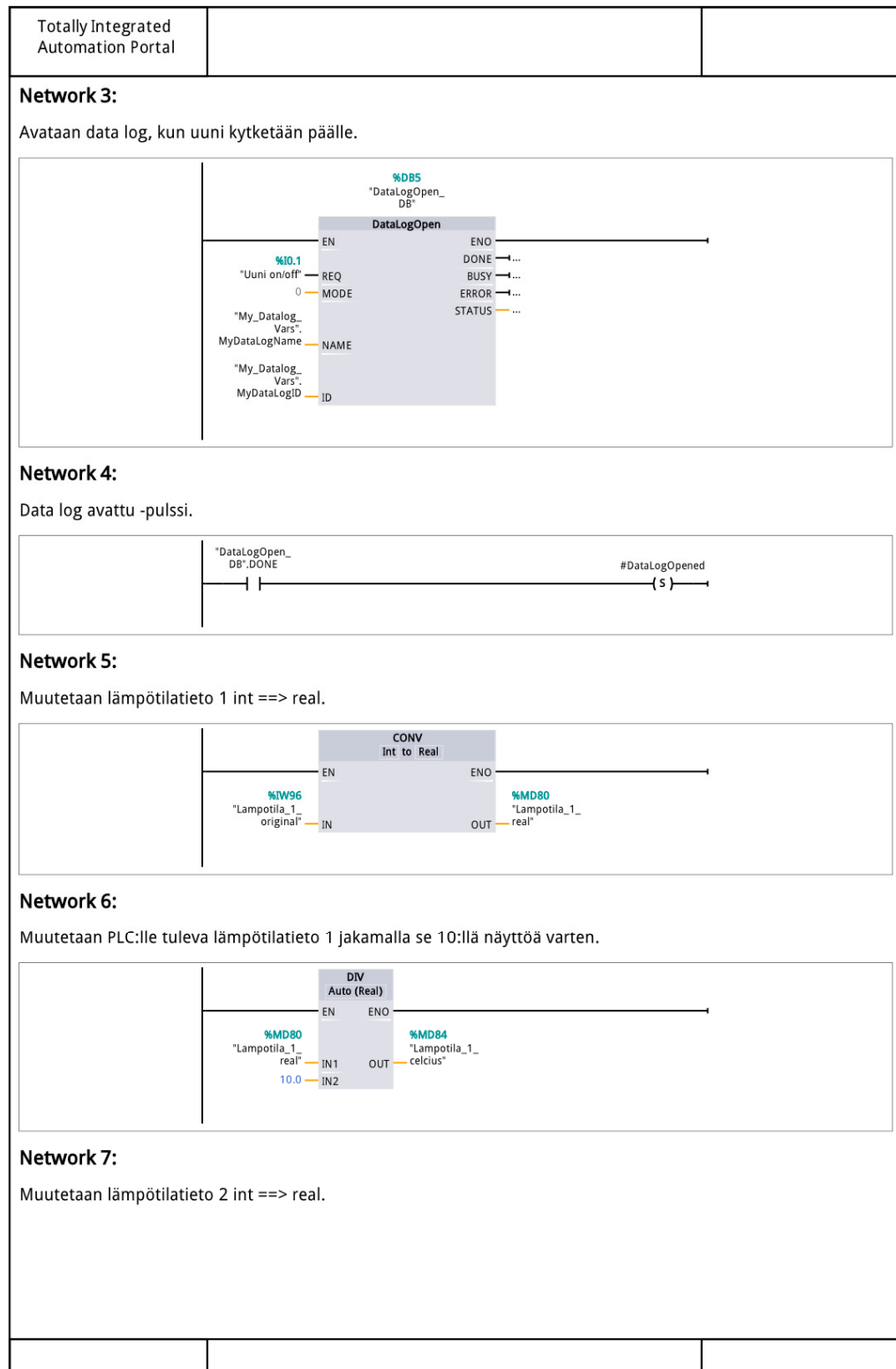
Name	Data type	Offset
Input		
Output		
InOut		
▼ Temp		
DataLogCreated	Bool	
DataLogOpened	Bool	
▼ Return		
Data_write	Void	

