

Alexi Purmonen

Pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

29.5.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Aleksi Purmonen Pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivitys 26 sivua + 11 liitettä 29.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho Kunnossapitoinsinööri HKL Sami Lempiäinen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivitys Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kunnossapitoyksikölle. Ohjausjärjestelmän päivityksessä käytettiin teollisuudessa paljon käytettyä ohjelmoitavaa logiikkaa.</p> <p>Opinnäytetyössä suunniteltiin ohjausjärjestelmän toiminta, määriteltiin ohjausjärjestelmältä vaaditut ominaisuudet lämmityksen ohjaamiseksi, suunniteltiin päivitystä varten sähköpiirustukset sekä arvioitiin laitteen toimintaa liittyviä riskejä ohjausjärjestelmän päivityksen jälkeen.</p> <p>Opinnäytetyössä valittiin ohjausjärjestelmän päivityksessä käytetty ohjauslogiikka, käyttöliittymä sekä muut ohjausjärjestelmän komponentit. Työn lopussa esiteltiin ohjausjärjestelmän päivityksessä ohjausjärjestelmään lisätyn käyttöliittymän paneeleita.</p> <p>Ohjausjärjestelmässä PID-säätimen avulla saatiin PWM-signaali, jolla ohjattiin uunin lämpenemistä puolijohdekontaktorin avulla. PID-säätimen avulla suoritetaan teollisuudessa erilaisia muuttuvien prosessien ohjausta.</p> <p>Opinnäytetyössä rakennettiin testauslaboratoriossa ohjausjärjestelmän prototyyppi, jossa päästiin koestamaan ohjausjärjestelmän ja käyttöliittymän toimintaa. Opinnäytetyön tuloksena saatiin rakennettua pyörien ohjausjärjestelmän päivitystä varten toimiva ohjausjärjestelmä.</p>	
Avainsanat	PID-säädin, PLC, PWM, lämmityksen ohjaus

Author(s) Title	Aleksi Purmonen Updating for Wheels Heating Oven Control System
Number of Pages Date	26 pages + 11 appendices 29 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Sami Lempiäinen, Maintenance Engineer HKL
<p>This Bachelor's thesis presents an updating plan for the wheels heating oven control system for Helsinki City Transport, Maintenance Department. The purpose of this thesis was to plan a user-friendly update for the wheels heating oven control system and later in time cover the original control system.</p> <p>The objectives of thesis were to clarify the operation of the control system, to determine the features required of this system to control oven heating, to make plans for electrical circuits for the update, and to evaluate possible risks that could occur after updating the control system.</p> <p>The main priority of the control system was to adjust oven heating with PWM-signal. With the help of Pid-controller it was possible to create a PWM-signal in the control circuit. Pid-controller is often used in industry to control many different variable processes.</p> <p>During this thesis work a prototype for the updated control circuit was built which, was used to test the control system and the operation of the touch screen. As a result of this thesis working updates for the control system in the wheels heating oven were created.</p>	
Keywords	PID-controller, PLC, PWM, heating controller

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ohjausjärjestelmä	4
2.1	Toimintaperiaate	4
2.2	Vaatimukset	5
2.3	Prosessin virheet	6
2.4	Sähkösuunnitelma	7
2.5	Sähkösuunnitelmien dokumentointi	9
2.6	Anturointi	9
2.7	Valmistajan ja komponenttien valinta	10
2.8	Kotelointi	11
3	Logiikan ja käyttöliittymän ohjelmien suunnittelu	11
3.1	Ohjelmointiohjelmat	11
3.2	Koulutuspäivä	12
3.3	Logiikan ohjelman suunnittelu	12
3.4	Käyttöliittymän suunnittelu	13
4	Komponentit	14
4.1	Kontaktori	14
4.2	Kosketusnäyttö	14
4.3	Lämpötilan valvontarele	15
4.4	Lämpötila-anturit	17
4.5	Ohjelmoitava logiikka ja lisäkortti	17
4.6	Ovikytkin	18
4.7	Puolijohdekontaktori	19
4.8	Puolijohderele	19
4.9	Rele	20
4.10	Teholähde	20
5	Järjestelmän toteutus	21
5.1	Prototyyppi	21

5.2	Käyttö- ja huolto-ohjeiden suunnittelu	23
5.3	Järjestelmän testaus	23
6	Yhteenveto	24
	Lähteet	25
	Liitteet	
	Liite 1. Pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivityksen aikataulu	
	Liite 2. Lohkokaavio pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmästä	
	Liite 3. Alkuperäisen ohjausjärjestelmän kytkentäkaavio	
	Liite 4. Päivitetty ohjausjärjestelmän kytkentäkaavio	
	Liite 5. Sähkökeskuksen layout-kuva	
	Liite 6. Komponenttilista	
	Liite 7. Itsediagnostiikan toimintakaaviot	
	Liite 8. Käyttöliittymän lohkokaaviosuunnitelma	
	Liite 9. Käyttöliittymän suunnitelma	
	Liite 10. Pyörien lämmitysuunin käyttö- ja huolto-ohje	
	Liite 11. Pyörien lämmitysuunin turvallisuusarvio	

1 Johdanto

Opinnäytetyö on tehty Helsingin kaupungin liikennelaitoksen kunnossapitoyksikölle metrorarikon korjaamolla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kahden identtisen pyörien lämmitysuunin (kuva 1) ohjausjärjestelmään toteutettava päivitys. Pyörien lämmitysuuneilla lämmitetään metrojunien pyöriä ennen niiden asentamista. Uunit toimivat itsenäisesti eivätkä vaikuta toistensa toimintoihin, ja niihin tullaan asentamaan samanlaiset ohjausjärjestelmän päivitykset.

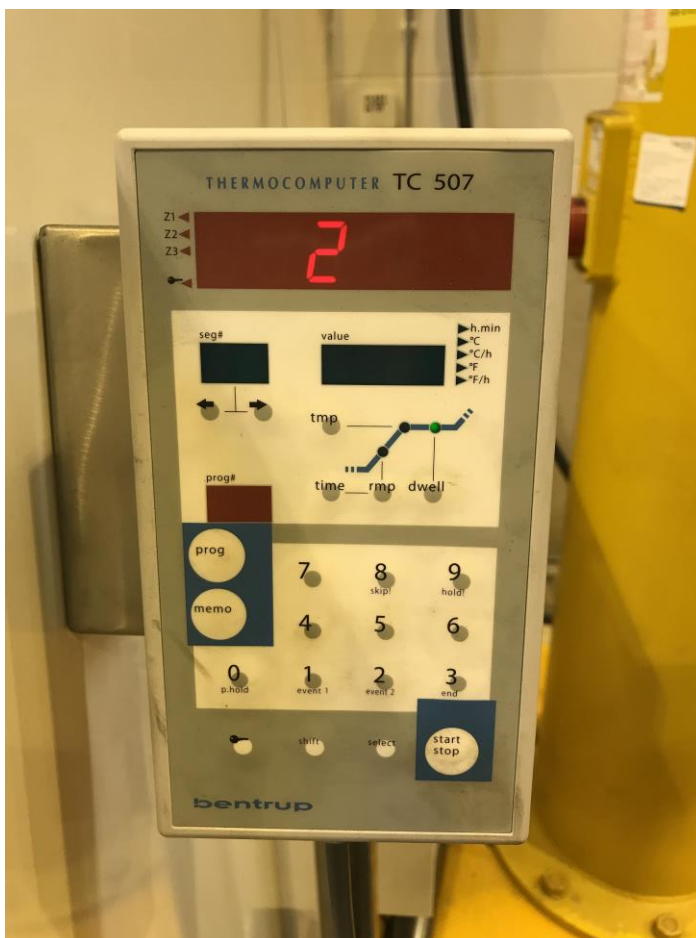


Kuva 1. Pyörien lämmitysuunit.

Vaikka on kyseessä kahden uunin päivitys, opinnäytetyössä käydään selvyiden vuoksi läpi vain toisen uunin päivitys. Ohjausjärjestelmän päivityksen tavoitteena oli suunnitella uusi ohjausjärjestelmä, jonka käyttöliittymänä toimisi kosketusnäyttö. Käyttöliittymän käytön tulisi olla käyttäjän kannalta riittävän yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Alkuperäinen ohjausjärjestelmä koettiin vaikeaselkoiseksi ja hankalaksi käyttää. Pyörien läm-

mitysuunien käyttö on päivittäistä, jonka vuoksi järjestelmältä vaaditaan helppokäyttöisyyttä. Näiden syiden vuoksi pyörien ohjausjärjestelmien päivitys koettiin tarpeelliseksi ja opinnäytetyö tehtiin.

Alkuperäisessä ohjausjärjestelmässä (kuva 2) käyttäjä joutui ennalta asetettujen muistipaikkojen joukosta valitsemaan suoritettavan ohjelman. Tämä lisäksi käyttäjä joutui itse laskemaan aloitusajan haluamansa lämmityksen lopetusajan ja lämmityksen keston perusteella. Lämmityksen lopetus aika on hetki, jolloin uunissa lämmitettäviä komponentteja on lämmitetty riittävän kauan ja ne ovat valmiina asennettavaksi. Lämmityksen kesto on aika lämmityksen aloitus- ja lämmityksen lopetusajan välillä.



Kuva 2. Alkuperäinen ohjausjärjestelmä.

Pyörien asentaminen akselille tapahtuu puristussoviteella. Jotta pyörät voidaan asentaa puristussovitteesta huolimatta, ilman kosketuspintojen vaurioitumista, on niiden lämmitäminen ennen asennusta pakollista. Asennustapa perustuu lämpölaajenemisilmiöön ja sen synnyttämään kokoeroon pyörän ja akselin välillä.

Suunnitelmassa pyörien lämmitysuunin päivitetty ohjausjärjestelmä toteutettiin teollisuudessa yleisesti käytetyllä ohjelmoitavalla logiikalla ja sen ympärille suunnitellulla mittausjärjestelmällä. Ohjausjärjestelmä tuli varustaa käyttöliittymällä, jotta käyttäjät voivat määrittää pyörien lämmitysuuniin erilaisia, eri aikoina suoritettavia ohjelmia sekä valita näitä ohjelmoituja ohjelmia. Käyttöliittymä toteutettiin erillisellä logiikkaan liitettyllä kosketusnäytöllä.

Suunnitelmassa määritettiin laitteistolta vaadittavat ominaisuudet, joiden perusteella valittiin ohjausjärjestelmän päivityksessä käytettävä laitteisto sekä mittausjärjestelmän komponentit. Laitteiston valinnan lisäksi ohjausjärjestelmän päivitykseen kuului ohjelmoitavaan logiikkaan ja käyttöliittymään ladattavien ohjelmistojen suunnittelu.

Projektia varten suunniteltiin aikataulu pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivityksestä (liite 1), sekä pidettiin useita tapaamisia projektin seurantaan varten. Aikataulun avulla pystyttiin seuraamaan projektin etenemistä ja samalla se toimi muistilistana tehtävistä asioista. Tapaamisia varten kirjoitettiin erillisiä tämän opinnäytetyön ulkopuolisia selvityksiä projektia varten.

Projektin tilaajana toimiva Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) vastaa metro- ja raitioliikenteen toteutuksesta Helsingissä. HKL:n tytäryhtiö Suomenlinnan Liikenne harjoittaa linjaliikennettä kaupungin ja Suomenlinnan välillä osana Helsingin seudun liikenteen järjestämää joukkoliikennettä. HKL:n päätöksistä vastaa HKL-liikennelaitoksen johtokunta. HKL työllistää noin 1200 työntekijää. HKL liikennöi metroradalla kolmella eri kalustotyyppillä, joita ovat M100, M200 ja M300. Metrojen kunnossapitoa suoritetaan Roihupellossa sijaitsevalla metrovarikolla. Raitioliikenteessä kalustona toimivat NRV I, MLNRV I, MLNRV II, Variotram ja Artic. Raitiovaunujen kunnossapito tapahtuu kolmella eri varikolla: Koskelan, Töölön sekä Vallilan varikoilla.

HKL vastaa Helsingin joukkoliikenteen infrastruktuurin kehittämisestä ja kunnossapidosta, johon kuuluvat metrorata ja raitiotiet, pysäkit ja asemat, tunnelit sekä kiinteistöt kuten varikot. HKL:n projektiryhmä vastaa Espooseen ja Helsinkiin rakennettavan Jokeri-linja-raitiotieprojektin radan toteuttamisesta.

2 Ohjausjärjestelmä

2.1 Toimintaperiaate

Ohjausjärjestelmä lämmittää uunissa olevia pyöriä ohjelmaan asetettujen parametrien mukaan. Pyörien suuren massan vuoksi lämmittäminen tulee aloittaa riittävän aikaisin, jotta pyörien lämpötila ehtii nousta ja tasaantua asetettuun lämpötilaan. Pitkän lämmitysaajan vuoksi lämmitysohjelma asetetaan alkamaan yöllä ennen työvuoron alkua, jotta työvuoron aikana pyörien tavoitelämpötila saavutetaan ja pyörien asentaminen on mahdollista. Pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän päivitystä varten luotiin lohkokaaavio ohjausjärjestelmästä (liite 2), joka kuvaa järjestelmän kytkentöjä.

Ohjausjärjestelmään kuuluvan kosketusnäytön avulla ohjelmoidaan ohjausjärjestelmään haluttu lämmitys aika ja lämpötila manuaalisessa lämmityksessä. Valmiissa ohjelmissa käyttäjä tallentaa ohjausjärjestelmään aikaisempien lämmitysten perusteella, joiden perusteella uuni tietää, milloin pyörien lämmittäminen tulee aloittaa. Lämmitysaika ja lämpötila tallentuvat ohjausjärjestelmään, jolloin käyttäjä joutuu asettamaan valmiissa ohjelmissa ainoastaan halutun lämmitysaajan.

Uunin ohjausjärjestelmän tulee tarkkailla uunin toimintoja lämmityksen ohjaamisen vuoksi. Ohjausjärjestelmän päivityksen jälkeen ohjausjärjestelmä saa takaisinkytkentätietoa uunin sisälle asennetusta lämpötila-anturista sekä lämmitettävään kappaleeseen kiinnitetystä pintalämpötila-anturista. Takaisinkytkentätiedon perusteella ohjausjärjestelmä laskee tarvittavan lämmitystehon PID-säätimen avulla. PID-säädin antaa ulostulona PWM-signaalin, jonka perusteella ohjataan puolijohdereleen avulla lämmitysvastusten puolijohdekontaktoria, joka katkoo lämmitysvastuksille kulkevaa virtaa ja säätelee uunin lämpenemistä.

Uuniin on asennettu puhallin, jonka tarkoituksena on varmistaa uunin ja kappaleiden tasainen lämpeneminen. Alkuperäisessä ohjausjärjestelmässä lämmitysvastusten ja uunin puhaltimen kontaktoreiden ohjausjännitteet oli kytketty ovikytkimen kanssa sarjaan. Kytkentä esti uunin lämpenemisen ja puhaltimen toiminnan uunin oven ollessa avoinna. Ohjausjärjestelmän päivityksessä ovikytkimen tilatieto tuotiin ohjausjärjestelmään ja sitä käytettiin ehtona lämmitysvastusten ja puhaltimen kontaktoreiden ohjauksessa. Samalla mahdollistettiin puhaltimen käyttäminen ohjelmallisesti myös silloin, kun lämmitysohjelma ei ole käynnissä.

Ohjausjärjestelmän päivityksessä sähköjärjestelmään kuuluvien kontaktoreiden tilaa ryhdyttiin valvomaan, jotta saatiin tietoa niiden tiloista ja toiminnasta. Samalla ohjausjärjestelmään lisättiin itsediagnostiikkaa, minkä jälkeen oli mahdollista havaita ristiriitaiset tilanteet komponenttien tilojen ja ohjauslogiikan välillä. Itsediagnostiikasta saatavia tietoja käytettiin ohjelmassa ehtoina ja niiden avulla estämään virheelliset tilanteet ohjausjärjestelmän vikaantuessa.

