

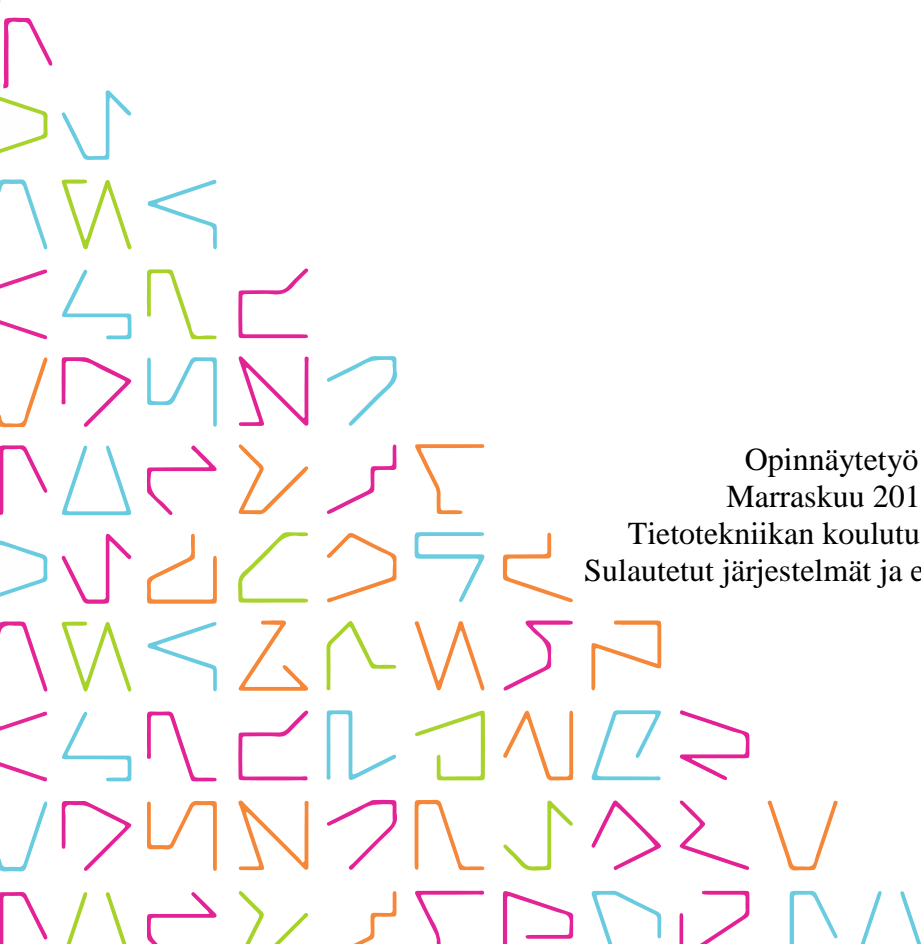


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TURVALLISUUTEEN LIITTYVÄN JÄRJESTELMÄN TARKASTUSOHJEEN TEKO LÄMPÖLAITOKSELLE

Miika Tolonen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2017
Tietotekniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät ja elektronikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka

TOLONEN, MIIKA:

Turvallisuuteen liittyvän järjestelmän tarkastusohjeen teko lämpölaitokselle

Opinnäytetyö 21 sivua
Marraskuu 2017

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tarkastusohje lämpölaitoksen turvallisuuteen liittyvälle järjestelmälle. Työ tehtiin Vapo Oy:lle. Järjestelmään kuuluivat kaikki kyseessä olevan kiinteän polttoaineen kattilan laitteet ja mittaukset, joiden toiminta on kattilan turvallisen ja vauriottoman toiminnan kannalta välttämätöntä. Ohje tehtiin olemassa olevan tarkastuslistan perusteella. Laitoksella oli käytössä Siemens S7-400 -sarjan ohjelmoitava logiikka, jonka toimintaan perehtyminen oli suurena osana ohjeen tekoa. Lisäksi ohjeen teko vaati tietoa leijukerroskattilan toiminnasta ja tärkeistä laitteista. Tässä opinnäytetyössä on kuvattu keskeiset järjestelmät ja periaatteet, jotka liittyivät ohjeen tekemiseen.

Tarkastusohjeen ensimmäisen käytön yhteydessä on ohjeen tiedot tarkistettava oikeiksi, koska ohje on tehty laitoksen dokumentaation pohjalta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Information Technology Programme
Integrated Systems and Electronics

TOLONEN, MIIKA:

Making a Guide for Checking the Safety Related System of a District Heating Plant

Bachelor's thesis 21 pages
November 2017

The aim of this thesis was to make a guide for checking the safety related system of a district heating plant. The thesis was made for Vapo ltd. The system included all the solid fuel boiler's devices and measurements that are necessary for the boiler to operate safely and without damage. The guide was made based on an existing periodic test list. The plant had a Siemens S7-400 -series programmable logic and learning how it works was a big part of the thesis. Additionally making the guide required knowledge of the workings and important devices of a fluidized bed boiler. In this thesis are described the central systems and principles that were involved in the making of the guide.

As the guide was made according to information given by documentation, the first safety related system check will also serve to verify the information in the guide.

