

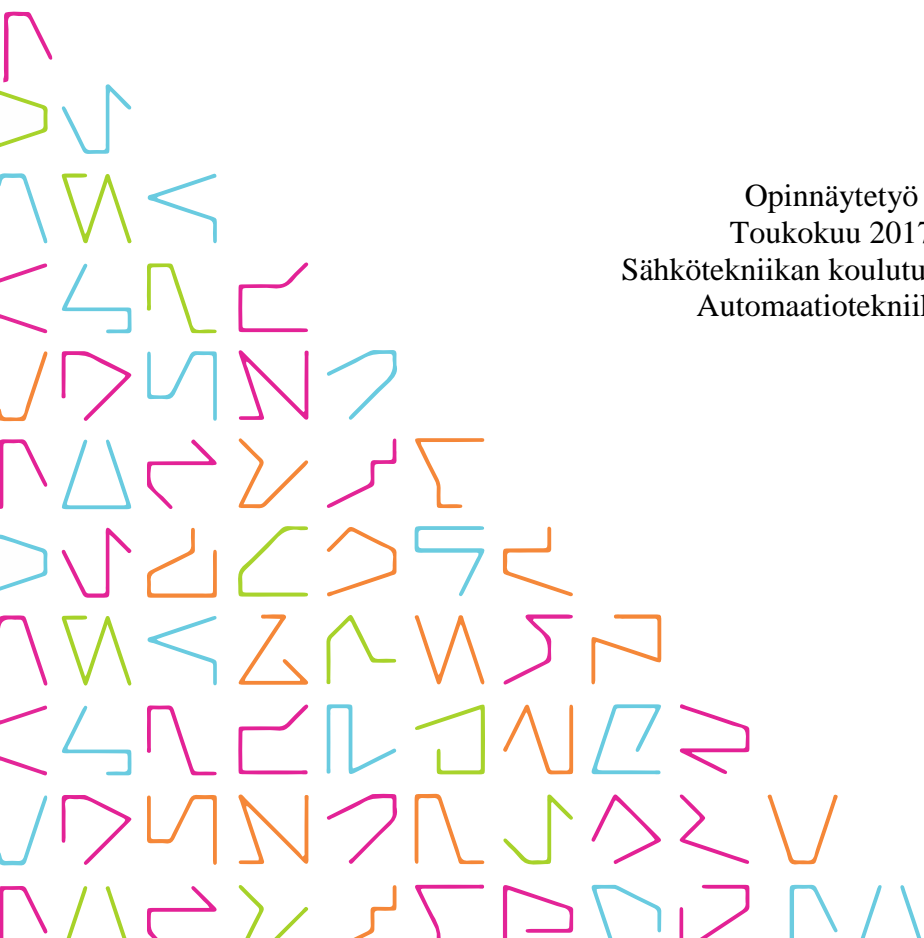


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SIMULOINTIJÄRJESTELMÄ TEHDASPOLTTI- MIEN KOEAJOON

Artti Järvinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

JÄRVINEN, ARTTI:
Simulointijärjestelmä tehdaspolttimien koeajoon

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2017

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli rakentaa simulointijärjestelmä teollisuuden poltinjärjestelmien testauksia varten. Työ tehtiin Sweco Industryn toimeksiantona. Järjestelmän tarkoituksena on aiheuttaa simuloituja vikatietoja poltinjärjestelmään, jolloin ohjaussekvenssien eri osien toiminta voidaan todeta oikeanlaiseksi. Järjestelmän tarkoituksena on myös parantaa ja tehostaa testausta poltinjärjestelmille.

Teollisuudessa poltinjärjestelmät ovat järjestelmiä, joilla poltetaan erilaisia polttoaineita. Niitä hyödynnetään energiantuotossa sekä vaarallisten aineiden neutraloinnissa ja talteenotossa.

Työssä käsitellään järjestelmän suunnittelu ja ohjelmointi alusta alkaen. Suunnittelu sisältää laitehankinnat, järjestelmän rakentamisen sekä logiikan ja valvomonäytön ohjelmoinnin. Suunnittelussa käytettiin hyödyksi nykyaikaisia suunnitteluohjelmia, joilla eri vaiheet saatiin tehtyä mutkattomasti.

Järjestelmä saatiin suunniteltua ja rakennettua, vaikka aikataulu venyikin muutamien ongelmien vuoksi. Tuloksena saatiin kuitenkin järjestelmä, jota voidaan pienien parannuksien jälkeen hyödyntää teollisuudessa poltinjärjestelmien testauksissa. Varsinainen järjestelmätestaus jätettiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, ja se toteutetaan myöhemässä vaiheessa.

Asiasanat: teollisuuspoltin, tehdastesti, logiikkaohjelmointi, simulointijärjestelmä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Electrical Engineering
Option on Automation Engineering

JÄRVINEN, ARTTI
Simulationsystem for Mill Burner Testing

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 3 pages
May 2017

The subject of this thesis was to build a simulation system for mill burner testing. This system was built as an assignment of Sweco Industry. The purpose of the system is to create simulated malfunctions to burner systems. This way the different parts of the control sequences can be tested properly. The second purpose of the system is to improve and enhance the testing of mill burner systems.

Burner systems are part of industry structures which are used to burn different fuels. This is utilized in energy production, neutralizing dangerous materials and recovering them.

This assignment covers the planning and programming of the system from the very beginning. The planning includes purchasing and building the system as well as programming the logic controller and control display. Modern drafting and programming software's were used to complete different stages straightforward.

The planning and construction was successful despite the fact the schedule was delayed because of some problems. However, the result was a functional system which can be used in mill burner testing after some minor upgrades. The actual system test was left outside of this thesis and will be performed later.

Key words: mill burner, FAT, programmable logic, simulation system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SWECO AB	7
3	POLTINJÄRJESTELMÄN OHJELMALLINEN TOIMINTA.....	8
	3.1 Toimintaperiaatteet	8
	3.1.1 Käynnistysvaihe	8
	3.1.2 Ajovaihe	9
	3.1.3 Sammutusvaihe	10
	3.2 Teoriaa rakennettavasta simulointijärjestelmästä	11
4	POLTINJÄRJESTELMÄN OSAT	12
	4.1 Poltintyypit.....	12
	4.1.1 NCG -poltin.....	12
	4.1.2 Öljypoltin	13
	4.1.3 Soodakattila.....	14
	4.2 Polttimen osat	15
	4.2.1 Sytytin	15
	4.2.2 Lanssi	15
	4.2.3 Venttiili	15
	4.2.4 Liekkivahdit	17
5	SIMULOINTIJÄRJESTELMÄ.....	18
	5.1 Laitteiston valinta	18
	5.2 Suunnittelu	19
	5.3 Kotelon liitintestaus	22
6	LOGIIKAN JA OHJAUSPANEELIN OHJELMOINTI	26
	6.1 Siemens.....	26
	6.1.1 TIA Portal	26
	6.1.2 SIMATIC STEP 7	30
	6.1.3 WinCC	32
	6.2 Logiikan ohjelmointi.....	34
	6.3 Ohjauspaneelin ohjelmointi	36
7	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	40
	Liite 1. Kytkentäluettelomalli.....	40
	Liite 2. Ohjelmointikuvia	41
	Liite 3. Valvomonäytön ohjelmointikuvia	42

ERITYISSANASTO

FAT	Factory Acceptance Test, eli järjestelmän testaus ennen lähetystä asiakkaalle.
Ohjelmoitava logiikka	Automaatiojärjestelmien ohjaamiseen tarkoitettu tietokone
Poltinjärjestelmä	Vaarallisten kaasujen neutralointia, energiantuottoa ja aineiden talteenottoa varten kehitetty järjestelmä
Lanssi	Liikuteltava putki polttoaineiden syöttöä varten
Valvomonäyttö	Näyttö logiikan toimintojen ohjaukseen ja monitorointiin

1 JOHDANTO

Poltinjärjestelmät ovat monimutkaisia järjestelmiä kaasujen ja nesteiden polttamista ja energiantuotantoa varten. Polttimien polttoaineena voidaan käyttää erilaisia haitallisia kaasuja, jotka poltettaessa muuttuvat vaarattomiksi. Tarkkuutta vaativassa rakennusvaiheessa turvallisuus on ensisijaisen tärkeää, koska työskennellään muun muassa räjähdysvaarallisten aineiden kanssa. Polttimien turvallisuuden toteaminen testauksilla on syytä tehdä moneen kertaan, jotta voidaan olla täysin varmoja laitteiston turvallisuudesta käytettäessä räjähdysvaarallisia polttoaineita.

Sweco Industry on erikoistunut monella eri teollisuuden osa-alueella. Poltinjärjestelmien suunnittelu ja testaus ovat yksi osa isoa kokonaisuutta. Polttimien suunnittelua ja toimintaa kehitetään jatkuvasti, joten myös testauslaitteiston on pysyttävä ajan tasalla.

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on rakentaa poltinjärjestelmien koeajamista varten simulointijärjestelmä. Nykyiset järjestelmät perustuvat reletekniikkaan, joten niillä ei ole mahdollista kuvata oikeiden laitteiden toimintaa, sillä niissä on aina viivettä. Järjestelmällä voidaan simuloida polttimissa esiintyviä mahdollisia vikoja, sekä niissä olevien laitteiden toimintaa ja pakko-ohjausta, jos varsinaista järjestelmää ei ole vielä yhdistetty järjestelmän logiikkaan. Näihin pakko-ohjauksiin pystytään ohjelmassa asettamaan viivettä, jolloin toiminta on lähempänä varsinaisten laitteiden toimintaa. Simulointijärjestelmään rakennetaan logiikka, jota ohjataan kosketusnäytön avulla. Näin saadaan luotua simuloituja pakko-ohjauksia poltinjärjestelmän logiikkaan.

2 SWECO AB

Sweco AB on ruotsalainen asiantuntijayritys, jossa toiminta on jaettu neljään organisaatioon: Sweco Finland, Sweco Sweden, Sweco Norway ja Sweco Central Europe. Suomen organisaatiossa yhtiön eri palveluita ovat Sweco Rakennetekniikka, Sweco Talotekniikka, Sweco Ympäristö, Sweco Industry, Sweco PM ja Sweco Architects. Swecon palveluksessa on noin 14500 työntekijää. Liiketoiminta on maailmanlaajuisista johtuen monista projekteista muun muassa Aasiassa ja Etelä-Amerikassa. Liikevaihto Swecolla on noin 1,7 miljardia euroa. Sweco pyrkii toiminnassaan sitoutuneisuuteen. Tarkoituksena on olla mahdollisimman lähellä asiakkaita, jotta tarpeet tulisivat huomioiduksi mahdollisimman hyvin ja nopeasti. Tämä opinnäytetyö on tehty Swecon Industryn (teollisuus) toimeksiantona.