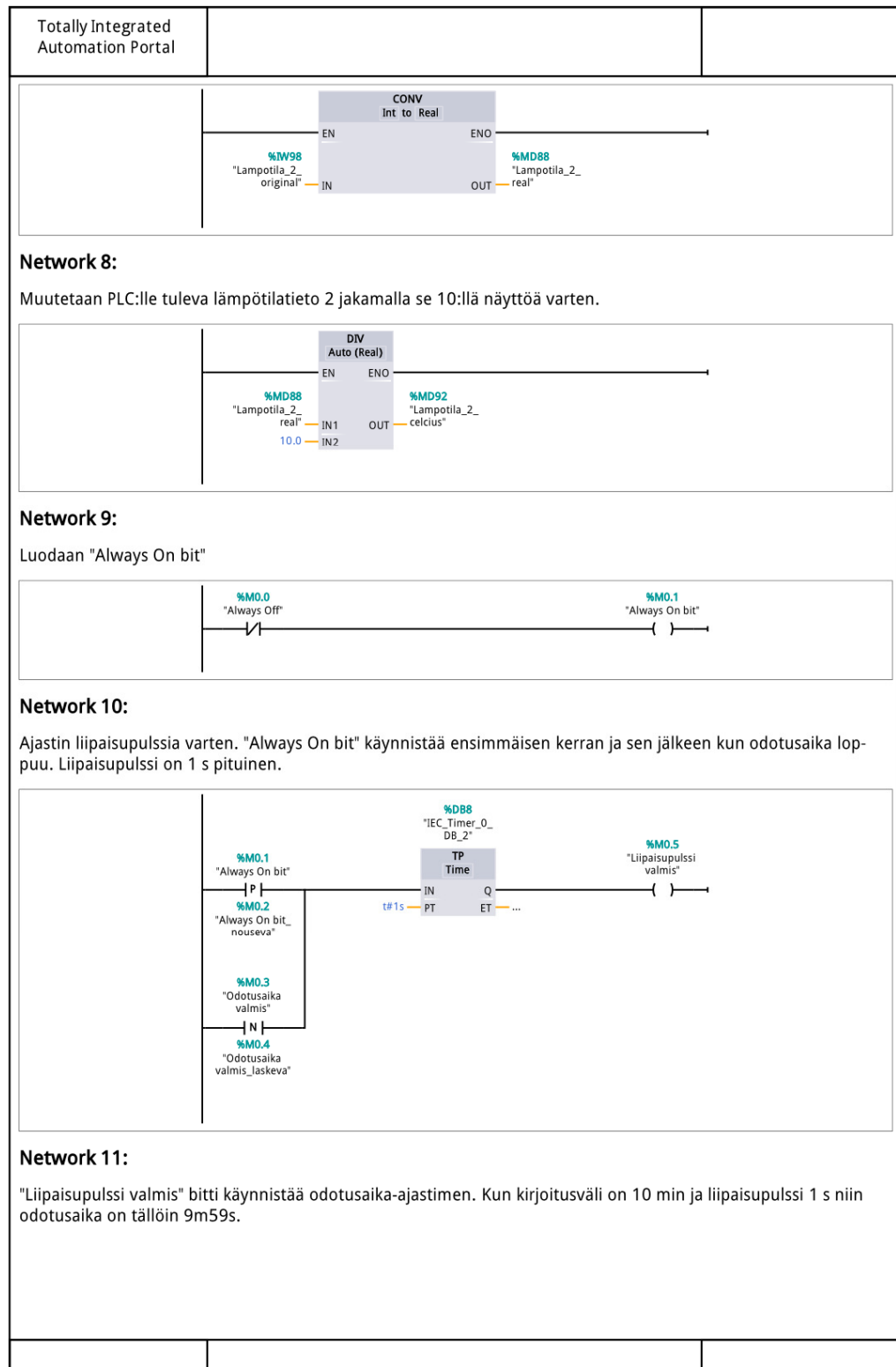
Network 1:

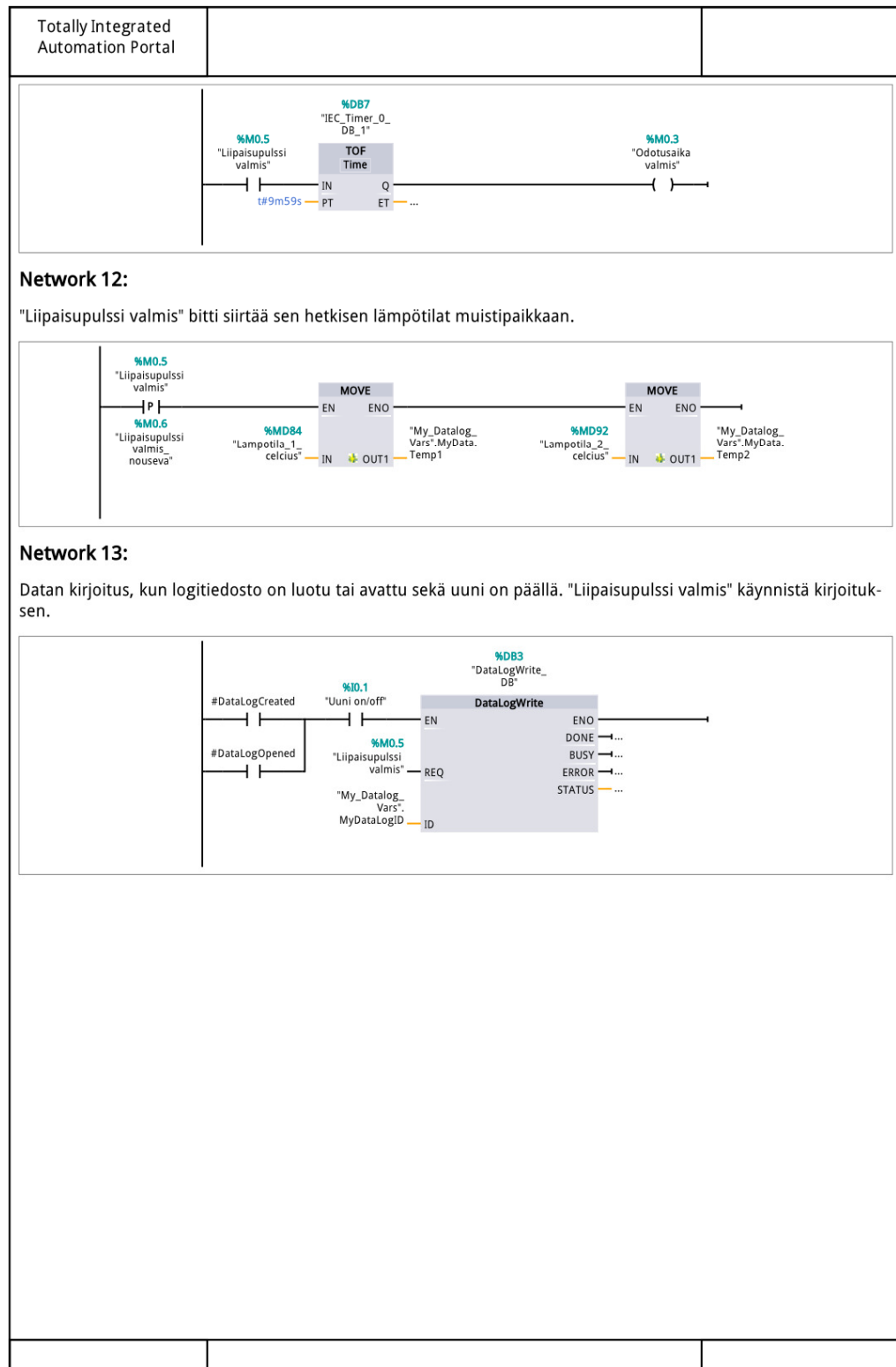
Luodaan data log, kun uuni kytketään päälle.