Key words: safety related system, fluidized bed boiler

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄMPÖLAITOS.....	7
	2.1 Polttoainejärjestelmä.....	7
	2.2 Tulipesä.....	8
	2.3 Vesijärjestelmä.....	10
	2.4 Ilma- ja savukaasujärjestelmä.....	11
	2.5 Käynnistyspoltin.....	11
3	OHJELMOITAVA LOGIIKKA.....	12
	3.1 Ristikytkentä.....	12
	3.2 Laitteisto.....	12
	3.2.1 Tietokone.....	12
	3.2.2 Sisään- ja ulostulokortit.....	13
	3.3 Ohjelmisto.....	14
	3.4 Siemens Step7.....	15
	3.4.1 Ohjelmakoodi.....	16
4	PIIRIKAAVIOT JA KENTTÄLAITEKYTKENNÄT.....	17
	4.1 Piirikaaviot.....	17
	4.2 Kenttälaitekytkennät.....	17
5	POHDINTA.....	19
	LÄHTEET.....	21

LYHENTEET JA TERMIT

Jännitesignaali	Signaali, jonka suuruus laitoksen automaatiassa oli 0 – 10 V
Kattilasuoja	Ryhmä laitteita, jotka varmistavat kattilan turvallisen toiminnan ja estävät laitevaurioita.
Leijupuhallin	kts. Primääripuhallin
Lukitus	Jostakin laukaisevasta tekijästä tapahtuva laitteen pysäytys. Esimerkiksi mittauksen lukitusrajan ylittävä arvo.
Ohjelmoitava logiikka	Laitoksen toimintaa ohjaava tietokone
Primääripuhallin	Leijupetikattilassa hiekkapetiä leijuttavan ilman puhallin
Savukaasupuhallin	Puhallin, joka poistaa savukaasut kattilasta
Sekundääripuhallin	Puhallin, joka puhaltaa palamisilmaa kattilaan
Virtasignaali	4 – 20 mA:n signaali, joka on yleinen teollisuusautomaatiassa
STUK	Säteilyturvakeskus
TLJ	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

1 JOHDANTO

Työssä tehtiin tarkastusohje lämpölaitoksen kiinteän polttoaineen kattilan turvallisuuteen liittyvälle järjestelmälle. Kattilan logiikkana toimii Siemensin S7-400 -sarjan ohjelmoitava logiikka, jonka automaatio-ohjelmiston ja piirikaavioiden perusteella ohje tehtiin. Palohälytinjärjestelmä ei kuulunut ohjeen piiriin, sillä sille oli erillinen määräaikaistarkastus.

Apuna ohjeen teossa oli alkuperäinen tarkastuslista kattilan laitteille. Tarkastuslistassa oli listattuna lukituksen laukaisevat tekijät sekä laitteet, joiden tulisi lukittua. Ohjetta tehtäessä lukitukset myös tarkistettiin automaatio-ohjelmakoodista ja piirikaavioista mahdollisten ristiriitojen varalta.

Kattila oli tyypiltään kupliva leijukerroskattila. Kattilan alaosasta puhalletaan ilmaa, joka saa kattilassa olevan hiekan leijumaan. Tämän hiekkapedin päälle syötetään polttoaine, jonka suurin vaatimus on että se leijuu kattilassa. Yleisiä polttoaineita ovat erilaiset hakkeet, sahanpuru ja turve.

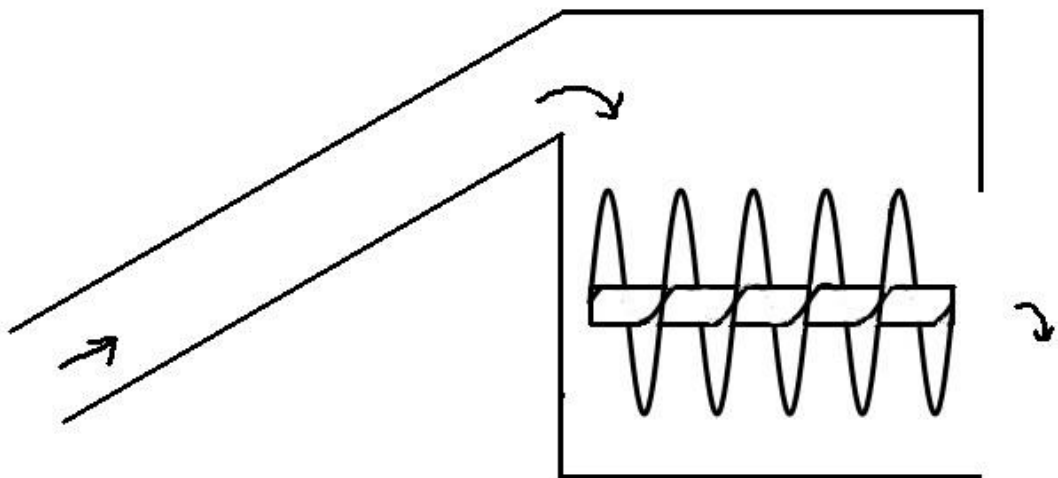
Olellainen osa ohjetta on kattilan saattaminen logiikan kannalta toimintavalmiiseen tilaan. Tämä tehdään syöttämällä tiettyjen mittausten kaapeleihin signaali, joka kertoo logiikalle mittauksen olevan hyvässä tilassa. Tarkastuksen kannalta suuri osa mittauksista on luonnollisesti hyvässä tilassa, kun puhaltimet ja pumput käynnistetään ja kattilassa on petihiekka ja vesi. Kattilaan ei tarkastuksessa kuitenkaan syötetä kiinteää polttoainetta, joten esimerkiksi petilämpötilat täytyy simuloida syöttämällä virtasignaali anturin sijaan tarkoitukseen tehdyllä laitteella, jolla viestin saa itse säädettyä halutulle tasolle.