Sweco Finland on yksi konsernin haaroista. Myös Finlandin haaran toimialue on erittäin laaja ja asiantuntijoita löytyy monelle eri toimialueelle. Toimialueita ovat rakennetekniikka, teollisuus, talotekniikka, ympäristö, projektinjohto, arkkitehtuuri infrastruktuuri, energia ja korjausrakentaminen. Finlandin palveluksessa on tällä hetkellä noin 2000 työntekijää.

Sweco Industry on konsernin toimialue, jonka palvelut ovat teollisuuden parissa. Projekteja tehdään yleisesti melkein pä kaikille teollisuuden osa-alueille. Näistä muutamia ovat kemianteollisuus, kaivosteollisuus, lääketeollisuus ja paperiteollisuus. Muita palveluita ovat muun muassa projekti- ja suunnittelupalvelut, esisuunnittelu, konsultointi ja turvallisuussuunnittelu. Opinnäytetyö liittyy turvallisuussuunnittelun piiriin (Sweco 2017, www.sweco.fi).

3 POLTINJÄRJESTELMÄN OHJELMALLINEN TOIMINTA

Tässä osiossa kerrotaan poltinjärjestelmän käynnistykseen liittyviä toimintoja ja miten niillä saadaan poltin käyttökuntoon.

3.1 Toimintaperiaatteet

Polttimen toiminnan aloittaminen vaatii ohjelmalta tiettyjä tarkasteluja, jotta kaikki yksittäiset ohjelman osat saavat aikaiseksi polttimen käynnistymisen. Ennen poltinohjelman käynnistystä on tarkistettava venttiilien ja esimerkiksi ilmapellin oikea asento. Lisäksi on huolehdittava, että polttoaineen poltto tapahtuu mahdollisimman puhtaasti ja päästöttömästi. Näin varmistetaan, että palaminen on stabiilia ja tulipesään ei jää palavaa materiaalia, joka saattaisi aiheuttaa räjähdyksen.

3.1.1 Käynnistysvaihe

Käynnistyssekvenssissä on huomioitava monia erilaisia asioita, jotta poltin saadaan päälle ilman minkäänlaisia häiriöitä tai vaaratilanteita. Kaikkien eri polttoaineilla toimivien polttimien käynnistys tapahtuu lähes samalla tavalla, mutta muutamia eroavaisuuksia löytyy. Tarkat poltinjärjestelmiä koskevat ohjeistukset löytyvät standardista SFS-EN 12952.

Pääpiirteittäin käynnistyksessä tarvitsee tapahtua seuraavia asioita:

1. Tulipesää on tuuletettava standardissa määritelty aika, joka on riippuvainen tulipesän tilavuudesta. Tulipesän tilavuutta vastaava ilmamäärä on vaihdettava useita kertoja ennen sytytyksen aloitusta. Sytytys täytyy tehdä vähintään kymmenen minuuttia tuuletuksen jälkeen.
2. On varmistuttava, että poltin on käyttökunnossa. Tämä tarkoittaa sitä, että palamisilman virtauksen ja paineen, polttoöljyn viskositeetin ja paineen on oltava oikealla tasolla. Tämä käytännössä hoidetaan erilaisilla analogisilla mittauksilla.
3. Polttimen käynnistykseen on käytettävä sytytintä, eikä sitä saa käynnistää minään toisen polttimen tai toisen polttoaineen liekistä, jos käytössä on usealla polttoaineella toimiva poltin.

4. Polttimen sytytyksessä on tietty standardin mukainen varmistusaika, jonka aikana polttimessa on oltava liekki. Jos näin ei tapahdu, on polttoaineen virtauksen keskeydyttävä heti.
5. Jos sytytysvaiheessa tapahtuu jokin häiriö ja liekki sammuu, on syy tähän selvitettävä ennen uuden käynnistyksen aloittamista. Kun häiriö saadaan poistettua, poltin voidaan sytyttää normaalilla käynnistyksellä. Normaali käynnistys voidaan kuitenkin tehdä vain, jos sytytysyrityksiä on jäljellä. Kaasuilla yrityksiä on yksi ja öljyllä kolme, jos pääl liekki ei ole ollut päällä.
6. Kun liekki pesässä palaa vakaasti, voidaan pääpolttimen tila vaihtaa ”käynnistymässä” -tilasta ”käynnissä” -tilaan, ja sammuttaa sytytin.
7. Polttimien venttiilien on toimittava oikea-aikaisesti. Jos näin ei tapahdu, on järjestelmään tuotava siitä hälytys ja jokin pikasulkuventtiileistä on mahdollisimman nopeasti suljettava.

3.1.2 Ajovaihe

Ajovaiheen alussa polttimen lanssi, eli putki polttoaineen kulkua varten, on ajettu poltinpesään sisälle ja sytytin on ajettuna ulos. Ajovaiheen aikana liekkivahdit tarkastelevat koko ajan tulipesässä olevaa liekkiä. Jos liekki kesken polton jostain syystä sammuu, ajetaan poltin alas mahdollisimman nopeasti, eli käytännössä suoritetaan venttiilien pikasulku, jossa polttoaineen syöttö katkaistaan välittömästi.

Varsinaisen polton aikana muita häiriöitä saattaa ilmetä muun muassa analogisista mitauksista. Polttoaineen tai ilman paineet saattavat laskea kriittisen tason alapuolelle, minkä vuoksi poltto on lopetettava. Paineiden on oltava tietyissä rajoissa, jotta poltto on tasaista. Polttimen ohjelma ei heti esimerkiksi paineen laskettua ala ajamaan poltinta alas, vaan se odottaa joitain sekunteja paineen palautumista normaalille tasolle. Suurien polttimien käynnistys vie aikaa, joten pienien paineen vaihteluiden vuoksi ei heti kannata poltinta ajaa alas.

3.1.3 Sammutusvaihe

Sammutusvaihe polttimilla on yleensä lähes samanlainen kuin käynnistysvaihe, mutta päinvastaisessa järjestyksessä. Aluksi suljetaan polttoaineen virtaus polttimelle ja varmistetaan venttiilien pitävyys. Polttimesta on saatava kaikki polttoaine loppumaan ennen kuin sammutussekvenssi on valmis, joten apuna käytetään sytytysliekkiä. Sytytysliekin avulla viimeisetkin polttoaineet palavat poltinpesästä. Tämän jälkeen sytytin ajetaan myös pesästä ulos ja poltin on valmiina esimerkiksi huoltoa varten. Kaasumaisilla polttoaineilla jälkipolttoa ei tarvita. (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2007, KLTK 2, 3, 7, Varvio Antti 2016)

3.2 Teoriaa rakennettavasta simulointijärjestelmästä

Rakennettavan järjestelmän tarkoituksena on saada simulaatiojärjestelmä aiheuttamaan vikoja ja näyttämään poltinjärjestelmän osien toimintaa laitteiston testausvaiheessa. Usein testausvaiheessa ei ole mahdollista saada varsinaista putkistoa tai poltinta logiikkajärjestelmään kiinni, joten ohjelmisto- ja laitetestaukseen on käytettävä simuloituja vikatietoja, joita voidaan aiheuttaa esimerkiksi releiden ja kytkimien avulla. Näin saadaan aiheutettua vikoja ohjelmasekvenssien eri vaiheisiin. Tällöin nähdään, toimiiko järjestelmä vikatilanteessa oikein.

Nykyisissä testausjärjestelmissä ollaan vikatiedot aiheutettu reletekniikan avulla. Releiden huono puoli on, että niiden toiminta on viiveetöntä. Tällöin todellista tilannetta kuvaava toiminto, eli esimerkiksi viive venttiilin aukeamisesta jää puuttumaan. Simulointijärjestelmän ohjelmaan voidaan ohjauksia toteuttaa viiveellisesti, jolloin venttiilin aukeaminen tapahtuu muutaman sekunnin viiveellä. Näin tehtäessä ollaan paljon lähempänä oikeata tilannetta, jossa venttiili fyysisesti aukeaa. Tämä tuo testauksiin todentuntuisuutta ja enemmän varmuutta.

Simulointijärjestelmään asennettavan kosketusnäytön avulla voidaan kesken ajon esimerkiksi sulkea simuloidusti polttoaineen syöttö antamalla poltinjärjestelmän logiikalle tällainen tieto. Tällöin polttimen toiminta on lopetettava ja poltin ajettava alas. Jos simuloitu venttiilin sulkeminen ei aiheuta ohjelmassa minkäänlaista toimintaa, on vika etsittävä ja korjattava. Laitteistojen testauksissa ohjelmasekvenssit testataan aina niin, että jokainen kohta mennään yksitellen läpi. Tämän vuoksi simulointijärjestelmässä on oltava jokaiselle osalle oma ohjauksensa, jotta pakotettuja vikatietoja voidaan antaa aina sekvenssin tiettyyn osaan (Varvio 2016).

4 POLTINJÄRJESTELMÄN OSAT

Seuraavassa kappaleessa kerrotaan poltinjärjestelmän eri poltintyypeistä, eli minkälaisia polttoaineita eri polttimilla voidaan polttaa, sekä mitä osia järjestelmä tarvitsee.

4.1 Poltintyytit

Polttimia on useita erityyppisiä riippuen esimerkiksi voimalan toiminnasta. Yleisimpiä poltintyyppisiä ovat öljyllä ja kaasulla toimivat polttimet. Muita polttoaineita ovat esimerkiksi metanoli ja mustalipeä.

4.1.1 NCG -poltin

NCG- kaasut ovat hajukaasuja, eli pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, joita syntyy paperin- ja sellunvalmistuksen yhteydessä. Rikkiyhdisteitä syntyy valmistuksen aikana paljon, mutta haitallisista näistä lienee rikkivety (H_2S), joka haisee pahalta, on myrkyllistä ja täysin väritön. Rikkiyhdisteitä sisältävät kaasut omaavat erittäin matalan hajukynnyksen, joten alhaisetkin pitoisuuden aiheuttavat hajuhaittoja lähiympäristöön ja tehtaalle.