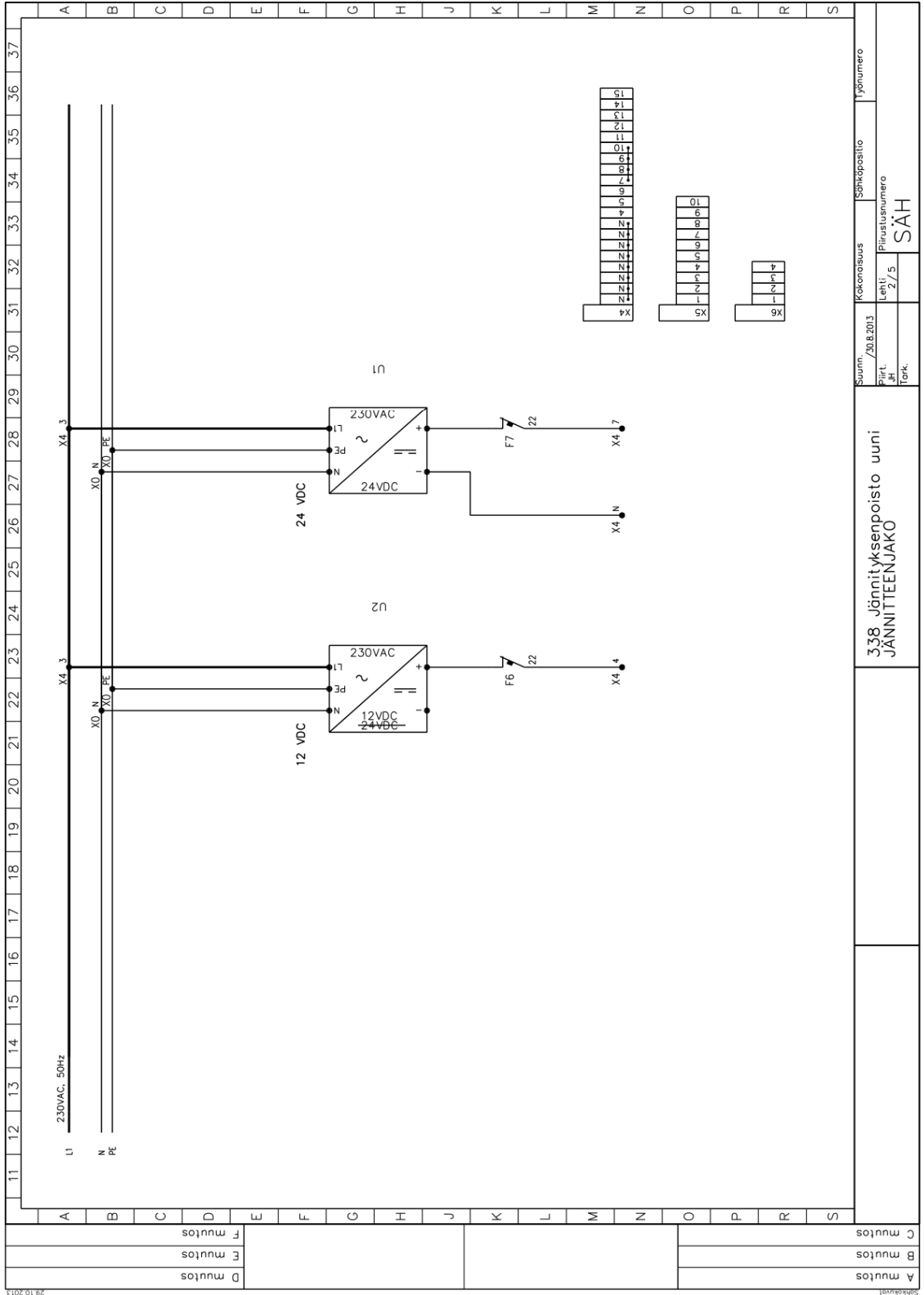
Network 2:

Data log luotu -pulssi.