2 LÄMPÖLAITOS

2.1 Polttoainejärjestelmä

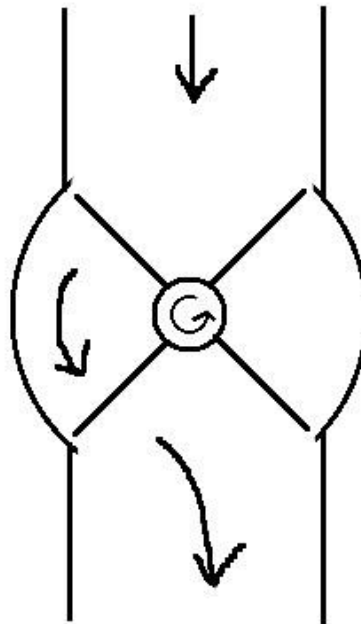
Kiinteä polttoaine kulkeutuu vastaanottoasemalta kolakuljettimella kattilan syöttösiiloon, josta ruuvipurkaimet syöttävät polttoainetta sulkusyöttimen kautta kattilaan. Ohje kattaa syöttösiilon ruuvipurkaimet, mutta ei kolakuljetinta tai vastaanottoasemaa. Kolakuljetin toimii erillään kattilasta, ainoastaan täyttäen syöttösiilon kun pinnanmittausanturit näyttävät siilon olevan lähes tyhjä. Kiinteän polttoaineen pinnanmittauksessa käytetään yleisesti radioaktiivisia antureita, joiden määräaikaistarkistukset tekee STUK.

Polttoaineruuvien tulee lukittua käytännössä kaikissa vikatilanteissa, jotta kattilaan ei syötetä enempää palavaa materiaalia vikatilanteessa. Jos lukitus ei jostain syystä toimi, voi vian poistuttua kattilassa tapahtua pölyräjähdys, kun puhaltimet käynnistetään uudelleen ja kuumaan kattilaan syötetään jälleen happea. Häikä on toinen vaaratekijä, koska savukaasut eivät esimerkiksi sähkökatkon aikana poistu tehokkaasti savukaasukanavaan ja voivat päästä hengitysilmaan. Kuvassa 1 on esitetty polttoaineen kulku kuljettimella siiloon, jossa ruuvipurkain sijaitsee, ja siilosta polttoaine työnnetään ruuvia pyörittämällä sulkusyöttimelle.



KUVA 1. Ruuvipurkain siilossa

Sulkusyötin ei lukitu useimmissa tapauksissa. Syötin saattaa tukkeutua, jos se pysäytetään kesken polttoaineen syötön tai samaan aikaan polttoaineruuvien kanssa. Syöttimen rakenne sekä kattilan lievä alipaine estävät liekkien kulkeutumisen syöttösiiloon. Syöttimien saattaa kuitenkin tarttua polttoainetta, joka syttyessään aiheuttaa tulipalovaaran syöttöjärjestelmään. Kuvassa 2 on esitetty sulkusyöttimen periaatekuva. Syöttimen akseliin on liitetty teriä, jotka akselin pyöriessä annostelevat polttoainetta sekä katkaisevat mahdolliset pidemmät palat.



KUVA 2. Sulkusyötin

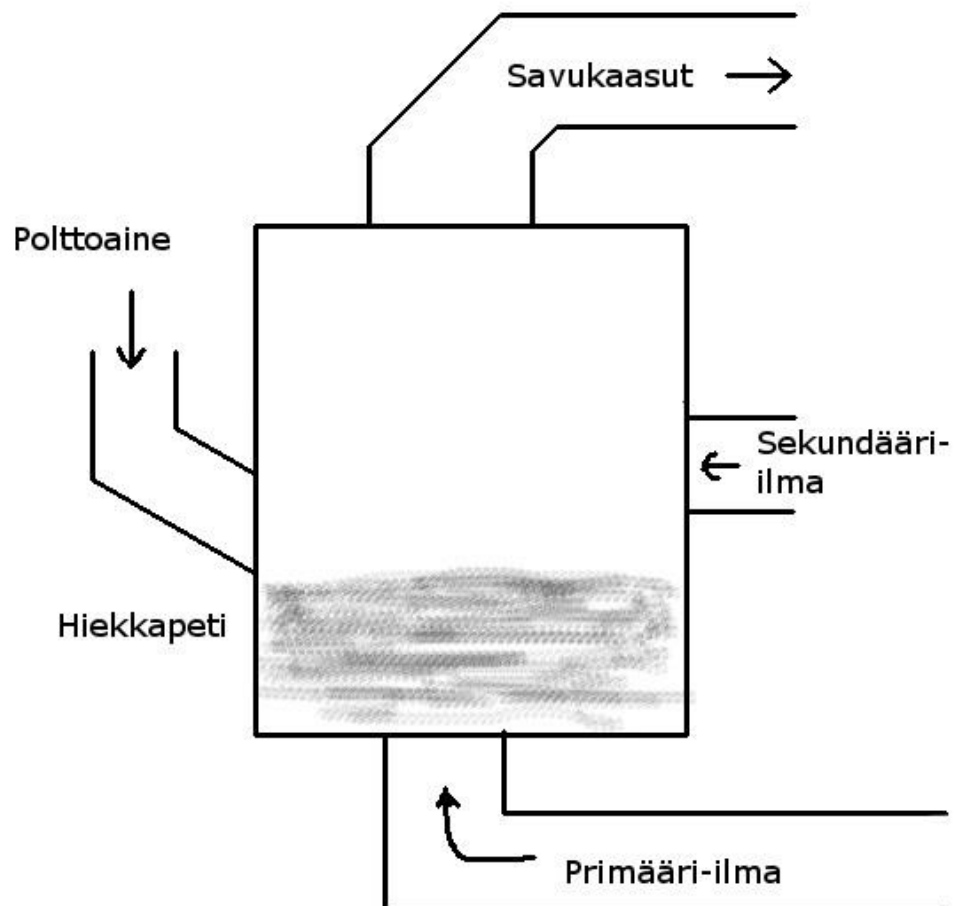
Tärkeitä mittauksia polttoaineensyötössä ovat syöttösuppilon yllämpö ja syöttöruuvien ruuhkaraja. Yllämpöhälytys antaa tiedon mahdollisesta tulipalosta syöttöjärjestelmässä ja ruuhkaraja on mekaaninen mittaus, joka kertoo että ruuvit ovat työntäneet syöttösuppilon täyteen polttoainetta eli suppilossa tai sulkusyöttimessä on tukos.