NCG- kaasuja poltetaan esimerkiksi soodakattiloilla, jotta mahdollisia hajuhaittoja saadaan vähennettyä. Kaasuja on kolmea tyyppiä: CNCG (concentrated non-condensable gas, eli vahva hajukaasu), DNCG (diluted non-condensable gas, eli laiha hajukaasu) ja SOG (stripper-off gas, eli stripperikaasu). DNCG-kaasut ovat niitä, jotka vaikuttavat sel-lutehtailla hajupäästöihin, ovat lauhtumattomia ja joihin sekoitetaan ilmaa niiden pitämiseksi räjähdysrajan alapuolella. Ilman lisäyksen vuoksi DNCG-kaasuja kutsutaan myös HVLC (High Volume Low Concentration) -kaasuiksi. Niiden tilavuus on suuri, mutta konsentraatio on pieni, jolloin hajuhaitat ovat mahdollisimman pieniä. CNCG -kaasujen väkevyys ylittää räjähdysrajan alarajan ja tämän vuoksi niitä kutsutaan väkeviksi hajukaasuiksi. Niiden rikkiyhdistepitoisuudet ovat korkeat ja määrät pieniä, eli niitä kutsutaan myös nimellä LVHC (Low Volume High Concentration). Jotta CNCG -kaasut eivät aiheuta räjähdysvaaraa, on ne pidettävä jatkuvasti väkevinä ja mahdollisimman pienessä happikonsentraatiossa. Stripperikaasuja syntyy, kun NCG- kaasuista tehdään vaarattomia. Tuotteina saadaan jätteitä. Jos jätteitä ei käsiteltäisi polttoaineiksi, niistä syntyisi muun muassa ilmansaasteita. Käsittelyn jälkeen saadaan stripperikaasuja, joita voidaan

uusiokäyttää tehtaalla polttoaineena, eikä saasteita synny ilmalle ja ympäristölle niin paljoa (Lin Ben. 3.5).

4.1.2 Öljypoltin

Öljypoltin nimensä mukaisesti toimii öljyllä, mutta polttimissa voidaan käyttää polttoaineita aina kevyistä polttoaineiseen raskaisiin riippuen käyttötarkoituksesta. Öljy ei ole helposti syttyvää polttoainetta, joten siihen on lisättävä polttoainekammioon ruiskutettaessa ilmaa. Polttoaineputken päässä olevan suuttimen ja ilman lisäyksen johdosta öljy pisaroituu ja syttyy paljon paremmin kuin ilman pisaroitumista. Alla olevasta kuvasta (Kuva 1) nähdään toimintaperiaate öljyn pisaroitumiselle suuttimen avulla (Oil burner 2017).

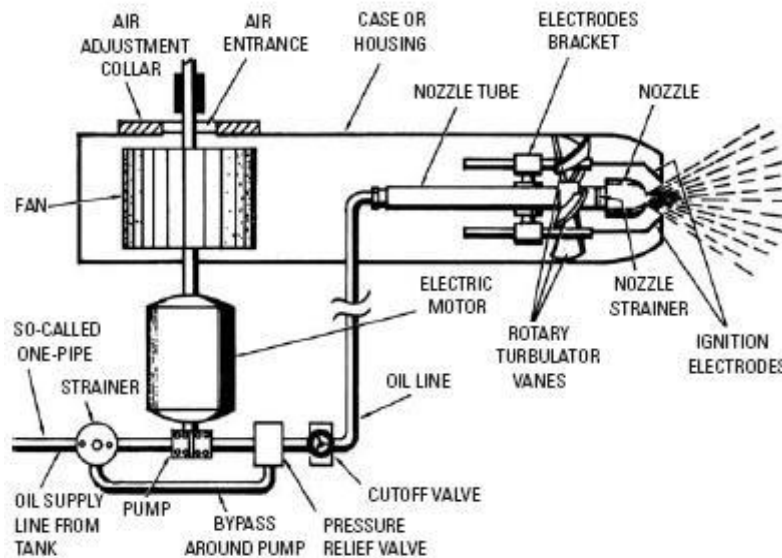


Figure 1-12 Schematic of a gun-type oil burner.

KUVA 1. Öljypolttimen toimintamalli (Öljypoltin, www.airheaters.info)

4.1.3 Soodakattila

Soodakattiloilla tarkoitetaan höyrykattiloita, jotka ovat osa sellun valmistusta. Sellun valmistuksessa syntyy sivutuotteena mustalipeää, josta soodakattilan avulla regeneroidaan erilaisia kemikaaleja, kuten rikkiä ja natriumia. Mustalipeä on normaalitilanteessa kiinteää ainetta, eli syötettäessä se polttoaineeksi soodakattilalle, on se ensin kuumentettava pisteeseen, jossa se saadaan nestemäiseksi. Poltettava lipeä ruiskutetaan tulipesään tietynlaisella pisaroivalla suuttimella (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2007, KLTK 7, Immonen Milja 2014, s. 23-24).

4.2 Polttimen osat

Polttimet koostuvat useista erilaisista osista, joilla on omanlaisensa merkitys polttimen toiminnan kannalta. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tarkemmin mitä kaikkea poltinjärjestelmään kuuluu ja mikä on niiden tehtävä

4.2.1 Sytytin

Sytytintä käytetään polttimissa aiheuttamaan kipinä, jolla polttoaine saadaan syttymään ja palamaan. Sytytintä liikutetaan polttimessa sisään ja ulos. Sytytintä käytetään sekä polttimen ylösajossa, että alasajossa. Alasajossa sytytin polttaa mahdollisesti jäljelle jääneen polttoaineen loppuun.

4.2.2 Lanssi

Lanssi on polttimissa liikkuva osa, joka liikuttaa pääpolttoainesuuttimen tulipesään. Sytyttimen lanssi vedetään aina ulos liekin syttyttyä tulipesässä ja työnnetään tulipesään takaisin, kun poltinta ollaan sammuttamassa. Myös pääpolttoaineella on oma lanssinsa.

4.2.3 Venttiili

Erilaisilla venttiileillä säädetään ja estetään niin polttoaineen kuin ilman kulkua polttimelle. Poltinjärjestelmissä venttiilit ovat usein ainoastaan sulkuventtiileitä. Esimerkiksi polttoainesyötöllä on kaksi sulkuventtiiliä. Tällä varmistetaan, että hätätilanteessa syöttö saadaan varmasti katkeamaan, eikä vaaratilanteita aiheudu sen vuoksi, että poltinta ei saada sammutettua. Alla (Kuva 2) on esimerkkikuva venttiilistä, jota voidaan käyttää poltinjärjestelmissä. Kuvan venttiilissä on toimilaite, jonka avulla voidaan paineilmalla ohjata venttiiliä auki tai kiinni. Monet venttiileistä ovat turvallisuussyistä jousipalautteisia, eli paineilmaa tarvitaan vain venttiilin aukaisemiseen. Paineilman ohjaus tapahtuu valvomosta käsin tai automaattisesti ohjelman avulla.



KUVA 2. Palloventtiili toimilaitteella (Palloventtiili, www.metso.com)

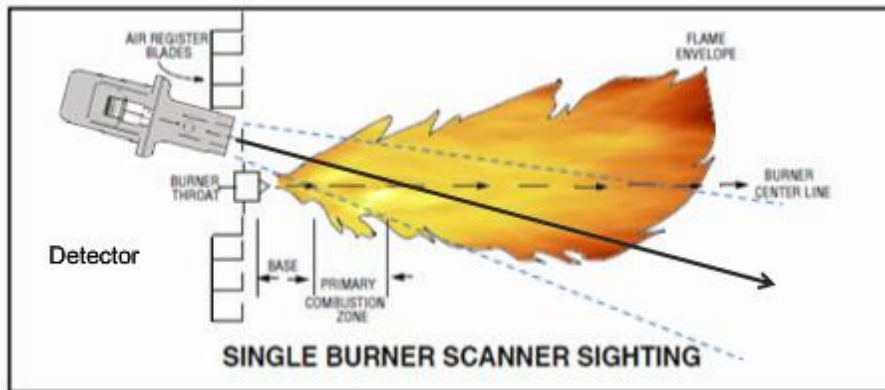
Lisäksi tarvitaan valvomoon myös rajatiedot, eli onko venttiili auki vai kiinni. Venttiileihin asennetaan siis myös usein kriittisissä paikoissa rajakytkimet (Kuva 3), jotta nähdään valvomossa ja mahdollisesti paikallisesti, että venttiilin asento on oikea.



KUVA 3. Rajakytkin suljettu- asennossa (Rajakytkin, valveproducts.metso.com)

4.2.4 Liekkivahdit

Liekkivahtien tehtävä on valvoa, onko polttimen liekki päällä. Jos vahti ei havaitse tulipesässä liekkiä, se antaa järjestelmään tiedon ja poltin ajetaan alas. Liekkivahteja on erilaisia, sillä polttoaineiden liekit säteilevät eri aallonpituuksilla. Samaa liekkivahtia voidaan kuitenkin käyttää usealla eri polttoaineella. Nämä vahdit pystyvät tunnistamaan sekä UV- että infrapunavaloa (Varvio 2016, Syväjärvi Juha-Petteri 2017).



KUVA 4. Esimerkkikuva liekkivahdistä (Liekkivahti, www.fireye.com)

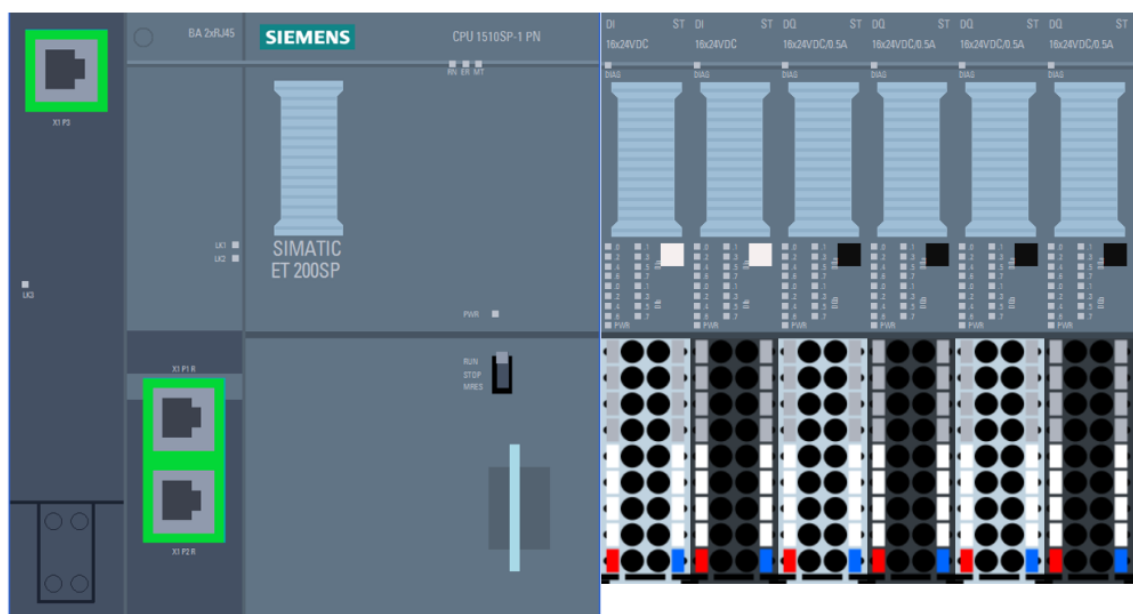
5 SIMULOINTIJÄRJESTELMÄ

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan laitteiston suunnittelusta, laitevalinnoista sekä laitteiston testauksesta.