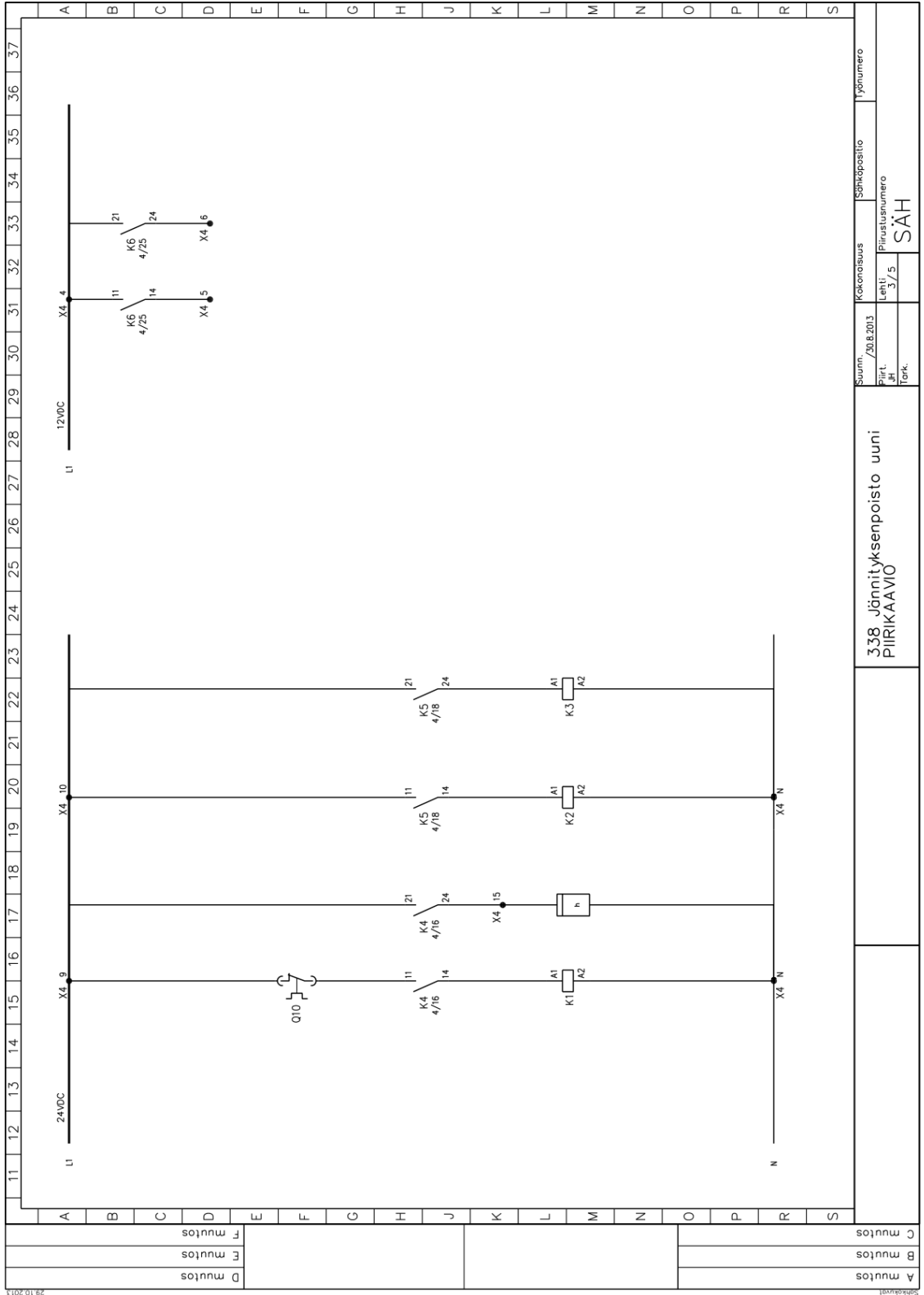




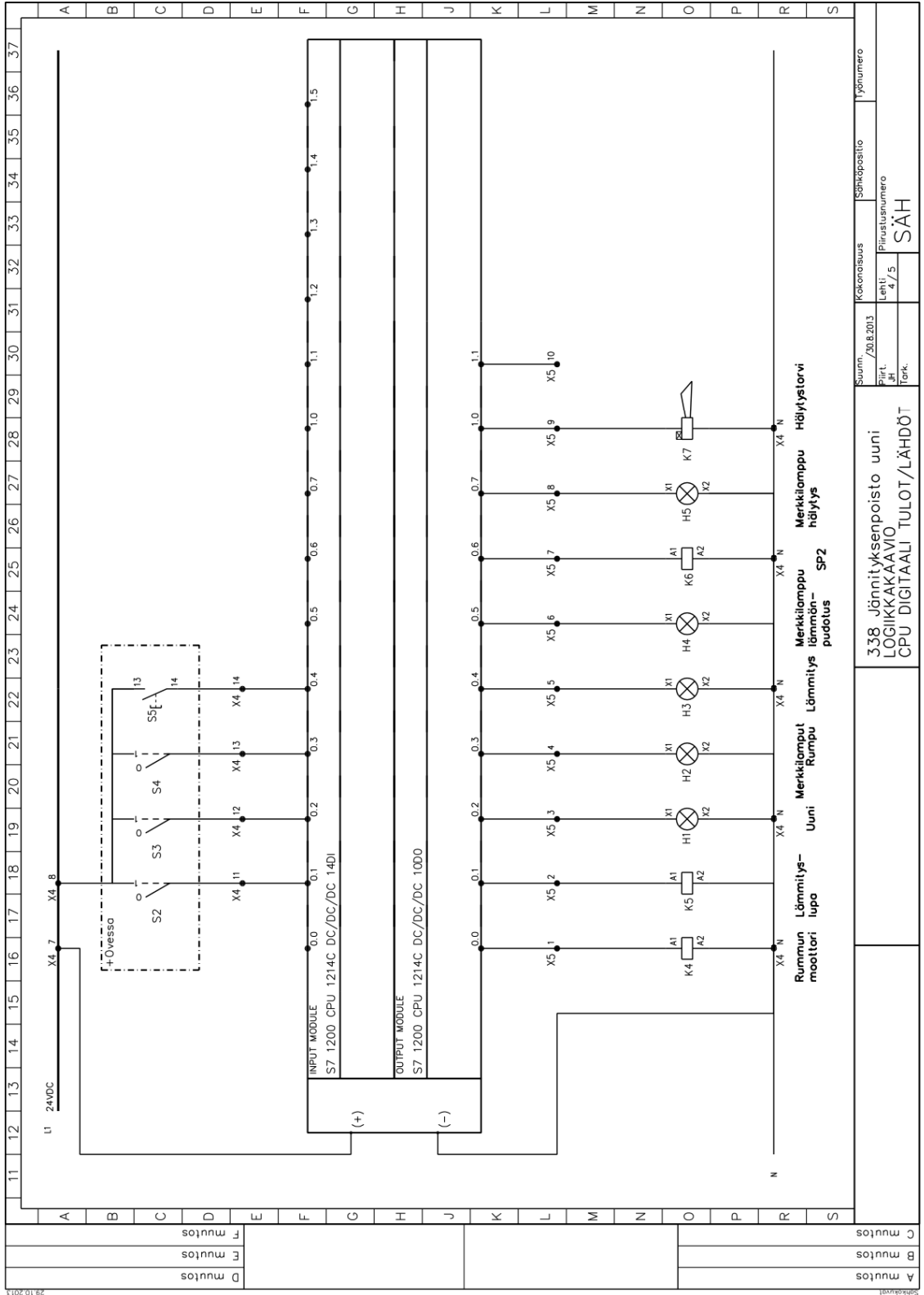


A muutokset		Suunn. / 20.8.2013		Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
B muutokset		Piirt. / JH		LENTI	Piirustusnumero	
C muutokset		Tarkk.		2 / 5	SÄH	

338 Jännityksenpoisto uuni
JÄNNITTEENJAKO