2.2 Vaatimukset

Opinnäytetyön aiheena oli ohjausjärjestelmän päivittäminen, minkä vuoksi alkuperäistä sähkösuunnitelmaa ei muutettu ohjausjärjestelmää lukuun ottamatta. Alkuperäiseen kytkentäkaavioon ja sähkökeskukseen tutustumalla selvitettiin järjestelmään kuuluvat komponentit ja niiden ominaisuudet sekä kytkennät komponenttien välillä.

Ohjausjärjestelmän päivityksessä suojattiin ohjelmoitavan logiikan lähdöt käyttämällä apureleitä. Samalla pystyttiin jättämään logiikan lähtöjen teho- ja jännitekestot logiikan valintakriteereiden ulkopuolelle.

Lämmitysvastuksien virtaa ohjaavaa puolijohdekontaktoria ohjataan pätkimällä puolijohdereleellä sille syötettyä virtaa PWM-signaalilla. Mekaanisia osia sisältävän releen käyttöikä vaihtelee releen kuormituksesta kytkentähetkellä ja niiden maksimaaliset kytkentäkerrat jäävät satoihin tuhansiin kytkentäkertoihin kevyimmillään kuormilla (Product data sheet RXG12BD). Koska PWM-signaali vaihtelee jatkuvasti, relelähdöllä ei voitu toteuttaa puolijohdekontaktorin ohjausta ja näin logiikalta vaadittiin transistorilähtö. Releiden rajallisten kytkentäkertojen vuoksi joudutaan käyttämään myös puolijohdekontaktorin apureleena puolijohderelettä. Ohjausjärjestelmän päivityksessä jokaiselle kontaktorille toteutettiin oma ohjauspiiri.

Aikaisempi ohjausjärjestelmä ei saanut lämpötilatietoa lämmitettävien pyörien pintalämpötilasta, minkä vuoksi vanhan järjestelmän kanssa jouduttiin käyttämään erillistä lämpömittaria. Ohjausjärjestelmän päivityksen yhteydessä lisättiin ohjausjärjestelmään pintalämpötila-anturi, joka mittaa lämmitettävän kappaleen pintalämpötilaa.

Metrovarikon huolto- ja säilytyshalleihin sekä korjaamotiloihin on asennettu HKL:n sisäinen tuotantoverkko, joka on käytössä myös muissa HKL:n toimipisteissä. Osa metrovarikolla tällä hetkellä olevista järjestelmistä on jo liitetty tuotantoverkkoon ja se mahdollistaa laitteiden valvomisen etänä. Osaan markkinoilla olevista laitteista voidaan edellä mainitun valvonnan lisäksi ohjelmoida toimintoja, jotka lähettävät vikailmoituksen laitteen vikaantumisen yhteydessä Ethernet-liitännän kautta. Kyseisen liitännän kautta tapahtuva prosessin seuranta ja valvonta jätettiin kuitenkin projektin ulkopuolelle. Tästä huolimatta ohjausjärjestelmän päivitystä varten hankittavalta ohjauslogiikalta vaadittiin Ethernet-liitäntä, jotta laitteistot voidaan myöhemmässä vaiheessa liittää metrovarikon tuotantoverkkoon.

Ohjausjärjestelmä käynnistää uunit määritettyjen ohjelmien ja kellonajan mukaan. Kellonajan säilymistä varten ohjauslogiikalta vaadittiin myös sisäinen Real-time clock -ominaisuus, joka pitää logiikkaan ohjelmoitua kelloa oikeassa ajassa.

Kosketusnäytön toimiessa ohjausjärjestelmän käyttöliittymänä vaadittiin myös sille oma liitin.

2.3 Prosessin virheet

Ohjausjärjestelmän päivityksessä arvioitiin ja tunnistettiin myös mahdollisesti tapahtuvia vikatilanteita, vikatilanteista johtuvia seurauksia sekä ratkaisuja vikatilanteiden estämiseksi, jotta valmis laitteisto ei aiheuta vaaratilanteita.

Pyörien lämmitysuunin tunnistetuksi vikatilanteeksi ohjausjärjestelmän päivitystä suunniteltaessa tunnistettiin uunin hallitsematon lämpeneminen. Kyseinen hallitsematon reaktio voi johtua ohjausjärjestelmän virheestä, lämmitysvastusten puolijohdekontaktorin virheellisestä toiminnasta tai termoparien virheellisestä mittausarvosta.

Mahdollinen ohjausjärjestelmän virhe koettiin käsittävän ohjausjärjestelmän kaatumisen ja siitä johtuvan virheellisen ohjauksen. Puolijohdekontaktorin virheellisessä toiminnassa kontaktori toimii muulla kuin ohjausjärjestelmän tarkoittamalla tavalla. Termoparien virheellinen mittausarvo palauttaa järjestelmään väärän lämpötilatiedon.

Edellä kuvattujen vikatilanteiden estämiseksi ohjausjärjestelmään lisättiin yllämpötilarajat ja erillinen lämpötilan valvontarele sekä rajoitettiin PWM-signaalia ohjelmallisesti.

Ohjausjärjestelmään lisätyt yllämpörajat valvovat omien antureiden lämpötila-antureiden mitta-arvoja toimien samalla ehtoina ohjausjärjestelmässä lämmitykselle.

Lämpötilan valvontarele mittaa uunin sisälämpötilaa omalla lämpötila-anturilla ja mahdollistaa lämmitysvastusten pääkontaktorin ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännitteen toiminnan. Jos lämpötilareleen käyttöjännite katkeaa tai yllämpöreleeseen asetettu lämpötilaraja ylittyy lämmitysvastusten pääkontaktorin ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännitteet katkeavat. Lämpötilan valvontarele asetetaan toimimaan lämpötilassa, jossa kaikkien muiden ohjelmallisten toimintojen rajat ovat ylittyneet.

PWM-signaali on ohjausjärjestelmän PID-säätimen tuottama ohjaussignaali, jonka pulssisuhdetta voidaan ohjelmallisesti rajoittaa esimerkiksi asettamalla korkein mahdollinen pulssisuhde 50 %:iin. Näin maksimaalisesta lämmitystehosta on tällöin käytössä suurimallakin teholla vain puolet ja maksimaalinen lämpötila, jonka uuni voi saavuttaa, jää alemmas. Toisaalta pulssisuhteen rajaaminen manuaalisesti aiheuttaa lämmityksen hidastumista johtuen rajoitetusta pulssisuhteesta ja samalla rajoitetusta tehosta. Pulssisuhteen rajoja voidaan testata ja koestaa vasta, kun järjestelmä on saatu asennettua lopullisesti uuniin ja sitä päästään koekäyttämään.

2.4 Sähkösuunnitelma

Sähkösuunnitelmassa käytiin läpi laitteistolle aikaisemmin asetetut vaatimukset sekä määritettiin ohjausjärjestelmän päivitystä varten tarvittavien komponenttien vaatimukset. Komponentteja valittaessa oli tärkeää huomioida sähköjärjestelmässä jo olevat komponentit sekä niiden ominaisuudet, jotta kaikki komponentit ovat sähköisesti yhteensopivia keskenään.

Sähköjärjestelmän ohjausta varten tarvitaan apureleet seuraavia jännitteitä varten:

- lämmitysvastusten pääkontaktorin ohjausjännite
- puhaltimen kontaktorin ohjausjännite.
- lämmitysvastusten puolijohdekontaktorin käyttöjännite.

Tämän lisäksi tarvitaan ohjausjännite lämmitysvastusten puolijohdekontaktorin puolijohdereleelle, joka toimii apureleen tavoin. Puolijohderelettä ohjaavaa PWM-signaalia varten kyseisen lähdön tulee olla transistorityyppinen. Edellä mainittuja varten ohjauslogiikalta vaadittiin neljä kappaletta lähtöjä, joista vähintään yhden tuli olla transistorilähtö.

Ohjausjärjestelmän päivityksen yhteydessä kontaktoreiden kanssa sarjaan kytketyn ovikytkimen kytkentä muutettiin omaan virtapiiriin, minkä jälkeen ovikytkimen tilatietoa voitiin käyttää ehtona. Tilatietoja mitataan ohjausjärjestelmässä myös lämmitysvastusten pääkontaktorilta, puhaltimen kontaktorilta sekä lämpötilan valvontareleeltä. Tilatietoa varten ohjauslogiikalta vaadittiin kolme kappaletta tuloja.

Alkuperäinen ohjausjärjestelmä sai takaisinkytkentänä lämpötilatietoa uunin sisälle asennetusta K-tyyppin termoparista. Ohjausjärjestelmän päivityksessä uuniin lisättiin magneettinen pintalämpötila-anturi, kappaleen lämpötilan tarkempaa määrittämistä varten. Pintalämpötila-anturina päätettiin käyttää asentajien aikaisemmin hankkimaan ja hyväksi havaitsemaa, magneettisella päällä varustettua pintalämpötila-anturia, joka oli markkinoilta helposti saatavilla. Kyseinen pintalämpötila-anturi oli sisälämpötila-anturin tavoin K-tyyppin termopari. Lämpötila-antureita varten ohjauslogiikasta vaadittiin kaksi K-tyyppin termoparille sopivaa tuloa.

Ohjausjärjestelmän päivityksessä järjestelmään lisättiin ohjauslogiikan ja termoparien lisäkortin lisäksi apureleitä, sulakkeita sekä teholähde. Alkuperäinen ohjausjärjestelmä sijaitsi uunin kylkeen sijoitetun sähkökeskuksen yhteydessä. Ohjausjärjestelmän päivityksessä ei rakennettu erillistä sähkökeskusta ohjauslogiikkaa ja sen komponentteja varten, vaan laitteet sijoitettiin alkuperäiseen sähkökeskukseen. Laitteiden sijoitusta varten alkuperäisten komponenttien sijainteihin ei tehty muutoksia. Tästä johtuen sähkökeskukseen lisättiin kaksi kappaletta DIN-kiskoja, joihin uudet komponentit kiinnitettiin. Osalle komponenteista on varattu vapaata tilaa, joka tulee asennuksessa jättää vapaaksi muista laitteista. Nämä täytyy huomioida komponenttien sijoituksessa toisiinsa nähden.

Kosketusnäyttö sijoitettiin käyttäjän kannalta helppokäyttöiseen paikkaan eikä näin sähkökeskusta ja sen koteloa voitu käyttää asennuspaikkana. Näyttö koteloitiin erilliseen koteloon uunin etuosaan, mistä käyttäjän on helppo seurata ja käyttää kosketusnäytön avulla uunin toimintoja. Tätä varten tarvittiin erillinen kotelo näytölle, jonka etuosaa koineistettiin aukko näytön asennusta varten. Näyttö vaatii toimiakseen RJ45-Ethernet-kaapelin näytön ja logiikan välille sekä 24 VDC -tasajännitesyötön ja maadoituksen.

2.5 Sähkösuunnitelmien dokumentointi

Sähkösuunnitelman perusteella sekä ohjausjärjestelmän alkuperäistä kytkentäkaaviota (liite 3) käyttämällä suunniteltiin ohjausjärjestelmän päivityksen kytkentäkaavio (liite 4) käyttämällä CADS Electric -sovellusta. Sovellus hankittiin Kyndata Oy:n opiskelijalisenssillä, jolla sovellusta voidaan käyttää valmistumiseen asti maksutta. Sovelluksen avulla luotiin myös sähkökeskuksen layout-kuva (liite 5), josta ilmenee laitteiden fyysinen sijainti, sekä komponenttilista (liite 6) uunin sähkökomponenteista. Kuva ja komponenttilista ovat tärkeitä varsinkin asennusvaiheessa, kun komponentteja sijoitetaan sähkökeskukseen.

2.6 Anturointi

Aikaisemmin käytetty erillinen lämpötila-anturi kiinnitettiin ennen jokaista lämmitystä keskimmäiseen pyörään, josta lämpöanturin johto tuotiin mittalaitteelle uunin luukun ja uunin rungon välistä. Uunin luukku suljettaessa lämmitettävät pyörät ja niiden teline liikkuvat uunin sisälle, jolloin lämpötila-anturi usein irtosi magneetista huolimatta. Tästä johtuen lämpötila-anturin johto kiinnitettiin uuniluukun sisäpuolelle, josta johto vietiin ohjauskeskukselle erillisen energiansiirtoketjun avulla. Kiinnittämällä lämpötila-anturi uuniluukkuun lämpötila-anturiin ei kohdistu räsitystä uuniluukku suljettaessa. Näin mittausjärjestelmän käytettävyyttä ja luotettavuutta saatiin parannettua.

Energiansiirtoketjuja käytetään paljon teollisuuden automaatioprojekteissa, kun joudutaan liikkuviin komponentteihin tekemään johdotuksia. Energiansiirtoketjun avulla johdot liikkuvat suojattuna ketjun sisällä, eikä niihin kohdistu mekaanista räsitystä laitteiden ja komponenttien liikkeessä.

Valvontareleen vaatima oma lämpötila-anturi sijoitettiin uunin rungon sisälle, sisälämpötila-anturin läheisyyteen, jolloin kyseisen anturin mittauspiste on lähellä uunin ohjausjärjestelmän lämpötila-anturia ja mittaus tulisi olla lähes vastaavia.

2.7 Valmistajan ja komponenttien valinta

Vaatimusten ja sähkösuunnitelman perusteella koottiin komponenttien valintaa varten lista tarvittavista komponenteista ja niiden vaatimuksista. Listan perusteella pyydettiin markkinoilla olevilta komponenttivalmistajilta alustavat tarjoukset laitevalmistajien suosittelemilla ohjauslogiikoilla. Tällä tavalla ohjauslogiikan valinta jätettiin laitevalmistajille. Saatujen tarjousten perusteella tehtiin valinta komponenttitoimittajista. Valinta perustui osittain hinnoitteluun, jolloin kalleimmat tarjoukset hylättiin.

Koska ohjauslogiikkaan ja käyttöliittymään ladattavien ohjelmistojen suunnittelu kuului yhtenä osana ohjausjärjestelmän päivitykseen, ennen laitevalmistajan valintaa tutustuttiin valmistajien käyttämiin ohjelmointiohjelmiin sekä niiden toimintaan. Laitevalmistajan valinnassa ensimmäisen vaiheen jälkeen mukana olevista toimittajista kaksi pystyi antamaan käytettävän ohjelmiston käyttöön ennen laitevalmistajan valintaa. Yksi toimittajista tarjosi ohjelmistoa ostettavaksi etukäteen. Ohjelmiston hinta olisi tässä tapauksessa hyvitetty mahdollisen laitehankinnan yhteydessä.

Päivitetyn ohjausjärjestelmän käyttö tapahtuu kosketusnäytöltä, jonka toiminta on suuressa roolissa käyttäjäkokemuksen syntymisessä. Tästä johtuen projektiin valittu kosketusnäyttöä olisi haluttu nähdä ja kokeilla ennen tilausta. Vain Schneider Electric pystyi tarjoamaan mahdollisuutta tutustua laitteisiin yrityksen omissa tiloissa.

Käynti tiloissa sekä yrityksen osoittama kiinnostus sekä neuvot sähkösuunnittelussa johtivat valmistajan valintaa. Yritys tarjosi myös koulutuspäivää, jossa käydään läpi ohjelmiston toimintaa ja sen tarjoamia mahdollisuuksia. Koulutuspäivän lisäksi valmistajan tekninen tuki on käytettävissä projektin aikana logiikan ja kosketusnäytön teknisten ongelmien ratkaisemiseksi.

2.8 Kotelointi

Uunien läheisyydessä hiotaan jatkuvasti pyöriä ennen niiden lämmittämistä ja asennusta. Kuvatuissa tiloissa vaaditaan laitteilta tai niiden koteloilta IP6X-luokitus, jotta esimerkiksi ohjauslogiikan sisälle ei pääse metallista hiontapölyä. Tämän lisäksi huoltohaluissa tehdään myös muita asennus- ja korjaustöitä. IP-luokitukset kuvaavat laitteen pöly- ja vesitiiveyttä.