5.1 Laitteiston valinta

Opinnäytetyön suunnittelu aloitettiin miettimällä, minkälainen logiikka sopisi testausjärjestelmään. Vaihtoehtoja oli monia, mutta heti alussa päädyttiin kolmeen valmistajaan: Siemens, Beckhoff ja Unitronics.

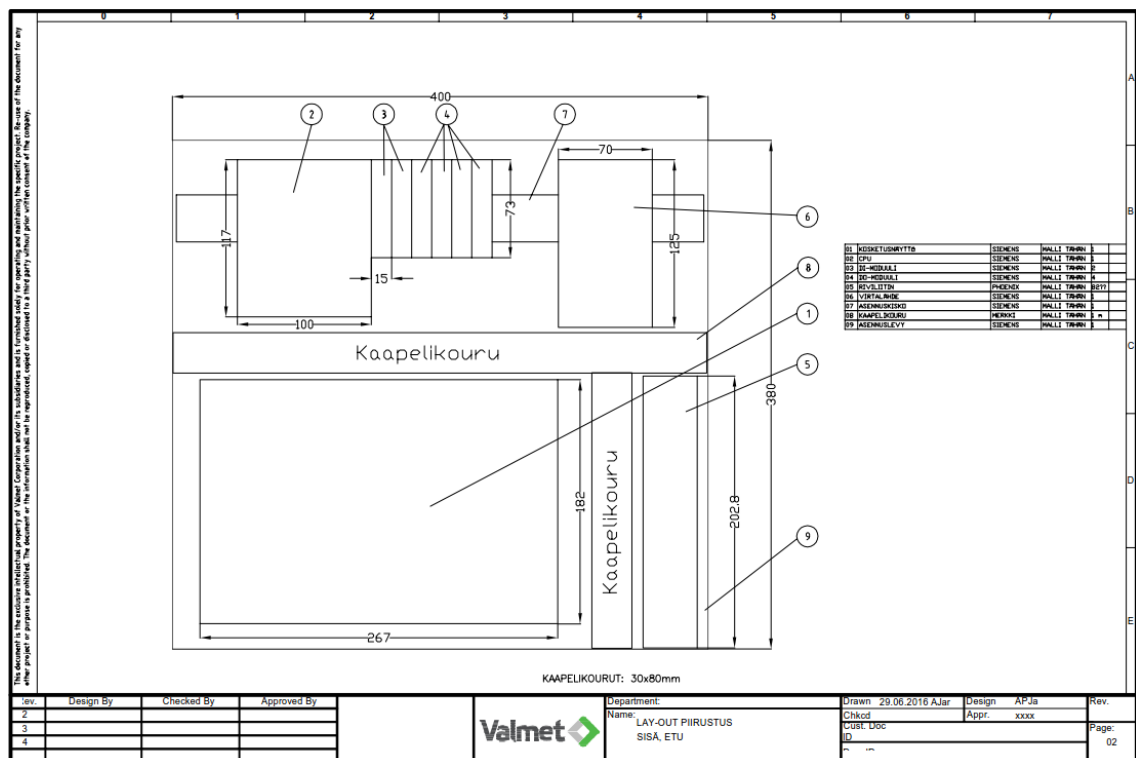
Unitronicsista vaihtoehtona luovuttiin melko nopeasti, sillä logiikan suuren koon vuoksi se olisi ollut hankala rakentaa mahdollisimman kompaktin kokoiseen koteloon. Beckhoffissa hyviä puolia oli koko ja hinta. Laitteisto olisi saatu rakennettua erittäin pieneen koteloon, mutta johtuen TwinCAD- ohjelmistosta, päätettiin Beckhoffista luopua. Täysin uuden ohjelmiston opettelu olisi saattanut viedä liikaa aikaa. Logiikaksi valikoitui Siemensin ET200SP- mallin logiikka (Kuva. 5), joka on kokonsa puolesta kompakti ja kustannuksiltaan melko alhainen. Valintaan vaikutti myös Siemensin järjestelmien suuri käyttöaste muissa projekteissa sekä se, että Siemensin ohjelmiston käyttöä ei tarvitse kokenaan opetella alusta ohjelmointia varten.



KUVA 5. Siemens ET200SP- CPU ja digitaaliset input- ja output-kortit

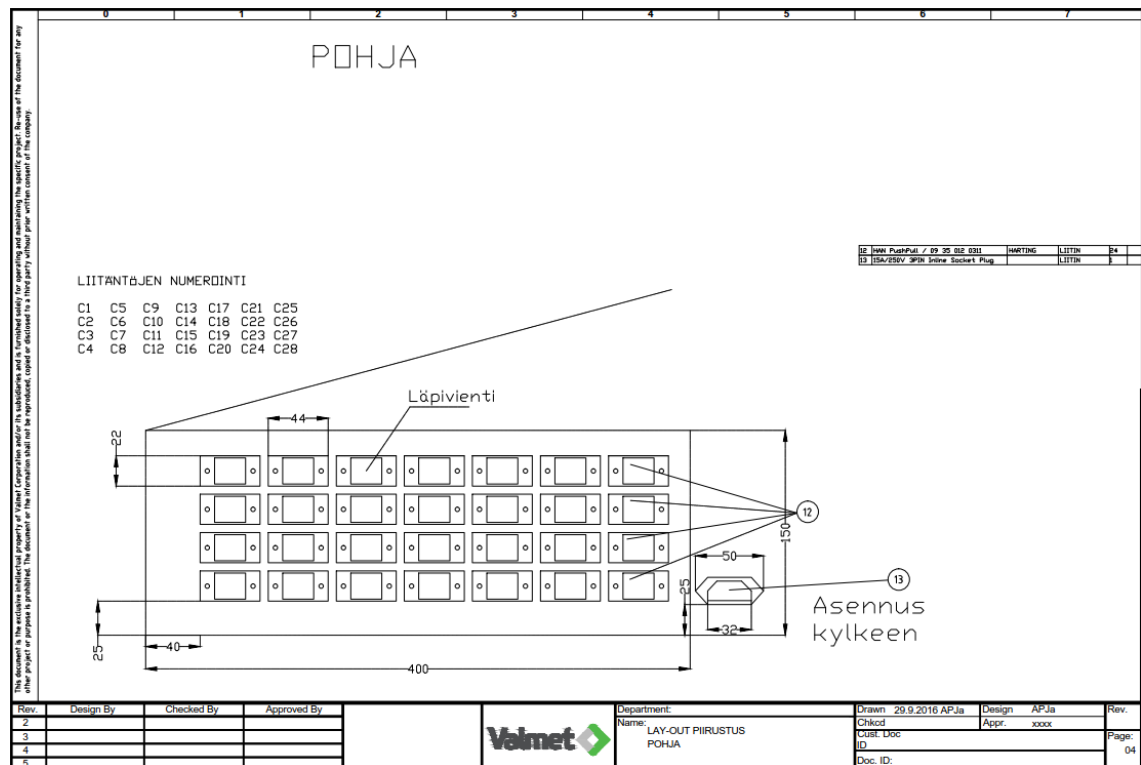
5.2 Suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin miettimällä mitä kaikkea testausjärjestelmän tulisi pitää sisällään. Järjestelmän koteloon piti saada mahdutettua logiikka, näyttö, virtalähde, riviliittimiä, sekä kaapelikourua. Näiden kaikkien mahduttaminen mahdollisimman pieneen tilaan vaati suunnittelua ja tämän vuoksi kuvia oli päivitettävä moneen kertaan. Ensimmäisessä versiossa mietittiin esimerkiksi näytön asentamista kotelon sisäpuolelle, jotta se ei vaurioituisi käytössä. Idea vaikutti kuitenkin sen puolesta huonolta, että se vaikeuttaisi käytettävyyttä liian paljon. Alla olevassa kuvassa nähdään (Kuva 6) ensimmäinen versio, jonka jälkeen suunnittelua jatkettiin ja kuvia muuteltiin uusien, parempien, vaihtoehtojen ilme-
tessä.