2.2 Tulipesä

Kattila on kupliva leijukerroskattila, jossa hiekkapetiä leijutetaan kattilassa ja polttoaine syötetään hiekkapetiin. Kuuma hiekkapeti sytyttää polttoaineen, joka lämmittää kattila-

veden ja ylläpitää hiekkapedin lämpötilaa. Lämpö johtuu lämmönsiirtimessä kattilave-
destä kaukolämpövedeen. Hiekkapeti varaa lämpöä ja tasoittaa näin epätasaista palamista,
jonka kiinteän polttoaineen laatuvariaatiot saattavat aiheuttaa. Peti auttaa myös lyhyissä
sähkökatkoissa, joiden jälkeen kattilaan saa tulen ainoastaan käynnistämällä puhaltimet
ja polttoaineensyötön uudelleen.

Kattilassa pidetään pientä alipainetta, jotta liekit ja savukaasut voivat poistua kattilasta
ainoastaan savukaasukanavaan. Petihiekka pysyy kattilassa massansa ja tarpeeksi pienen
kaasuvirtauksen ansiosta. Petihiekka sitoo palamatonta materiaalia, kuten erilaisia metal-
liyhdisteitä ja näin partikkelikoko ja -massa kasvaa ajan myötä. Tätä kutsutaan hiekan
sintraantumiseksi. Myös sitoutumatonta palamatonta materiaalia jää hiekan sekaan.
Tuhka ja sintraantunut petihiekka poistetaan kattilan alta ajoittain. Samalla lisätään katti-
laan hiekkaa, jotta leijupedin koko ei pienene. Kuvassa 3 on esitetty leijukerroskattilan
periaatekuva.



KUVA 3. Leijukerroskattila

Tärkeitä mittauksia kattilassa ovat tulipesän paine- ja lämpötilamittaukset, leijupedin lämpötilamittaukset ja tulipesän yllämpö- sekä ylipainekeytkimet.

2.3 Vesijärjestelmä

Kattilan putkistossa kiertävä vesi lämmitetään ja siitä lämpö siirretään kaukolämpöveeseen. Kattilavettä siirtää sekoituspumppu ja kaukolämpövedelle on kaksi pumppua rinnakkain, jotta yhden pumpun huolto tai vikaantuminen ei katkaise veden kiertoa kaukolämpöverkosta. Kattilan pumpun vikaantuessa siirrytään käyttämään toista kattilaa. Vesijärjestelmän kannalta tärkeää on, että putkistossa on aina vettä. Pumput voivat vaurioitua, jos ne pyörivät tyhjinä. Tämän vuoksi putkistoon on asennettu kuiviinkiehintasuojat, jotka laukeavat jos ne eivät havaitse vettä.

Lämpötila ja paine ovat vauriottoman toiminnan kannalta tärkeitä. Alipaine on vahingollista pumppuille, sillä se voi aiheuttaa pumppujen kavitointia, mikä vaurioittaa pumppua. Ylipaine on vahingollista laitteille ja liika ylipaine voi olla myös vaaraksi. Ylipaineen varalta putkistoissa on varoventtiilit, jotka aukeavat tietyssä paineessa. Näillä venttiileillä sekä painelaitteilla yleisesti on erilliset lakisääteiset määräaikaistarkastukset ja painekokeet, joita ohje ei kata.

Käyttötarkastuksien aikaväli on kaksi vuotta ja painekoe ja sisäpuolinen tarkastus tehdään neljän vuoden välein (Painelaitelaki 1144/2016). Ohjeen kannalta tärkeää on käyttötarkastuksen aikaväli, sillä sen yhteydessä tarkastetaan käyttöturvallisuuden varmistavien laitteiden toiminta. Laissa ei tarkasti määritellä tarkastuksien sisältämiä laitteita, mutta valtioneuvoston asetuksessa painelaiteturvallisuudesta (29.12.2016/1549) varolaitteiksi määritellään sekä varoventtiilit ja muut painetta suoraan säättävät laitteet että erilaiset keytkimet ja turvallisuuteen liittyvät mittaus-, valvonta- ja säätölaitteet. Lain ja asetuksen nojalla voidaan siis päätellä ohjeen mukaisen tarkistuksen aikavälin olevan kaksi vuotta.

Tärkeitä mittauksia vesijärjestelmässä ovat kattilaveden paine- ja lämpötilamittaukset, kattilaveden virtausmittaus sekä kuiviinkiehintanestimet.