Komponentit sijoitettiin alkuperäiseen sähkökeskukseen, jonka todettiin suojaavan komponentteja riittävällä tasolla, eikä komponenttien erillistä lisäsuojaa vaadittu.

Ohjausjärjestelmään kuuluvan kosketusnäyttö on suojaustasolta luokiteltu kahteen eri luokkaan. Näytön kosketuspinta ja etuosa täyttävät IP-luokituksen IP68. Kosketusnäytön takaosa, jossa liittimet sijaitsevat täyttää IP-luokituksen IP20. Tästä ja näytön erillisestä asennuksesta johtuen näyttö jouduttiin koteloidaan, jotta näytön sisälle ei pääse ylimääräisiä hiukkasia eikä kosketusnäyttö vaurioidu olosuhteiden vuoksi.

3 Logiikan ja käyttöliittymän ohjelmien suunnittelu

3.1 Ohjelmointiohjelmat

Schneider Electric käyttää M221-logiikkasarjan ohjelmoinnissa SoMachine Basic -ohjelmistoa. Ohjelmisto on ilmaisversio, ja se voidaan ladata internetistä ilman erillistä rekisteröitymistä. YouTube-videopalvelusta Schneider Electric -kanavalle on ladattu esimerkkivideoita, joiden avulla pystyy tutustumaan sovelluksen toimintaan ja ratkaisemaan yksinkertaisimpia ongelmia sovelluksen kanssa. Näiden lisäksi palvelusta löytyy myös muiden käyttäjien videoita sovelluksen käytöstä.

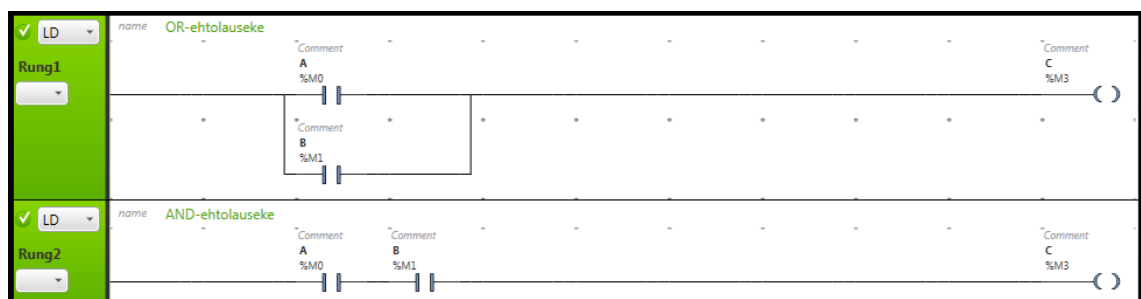
Käyttöliittymä ohjelmoitiin erillisellä Vijeo Designer -ohjelmalla, joka on Schneider Electricin näyttöjen ohjelmointiin tarkoitettu sovellus. Sovelluksesta jouduttiin hankkimaan täysversio, koska projektin aikana päivitettyä näyttöä ei pystynyt ohjelmoimaan sovelluksen ilmaisversiolla alkuperäisen suunnitelman mukaan.

3.2 Koulutuspäivä

Koulutuspäivä järjestettiin Schneider-Electricin tiloissa Espoossa 23.3.2017. Koulutuspäivässä käytiin läpi SoMachine Basic -ohjelman toimintoja sekä ohjelmointia. Schneider Electric oli järjestänyt koulutukseen ohjelmoitavan logiikan sekä kosketusnäytön, jotka yhdistettiin koulutuksen aikana ja joiden välistä tiedonsiirtoa kokeiltiin. Koulutuksen aikana käytiin läpi myös Vijeo Designer -ohjelman toiminnot ja ohjelmoitiin harjoitusohjelmaa.

3.3 Logiikan ohjelman suunnittelu

Logiikkaan ladattavan ohjelman toteutus suoritettiin Ladder Diagram -ohjelmointikielellä. Kyseisessä ohjelmointikielessä sijoitetaan erilaisia muuttujia tai toimintoja kuten vertailu sisältäviä lohkoja ohjelmointiympäristöön ja niitä yhdistämällä saadaan rakennettua esimerkiksi erilaisia ehtorakenteita. Ohjelmoinnissa tavallisimmat AND- ja OR-ehtolausekkeet (kuva 3) saadaan rakennettua Ladder Diagram -ohjelmointikielellä sijoittamalla edellä mainittuja muuttujia sisältäviä lohkoja ohjelmointiympäristöön peräkkäin ja rinnastusten.



Kuva 3. Esimerkki OR- ja AND-ehtolausekkeista Ladder Diagram -ohjelmointikielellä SoMachine Basic -sovelluksessa.

Logiikkaan ladattava ohjelmisto suunniteltiin ohjaamaan lämmitysvastuksia termoparien kautta saatavan takaisinkytkentätiedon ja lämmitysohjelman perusteella. Aloitus- ja lopetusajat saadaan kosketusnäytön kautta logiikkaan.

Ohjelmaan lisättiin myös itsediagnostiikkaa, joka valvoo komponenttien tiloja ja vertaa niitä ohjelmassa asetettuihin tiloihin. Jos vertailussa arvot poikkeavat ajallisesti liian pitkään toisistaan uuni siirtyy hälytystilaan ja lämmitys katkaistaan ohjaamalla apureleitä.

Itsediagnostiikan suunnitteluvaiheessa tehtiin Ladder Diagramin kaltaisia toimintakaavioita (liite 7), joihin mallinnettiin itsediagnostiikan ohjelmointirakennetta. Toimintakaavioon merkittiin myös itsediagnostiikan ohjelmointia varten tarvittavia muuttujia eri tuloille ja logiikan sisäisille muistipaikoille, joihin tallennetaan 0/1-tietoa. Uuni ei palaudu edellä kuvatusa hälytystilasta ilman käyttäjän toimintaa, eivätkä aiemmin ohjelmoidut ohjelmat käynnisty. Itsediagnostiikka valvoo myös käyttäjän asettamia ylläampörajvoja ja vertaa niitä sisä- ja pintalämpötilojen ylläampörajvoihin. Ylläampö tilanteessa ohjelma siirtyy edellä mainittuun hälytystilaan ja tämän jälkeen toiminta jatkuu edellä kuvatus mukaisesti. Tilojen vertailu tapahtuu itsenäisesti logiikalla ja niihin ei vaikuta kosketusnäytön tila. Käyttäjän täytyy kuitenkin kuitata hälytystila kosketusnäytön kautta.

3.4 Käyttöliittymän suunnittelu

Kosketusnäytön ja logiikan välillä siirretään ohjausjärjestelmän päivityksen suunnitelmassa numeraalista tietoa kuten käynnistys- ja lopetusaikoja. Tiedot siirretään muuttujissa, joihin voidaan tallettaa numeroita. Näiden lisäksi laitteiden välillä siirretään myös ohjelmassa käytettävien sisäisten releiden tilatietoja. Suurin osa kosketusnäytön ohjelmassa käytetyistä muuttujista on ulkoisia muuttujia, jotka ovat myös logiikan käytettävissä.

Vaikka uunit ovat lähtökohtaisesti suunniteltu pyörien lämmittämistä varten, niillä lämmitetään myös jarrukiekkvoja ennen asennusta ja kuivatetaan moottorin staattoreita pesun jälkeen. Ohjausjärjestelmään ohjelmoitiin oma ohjelma myös jarrukiekkvojen paistamiseen.

Koska uuneja käytetään myös muiden kappaleiden lämmittämiseen, sekä erilaisiin variaatioihin aikaisemmin esitellyistä lämmityksistä, ohjausjärjestelmään lisättiin myös manuaalinen lämmitys. Manuaalisessa lämmityksessä käyttäjä asettaa manuaalisesti halutut aloitus- ja lopetusajat, sekä tavoitelämpötilan.

Käyttöliittymän suunnittelussa luotiin lohkokaavio (Liite 8) käyttöliittymän suunnitelmasta, joihin kirjattiin kyseisillä sivuilla olevat tiedot. Lohkokaaavion käyttö käyttöliittymän toteutusvaiheessa helpotti huomattavasti koodausta, kun ohjelmoitava järjestelmä oli jo valmiiksi kuvattuna.

Kosketusnäytön ohjelmoinnissa voidaan luoda useita erilaisia näyttöjä, joihin voidaan sijoittaa toimintaa ohjaavaa tekstiä, painikkeita ja numeraalisia näyttöjä eri arvojen esittämiseksi. Painikkeiden toiminnan yhteyteen voidaan ohjelmoida päälle/pois toimintojen lisäksi myös sivun vaihtoja sekä erillisiä skriptejä. Skripteillä voidaan suorittaa esimerkiksi ehtolausekkeiden avulla muuttujien kirjoitusta ja vertailua. Skriptejä jouduttiin käyttämään esimerkiksi oikeiden viikonpäivä nimien esittämisessä kosketusnäytöllä, kun logiikan kautta ei saatu kuin tieto viikonpäivän numerosta. Kaikki kosketusnäyttöön ohjelmoidut toiminnot sijoitettiin skripteihin.

Työssään uunia käytävällä henkilöstöllä oli käyttöliittymän suunnittelun ja toteutuksen aikana mahdollisuus tutustua käyttöliittymään ja kommentoida sen toimintaa ennen ensimmäisen ohjelman lopullisen version hyväksymistä.

4 Komponentit

4.1 Kontaktori

Uunin alkuperäinen sähköjärjestelmä sisältää kaksi kontaktoria, lämmitysvastusten pääkontaktorin sekä puhaltimen kontaktorin. Kontaktori toimii releen tavoin, mutta on tarkoitettu 50 A:n ja sitä suurempien virtojen kytkentään. Kontaktorit ovat kolme- tai nelivaiheisia, ja niissä on usein myös apukärkiä pienempien jännitteiden ohjaukseen, joita esimerkiksi tässä projektissa käytetään kontaktorin tilan määrittämiseen. Molempia kontakteja ohjattiin alkuperäisessä järjestelmässä samalla jännitteellä suoraan, jolloin ne kytkeytyivät samanaikaisesti päälle uunin luukun sulkeutuessa. Ohjausjärjestelmän päivityksessä molemmille kontaktoreille lisättiin omat apureleet, jolloin kontakteja voitiin ohjata itsenäisesti logiikan lähtöjen avulla.

4.2 Kosketusnäyttö

Käyttöliittymän suunnittelu aloitettiin ennen laitevalmistajan ja komponenttien valintaa. Kosketusnäytön kokoa mallinnettiin suunnittelemalla paperille realistisen kokoisia malleja erikokoisista näytöistä. Malleihin (liite 9) piirrettiin kosketusnäyttöön tarvittavia pai-

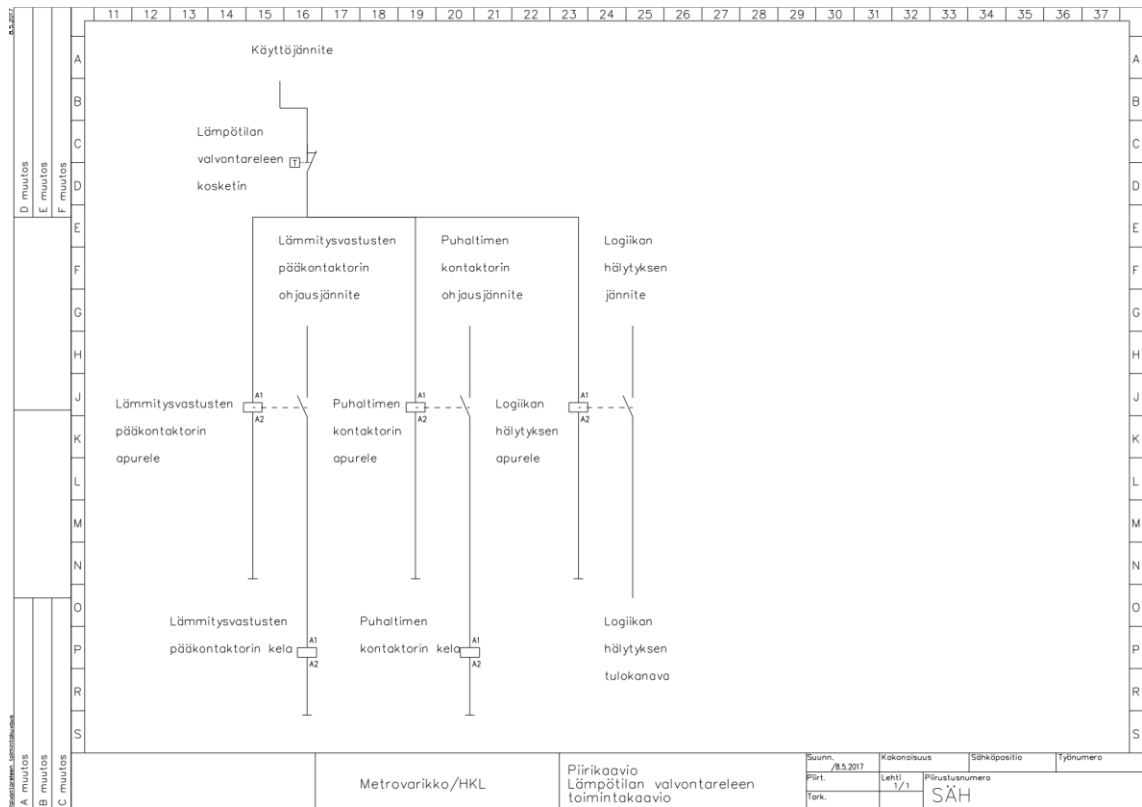
nikkeita sekä näytöllä esitettäviä tietoja. Edellä kuvatulla tavalla pystyttiin arvioimaan riittävää näytön kokoa, jotta pystyttiin valitsemaan oikeankokoinen kosketusnäyttö ilman käyttökokemuksen huonontumista.

Ohjausjärjestelmän päivityksen suunnitelmassa valittiin käytettäväksi 7,5":n Schneider Electric HMIGTO 4310. Kosketusnäyttö toimii 24 VDC -tasajännitteellä ja se sisältää Ethernet- ja sarjaportti-liittimien lisäksi USB-portin ja SD-muistikorttipaikan. Näytön suojaus on jaettu kahteen eri luokkaan: etuosa kuuluu IP68-suojausluokkaan ja takaosa IP20-suojausluokkaan. (Product data sheet HMIGTO4310.)

4.3 Lämpötilan valvontarele

Lämpötilan valvontarele varmistaa pyörien lämmitysuunin lämmityksen hallitun pysäytyksen tilanteessa, jossa uunin lämpötila nousee lämpötilan valvontareleeseen asetetun lämpötilarajan yli. Lämpötilan valvontareleeseen asetettu yllämpötilaraja on selkeästi muita yllämpötilarajoja korkeampi, jolloin se toimii viimeisenä laitteena uunin lämpötilan noustessa liian korkeaksi. Hallitussa pysäytyksessä ohjausjärjestelmä siirtyy hälytystilaan ja lämmitysvastusten pääkontaktorin ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännitteet katkaistaan.

Lämpötilan valvontarele tulee erottaa sähköisesti ohjausjärjestelmästä, jolloin ohjausjärjestelmä ei pysty vaikuttamaan lämpötilan valvontareleen toimintaan. Sähköinen erottaminen on toteutettu kytkemällä lämpötilan valvontarele ohjaamaan apureleitä, joiden kautta ohjausjännitteet ja ohjausjärjestelmän hälytystilan aktivoiva tilatieto. Oheiseen sähkökaavioon on kuvattu lämpötilan valvontareleen toimintakaavio (kuva 4).



Kuva 4. Lämpötilan valvontareleen toimintakaavio.