KUVA 6. Valmistuskuvan ensimmäinen malli

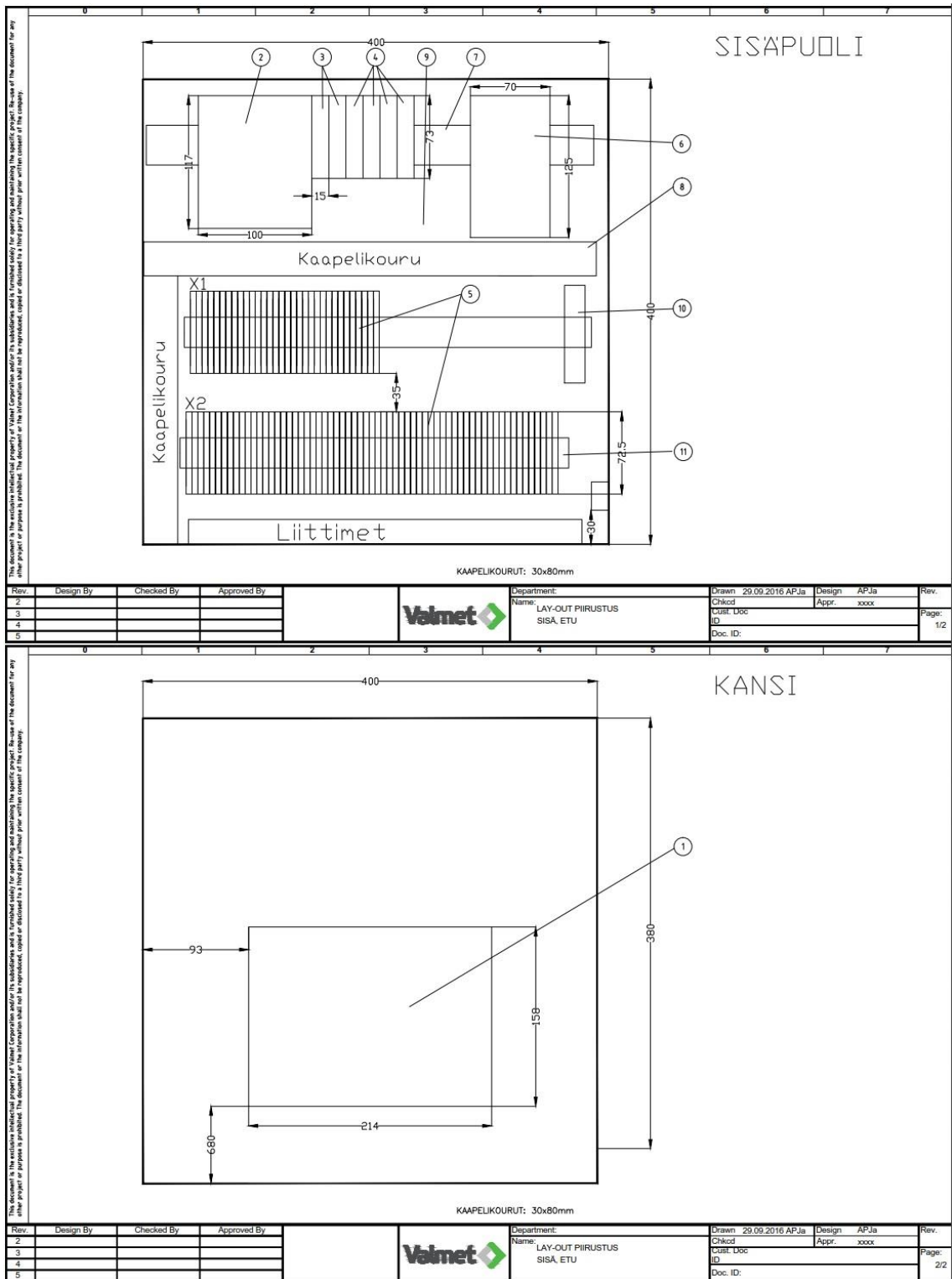
Suunnittelun edetessä huomattiin, että riviliittimiä pitää saada mahtumaan myös koteloon. Tässä vaiheessa huomattiin myös se, että näyttöä ei kannata asentaa kotelon sisäpuolelle, vaan ulkopuolelle kanteen. Lisäksi kotelon pohjaan oli asennettava liittimiä kaapeleita varten, eikä niitä olisi saatu asennettua näytön vuoksi. Näytön sijainnin muutoksen jälkeen saatiin huomattavasti enemmän tilaa, joten liittimet oli mahdollista sijoittaa kotelon pohjaan (Kuva 7).



KUVA 7. Pohjakuva liittimistä

Liittimiä kotelon pohjaan tarvittiin 28 kappaletta, joten pienikokoisen kotelon pohja tuli lähes täyteen. Materiaaliksi kotelolle valikoitui muovi, sillä se on kevyttä ja näin ollen kotelon liikuteltavuus helpottuu. Ainoa ongelmakohta muovissa on sen rakenteen heikkeneminen reikien poraamisen vuoksi, mikä saattaa aiheuttaa esimerkiksi pohjaan liittimien tiheään asennuksen vuoksi huomattavaa rakenteellista heikentymistä. Tämä voi vaativissa olosuhteissa olla haitallista. Todellinen kestävyys tiedetään kuitenkin vasta, kun laitteistoa ollaan päästy käyttämään tai testaamaan esimerkiksi tehdasympäristössä.

Lopullisessa mallissa (Kuva 8) saatiin kaikki tarvikkeet mahtumaan pieneen tilaan. Koteloksi valikoitui Rittalin 400x400x200 -kokoinen kotelo, joka on hieman korkeampi kuin alkuperäisessä suunnitelmassa, mutta sillä ei ole negatiivista vaikutusta kotelon kokoon. Kotelon kanteen olisi helposti mahtunut 9-tuumainen näyttö, mutta projektissa kuitenkin päädyttiin 7-tuumaiseen. Sen koko on riittävä, jotta nähdään selkeästi mitä näytöltä ohjataan, sekä se saattaa myös olla kestävämpi vaativissa olosuhteissa.



KUVA 8. Lopullinen valmistuskuvan malli

5.3 Kotelon liittintestaus

Kotelon liittännät testattiin, jotta saatiin varmistus siihen, että kaikki liittimet on kytketty oikein. Testauksessa käytiin kytkentälistan (Liite 1, Kytkentäluettelo) kanssa läpi laitteiston jokainen liitin yleismittarin avulla. Yleismittarilla mitattiin johtaako tietty kanava oikealle liittimelle asti. Lisäksi testattiin sulakkeiden ja sähkönsyötön toimivuus. Kotelon kytkennöissä ei testauksen aikana havaittu virheellisyyksiä ja liittimet olivat oikeille kanaville kytkettynä.

Kotelon suunnitteluvaiheessa mietittiin rakenteen heikentymistä muovikotelon vuoksi. Heikentymistä ei ollut kuitenkaan testivaiheessa havaittavissa, vaan kotelo vaikutti jopa tukevammalta liittimien lisäyksen vuoksi. Testivaiheessa lisättiin myös tarrat, joissa kerrotaan liittimien numerointi (Kuva 9).



KUVA 9. Kotelon pohjan liittimet

Koteloon lisättiin rakennusvaiheessa vielä kaksi kahden ampeerin sulaketta, joiden kautta sähkö vietiin logiikalle sekä näytölle (Kuva 10). Tämä oli lähinnä varotoimenpide, jos virtalähteeseen tulisi vika ja se syöttäisi liian suuren virran CPU:lle ja näytölle. Tällöin rikkoutuneita komponentteja olisi virtalähteen lisäksi myös mahdollisesti kaikki muut osat kotelon sisällä. Virtalähde syöttää sulakkeiden F2 ja F3 kautta 24V:n tasajännitteen. Sulake F2 on CPU:lle ja F3 on näytölle.



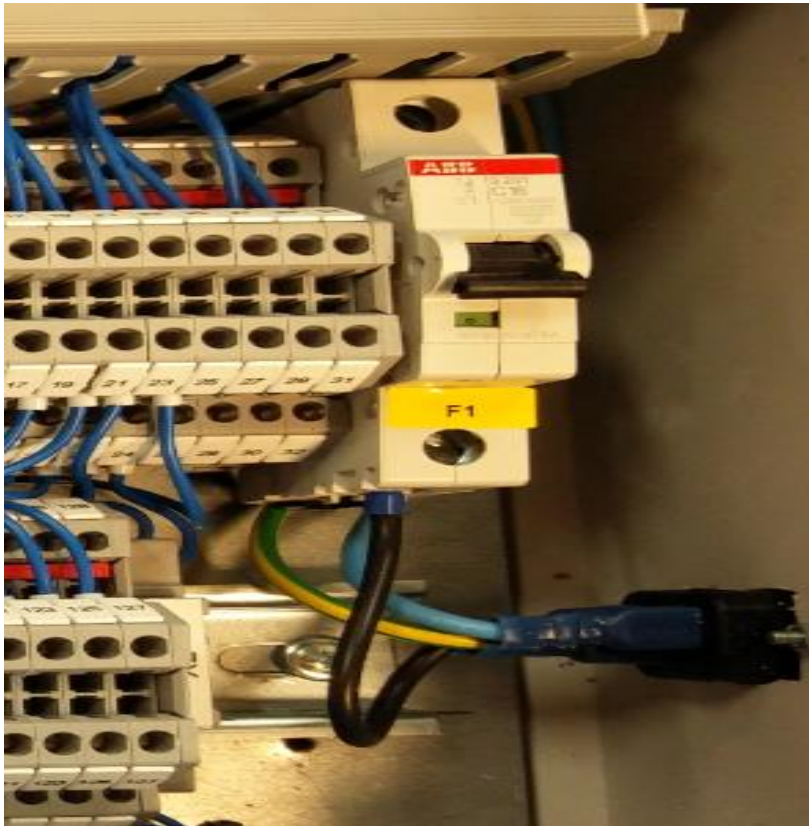
KUVA 10. Logiikka kotelossa

Virtalähteen 230 V:n syöttö tuodaan suoraan pistorasiasta johdolla kotelon kyljessä sijaitsevaan liittimeen. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoituksena asentaa syöttöliitin kotelon pohjaan, mutta asennus sinne olisi ollut pohjassa olevien liittimien vuoksi erittäin hankalaa tilan puutteen vuoksi. Asennus kylkeen tehtiin niin, että se on mahdollisimman lähellä syötön sulaketta (Kuva 12).



KUVA 11. Sähkönsyöttö pistorasiasta

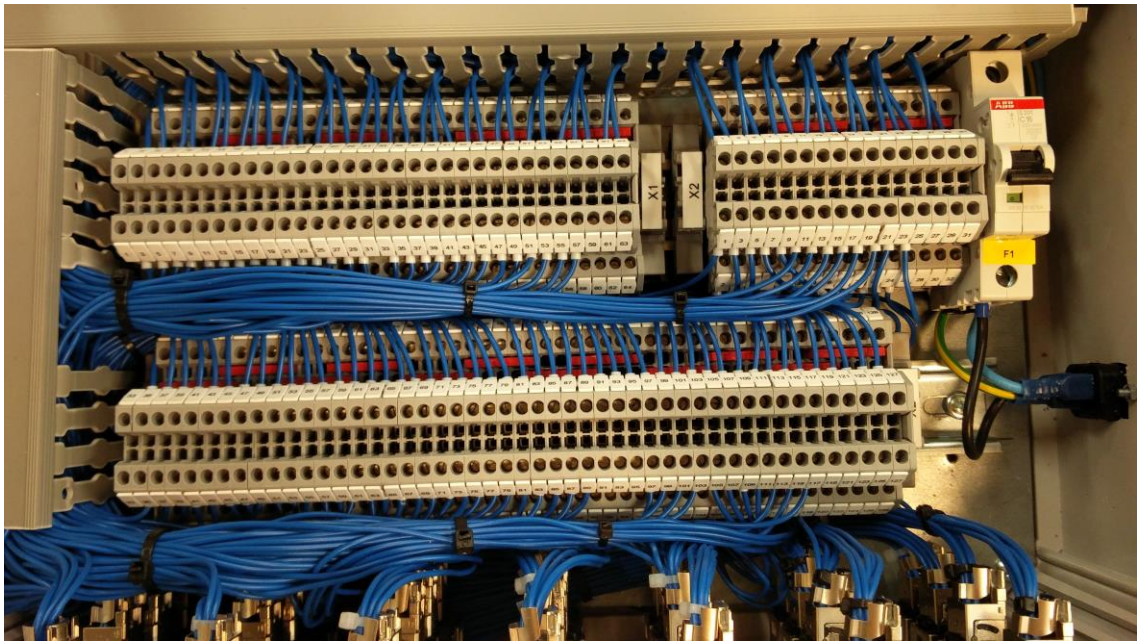
Myös virtalähteen syöttö kulkee sulakkeen kautta (16 A) mahdollisen häiriön vuoksi. Kuvasta 12 (Kuva 12) nähdään sulake F1, johon tuodaan 230 V:n vaihtojännite kyljen liittimestä.