A multos	338 Jännityksenpoisto uuni PIIRIKAAVIO		Suunn. / 20.8.2013	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
B multos			Piirt. / JH	LENT.	Piirustusnumero	
C multos			Tark.	3 / 5	SÄH	



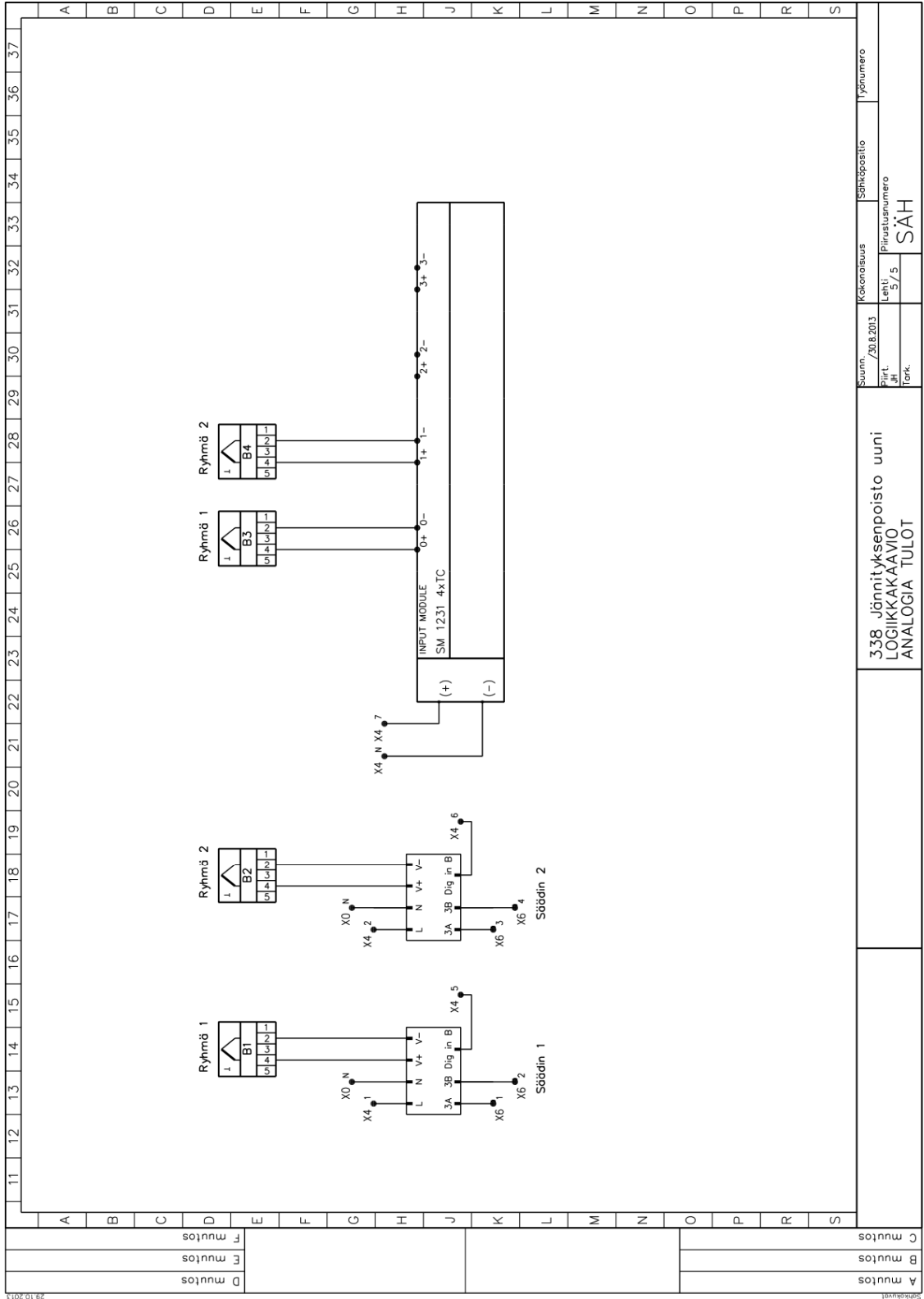
Suunn. / 20.8.2013	Kokonaisuus	Sähköspositio	Työnumero
Plat. / 4 / 5	Lehti / 4 / 5	Projektiluettelo	
Tarkk.			