Uunin ohjausjärjestelmän päivityksessä käytettiin Omronin lämpötilan mittausrelettä K8AK-TH. Mittausreleeseen asetettava lämpötilaraja riippuu käytettävän lämpötila-anturin tyypistä. Koska päivityksessä valittiin käytettäväksi K-tyypin termopari, lämpötilareleeseen voidaan asettaa lämpötilaraja väliltä 0 °C–999 °C. Projektissa päätettiin käyttää K-tyypin termoparia sen aikaisemman käytön ja helpon saatavuuden vuoksi.

Käytetyssä lämpötilan valvontareleessä yllilämpörajan ylityttyä rele toimii edellä kuvatun mukaisesti. Releeseen voidaan asentaa erillisen asetuksen avulla muistitoiminto, joka estää releen kärkien palautumisen, vaikka lämpötila laskeutuisi asetetun yllilämpörajan alapuolelle. Tällöin rele myös säilyttää edellisen asennon, vaikka releen käyttöjännite katkaistaisiin. Kuittaus voidaan tällöin hoitaa manuaalisesti painamalla releessä olevaa nollauspainiketta tai ulkoisen nollauspiirin avulla, mikä mahdollistaa etänä tapahtuvan releen nollauksen. Koska releen toimiessa ohjausjärjestelmä siirtyy vikatilaan, todettiin muistitoiminnon käyttö tarpeettomaksi. Muistitoiminnon käyttö olisi myös vaatinut aina sähkökeskuksen avaamisen releen nollaamista varten tai erillisen nollauspiirin rakentamisen. (Temperature Monitoring Relay K8AK-TH.)

4.4 Lämpötila-anturit

Ohjausjärjestelmän päivityksessä käytettiin K-tyyppin termopareja johtuen alkuperäisessä ohjausjärjestelmässä käytetystä uunin sisälämpötila-anturin K-tyyppistä. Aikaisemmin käytetty erillinen lämpötila-anturi oli magneettinen K-tyyppin lämpötila-anturi, jolla voitiin mitata -50 °C – 400 °C :n lämpötiloja (Temperature measuring instrument (1-channel)). Koska markkinoilta ei löydetty vastaavaa anturia ja koska kyseinen anturi oli todettu jo aikaisemmassa käytössä toimivaksi, tämä anturi valittiin käytettäväksi projektissa. Projektia varten anturi jouduttiin tilaamaan mittatilaustyönä varustettuna 2,5 m:n pituisella johdolla johtuen uunin sisä- ja ulkopuolella tapahtuvista johtovedoista.

K-tyyppin lämpötila-anturin toiminta perustuu termoparin eli kahden eri metallia olevan johtimen välille syntyvään jännitteeseen, joka on riippuvainen edellä mainittujen johtimien liitospisteen lämpötilasta. Termoparin johdoista saatavan jännitteen avulla saadaan määritettyä johtimien liitospisteen lämpötila, kun tunnetaan termoparin johtimina käytettyjen johtimien materiaalit.

4.5 Ohjelmoitava logiikka ja lisäkortti

Ohjelmoitavan logiikan tarkoituksena on ohjata koneen toimintaa erillisen logiikkaan asennetun ohjelman perusteella. Logiikat on varustettu tuloilla ja lähdöillä, joita tarvitaan prosessin tilan seuraamiseksi ja prosessin ohjaamiseksi. Logiikoita käytetään yleisesti erilaisten prosessien ohjaamisessa teollisuudessa. Aikaisemmin teollisuudessa ohjausjärjestelmät suunniteltiin relekytkennöillä, joissa järjestelmä toteutettiin useiden releiden sarjaan- ja rinnankytkennöillä. Vanhoissa relekytkennöillä toteutetuissa ohjausjärjestelmissä järjestelmän muutokset vaativat aina johdotuksien muutoksia, kun taas nykyaikaisissa ohjelmoitavilla logiikoilla toteutetuissa järjestelmissä ohjausjärjestelmän muutokset onnistuvat pelkällä logiikkaan asennetun ohjelman perusteella. Osa logiikkaan liitetyistä tuloista voivat olla analogisia tuloja, joilla pystytään määrittämään jännite- tai virta-arvoja järjestelmän tilasta. (Värjä ym. 1995: 6.)

Ohjauslogiikan digitaaliset lähdöt voivat olla joko rele- tai transistorityyppisiä. Ohjauslogiikan transistoritulot ja -lähdöt voidaan valmistaa kahdella eri tavalla. Tulot ja lähdöt voivat toimia joko NPN- tai PNP-tyyppisesti. Valittu tapa vaikuttaa logiikassa virrankulkuun. PNP-tyyppisessä kytkennässä virta kulkee logiikan lähdöstä komponentin

kautta maihin. Lähtöpuolella virta kulkee komponentilta lähtöön ja on näin todellinen tulo. (Keinänen ym. 2001: 243.)

Ohjauslaitteiston päivityksessä valittiin käytettäväksi Modicon M221 - ohjelmoitavan logiikkasarjan TM221CE16T-logiikkaa sekä Modicon TM3 -lisäkorttisarjan TM3TI4-lisäkortti. Logiikka ja lisäkortti ovat molemmat Schneider Electric -yrityksen valmistamia tuotteita.

Ohjausjärjestelmän päivitys projektiin valittu logiikka TM221CE16T sisältää 16 I/O-kanavaa, joista yhdeksän kanavaa on tarkoitettu tuloille ja seitsemän kanavaa lähdöille. Lähtö-kanavat ovat transistorityyppisiä. Kaksi logiikan lähtöä ovat nopeita transistorilähtöjä, joita voidaan käyttää PWM-signaalin tuottamisessa. Logiikan kaksi tuloa ovat analogisia tuloja ja niillä voidaan mitata jännitettä 0–10 V. Logiikka toimii 24 VDC -tasajännitteellä ja sisältää vaatimusten mukaisen Ethernet-liitännän. (Tuotetietolehti TM221CE16T.)

Lämpötilan mittausta varten Modicon TM3 -lisäkorttisarjasta valittiin TM3TI4 sen K-tyyppin termoparisopivuuden vuoksi. TM3TI4-lisäkortti tukee useita erityyppisiä tuloja. Edellä mainitun K-tyyppin lisäksi lisäkortilla voidaan mitata B-, R-, S-, J-, T-, N-, E- ja C-tyyppin termopareja sekä useita muita tulotyyppisiä. K-tyyppin termoparilla voidaan mitata lämpötilaa välillä -200 °C–1300 °C. Mittaustieto saadaan logiikkaan anturilta 0,1 °C:n tarkkuudella. Lisäkortissa on neljä tulokanavaa, joista ohjausjärjestelmän päivityksen jälkeen jäi vapaaksi kaksi kappaletta, joita voidaan myöhemmässä vaiheessa vielä tarvittaessa hyödyntää. Lisäkortin virhetarkkuudeksi on ilmoitettu ± 1 % koko mittausalueella. (Product data sheet TM3TI4.)

4.6 Ovikytkin

Alkuperäisessä sähköjärjestelmässä ovikytkin oli sarjassa sähköjärjestelmässä olevien kontaktoreiden kanssa, jolloin ovikytkimen sulkeutuminen oli ehtona kontaktoreiden toiminnalle. Ohjausjärjestelmän päivityksessä ovikytkimen tilatieto tuotiin logiikkaan ja tietoa käytetään kontaktoreiden ohjauksen ehtona. Uunia voidaan toisaalta myös jäähdyttää uuniluukun ollessa auki, kun ovikytkimen kytkentä on edellä kuvatun mukainen.

4.7 Puolijohdekontaktori

Ohjausjärjestelmä sisältää puolijohdekontaktorin lämmitysvastusten virran ohjaimiseksi. Ohjausjärjestelmä sisältää Garlo Gavazzin kolme vaiheisen puolijohdekontaktorin, joka vaatii 90–250 VAC:n käyttöjännitteen. Puolijohdekontaktori vaatii 20–275 VAC:n ohjausjännitteen. Ohjausjännitteen virta riippuu käytetystä jännitteen tasosta, ja näiden riippuvuutta on kuvattu puolijohdekontaktorin datalehden kuvaajassa. Kuvaajasta nähtiin, että käytetyllä 230 VAC -ohjausjännitteellä virta asettuu 3–4 mA:n väliin.

4.8 Puolijohderele

Puolijohderele ei sisällä liikkuvia osia, vaan siinä kytkentä on korvattu puolijohteilla, joiden avulla puolijohdereleen kytkentäkertoja saadaan kasvatettua useisiin miljooniin (Electromechanical and solid-state Zelio® Relays). Puolijohteissa tapahtuu virranvuotamista myös tilanteissa, kun puolijohdetta ei ohjata. Virranvuotamista kuvataan komponenteissa vuotovirta- tai saturaatiovirta-arvolla.

Ohjausjärjestelmän päivitystä varten tarvittiin puolijohderele, jolla ohjataan lämmitysvastusten puolijohdekontaktoria. Projektia varten valittiin Schneider Electric SSL1A12BDR -puolijohderele, jonka vuotovirran maksimiarvoksi on ilmoitettu 4 mA (Product data sheet SSL1A12BDR). Aikaisemmin kerrottu lämmitysvastusten puolijohdekontaktorin ohjausjännitteen virta käytetyllä 230 AC -jännitteellä ja käytetyssä puolijohdereleessä esiintyvä vuotovirta, saattavat aiheuttaa puolijohdekontaktorin kytkeytymisen, vaikka ohjausjännite ei ole kytkettynä. Kyseinen ongelma poistettiin kytkemällä lämmitysvastusten puolijohdekontaktorin ohjausjännitteen rinnalle alasetovastus, joka johtaa maahan puolijohdereleen läpi vuotavan vuotovirran.

Alasetovastus on teollisuudessa yleisesti käytetty tapa, estää ei toivotut ilmiöt, jotka johtuvat vuotovirrasta tai muista häiriöistä. Alasetovastuksella kytketään lähtö maihin, jolloin vuotovirta pääsee maahan eikä vaikuta komponentteihin. (Linja-aho 21.3.2017.)

Alasetovastuksen tulee kuluttaa vuotovirrasta vähintään se osuus, joka nousee puolijohdekontaktorin ohjausjännitteen virran yläpuolelle. Ongelman poistumisen varmist-

miseksi mitoitettiin alavetovastus kuluttamaan puolijohdereleen maksimaalinen vuotovirta. Vuotovirran johtaminen maahan lisää ohjausjärjestelmän häviötehoa, mutta poistaa ongelman puolijohdekontaktorin väärästä kytkeytymisestä.

4.9 Rele

Rele on sähköjärjestelmissä käytetty kytkin, jossa erillisen ohjausjännitteen avulla saadaan avattua tai suljettua releen työvirtapiiri. Releessä ohjausjännitteen virta kulkee kelan läpi, joka muodostaa magneettikentän. Magneettikentän avulla ohjataan työvirtapiirin avautumista tai sulkeutumista. Työvirtapiirin kosketin palaa takaisin alkuasentoon palautusjousen ansiosta, kun ohjausjännite katkaistaan ja kelan muodostama magneettikenttä katoaa. (Rele.)

Markkinoilla on olemassa releitä, joissa on yhden työvirtapiirin sijaan monta, joita ohjataan samalla kelalla. Näiden lisäksi on olemassa monia eri versioista releen ohjauksesta ja sen toiminnasta.

Ohjausjärjestelmän päivityksessä tarvitaan kolme kappaletta apureleitä uunin alkuperäisten kontaktoreiden ohjaukseen. Apureleiden käytöllä suojataan logiikan lähtöjä, jotta niihin ei kohdistu liian suurta kuormitusta. Apureleitä jouduttiin käyttämään myös koska logiikan lähtöjännite on 24 VDC alkuperäisten kontaktoreiden ohjausjännitteiden ja puolijohdekontaktorin käyttöjännitteen ollessa 230 VAC.

4.10 Teholähde

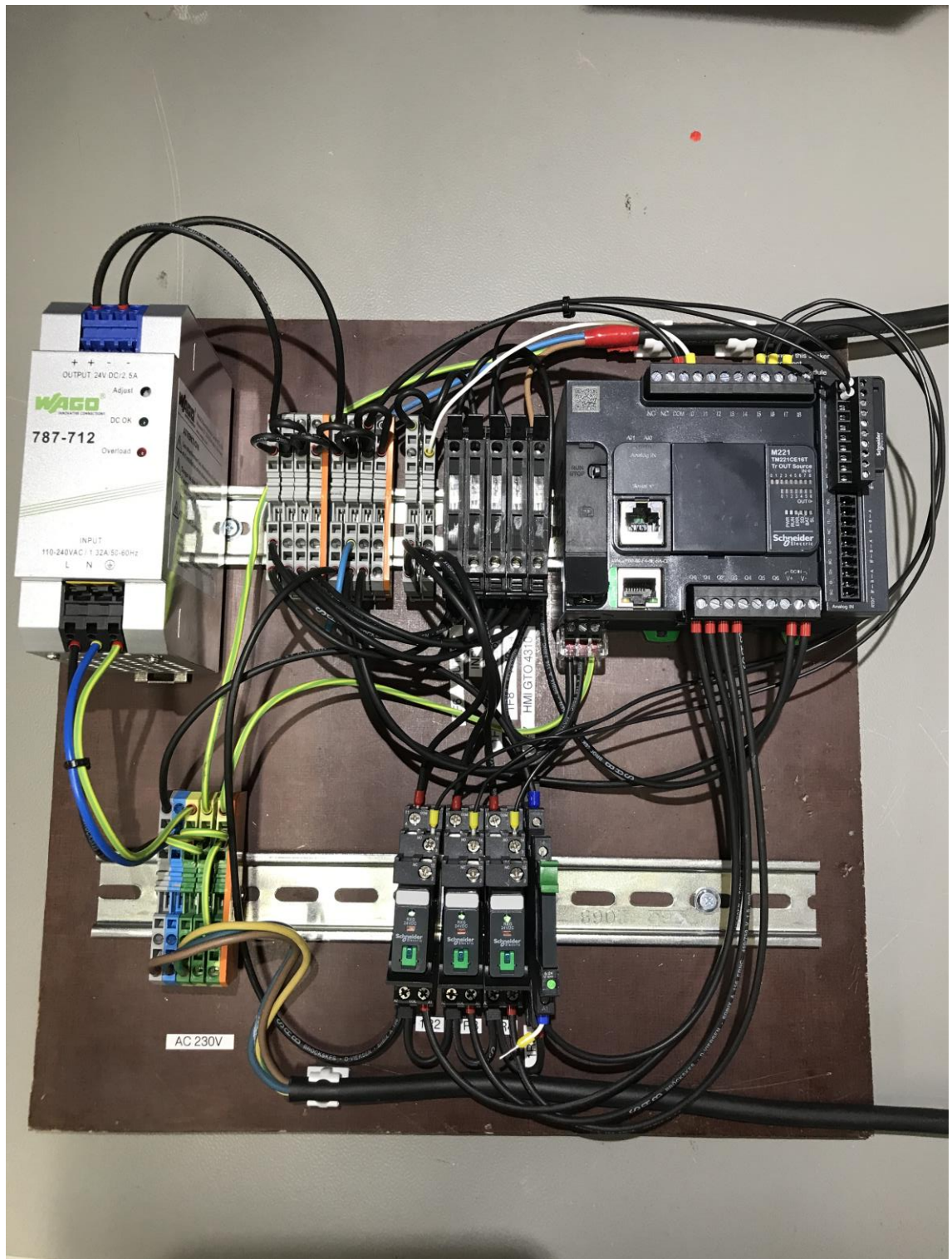
Kosketusnäyttö, logiikka, apureleet ja puolijohderele toimivat 24 VDC -tasajännitteellä, jonka takia sähköjärjestelmään jouduttiin lisäämään teholähde. Teholähteen valinnassa tuli huomioida eri komponenttien tehonkulutukset. Kosketusnäytön ja logiikan lisäksi 24 VDC -tasajännitettä käyttävät apureleet sekä puolijohderele.