KUVA 12. Syötön sulake

Ennen kotelon rakennusta oli tiedossa, että sisäpuolella ei ole paljon ylimääräistä tilaa. Johdot saatiin kuitenkin hyvin mahtumaan riviliittimille, ja siitä edelleen pohjaliittimille (Kuva 13). Johdot on jätetty esille kotelossa, jotta muutokset saataisiin tehtyä mahdollisimman vaivattomasti. Myös lisäkytkentöjä on mahdollista tehdä, vaikka tilaa onkin melko vähän. Riviliitinrimat ovat kaksikerroksisia, sillä yksikerroksiset liittimet olisivat vieneet paljon enemmän tilaa. Tässä tapauksessa oltaisiin jouduttu käyttämään suurempaa koteloä, joka olisi ollut vastoin alkuperäistä suunnitelmaa mahdollisimman pienikokoisesta kotelosta.

Muutoksena koteloon tehtiin X2-riviliitinriman osan siirto X1-riman viereen. Koko X2-rima ei olisi mahtunut yhdelle rimalle. Tämä ei aiheuta koteloon toiminnallisia muutoksia.



KUVA 13. Riviliittimet ja johdotus

Ohjauspaneeli asennettiin suunnitellusti kotelon kanteen (Kuva 14). Sivuille jätettiin riittävästi tilaa, jotta tästä ei aiheutuisi kannen rakenteeseen halkeamia tai heikentymää. Kosketusnäytön toiminta oli helppoa ja selkeää. Lisäksi ohjauspaneeli vaikutti lujarakenteiselta ja sopivalta tehdasympäristöihin. Myös näytön kosketusherkkyys on sopiva.



KUVA 14. Ohjauspaneeli

6 LOGIIKAN JA OHJAUSPANEELIN OHJELMOINTI

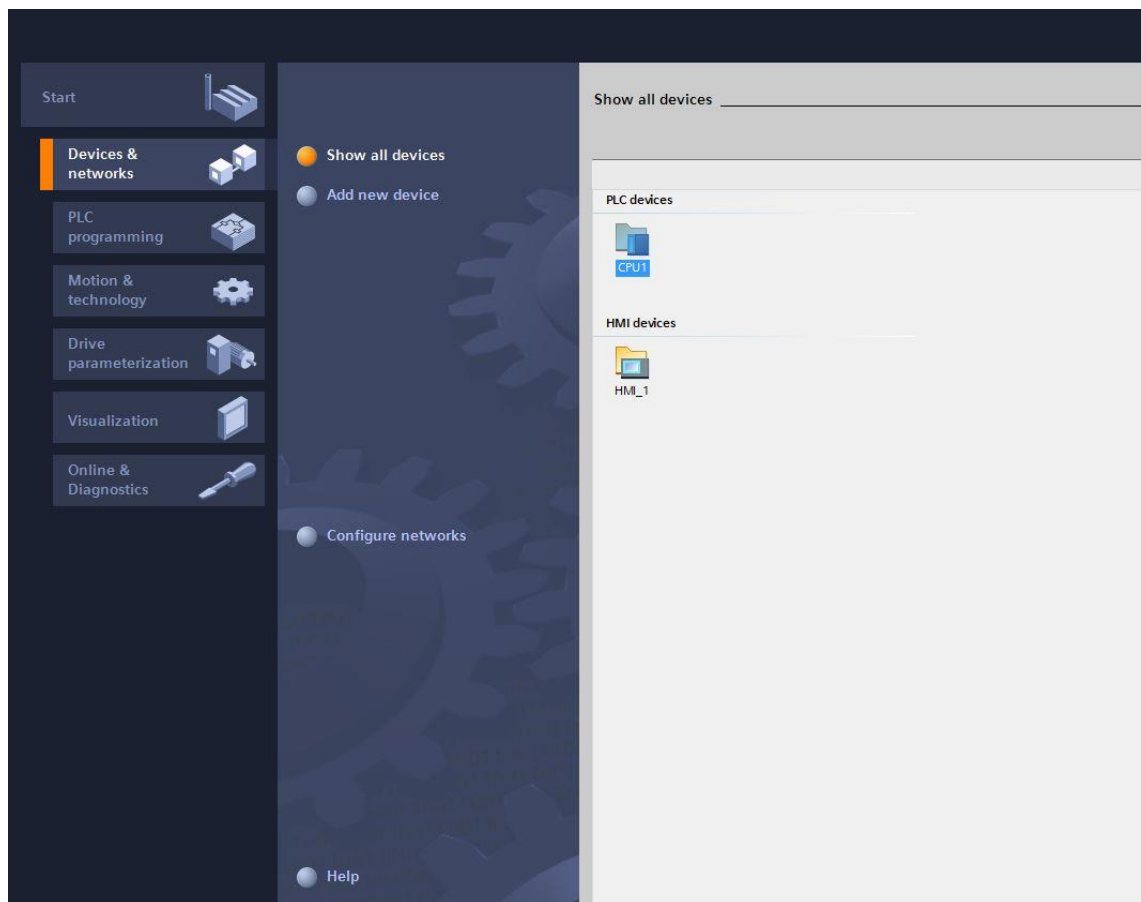
Tässä osiossa kerrotaan simulointijärjestelmän ohjelmoinnista ja tarkemmin siitä, millä se on tehty.

6.1 Siemens

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan Siemensin ohjelmista, joilla logiikan ohjelmointi tehtiin, sekä ohjelman toimintaperiaatteita ja toimintoja.

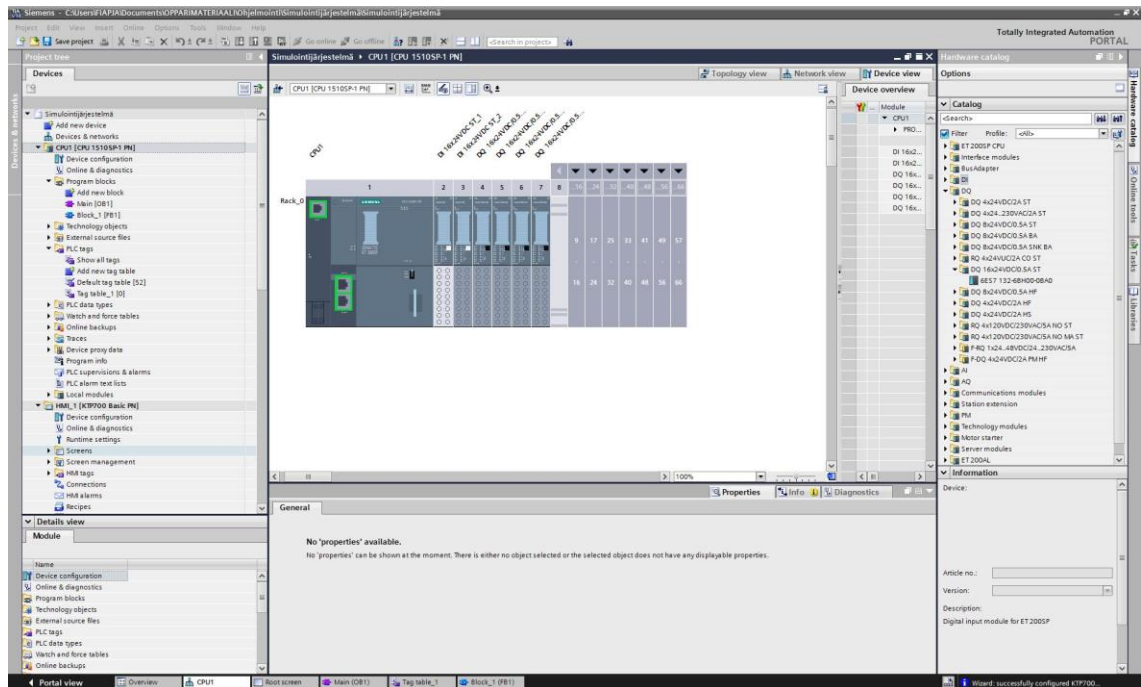
6.1.1 TIA Portal

TIA eli Totally Integrated Automation on Siemensin kehittämä ohjelmistojärjestelmä, johon on yhdistetty muun muassa logiikkojen ja käyttöliittymien ohjelmointi. Ohjelman etusivulla nähdään linkit (kuva 15), joista päästään ohjelmointitilaan, määrittelemään käytettävä laitteisto ja visualisoimaan käyttöpaneeli.