338 Jännityksenpoisto uuni
 LOGIKKAKAAVIO
 CPU DIGITAALI TULOT/LÄHDÖT

Merkitämpi Hätystorvi
 Merkitämpi Hämön-
 pudotus SP2
 Merkitämpi Uuni
 Merkitämpi Rumpu
 Merkitämpi Lämmitys-
 Rumpu moottori lupu

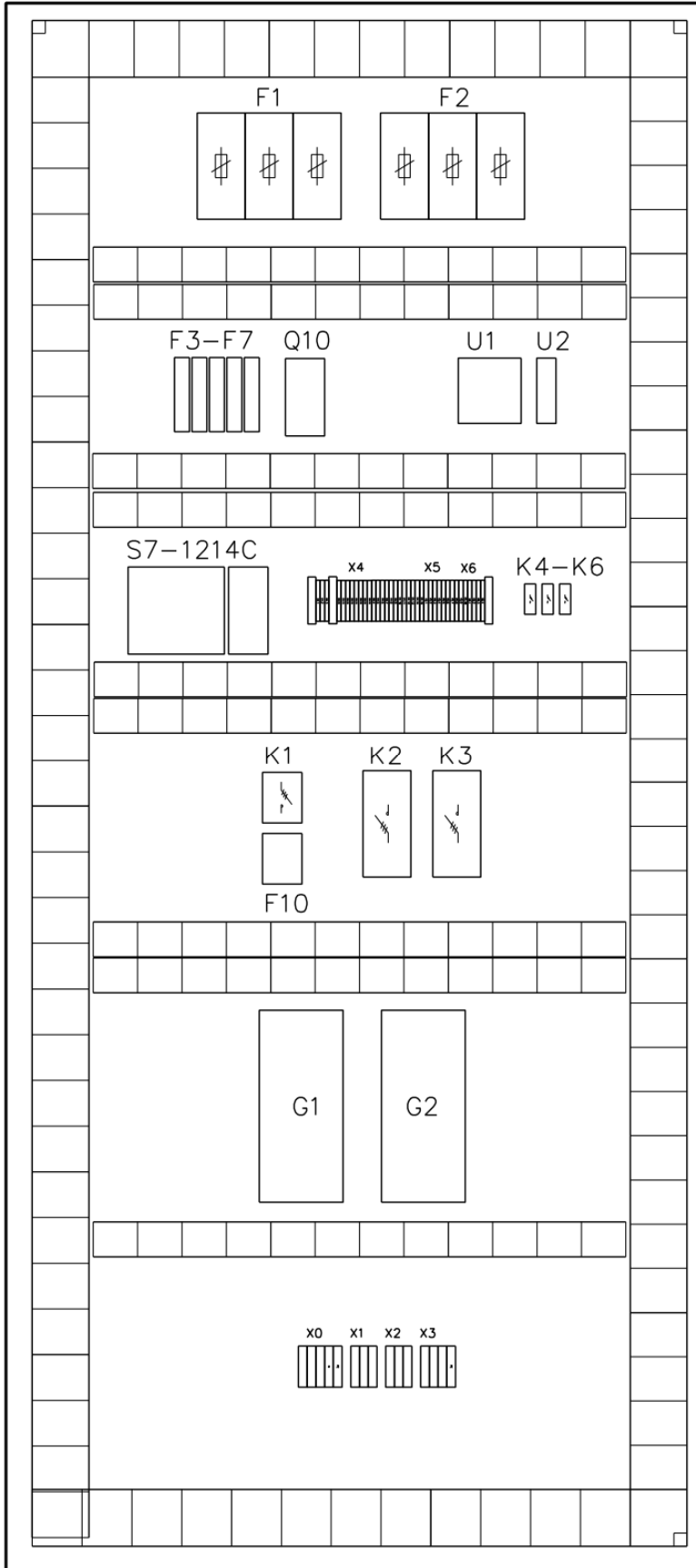
338 Jännityksenpoisto uuni
 LOGIKKAKAAVIO
 CPU DIGITAALI TULOT/LÄHDÖT