Komponenttien tehonkulutuksen lisäksi teho-kapasiteettiin jätettiin marginaalia mahdollisia tulevia muutoksia silmällä pitäen. Näiden perusteella valittiin käytettäväksi WAGO 787–712 -teholähde. Kyseisen teholähteen teho 60 W, ja sen jännitettä voidaan säätää 22–28 V:n välillä (787–712).

5 Järjestelmän toteutus

5.1 Prototyyppi

Projektin aikana rakennettiin lämmitys uunin ohjausjärjestelmän prototyyppi, jossa komponentit kiinnitettiin erilliselle levyille (kuva 5). Prototyypin avulla logiikan ja kosketusnäytön toimintaa pystyttiin koekäyttämään ennen ohjausjärjestelmän asentamista uuniin. Komponenttien sähkökytkennät tehtiin todellisen sähkösuunnitelman mukaisesti lukuun ottamatta apureleiden ja kontaktoreiden välisiä kytkentöjä johtuen kontaktoreiden kiinteästä asennuksesta alkuperäiseen ohjauskeskukseen. Koekytkennässä kontaktoreiden apukärjet korvattiin apureleiden apukärjillä, joista saatiin takaisinkytkentätieto logiikalle itsediagnostiikkaa varten. Näin myös itsediagnostiikkaa pystyttiin testaamaan ennen asennusta uuniin.



Kuva 5. Prototyyppi ohjausjärjestelmän päivityksestä

5.2 Käyttö- ja huolto-ohjeiden suunnittelu

Järjestelmän käyttämistä varten käyttäjille suunniteltiin käyttö- ja huolto-ohjeet (liite 10) järjestelmän käyttö varten.

Huolto-ohjeiden suunnittelussa käytettiin uunien mukana tulleita alkuperäisiä huolto-ohjeita mallina ja uusiin huolto-ohjeisiin lisättiin siellä mainittuja huoltokohteita.

Vaikka alkuperäisissä käyttö- ja huolto-ohjeissa ei ollut mainintaa lämmitettävistä kappaleista tai niiden turvallisuusriskeistä, uuteen käyttö- ja huolto-ohjeeseen lisättiin kuitenkin mainintoja toiminnasta lämmitettyjen kappaleiden kanssa.

5.3 Järjestelmän testaus

Jotta asennuksen jälkeen voidaan varmistua, että pyörien lämmitysuunin turvallisuusjärjestelmät täyttävät kaikki niille asetetut vaatimukset, laadittiin pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmän turvallisuusarvio (liite 11) ohjausjärjestelmän turvallisuudesta. Turvallisuusarvioon lisättiin myös testauspöytäkirja käyttöönoton yhteydessä testattavista kohteista.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön aikana suunniteltiin ja toteutettiin toimiva ohjausjärjestelmä uunien ohjausjärjestelmän päivitystä varten. Jatkossa uunin käyttäminen päivitetyyn ohjausjärjestelmään on yksinkertaisempaa ja helpompaa, eikä uunin käyttäminen vie niin paljon aikaa. Vaikka työ sisälsi monia eri vaiheita, olisi aikaa tullut varata kuitenkin enemmän suunnittelua ja alkuperäiseen järjestelmään tutustumista varten. Työn aikana käytettiin liikaa aikaa komponenttien hintavertailuun, joka on kuitenkin merkityksetöntä tämän kokoisissa pienissä kertaalleen toteutettavissa järjestelmissä. Samalla tavalla aikaa kulutettiin myös komponentteihin tutustumiseen, kun tilanteissa olisi voitu edetä riittävän komponentin löytyttyä.

Opinnäytetyön lopussa luotu järjestelmän prototyyppi oli tärkeässä osassa, kun ohjelmassa olleita virheitä ja ohjelmistossa olleita ongelmia poistettiin, jotta järjestelmä saatiin toimivaksi.

Opinnäytetyö suoritettiin alusta loppuun asti lähestulkoon itsenäisesti, jolloin se sisälsi järjestelmän määrittelyn, vaatimusten kirjaamisen, suunnittelemisen ja toteutuksen. Vaikka kyseinen tilanne antaa paljon vapauksi esimerkiksi suunnittelussa ja toteutuksessa, antaa se mahdollisuuden palata takaisin suunnitteluun projektin edetessä. Mahdollisuus aiheuttaa ajankäyttö ongelmia, kun kesken projektin palattiin takaisin suunnitteluvaiheeseen.

Opinnäytetyön jälkeen ohjausjärjestelmä tullaan tarvittavien tarkastusten jälkeen asentamaan uuniin ja päivittämään ohjausjärjestelmä. Vasta siinä vaiheessa päästään näkemään ohjausjärjestelmän päivityksen todellinen toimivuus. Samalla joudutaan hakemaan säätöarvot projektissa mainituille PID-säätimelle sekä mahdolliselle PWM-signaalin rajoitetulle pulssisuhteelle. Kyseiseen säätöön tulee siinä vaiheessa käyttää riittävästi aikaa, jotta järjestelmä saadaan toimivaan riittävän luotettavasti ja nopeasti.

Lähteet

- 1 Product data sheet RXG12BD. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <<http://www.schneider-electric.com/en/product/RXG12BD/interface-plug-in-relay---zelio-rxg---1c-o-standard---24vdc-10a-with-ltb-and-led#download>>. Luettu 20.2.2017.
- 2 Product data sheet HMIGTO4310. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <http://download.schneider-electric.com/files?p_EnDocType=User+guide&p_File_Id=5914519788&p_File_Name=EIO0000001133.05.pdf&p_Reference=EIO0000001133>. Luettu 22.02.2017.
- 3 Temperature Monitoring Relay K8AK-TH. Verkkodokumentti. Omron. <http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/k8ak-th_n187-e1_4_2_csm1020917.pdf>. Luettu 11.05.2017.
- 4 Temperature measuring instrument (1-channel). Verkkodokumentti. Sensor Cell. <<http://www.sensor-cell.fi/WebRoot/vilkasfi02/Shops/2016080104/57FC/D154/8A17/A10B/81BE/0A28/1010/848F/testo-925-esite.pdf>>. Luettu 20.3.2017.
- 5 Värjä, Pertti & Mikkola, Jukka-Matti. 1995. Ohjelmoitavat logiikat. Kuusankoski: Mikro-oppi Ky.
- 6 Keinänen, Toimi, Kärkkäinen, Pentti, Metso, Tommi & Putkonen, Kari. 2001. Koneautomaatio 2. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Helsinki: WSOY.
- 7 Tuotetietolehti TM221CE16T. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <<http://www.schneider-electric.fi/fi/product-range-selector/62128-logic-controller--modicon-m221/?filter=business-1-teollisuusautomaatio&parent-category-id=3900>>. Luettu 10.2.2017.
- 8 Product data sheet TM3TI4. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <<http://www.schneider-electric.com/en/product/TM3TI4/module-tm3---4-inputs-temperature/?range=62131-modicon-tm3&node=166401149-analog-i-os&parent-category-id=3900&filter=business-1-automation-and-control>>. Luettu 20.3.2017.
- 9 Electromechanical and solid-state Zelio® Relays. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=DIA3ED2090304EN-US&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=4258998659&p_File_Name=DIA3ED2090304EN-US.pdf>. Luettu 23.5.2017.
- 10 Product data sheet SSL1A12BDR. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <<http://www.schneider-electric.com/en/product/SSL1A12BDR/solid-state-relay%2Cplug-in%2Cinput-15-30-v-dc%2C-output-24-280-v-ac%2C->

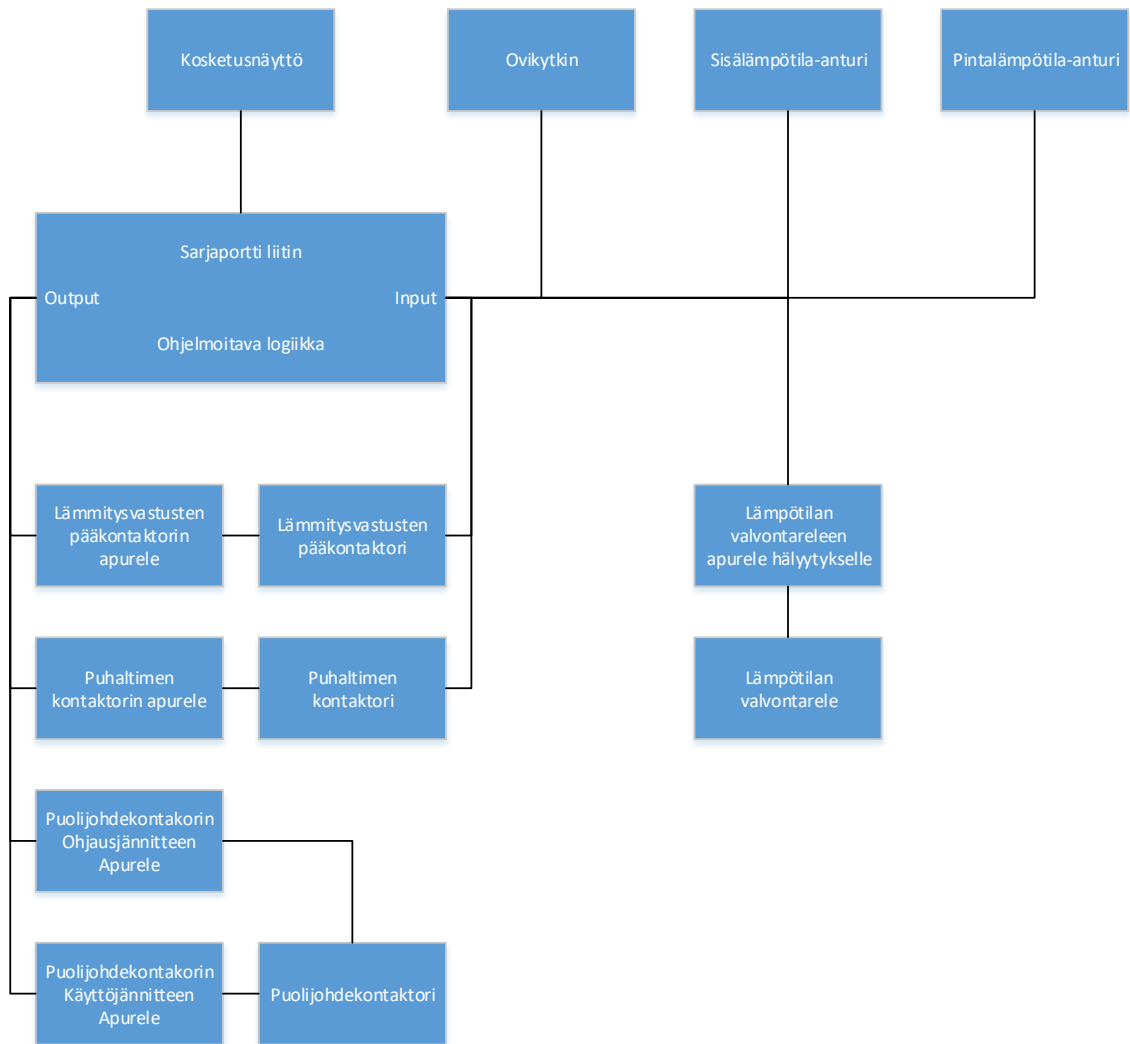
2a/?range=60278-zelio-relays&node=791940409-solid-state-relay&parent-category-id=2800&filter=business-1-industrial-automation-and-control >. Luettu 10.2.2017.

- 11 Linja-aho Vesa, Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Helsinki, Keskustelu 21.3.2017.
- 12 Rele. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Rele> >. Luettu 8.5.2017.
- 13 787-712. Verkkodokumentti. WAGO. <http://www.wago.com/wagoweb/documentation/787/eng_dat/d07870712_00000000_0en.pdf >. Luettu 24.4.2017.n, Toimi, Kärkkäinen, Pentti, Metso, Tommi & Putkonen, Kari. 2001. Koneautomaatio 2. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Helsinki: WSOY.

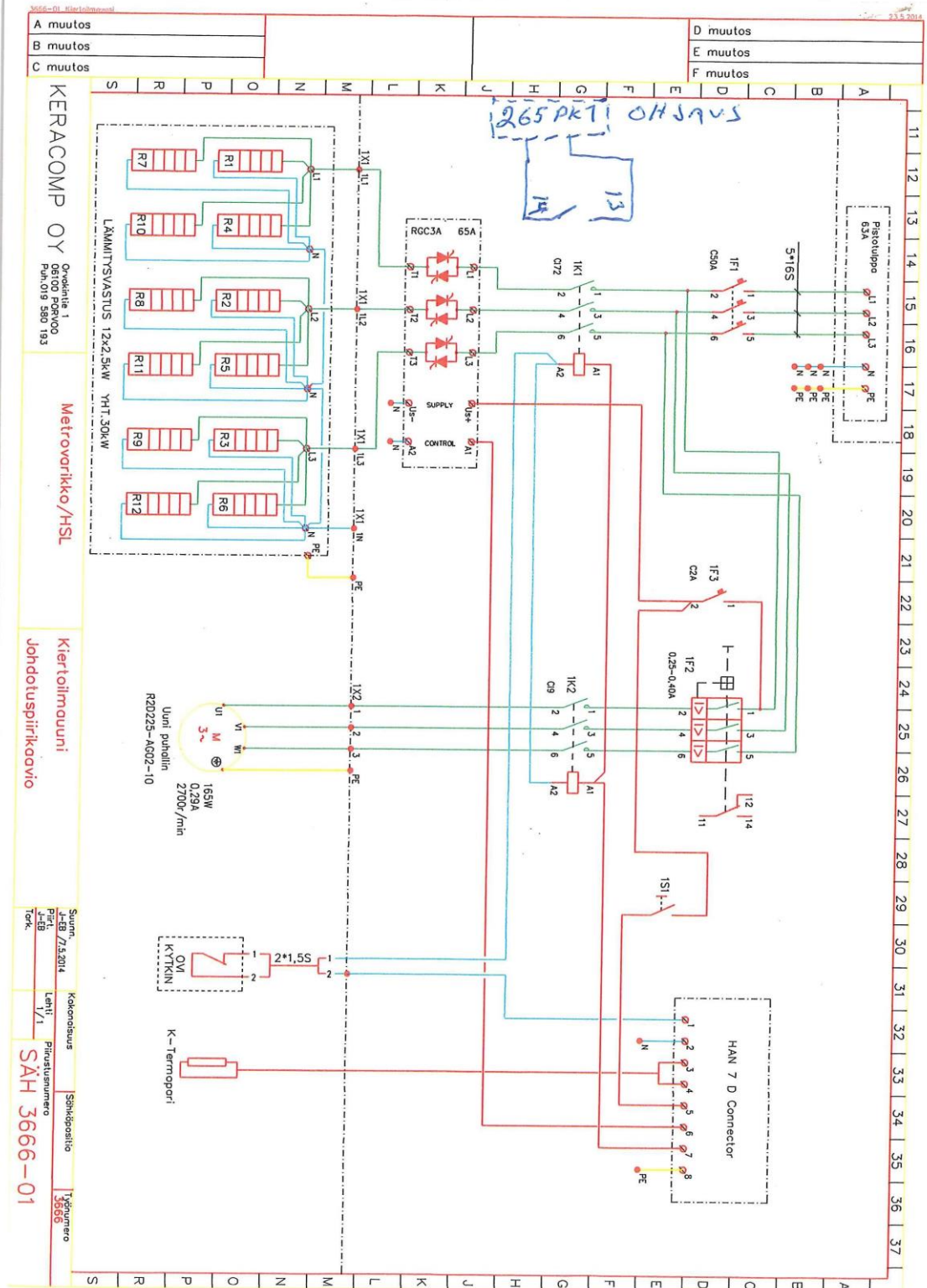
Pyörrien lämmitys suunnin ohjauksen järjestelmän päivityksen aikataulu