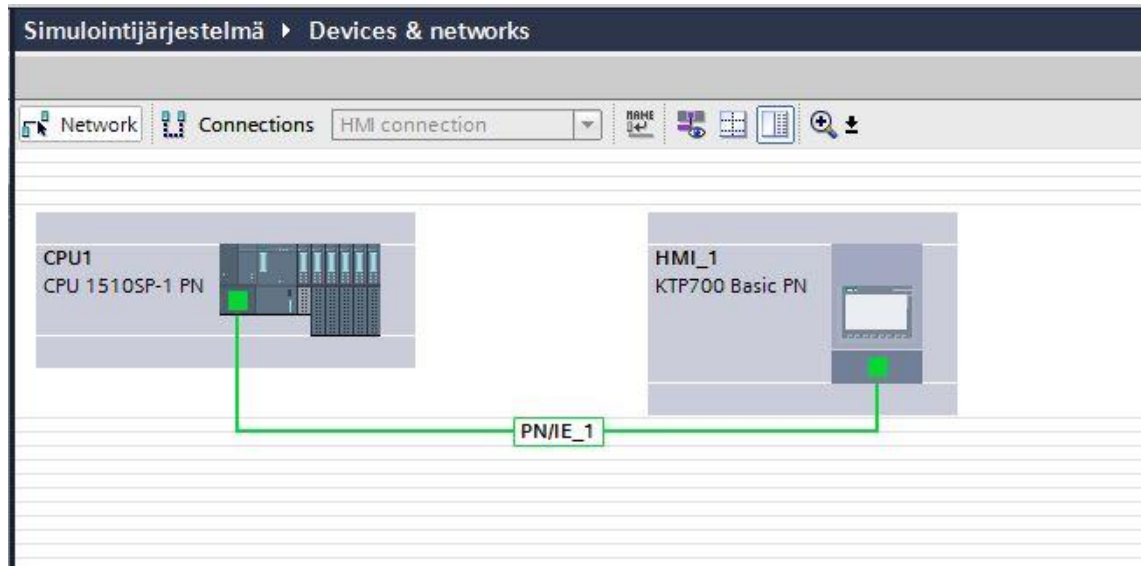
KUVA 15. TIA portal -ohjelman etusivu

Laitteiston määrittelyyn mentäessä aukeaa ikkuna, johon asetetaan CPU ja käytettävät kortit. Eri vaihtoehdot laitteille löytyvät oikealla sijaitsevasta valikosta. Laitteiden nimen lisäksi valikosta löytyy myös Siemensin tilausnumerot, jolloin valituksi tulee varmemmin oikea laite (kuva 16). Vasemmalla puolella on valikko, josta löytyy projektipuu. Projektipuusta löytyvät valikot kaikille toimenpiteille, joita halutaan suorittaa. Projektipuun kautta päästään muun muassa ohjelmointinäkömään tai visualisointinäkömään. (kuva 18).

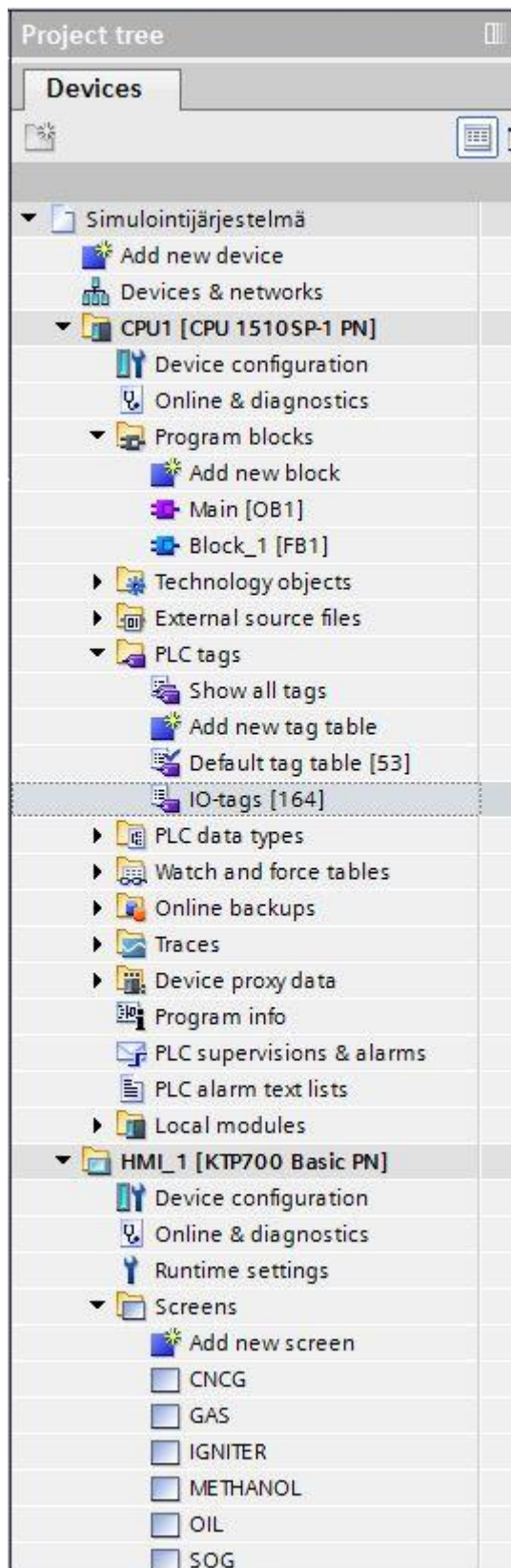


KUVA 16. Laitteiston määrittely

Projektipuusta löytyy myös yhteyksien määrittely (Device & networks), josta voidaan määrittellä mitkä laitteet ovat keskenään yhteydessä. Simulointijärjestelmässä yhteys tarvitaan logiikan (CPU1) ja ohjauspaneelin (HMI_1) välille (Kuva 17). Näkymässä voidaan myös luoda paljon monimutkaisempia yhteysjärjestelmiä, ja ikkunassa nämä kaikki yhteydet voidaan selkeästi nähdä.



KUVA 17. Yhteys näytön ja logiikan välillä

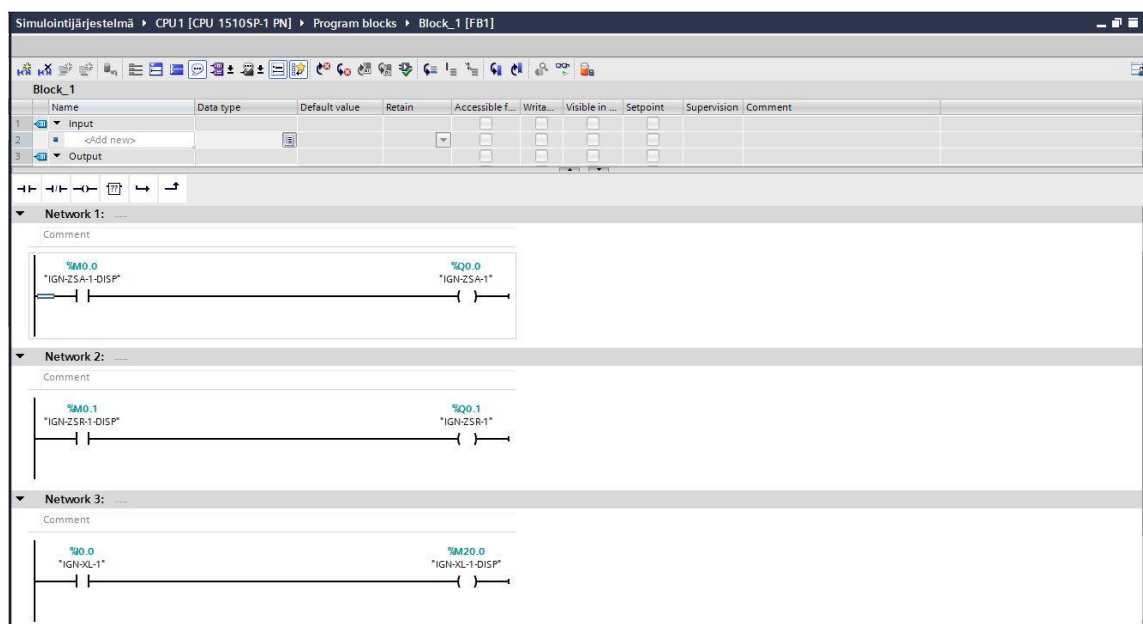


KUVA18. Projektipuu

6.1.2 SIMATIC STEP 7

Siemens SIMATIC STEP 7 -ohjelmisto on logiikkaohjainten ohjauksien suunnittelua varten kehitetty ohjelmisto. SIMATIC -ohjelma on osa TIA Portal -ohjelmistoa. Ohjelmalla voidaan ohjelmoida kaikkia SIMATIC -yhteensopivia järjestelmiä, joten logiikkalaitteistoja vaihdettaessa ei ole tarvetta ohjelmiston vaihdolle.

SIMATIC STEP 7 -ohjelmalla voidaan käyttää monia ohjelmointikieliä, joita ovat muun muassa Function Block Diagram (FBD), Ladder ("Tikapuu") ja Statement List (STL). FBD -kielellä ohjelmoitaessa käytetään erilaisia toimintalohkoja (KUVA OHJELMASTA), joilla on erilaisia ominaisuuksia. Toimintalohkot toteuttavat niille määrättyjä toimintoja, kuten JA- (AND) tai TAI- (OR) funktioita. Toimintalohkoja on myös monimutkaisemmille toiminnoille, joita voidaan yhdistää ja näin saada aikaiseksi ohjauksia järjestelmälle. Ladder -ohjelmoinnissa käytetään ohjelman luomiseen perinteisiä releohjauksia (kuva 19), jotka ovat samantyyllisiä FBD:n toimintalohkojen kanssa. STL -kielellä ohjelmoitaessa kirjoitetaan lista haluttavasta toiminnosta, kuten OR tai AND (KUVA BB). Ohjelmaa kirjoitettaessa on mahdollista kesken kaiken vaihtaa toiseen kieleen, mutta kaikissa tapauksissa tämä ei ole mahdollista eikä järkevääkään. Käytännössä kuitenkin kaikki ohjelmointikielien ovat samanlaisia, mutta erinäköisiä. Kaikissa käytetään samoja lohkoja tai komentoja toteuttamaan tiettyä funktiota, kuten venttiilin avaamista.