2.4 Ilma- ja savukaasujärjestelmä

Kattilaan puhalletaan ilmaa kahdella puhaltimella ja savukaasut poistetaan yhdellä puhaltimella. Primääri- eli leijupuhallin puhaltaa ilmaa kattilan alta, mikä saa kattilahiekan leijumaan. Sekundääri- eli palamisilmapuhallin puhaltaa ilmaa polttoaineelle, jotta palaminen olisi mahdollisimman täydellistä. Savukaasupuhallin pitää kattilassa jatkuvan alipaineen ja puhaltaa savukaasut ulos.

Jotta kattilahiekka pysyy leijumassa kuitenkin lentämättä savukaasukanavaan, täytyy leijupuhaltimen puhaltaa oikea määrä ilmaa. Sekundääripuhallin varmistaa polttoaineen hapensaannin, jota mitataan savukaasun jäännöshapen mittarilla. Happea täytyy olla tarpeeksi savukaasussa, jotta tiedetään polttoaineen palavan täysin. Kattilaan puhallettava ilma kuitenkin sitoo itseensä lämpöä, minkä vuoksi jäännöshappi pyritään pitämään mahdollisimman alhaisena. Palamisilma otetaankin tämän vuoksi usein kattilahuoneen yläosasta, jossa ilma on lämpimintä, tai esilämmittimen kautta. Leijutusilman tarpeellinen määrä varmistetaan sekoittamalla siihen savukaasua, mikä myös nostaa kaasun lämpötilaa.

Leiju- ja palamisilmapuhaltimet lukittuvat useassa tapauksessa, jotta palaminen kattilassa pysähtyy. Samoissa tilanteissa myös polttoaineensyöttö pysähtyy. Tärkeitä mittauksia ilma- ja savukaasujärjestelmässä ovat leijutusilman virtaus, savukaasun virtaus ja happi ja palamisilman virtaus ja paine.

2.5 Käynnistyspoltin

Kattilassa on öljykäyttöinen käynnistyspoltin, jolla lämmitetään hiekkapeti käynnistystyksen yhteydessä. Polttimen tai öljynsyötön vikaantuminen voi aiheuttaa vaaratilanteen, joten on tärkeää, että polttimen ja öljypumpun lukitukset toimivat.

Polttimen lukituksien täytyy toimia, jotta sen käyttö on turvallista. Jos poltin ei lukitu oikein, voi seurauksena olla palamattoman öljyn pääsy kattilaan, mikä aiheuttaa räjähdysvaaran, tai polttimen ulkopuolelle, mikä aiheuttaa tulipalovaaran.

3 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

3.1 Ristikytkentä

Logiikalla on ristikytkentä, johon kenttälaitteiden kaapelit tuodaan. Sähkökeskuksessa on oma ristikytkentä suurempien jännitteiden laitteille. Ristikytkentä on pakollinen, koska pitkä matka kenttälaitteiden ja logiikan välillä tekee uusien kaapeleiden vetämisestä kallista ja uuteen laitokseen tulee lähes varmasti laite- ja kaapelimuutoksia ajan saatossa. Ristikytkennässä kenttälaittekaapelit pysyvät kytkettynä samaan liittimeen ja muutokset logiikassa vaativat vain ristikytkentäkaapeleiden muutoksia, mikä on huomattavasti nopeampaa ja halvempaa.

Ristikytkentä on olennainen osa järjestelmää ja osa tarkastuksista tehdään muuttamalla tai irrottamalla ristikytkentäliitännöitä. Ristikytkentään ei liity laitoksen turvallisuuden harkintoja mutta sähköturvallisuus on otettava huomioon tarkastuksia tehtäessä. Sähkökeskuksen työt vaativat tekijältä sähköalan koulutuksen.

3.2 Laitteisto

3.2.1 Tietokone

Ohjelmoitava logiikka koostuu ristikytkennästä, sisään- ja ulostulokorteista sekä tietokoneesta. Näiden lisäksi järjestelmään on liitetty valvomotietokone, jolla prosessia voidaan valvoa ja ohjata. Laitoksella oli käytössä Siemens S7-400 -sarjan logiikka. Kuvassa 4 on esitetty logiikkaohjaintietokone sekä siihen liitettyjä kortteja. Yksi kortti on irrallaan havainnollistamassa järjestelmän modulaarisuutta. Usein logiikan tietokoneella sekä joillain tärkeillä laitteilla, kuten kattilan kiertovesipumpulla, on varmennettu sähkönsyöttö sähkökatkojen varalta.



KUVA 4. S7-400 CPU ja kortteja (Siemens Oy, Catalog ST 70, 2017, 686)

3.2.2 Sisään- ja ulostulokortit

Logiikka on yhteydessä kentälaitteisiin korttien välityksellä. Kortin tyyppi määrittelee siihen liitettävien signaalien tyypit. Yleisimpiä korttityyppejä ovat analogiset ja digitaaliset tulo- ja lähtökortit. Yhdellä kortilla on yleensä useampi kanava, joihin kentälaitteita voi liittää. Laitoksen korteissa oli mahdollisuus muuttaa kanavan signaalityyppiä virta- ja jännitesignaalien välillä, mikä osaltaan vähensi korttitarvetta.

Kuvassa 4 nähdään korttien etuosassa rivi liittimiä, joihin kentälaitteiden signaalit tuodaan. Liitântätapa voi vaihdella riippuen signaalin tyypistä ja laitteesta. Esimerkiksi liitântä voi olla eri riippuen siitä syöttääkö kortti käyttöjännitteen kentälaitteelle vai onko jännitteensyöttö erillinen signaalikaapelista. Kuvassa näkyvään korttiin on saatavilla erilaisia liitinmoduuleja, joissa ristikytkentäkaapelin kiinnitys on toteutettu esimerkiksi ruuvi- tai jousiliittimellä.