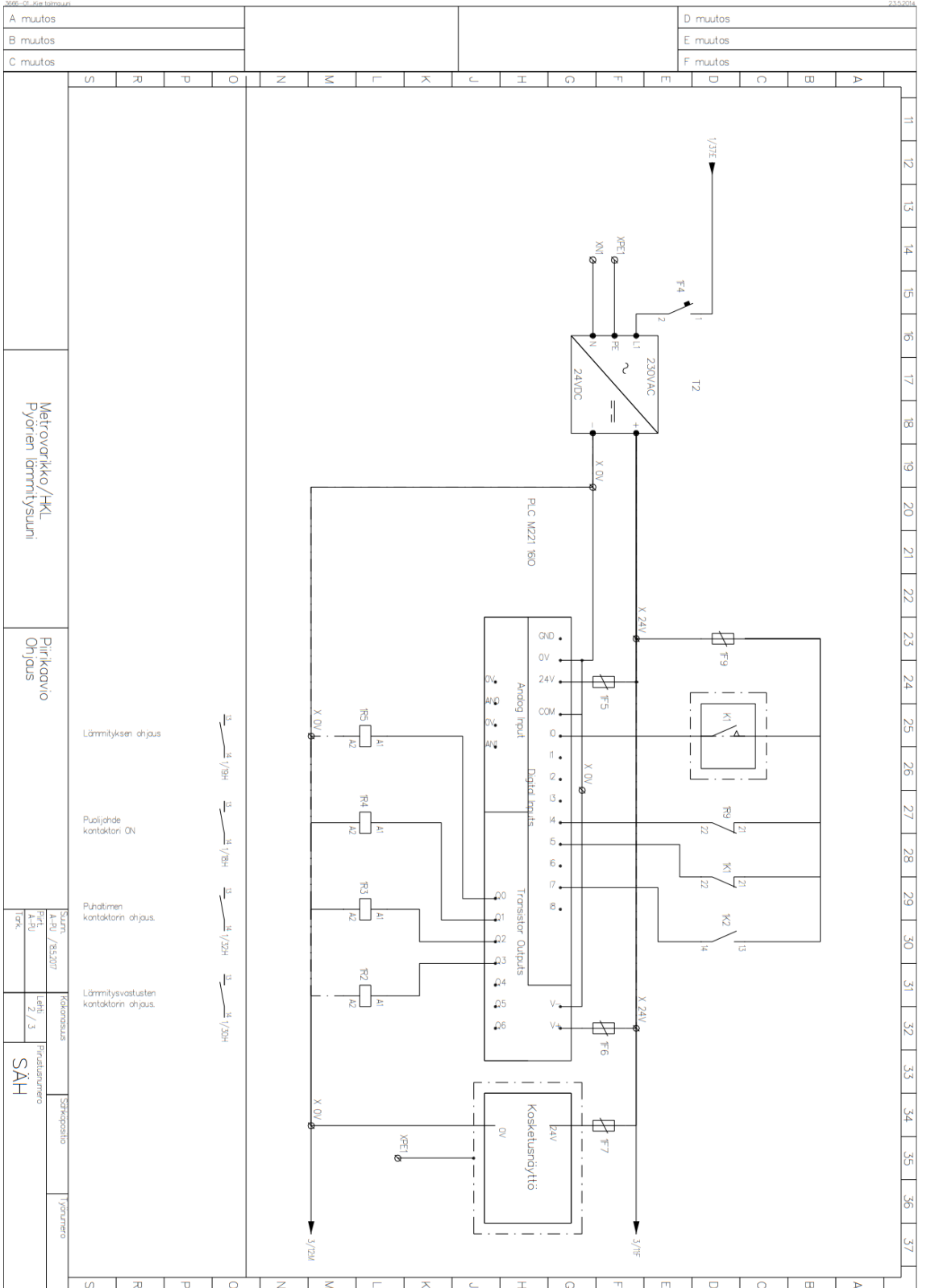
Pyörrien lämmitys suunnin päivityksen aikataulu																			
Tammikuu				Helmi kuu				Maaliskuu				Huhtikuu				Toukokuu			
Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko		Viikko	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Aikataulun laatiminen																			
PowerPoint																			
mestari palaveriin																			
Vaativuuden																			
määrittäminen																			
Aloituspäivä																			
Alustava sähkökaavio																			
Mestari palaveri 9.2/timi																			
Vaativuudet																			
Maken kanssa																			
Komponenttien																			
tilaus																			
Sähkökaavion suunnittelu ja																			
toteutus																			
Komponenttien toiminta																			
Testauspisteiden																			
suunnittelu																			
Laitteiston kasaus ja																			
perustointien testaus																			
Järjestelmän ohjelmointi																			
Tekstin tarkistus																			
#1																			
Tekstin tarkistus																			
#2																			
Käyttö- ja huolto-ohjeiden luominen.																			
Teksti tarkistukseen viime.																			
8.5																			

Lohkokaavio pyörien lämmitysuunin ohjausjärjestelmästä

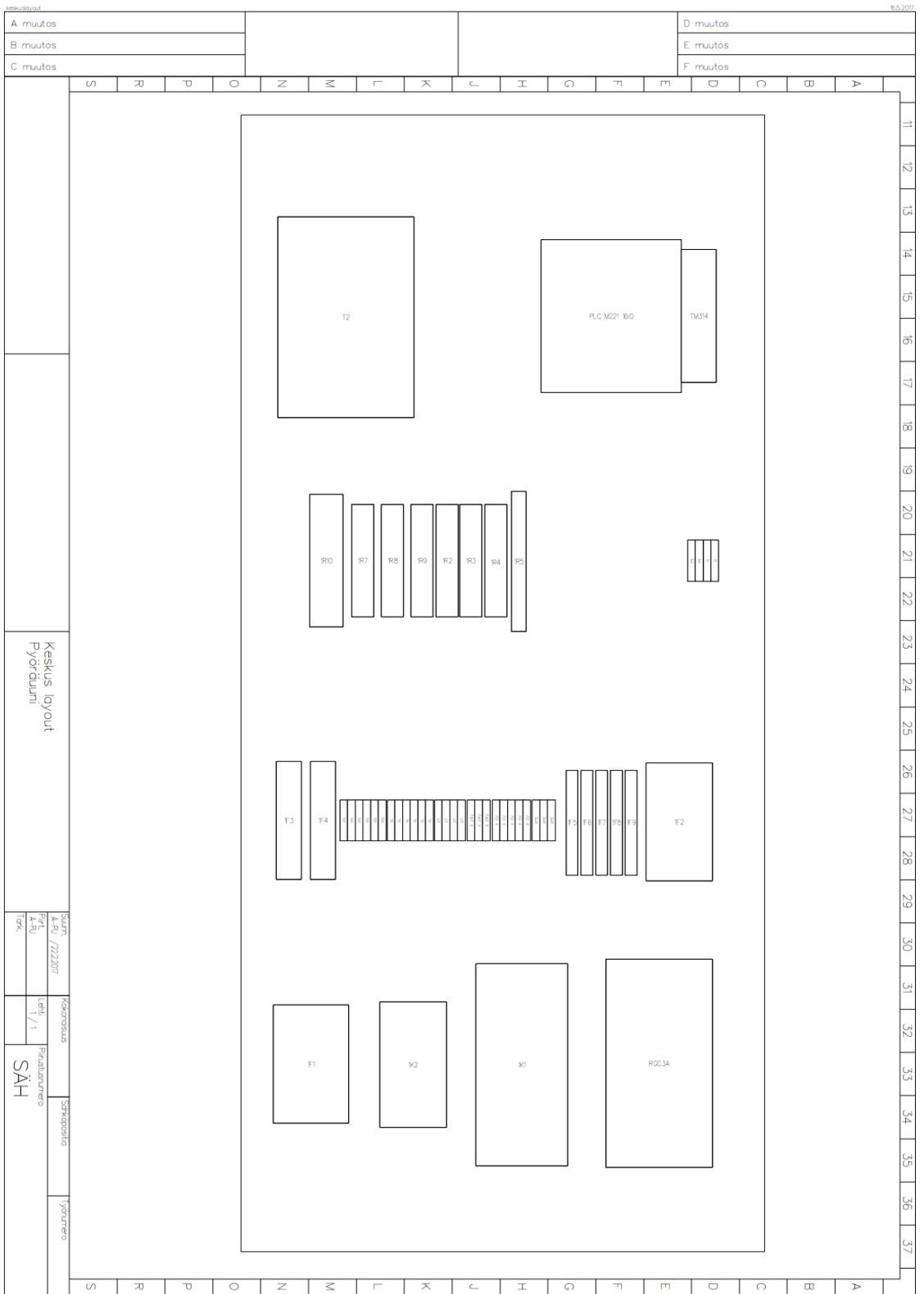


Alkuperäisen ohjausjärjestelmän kytkentäkaavio

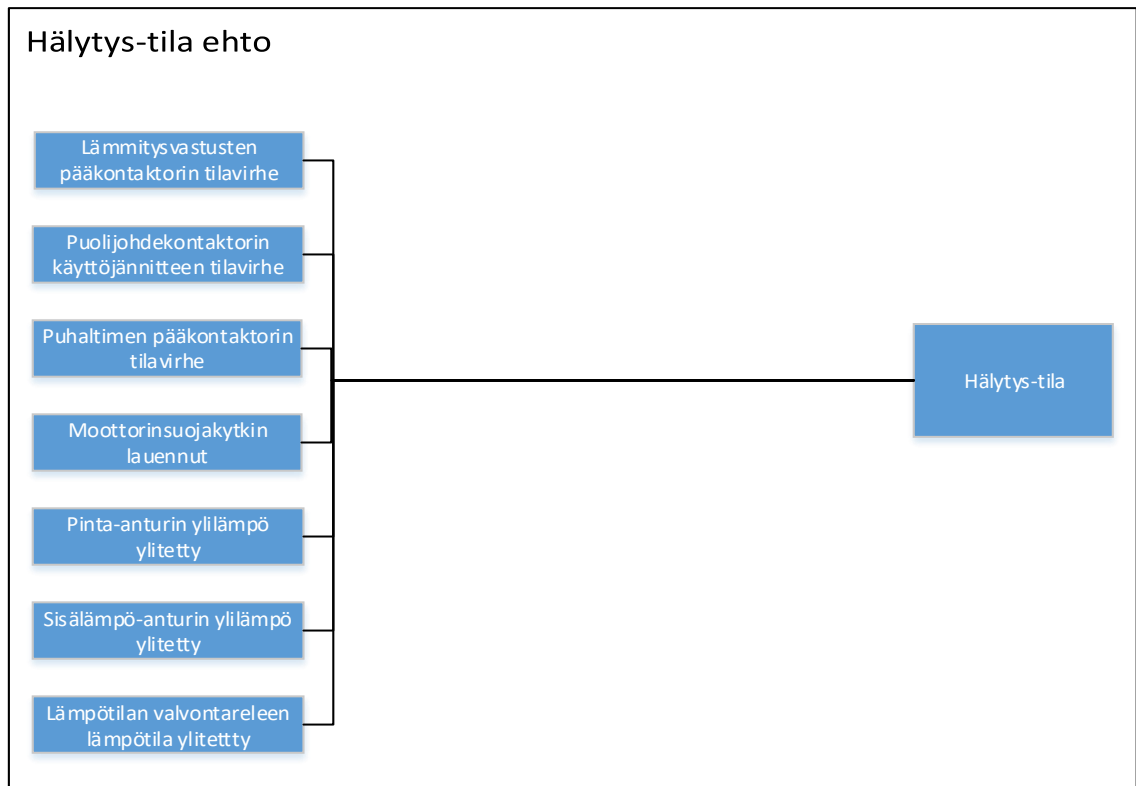
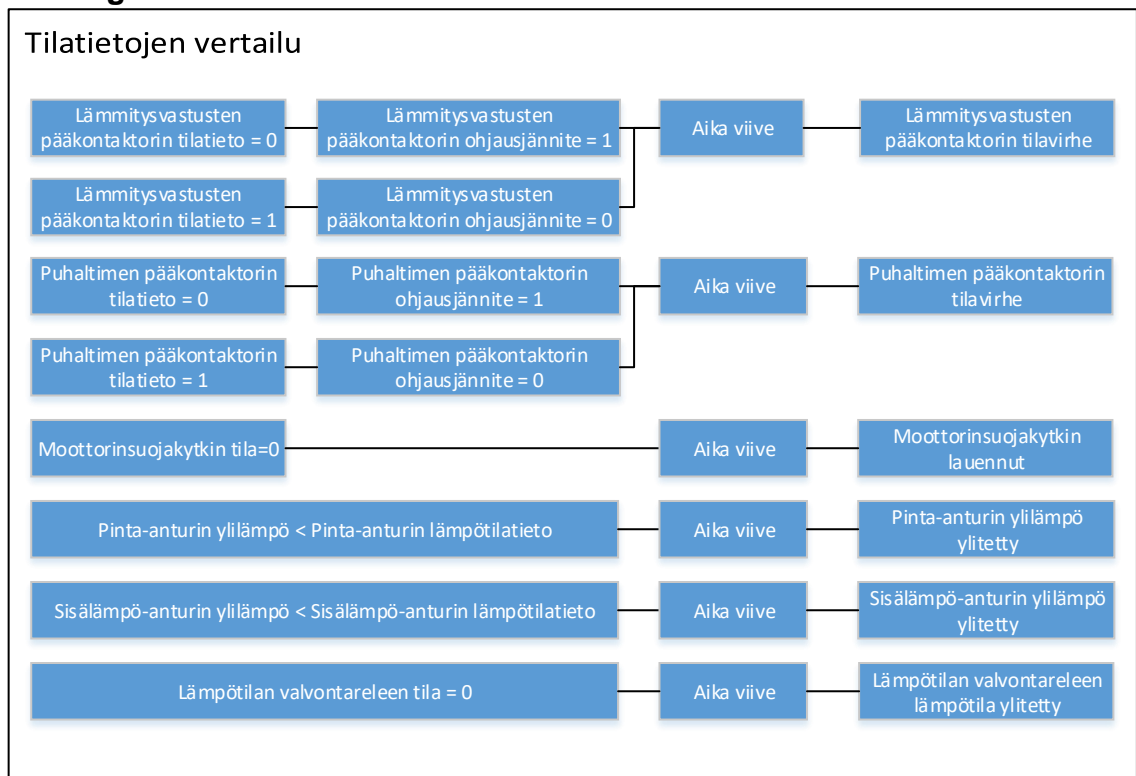