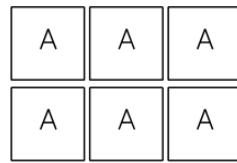
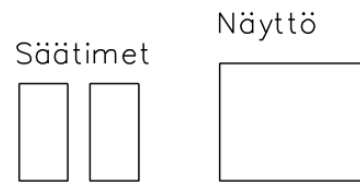
A muttos
B muttos
C muttos



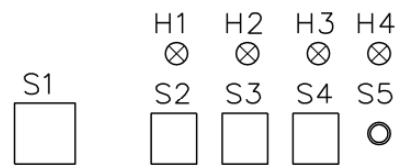
A multos		338 Jännityksenpoisto uuni LOGIikkAAAVIO ANALOGIA TULOT		Suunn. /20.8.2013		Kokonaisuus		Sähkösäiliö		Työnumero	
B multos				Päiv. /		Lehti /		Pöytänumero			
C multos				5 /		5		SÄH			

L*K*S -
800*2000*500





Käyttötuntimittari



Komponenttiluettelo:

Nimike	Valmistaja/malli	Tuotenumero	Kpl
Kahvasulake 32 A	ABB 500 V gG/gL	OFAF 000H 32	6
Johdonsuojakytkin	Schneider MG	23975 C60N 1B4 6kA	5
Kontaktori 9 A, ohjaus 24 VDC	Schneider TeSys D	LC1D09BD	1
Kontaktori 65 A, ohjaus 24 VDC	Schneider TeSys D	LC1D65ABD	2
Omron välirele 5 A, 2C/O	Omron pistokantarele	G2R-2SNDI (2S/A 24VDC)	3
Omron välirelekanta G2R2-SN	Välireleen kanta	P2RF-08E	3
Pääkytkin, runko	ABB	OT125FT3	1
Pääkytkin, väännin	ABB	OHYS2RJ	1
Nokkakytkimen runko	Schneider	K1A001A 0-1/1-NAP	3
Väännin musta 22 mm reikään	Schneider	KAC1H	3
Kilpi 0-1	Schneider	K141ME 0-1/0/45	3
Painike sin, kuittaus	Schneider	XB5AA61	1
Moottorinsuojakytkin 2,5-4 A	Schneider TeSys	GV2ME08	1
Merkkivalo, 24 V valk led	Schneider	XB5AVB1	3
Merkkivalo, 24 V kelt led	Schneider	XB5AVB5	1
Keskuskaappi L800xK2000xS600	Schneider	NSYSM20860P	1
Käyttötuntimittari 12-48 VDC	Releco	BG 4017-1248	1
Tyristoriyksikkö	Eurotherm	7200S	2
Säädin	Eurotherm	3208	2
24 VDC virtalähde	PULS virtal. 5 A/120 W		1
12 VDC virtalähde	PULS virtal. 1,3 A/15 W		1
Kiertorautamittari 0-60 A	Cewe 72x72 mm	IQ72.60A	6
Varoitusvalo punainen	Auer	PCH PUN.JATK/VILK LED	1
KHL merkinantotorvi	Auer	KLH MERKINANTOTORVI	1
Riviliitin 800V 0.14-4mm ² , harmaa	Phoenix	3044076 UT 2.5	30
Riviliitin 800V 0.14-4mm ² sininen	Phoenix	3044089 UT 2.5 BU	10
Erotuslevy	Phoenix	3047167 ATP-UT	5
Päätypuristin	Phoenix	0800886 E/NS 35N	6
Pistosilta	Phoenix	3030226 FBS 20-5	1
Riviliitin 1000V 0.5-16mm ²	Phoenix	3044160 UT 10	12