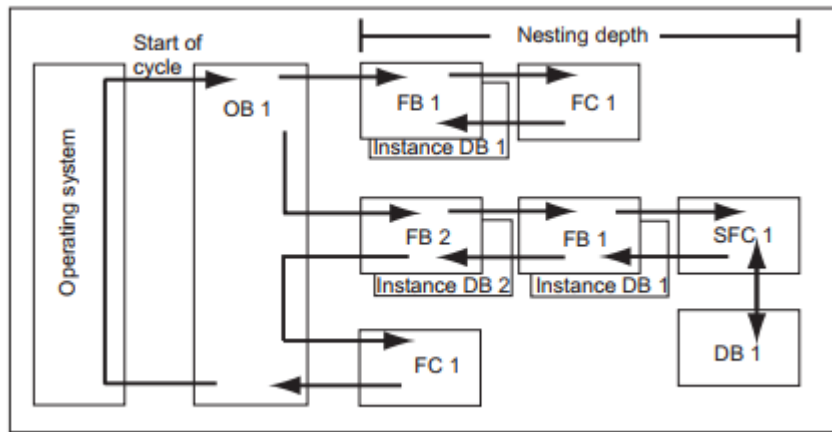
3.3 Ohjelmisto

Logiikkaohjelma kirjoitetaan, käännetään ja ladataan logiikkaan Siemensin omalla STEP 7 -ohjelmistolla. Ohjeen teossa ei tarvinnut kirjoittaa koodia, mutta ohjelmakuvat tulostettiin STEP 7 -ohjelmiston avulla. Suuri osa ohjelmakoodista oli graafisessa muodossa, mikä helpotti logiikan ymmärtämistä.

S7-sarjan logiikassa ohjelma on pilkottu lohkoihin. Tietyt lohkot on varattu tietyille järjestelmätoiminnoille, joista kaikkia ei tarvitse käyttää. OB- eli organisaatiolohkot ovat järjestelmälohkoja, jotka suoritetaan jos ne ovat käytössä ja tietty ehto täyttyy. Esimerkiksi OB100 – OB102 ovat käynnistyslohkoja, joiden koodi suoritetaan käynnistysten tai uudelleenkäynnistysten yhteydessä. Lohko OB1 on pääohjelmalohko, johon koko ohjelma voidaan kirjoittaa tai josta voidaan kutsua muita ohjelmalohkoja ja funktioita.

OB-lohkojen lisäksi on FB-, FC-, SFC- ja SFB-lohkoja. FC eli funktio on tarkoitettu usein käytetylle koodille. FB eli funktiolohko on tarkoitettu suuremmille kokonaisuuksille. SFC ja SFB ovat järjestelmäfunktioita ja -funktiohkoja, jotka ovat valmiita koodikokonaisuuksia esimerkiksi järjestelmäkellon hallintaan. Nämä on integroitu valmiiksi logiikkatietokoneeseen.

Ohjelmalohkojen lisäksi järjestelmässä on datalohkoja, jotka voivat olla jaettuja tai lohkokokohtaisia. Funktiolohkoa kutsuttaessa voidaan kutsua lohkokohtaista eli instanssidatalohkoa, joka on ainoastaan kyseisen funktiolohkon käytössä. Jaettuja eli globaaleja datalohkoja voi käyttää mikä tahansa funktio tai organisaatio- tai funktiolohko. Instanssidatalohkon etuna on, että voidaan kirjoittaa esimerkiksi moottorinohjaukseen yksi funktiolohko, joka eriytetään eri moottoreille erillisten datalohkojen avulla. Kuvassa 5 on esitetty ohjelman kulku ja funktiokutsut datalohkoineen.



KUVA 5. S7 ohjelman kulku (Siemens Oy 2010)

Ohjeen tekemisessä tutkittiin lähinnä pääohjelmalohkoa OB1 ja sen kutsumia ohjelmia, jotta lukitukset voitiin todeta ohjelmasta. Kaikista ohjelmalohkoista, funktioista ja data-lohkoista koottiin kuitenkin lista auttamaan ohjelmakoodin tutkimista jatkossa.

3.4 Siemens Step7

Step 7 on Siemensin logiikkaohjainten ohjelmoimiseen tarkoitettu IDE, jolla voidaan ohjelmakoodin lisäksi tehdä monia muita logiikkaan liittyviä toimintoja. Esimerkiksi ohjelmistolla on mahdollista ohjelmoida eri ohjelmointikielillä, muuttaa logiikkaohjaimen asetuksia ja katsella ohjaimen diagnostiikkatietoja.

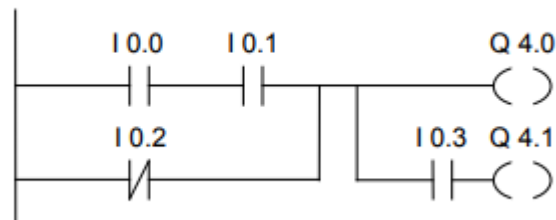
Työssä ohjelmistoa käytettiin tulostamaan ohjelmakoodi tiedostoiksi, joita oli mahdollista katsella muilla ohjelmistoilla. Step 7:n käyttöä ei syvemmin opeteltu. Laitoksen kunnossapidon kannalta tärkeätä on pitää varmuuskopio logiikkakoodista, koska logiikkaohjaimissa on mahdollisuus suojaukselle, joka estää täydellisen ohjelmakoodin lataamisen ohjaimelta tyhjään projektitiedostoon. Jos suojaus on päällä, ohjelmakoodin lataaminen ei tuota esimerkiksi muuttujien tai funktioiden nimiä, mikä vaikeuttaa tehokkaasti koodin luettavuutta. Varmuuskopio säilytetään myös logiikkaohjaimen vaurioitumisen varalta.