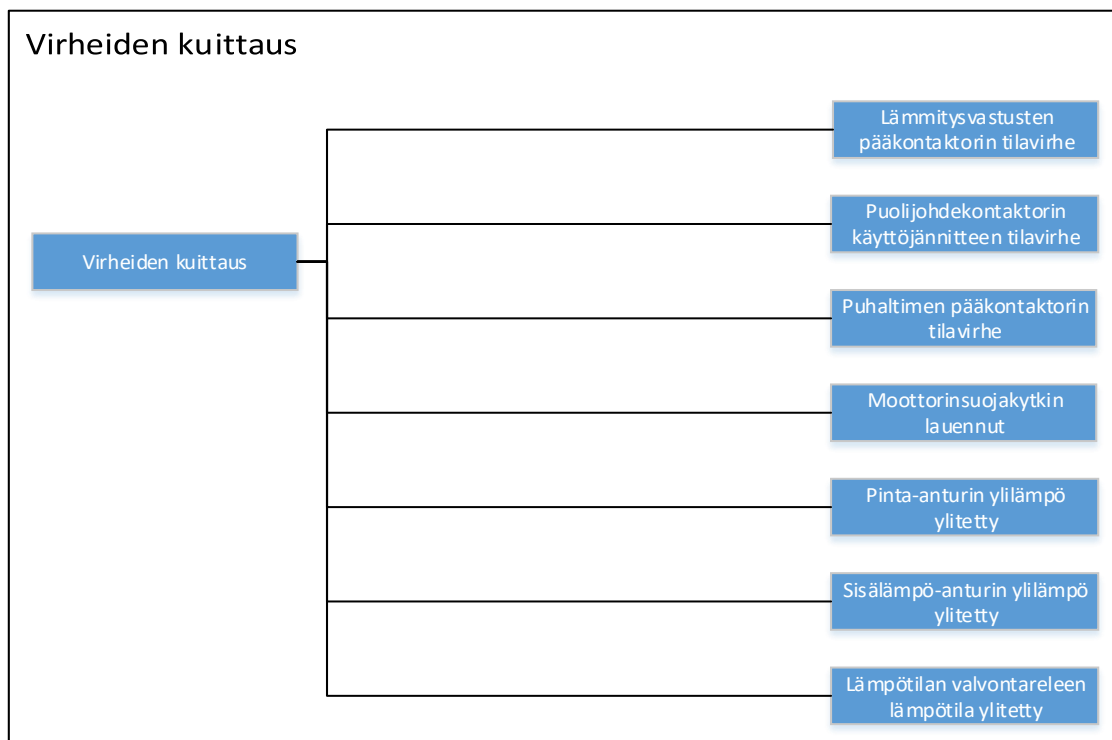


Sähkökeskuksen layout-kuva

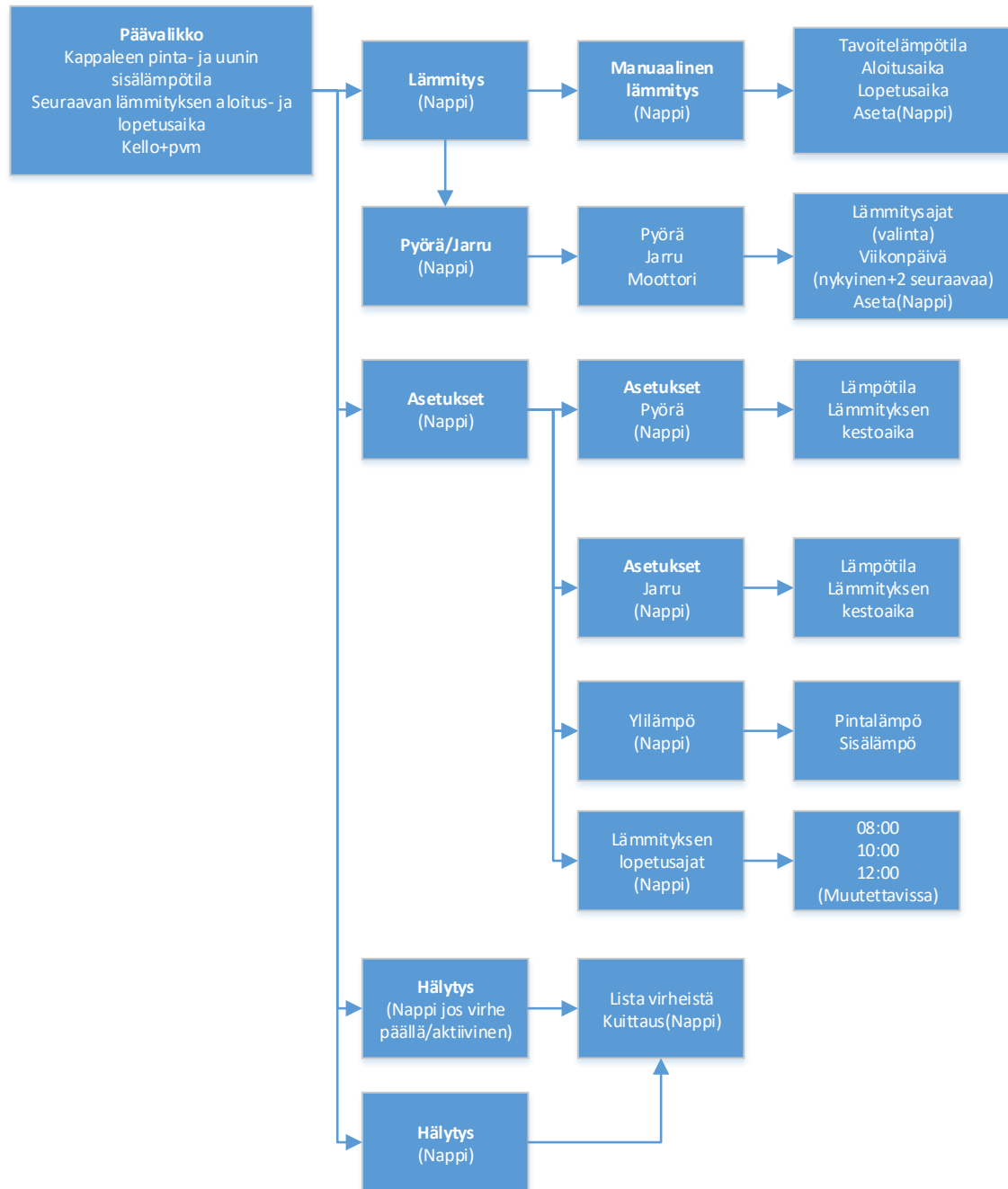


Itsediagnostiikan toimintakaaviot



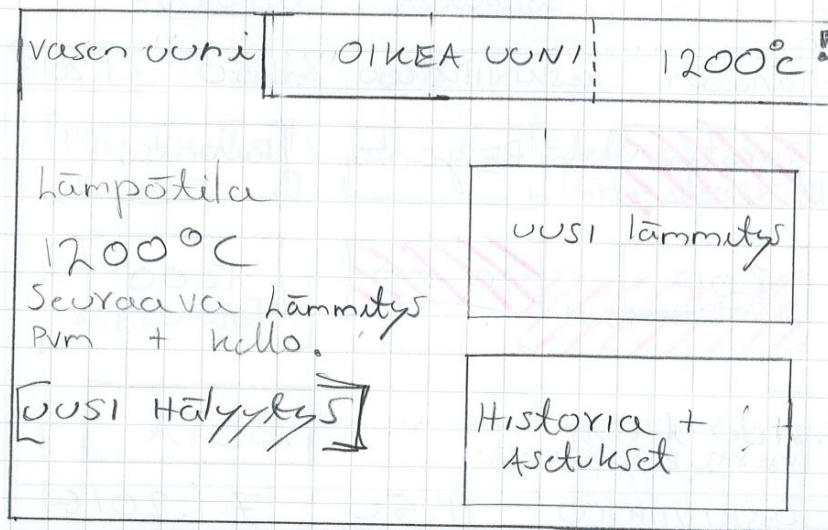


Käyttöliittymän lohkokaaviosuunnitelma



Käyttöliittymän suunnitelma

Päänäkymä.



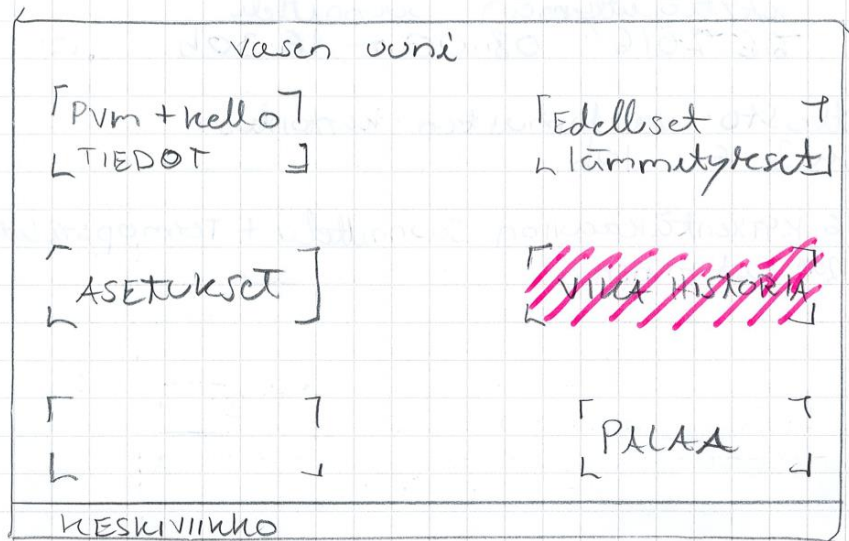
uusi lämmitys



PASTORIKKA Asetus

Tänään	Keskiviikko	11.50	7.1.2016
Torstai	PERjantai	lauantai	
8.00	10.00	12.00	
Muu aika xx.xx. xxxx xx:xx	ASETA		
KESKIVIIKKO	11.50	7.1.2016	Kuva 3

Historia + Asetukset



Kuva 5

Pyörien lämmitysuunin käyttö- ja huolto-ohje



HELSINGIN KAUPUNKI
LIIKENNELAITOS –liikelaitos
Kunnossapitoyksikkö

KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJE
6.5.2017

Pyörien lämmitysuunin käyttö- ja huolto-ohje

Yleistä

Tämä ohje koskee metrovarikolla käytettäviä pyörien lämmitysuuneja, joita käytetään pääsääntöisesti metron pyörien lämmittämiseen ajastettujen ohjelmien avulla, ennen niiden asentamista. Lämmitettyjen kappaleiden turvallisuudesta jäähdytyksestä tulee aina huolehtia. Uunin käyttäjä, henkilö joka käyttää uunia tai siirtää lämmitettyjä kappaleita uunin ulkopuolelle, on vastuussa kappaleiden suojaamisesta tavalla, joka estää muiden henkilöiden tahattoman koskettamisen kuumiin kappaleisiin. Kappaleiden siirrossa tulee aina huomioida työturvallisuus ja työergonomia. Raskaiden kappaleiden siirtämiseen tulee käyttää siihen tarkoituksella suunniteltuja nostotyökaluja. Uuneja tulee säilyttää luukut suljettuna, siten että niiden sisälle ei pääse kulkeutumaan likaa tai muita uuneja tai niiden järjestelmiä vaurioittavia kappaleita.

Käyttöohje

HUOM.

Pyörien lämmitysuunin käyttäjän tulee lukea tämä ohje ja tutustua uuniin ja sen ohjausjärjestelmään ennen käyttöä. Uuniin ei saa sijoittaa koskaan lämmityksen aikana sulavaa tai palavaa materiaalia. Lämmityksen aikana uunissa olevat kappaleet ja osa uunin ulkopinnoista saattaa kuumentua ja aiheuttaa palovammoja. Mahdollisista häiriöistä uunin toiminnassa ja rikkoontuneista uunin ja sen ohjausjärjestelmän osista tulee aina ilmoittaa esimiehelle.

Tämä osa ohjeesta koskee uunin käyttämiseen liittyviä periaatteita. Ohjeessa käydään läpi lämmitettävien ja lämmitettyjen kappaleiden turvallista siirtoa koskevia varotoimenpiteitä.

Ennen uunin käyttämistä tehtävät tarkistukset:

Käyttäjän tulee varmistaa, ettei käytettävässä uunissa ole käynnissä huoltotöitä ja että uuni on kytketty sähkökaapelilla sähköverkkoon. Jos sähkökaapeli on irrotettu sähköverkosta, tulee työnjohtajalta varmistaa uudelleen kytkennän turvallisuus.

Lämmitettävien osien lisääminen uuniin:

HUOM.

Uunin osat ja uunissa olevat lämmitykseen vaadittavat lisävarusteet saattavat olla kuumia ja aiheuttaa palovammoja, edellisestä lämmityksestä johtuen.

Lisättäessä lämmitettäviä kappaleita uuniin tulee tarkistaa että uuni on tyhjä, lukuun ottamatta lämmitykseen tarvittavia lisävarusteita. Kappaleet tulee asettaa uuniin tuettuna, siten että ne eivät pääse liikkumaan uuniluukkua avattaessa tai suljettaessa. Jos lämmitys ohjelmassa halutaan käyttää



HKL
Toinen linja 7 A, 00530 Helsinki
PL 1400, 00099 Helsingin kaupunki
hkl@hel.fi
(09) 310 1071
www.hkl.fi
Y-tunnus 0201256-6



pintalämpötila-anturin lämpötilaa, tulee se kiinnittää huolellisesti kappaleeseen. Pintalämpötila-anturi tulee kiinnittää kappaleeseen siten että siihen ei kohdistu rasitusta ja se pysyy luotettavasti paikallaan koko lämmityksen ajan. Kappaleiden siirtämisen jälkeen uuniluukku tulee aina sulkea.

Lämmitettyjen osien poistaminen uunista:

HUOM.

Lämmitetyt kappaleet voivat olla kuumia, vaikka uunin lämmitys on pysähtynyt aikaisemmin. Kappaleisiin tulee suhtautua kuin ne olisivat kuumia.

Lämmitettyjä osia voidaan poistaa uunista uunin lämmityksen aikana tai sen jälkeen. Molemmissa tilanteissa tulee kappaleisiin suhtautua kuumina ja käyttää riittäviä suojavarusteita niiden siirtämiseen ja käsittelyyn. Kappaleiden poistamisen aikana tulee tarkistaa pintalämpötila-anturin sijainti ja varmistaa että se ei vaurioidu kappaleiden siirtämisen aikana. Kappaleiden siirtämisen jälkeen tulee uuniluukku aina sulkea.

Lämmityksen ohjelmointi ja ohjausjärjestelmän ominaisuudet

HUOM.

Ennen jokaista lämmityksen ohjelmointia käyttäjän tulee varmistaa uunissa olevat kappaleet ja varmistaa niille suunniteltu oikea lämpötila. Ohjausjärjestelmän uudelleen käynnistyksen tai latauksen yhteydessä tulee aina tarkistaa asetuksista kaikkien arvojen oikeellisuus.

Tämä osa ohjeesta koskee uunin käyttämistä päivitetyn ohjausjärjestelmän avulla. Ohjeessa käydään läpi lämmitysten ohjelmointi ja ohjausjärjestelmässä olevien asetusten asettaminen.

Päävalikko

Päävalikosta voidaan seurata uunin sisä- ja ulkolämpötiloja, tarkistaa seuraavan lämmityksen aloitus- ja lopetusajat sekä lämmityksen tavoitelämpötilan. Jos ohjausjärjestelmään ei ole ohjelmoitu seuraavaa lämmitystä, näytetään ruudulla aloitus- ja lopetusaikojen tilalla teksti *Ei asetettu*. Päävalikosta löytyvien painikkeiden avulla voidaan siirtyä Lämmitys-, Historia-, Hälytys- ja Asetukset-välilehdille.

Tämän lisäksi lämmityksen ollessa käynnissä voidaan lämmitys keskeyttää erillisellä Lämmityksen keskeytys -painikkeella. Edellä olevista painikkeista Hälytys- ja Lämmityksen keskeytys -painikkeet näkyvät vain tietynlaisissa tilanteissa. Hälytys-painikkeen näkyminen vaatii että ohjausjärjestelmässä on havaittu häiriö ja ohjausjärjestelmä on siirtynyt hälytys-tilaan. Lämmityksen keskeytys -painike on näkyvissä vain lämmityksen ollessa käynnissä.





Näytön vasemmassa yläreunassa olevalla Koti-painikkeella voidaan palata jokaiselta välilehdeltä takaisin Päävalikko-välilehdelle. Oikeassa yläreunassa olevalla Nuoli-painikkeella voidaan ohjelmassa palata takaisin edelliselle välilehdelle.

Lämmitys-välilehti

Lämmitys ohjelmoidaan Lämmitys-välilehden avulla, jossa voidaan valita Manuaalinen-ohjelma tai valmiiksi ohjelmoitu Pyörä- tai Jarru-ohjelma.

Manuaalinen lämmitys -välilehti

Manuaalisessa lämmityksessä käyttäjän tulee asettaa aloitus- ja lopetusajat, haluttu lämpötila ja lämpötilan mittauksessa käytettävä lämpötila-anturi. Lämmityksen ohjelmointi lopetetaan Aseta-painikkeella, joka tallentaa lämmitys-ohjelman ohjausjärjestelmään.

HUOM.

Jos ohjausjärjestelmään on aikaisemmin ohjelmoitu lämmitys-ohjelma, se poistetaan järjestelmästä ja uusi ohjelma kirjoitetaan tilalle, kun ohjelma tallennetaan ohjausjärjestelmään.