Suurin osa ohjelmiston toiminnoista on graafisia tai niihin liittyy graafisia osia, mikä helpottaa huomattavasti hahmottamaan laite- ja muita kokonaisuuksia joihin toiminnot liittyvät.

3.4.1 Ohjelmakoodi

Työhön liittyvä koodi oli suurimmaksi osaksi graafisesti esitettyä. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki graafisesta ohjelmakoodista LAD-ohjelmointikielellä. Kytkennässä sisääntulot I 0.0 ja I 0.1 ovat sarjassa ja niiden piirrosmerkki tarkoittaa sulkeutuvaa kytkintä. I 0.2 on rinnan niiden kanssa ja on avautuva kytkin. Ulostuloille on erilainen piirrosmerkki kuten kuvassa näkyvillä Q 4.0:lla ja Q 4.1:llä. LAD tulee sanasta ladder eli tikapuu ja kielellä voi toteuttaa selkeästi sähköistä kytkentää vastaavia funktioita.

Example



KUVA 6. LAD-ohjelmakoodia (Siemens Oy 04/2017 ,18)

Suuri osa ohjeeseen liittyvästä graafisesta koodista oli yksinkertaisia logiikkaportteja, jotka ohjasivat yhden tai useamman laitteen käyntilupaa tai muuta vastaavaa lippubittia, mutta myös viiveitä, kytkimiä ja monimutkaisia moottorinohjauslohkoja voidaan esittää graafisesti. Koodi oli suurelta osin toteutettu FBD-ohjelmointikielellä. FBD tulee sanoista function block diagram ja kieli visualisoi tehokkaasti Boolean algebraa. Kuten kuvassakin on, työssä ohjelman looginen kulku oli sisääntuloista vasemmalta ulostuloihin oikealle. Tietyn funktion toiminta oli näin helppo ymmärtää ja siihen liittyvät muuttujat ja laitteet näkyivät selkeästi vasemmalla ja oikealla.

Ohjelmakoodissa esiintyi myös alemman tason koodia, joka on resurssinkäytön kannalta tehokasta mutta ei kovin selkeää lukea verrattuna esimerkiksi graafiseen koodiin. Koodi oli kirjoitettu STL-ohjelmointikielellä. STL tulee englannin sanoista statement list ja on käytännössä Siemens-logiikkaohjelmien assembly-kieli. STL-koodi ei sisältänyt ohjeen kannalta tärkeitä asioita, mutta STL-kielen alkeiden ymmärtäminen oli tärkeää jotta voitiin todeta kaikki ohjeeseen liittyvä koodi läpikäydyksi.

4 PIIRIKAAVIOT JA KENTTÄLAITEKYTKENNÄT

4.1 Piirikaaviot

Piirikaaviot olivat olennainen osa ohjeen tekemistä. Osa lukituksista oli toteutettu sekä mittauksilla että kytkintiedolla. Etenkin kytkintietojen osalta täytyi lukea piirikaavioista, mihin releeseen tai joukkoon releitä kyseessä oleva kytkin vaikutti. Ohjeeseen merkittiin kunkin toimenpiteen yhteyteen siihen liittyvä piirikaavio sekä mahdolliset liittimet, joita tarvitaan.

Tärkeää piirikaavioita luettaessa oli kaavioiden kriittinen tarkastelu. Kaavioiden suuren määrän ja kunnossapitotöiden mahdollisten muutosten vuoksi kaaviot eivät välttämättä vastaa todellisuutta, mikä täytyi ottaa huomioon ohjeen toimenpiteitä kirjoittaessa. Ensimmäisen tarkastuksen yhteydessä ohjetta ja piirikaavioita täytyy oikaista, jos todelliset kytkennät eivät vastaa dokumentoituja.

Piirikaavioista löytyi ohjetta tehtäessä muutama ristiriita ja virhe. Eräässä piirikaaviossa oli piirrosvirhe, jossa kenttälaitteen käyttöjännite- ja maaliittimet oli oikosuljettu. Laitte kuitenkin oli toiminnassa, joten virhe oli vain piirikaaviossa. Virheet ja ristiriidat merkittiin ohjeeseen, jotta ne voitaisiin korjata tai tarkistaa ensimmäisen tarkastuksen yhteydessä.

4.2 Kenttälaittekytkennät

Tarkastettavien kenttälaitteiden liittimet tarkastettiin sekä piirikaavioista että erillisestä logiikkakorttien liitännälistasta. Liitännälistauksessa oli myös merkitty signaalityyppi. Käytetyin signaali oli 4 – 20 mA signaali ja jotkin laitteet käyttivät 0 – 10 V signaalia. Suuri etu virtasignaalin on lepovirta, joka kertoo kaapelin olevan poikki, jos virta katkeaa. Jännitesignaalin haittana on myös signaalihäiriöiden suurempi riski, joka teollisuusympäristössä on suuri monien sähkömoottoreiden ja muiden laitteiden vuoksi.

Turvallisuuden kannalta kaapelikatkosten vaikutus järjestelmään on hyvä tarkastaa. Jos kaapeli katkeaa, tulisi laitteen tilan mennä järjestelmässä lukitusalueelle. Jos laite jää hyvään tilaan kaapelin ollessa poikki, voi kattila ajautua vaaralliseen tilaan väärän tiedon vuoksi.

Ohjeen tarkastuksen suorittamisen lisäksi tulee mittalaitteita kalibroida ajoittain, jotta mittalaitteiden ilmoittamaan lukemaan voidaan luottaa. Joillekin laitteille kalibrointiaikaväli on asetettu kalibrointitahon tai valmistajan toimesta. Jos aikaväliä ei kuitenkaan ole asetettu, on laitteet hyvä tarkastaa esimerkiksi ohjeen tarkastuksen yhteydessä. Esimerkiksi paineanturin mittaustuloksen ryömiminen alkuperäisestä saa anturin mahdollisesti näyttämään paineen olevan liian hyvä tai liian huono. Kattilan ja laitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden ja kytkimien tarkastus on kuitenkin lakisääteinen, joten käytännössä kaikki ohjeen kattamat laitteet on selkeintä tarkastaa samaan aikaan ohjeen tarkastuksen kanssa.

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä käytiin yleisellä tasolla läpi leijukerroskattilan toimintaa, laitteita ja automaatiota. Tehtyä ohjetta ei opinnäytetyöhön sisällytetty yrityksen omistaman dokumentaation vuoksi sekä siitä syystä, että yksittäisen laitoksen yksityiskohtainen selvitys ei suoraan auta muiden laitoksien järjestelmien ymmärtämisessä paremmin kuin yleisten periaatteiden läpikäynti ja niiden taustalla olevien mahdollisten syiden avaaminen.

Leijukerroskattiloita on erilaisia tyyppisiä ja samantyyppisissä kattiloissa voi olla erilaisia lisäjärjestelmiä esimerkiksi eri polttoaineiden vuoksi. Perustoiminta kuitenkin on pitkälti samankaltainen. Kattilatyypistä riippumatta luultavasti parhaimman kuvan kattilan ja laitoksen toiminnasta saa valvomo-ohjelmiston käyttöliittymästä, jolla laitosta valvotaan ja ohjataan ja johon on käytön helpottamiseksi yleensä piirretty laitoksen toiminnallinen kuva. Laitoksen kuvassa laitteet on lisätty suurin piirtein todellisen sijoittelun mukaan helpottamaan laitoksen ja prosessin hahmottamista.

Ohjeen tekemisessä lähdettiin oletuksesta, että ohjeen suorittaja on tietoinen laitoksen toiminnasta ja vaarallisista asioista laitoksella sekä on valtuutettu sähkötoihin, koska osa kattilasuojan kytkimistä toimii verkkojännitteellä. Yleinen sähkökytkentöjen ja sähkötyöturvallisuuden tuntemus on myös tarpeellinen automaation kytkennöissä, vaikka ne toimisivatkin pienoistasajännitteellä. Ohje ei sisällä yksittäisten laitteiden dokumentaatiota, joten niiden osalta tarkastuksen tekijän tulee myös osata turvallinen käyttö ja kytkentöjen teko siltä varalta että verkkojännitettä ei ole fyysisesti erotettu pienoistöjännitekytkennöistä erilliseen tilaan laitteen koteloinnissa.

Toinen oletus ohjeen tekemisessä oli se, että laitoksen turvallisuuteen liittyvä järjestelmä on suunniteltu valmistajan ja automaation rakentajan toimesta kaikki asetukset täytäväksi. Oletuksesta huolimatta turvallisuuteen liittyvien harkintojen ja ohjeiden tekoon on hyvä sisällyttää aina kriittinen ajattelu, koska virheitä voidaan tehdä. Ohjeen teossa tehtiin huomioita sekä kattilasuojan että ohjeen turvallisuudesta. Oletuksen päätarkoitus oli siis lähinnä rajoittaa tämän opinnäytetyön laajuutta turvallisuuteen liittyvän ajattelun rajoittamisen sijaan.

Jos kattilalaitoksen turvallisuudesta tarvitsee lisämateriaalia, hyvä aloituskohta on Tukesin julkaisema Opas kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimiseksi, josta löytyy runsaasti tietoa ja lisää kirjallisuutta aiheeseen perehtyvälle (Sarsama, Nissilä & Lehtinen 2000). Vaaranarviointi on painelaitelaissa vaadittu toimenpide esimerkiksi ennen uuden laitoksen käyttöön ottoa. Myös Tukesin verkkosivut ovat hyvä lähde painelaitteiden turvallisuuden ja niihin liittyviin asetuksiin perehtymiseen.

LÄHTEET

Painelaitelaki 16.12.2016/1144.

Sarsama, J., Nissilä, M. & Lehtinen, P. 2000. Opas kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimiseksi. TUKES-julkaisu 4/2000. Luettu 8.11.2017.

<http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/4-2000.pdf>

Siemens Oy. 2017. Catalog ST 70. Edition 2017. Ladattu 9.11.2017.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/109744167/att_920955/v1/simatic-st70-complete-english-2017.pdf

Siemens Oy. 2017. SIMATIC Ladder Logic (LAD) for S7-300 and S7-400 Programming. Edition 04/2017. Ladattu 9.11.2017.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/823/109751823/att_933125/v1/STEP_7_-_Ladder_Logic_for_S7-300_and_S7-400.pdf

Siemens Oy. 2010. SIMATIC Programming with STEP 7. Edition 05/2010. Ladattu 8.11.2017.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/107/45531107/att_91661/v1/S7pr___b.pdf

Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 29.12.2016/1549.