Pyörän lämmitys -välilehti

Pyörän lämmityksessä käyttäjän tulee asettaa haluttu lämmityksen lopetusajaksi eli hetki jolloin lämmitys päättyy automaattisesti, sekä lämmityksen lopetuspäivä esitetyistä viikonpäivistä. Näytön yläosassa olevat lämmityksen lopetusajat ovat ennalta asetettuja ja niitä voidaan muuttaa Asetukset-Lämmityksen lopetusajat -välilehdeltä. Valmiiden ohjelmien lisäksi voidaan valita myös manuaalisesti asetettava lämmityksen lopetusajaksi näytön alareunasta. Lämmityksen aloitusajan ohjelma laskee automaattisesti ohjausjärjestelmään Asetukset-Pyörä -välilehdellä lämmityksen kestoksi ohjelmoidun ajan perusteella. Ohjelmassa käytetään Asetukset-Pyörä -välilehdelle asetettua tavoitelämpötilaa. Lämmityksen ohjelmointi lopetetaan Aseta-painikkeella, joka tallentaa lämmitys-ohjelman ohjausjärjestelmään.

HUOM.

Jos ohjausjärjestelmään on aikaisemmin ohjelmoitu lämmitys-ohjelma, se poistetaan järjestelmästä ja uusi ohjelma kirjoitetaan tilalle, kun ohjelma tallennetaan ohjausjärjestelmään.

Jarrukiekon lämmitys -välilehti

Jarrukiekon lämmityksessä käyttäjän tulee asettaa haluttu lämmityksen lopetusajaksi eli hetki jolloin lämmitys päättyy automaattisesti, sekä lämmityksen lopetuspäivä esitetyistä viikonpäivistä. Näytön yläosassa olevat lämmityksen lopetusajat ovat ennalta asetettuja ja niitä voidaan muuttaa Asetukset-Lämmityksen lopetusajat -välilehdeltä. Valmiiden ohjelmien lisäksi voidaan valita myös manuaalisesti asetettava lämmityksen lopetusajaksi näytön alareunasta. Lämmityksen aloitusajan ohjelma laskee automaattisesti ohjausjärjestelmään Asetukset-Jarru -välilehdellä lämmityksen kestoksi ohjelmoidun ajan perusteella. Ohjelmassa käytetään Asetukset-Jarru -





välilehdelle asetettua tavoitelämpötilaa. Lämmityksen ohjelmointi lopetetaan Aseta-painikkeella, joka tallentaa lämmitys-ohjelman ohjausjärjestelmään.

HUOM.

Jos ohjausjärjestelmään on aikaisemmin ohjelmoitu lämmitys-ohjelma, se poistetaan järjestelmästä ja uusi ohjelma kirjoitetaan tilalle, kun ohjelma tallennetaan ohjausjärjestelmään.

Historia-välilehti

Historia välilehdeltä käyttäjä pystyy lukemaan Hälytys-lokia, johon tallentuvat kaikki ohjausjärjestelmän havaitsemat virheet. Mahdollisesti syntynyt hälytys kuitataan käyttämällä Kuittaus-painiketta.

Asetukset-välilehti

Asetukset-välilehdeltä löytyvien painikkeiden avulla voidaan siirtyä Pyörä-, Jarru-, Yliämpö-, Lämmitysajat- ja PID-Säädin -välilehdille.

Pyörä-välilehti

Pyörä-välilehdellä pystytään ohjelmoimaan Pyörä-ohjelman lämmityksen kestoa sekä lämmityksen tavoitelämpötilaa.

Jarru-välilehti

Jarru-välilehdellä pystytään ohjelmoimaan Jarru-ohjelmanpaiston lämmityksen kestoa sekä lämmityksen tavoitelämpötilaa.

Yliämpö-välilehti

Yliämpö-välilehdellä pystytään ohjelmoimaan ohjausjärjestelmän yliämpörajat uunin sisälämpötilalle ja kappaleen pintalämpötilalle.

PID-Säädin -välilehti

PID-Säädin -välilehdellä pystytään ohjelmoimaan ohjausjärjestelmän sisältämille sisälämpötilan PID-säätimelle ja kappaleen pintalämpötilan PID-säätimelle omat P-, I- ja D-arvot.

HUOM. Ohjausjärjestelmän PID-säätimien asetusten muuttaminen vaikuttaa uunin ohjausjärjestelmän lämpötilan ohjauksen käyttäytymiseen ja se saattaa muuttua merkittävästi. Kyseinen tilanne voi johtaa yliämpö-hälytyksiin.

Lämmitysajat-välilehti

Lämmitysajat-välilehdellä pystytään ohjelmoimaan Pyörä- ja Jarru-ohjelmissa käytettäviä kiinteitä lämmitysaikoja.





Huolto-ohje

HUOM.

Pyörien lämmitysruunin huoltajan tulee lukea tämä ohje ja tutustua uuniin ja sen ohjausjärjestelmään ennen huoltoa. Uuniin ei saa sijoittaa koskaan lämmityksen aikana mahdollisesti sulavia kappaleita, eikä palavaa materiaalia. Uunit ja niiden sisällä olevat kappaleet lämpenevät lämmityksen aikana. Tämä tulee huomioida huoltotöissä ja valittaessa huollossa käytettäviä tarvikkeita.

Tämä osa ohjeesta koskee uunien huolto-ohjelmaa, jota noudattamalla saadaan säilytettyä uunit toimintakuntoisia. Ennen huoltotöiden aloittamista tulee kirjata ylös kaikki uuniin ohjelmoidut asetukset. Huollon lopuksi tulee tarkistaa asetuksen oikeellisuus ja tarvittaessa korjata ne vastaamaan tilannetta ennen huoltoa.

Vuosihuoltoon kuuluvat tarkastukset ja huoltotyöt

Yleiskunto:

- Uunin rakenteet tulee tarkistaa silmämääräisesti uunin sisä- ja ulkopuolelta.
- Puhaltimen vapaa pyöriminen tulee tarkistaa pyörittämällä puhallinta käsin. Puhaltimen siivet eivät saa koskettaa puhallinkanavan reunoja missään tilanteessa.
- Ovikytkimen mekaaninen toiminta tulee tarkistaa painamalla ovikytkimen tappia ja varmistamalla tapin palautuminen painamisen jälkeen. Tappia voidaan voidella yleisvoiteluaineella.

Poistokanava:

- Silmämääräisesti tulee tarkistaa että poistokanavan kaikki osat ovat tukevasti kiinnitetty ja kanavassa ei esiinny vuotoja.
- Kanavaan mahdollisesti paiston yhteydessä kertynyt karsta tulee poistaa.

Ohjauskeskuksen huolto:

- Ohjauskeskuksesta tulee tarkistaa silmämääräisesti kaikkien johtojen ja liitäntöjen kunto. Johtimissa ei saa esiintyä vaurioita.
- Ohjauskeskuksesta tulee poistaa sinne mahdollisesti kertynyt pöly. Puolijohdekontaktin puhallin poistaa lämpöä kontaktorilta ja siihen tulee kiinnittää erityistä huomioita.
- Puolijohdereleiden(RGC3A60A65GGEAFM) liittimien kireys tulee tarkistaa mahdollisten lämpötila muutoksista johtuvien liittinten löystymisen vuoksi. Valmistajan ohjeistama kiristysmomentti on 2,5Nm.
- Maadoitusjohtimien kireys tulee tarkistaa liittinten mahdollisen löystymisen vuoksi.



Pyörien lämmitysuumien turvallisuusarvio



HELSINGIN KAUPUNKI
LIIKENNELAITOS –liikelaitos
Kunnossapitoyksikkö

PYÖRIEN LÄMMITYSUUNIEN
TURVALLISUUSARVIO
6.5.2017

Pyörien lämmitysuumien turvallisuusarvio ohjausjärjestelmien päivittämisen jälkeen

Pyörien lämmitysuumien ohjausjärjestelmien päivityksen yhteydessä ja niiden asentamisen jälkeen tulee huomioida pyörien lämmitysuumien turvallisuus. Tämä arvio koskee metrovarikolla käytettävien pyörien lämmitysuumien turvallisuuden arviointia ja tarkastelua. Pyörien lämmitysuumien ohjausjärjestelmien päivitetty ohjausjärjestelmä vastaa uunin lämpötilan ohjauksesta, lämmityksen aloittamisesta ja lopettamisesta sekä mahdollisessa virhe tilanteessa lämmityksen keskeyttämisestä. Ohjausjärjestelmien päivityksessä uunin ohjausjärjestelmät saatetaan toiminaan logiikoiden avulla, joiden täyttöliittymänä toimii uunien etuosaan asennettu kosketusnäyttö. Molemmat uunit toimivat itsenäisinä järjestelminä, eivätkä vaikuta toistensa toimintoihin.

Järjestelmän turvallisuusarviointi

Pyörien lämmitysuumeneja käytetään pääsääntöisesti metron pyörien lämmittämiseen ohjausjärjestelmään ennalta ajastettujen ohjelmien avulla, ennen niiden asentamista. Osa uunien osista ja uuneissa olevista kappaleista saattavat aiheuttaa palovammoja lämmityksen aikana ja sen jälkeen. Alkuperäisiin pyörien lämmitysuumeneihin nähden pyörien lämmitysuumeneja ei ole muokattu ohjausjärjestelmien päivitysten yhteydessä tavalla, joka muuttaisi uunien käyttötapoja tai turvallisuutta alkuperäisestä, ohjausjärjestelmiä lukuun ottamatta. Tästä syystä uudessa ohjausjärjestelmässä, eikä tässä turvallisuusarvioissa, huomioida kuumien kappaleiden aiheuttamia vaaratilanteita tai uunien osien turvallisuutta. Uuteen käyttö- ja huolto-ohjeeseen käyttäjille on tästä huolimatta lisätty varoitus mahdollisista lämmitettyjen kappaleiden aiheuttamista palovammoista sekä ohjeita lämmitettyjen kappaleiden turvallisesta käsittelemisestä ja säilyttämisestä.

Ohjausjärjestelmä vastaa uunin lämmityksen säätämisestä siihen määritettyjen arvojen mukaan. Seuraavaan kappaleeseen on koottu ohjausjärjestelmän sisältämät turvallisuus ominaisuudet, jotka valvovat uunin toimintaa.

Ohjausjärjestelmään on lisätty omat ylälämpörajat molemmille lämpötila-antureille. Ylälämpörajan ylittyessä ohjausjärjestelmä lopettaa lämmitysohjelman ja asettaa ohjausjärjestelmän hälytys-tilaan. Ohjausjärjestelmään on tämän lisäksi lisätty tilavalvontaa, joka valvoo lämmitysvastusten pääkontaktorin ja puhaltimen kontaktorin tiloja. Lämmitysvastusten pääkontaktorin tai puhaltimen kontaktorin tilojen poiketessa ohjausjärjestelmän olettamasta tilasta, syntyy järjestelmään hälytys asetetun ajan (3 sekunttia) kuluttua ja järjestelmä siirtyy hälytys-tilaan. Kaikki hälytys-tilaan johtavat viat tallentuvat ohjausjärjestelmään, josta ne voidaan kuittauksen yhteydessä lukea. Hälytys-tilasta uuni palautuu



HKL
Toinen linja 7 A, 00530 Helsinki
PL 1400, 00099 Helsingin kaupunki
hkl@hel.fi
(09) 310 1071
www.hkl.fi
Y-tunnus 0201256-6



HELSINGIN KAUPUNKI
LIIKENNELAITOS –liikelaitos
Kunnossapitoyksikkö

PYÖRIEN LÄMMITYSUUNIEN
TURVALLISUUSARVIO
6.5.2017

takaisin normaaliin toiminta-tilaan vain käyttäjän kuitatessa järjestelmään syntyneen hälytyksen. Tämän jälkeen käyttäjä joutuu ohjelmoimaan uuden lämmitysohjelman ohjausjärjestelmään.

Pääkontaktorin ohjausjännite ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännite kulkevat ohjausjärjestelmästä erotetun lämpötilan valvontareleen apureleiden kautta. Lämpötilan valvontarele valvoo omalla lämpötila-anturillaan pyöräpaistouunin sisälämpötilaa ja katkaisee edellä mainittujen apureleiden avulla ohjausjännitteet, lämpötilan noustessa lämpötilan valvontareleeseen asetetun yllämpörajan yli. Lämpötilan valvontarele aiheuttaa myös ohjausjärjestelmän siirtymisen hälytys-tilaan erillisen apureleen avulla. Lämpötilojen valvontarele saa käyttöjännitteen pääsulakkeiden jälkeen ja sen toimintaan ei vaikuta mahdollinen kontaktoreiden toiminta. Valvontareleen jouduttua jännitteettömäksi sen apureleet siirtyvät yllämpö asentoihin, katkaisevat edellä mainitut ohjausjännitteet ja aiheuttaa ohjausjärjestelmän siirtymisen hälytys-tilaan.

Järjestelmien turvallisuustarkastus

Pyöräpaistouunien ohjausjärjestelmien päivityksen jälkeen tulee tarkistaa turvallisuusarvioissa läpikäytyjen turvallisuusjärjestelmien toiminta. Tarkastusta ja sen tuloksien kirjaamista varten on luotu tarkastusdokumentti tämän turvallisuusarvion loppuun, johon tulee kirjata tarkastuksen tulokset sekä uunin tiedot ja näin varmistua järjestelmän turvallisuudesta.

Molemmille uuneille tulee suorittaa oma tarkastus, jonka tulokset tulee kirjata omiin tarkastusdokumentteihin.

Tarkastusdokumentissa käydän läpi seuraavat kohdat:

- Ohjausjärjestelmä katkaisee lämmitysohjelman ohjausjärjestelmään asetetun uunin sisälämpötilan yllämpörajan ylittyessä
- Ohjausjärjestelmä katkaisee lämmitysohjelman ohjausjärjestelmään asetetun kappaleen pintalämpötilan yllämpörajan ylittyessä
- Lämpötilan valvontarele katkaisee apureleiden avulla lämmitysvastusten pääkontaktorin ohjausjännitteen ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännitteen lämpötilan valvontareleeseen asetetun yllämpörajan ylittyessä.

Täytetyt ja hyväksytyt tarkastusdokumentit tulee säilyttää tarkastuksen jälkeen ja ne tulee olla esitettävissä muodoissa myöhempiä tarkasteluja varten.



HKL
Toinen linja 7 A, 00530 Helsinki
PL 1400, 00099 Helsingin kaupunki
hkl@hel.fi
(09) 310 1071
www.hkl.fi
Y-tunnus 0201256-6



HELSINGIN KAUPUNKI
 LIIKENNELAITOS –liikelaitos
 Kunnossapitoyksikkö

PYÖRIEN LÄMMITYSUUNIEN
 TURVALLISUUSARVIO
 6.5.2017

Pyöränpaistouunin tarkastusdokumentti

Valmistaja	Malli
Valmistus numero	Päivämäärä
Tarkastaja	

Suoritettavat tarkastukset	Hyväksytty	Hylätty
Ohjausjärjestelmä katkaisee lämmitysohjelman ohjausjärjestelmään asetetun uunin sisälämpötilan yllämpö-ajan ylittyessä.		
Ohjausjärjestelmä katkaisee lämmitysohjelman ohjausjärjestelmään asetetun kappaleen pintalämpötilan yllämpö-ajan ylittyessä.		
Lämpötilan valvontarele katkaisee pääkontaktorin ohjausjännitteen ja puhaltimen kontaktorin ohjausjännitteen lämpötilan valvontareleeseen asetetun yllämpö-ajan ylittyessä.		

Allekirjoitus: _____



HKL
 Toinen linja 7 A, 00530 Helsinki
 PL 1400, 00099 Helsingin kaupunki
 hkl@hel.fi
 (09) 310 1071
 www.hkl.fi
 Y-tunnus 0201256-6