KUVA 19. Ladder -kielellä tehtyä ohjelmointia

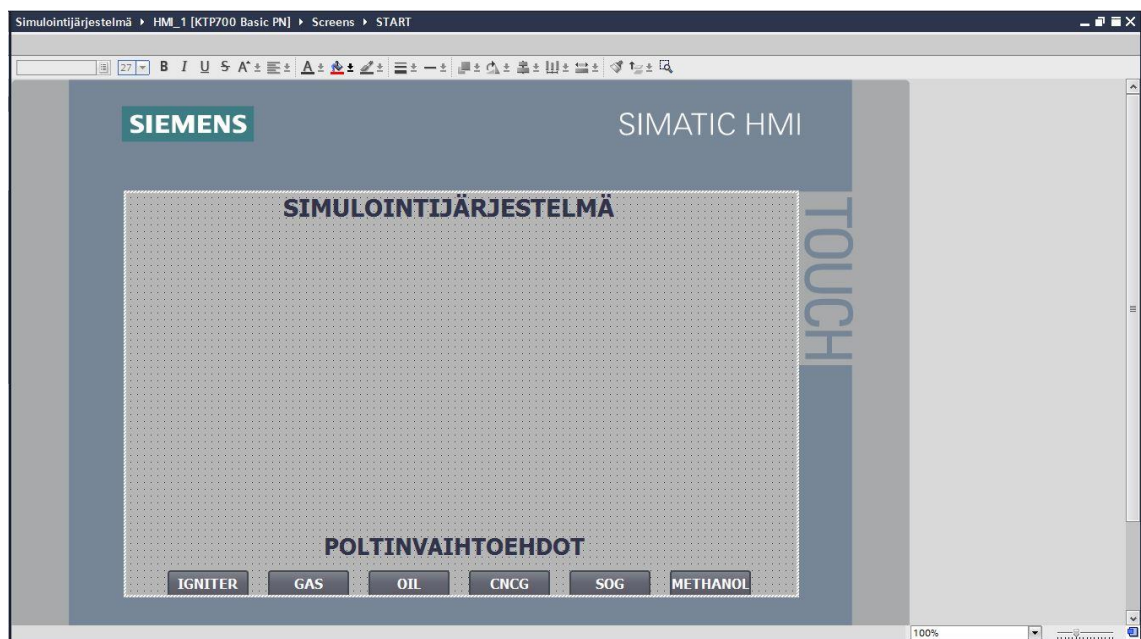
Ohjelmointia varten on luotava IO-tag -lista, johon laitetaan eri nimillä ja osoitteilla muuttujia kuvaamaan eri toimintoja. Alla olevasta IO- listasta (Kuva 20) nähdään esimerkkejä erilaisista tageista. Jokaisella tagilla on oltava eri osoite. TIA portal ohjelma ilmoittaa heti samalla osoitteella olevista tageista, jos niitä on päässyt listalle. Samat osoitteet aiheuttavat ongelmia ohjelmaan, sillä se ei tiedä mikä ohjaus tai tieto on kyseessä, jos samalla osoitteella on monta eri nimistä tagia.

IO-tags								
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision
1	IGN-XL-1	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	IGN-EV-1	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	IGN-EV-2	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	IGN-EV-3	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	IGN-EV-4	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	GAS-EV-1	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	GAS-EV-2	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	GAS-EV-3	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	GAS-EV-4	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	OIL-EV-1	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	OIL-EV-2	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	OIL-EV-3	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	OIL-EV-4	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	OIL-EV-5	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	OIL-EV-6	Bool	%I1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

KUVA 20. IO-lista

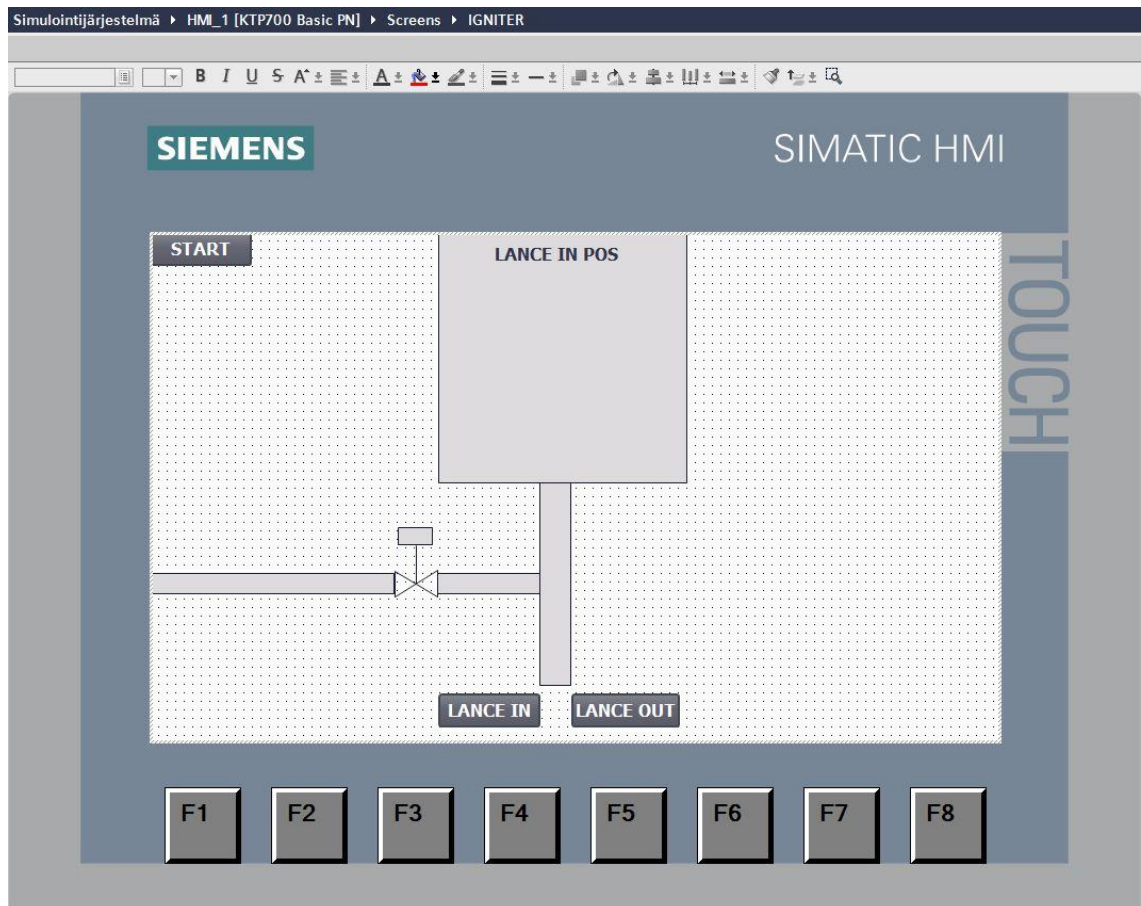
6.1.3 WinCC

WinCC -ohjelmisto on osa TIA Portalia. WinCC on kehitetty valvomonäyttösovellusten suunnitteluun. Ohjelma on tehty soveltuvaksi kaikkiin teollisuuden ja teknologian sektoreihin. WinCC:n on monia hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten monikielisyys, skaalautuva rakenne ja avoimuus. Ohjelmointi tapahtuu täysin vapaassa ikkunassa, johon on mahdollista itse rakentaa haluamansa näyttö sovellus aivan alusta alkaen. Ohjelmointi tapahtuu joko tekemällä itse esimerkiksi venttiilit ja putkistot, tai valitsemalla WinCC:n kirjastoista itselle sopivia palasia näyttöön. Alla olevasta kuvasta (Kuva 21) nähdään alkuvaiheessa olevaa näyttösuunnittelua. Kuvaan on alalaitaan aseteltuna painikkeita, joista voidaan siirtyä eri polttimien ikkunoihin.



KUVA 21. Valvomonäyttö

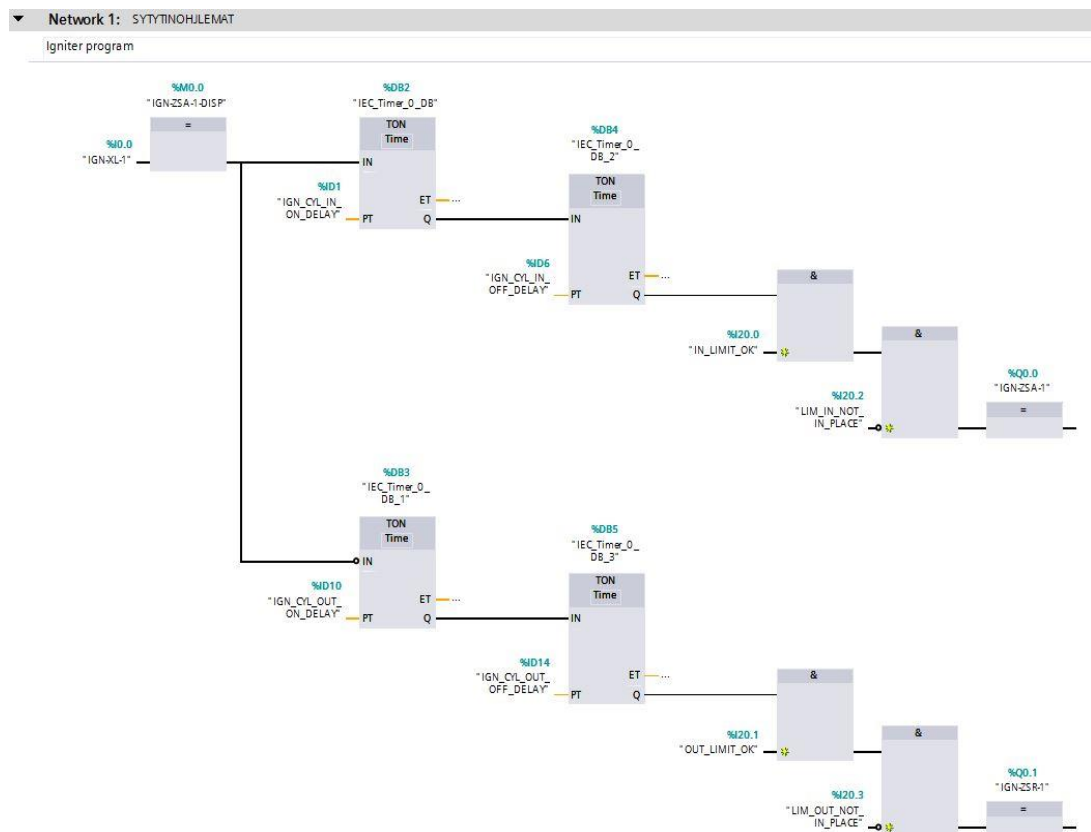
Valvomonäytölle on mahdollista asettaa luotujen IO-tagien avulla painikkeita, jotka tekevät niille määrättyjä toimintoja. Nämä toiminnot voivat olla esimerkiksi venttiilien tai sytytyksien ohjauksia. Kuvassa 22 (Kuva 22) nähdään esimerkki valvomoikkunasta, alalaidassa sijaitsevat ohjauspainikkeet. Näillä napeilla voidaan toteuttaa niille asetettu toiminto.



KUVA 22. Sytyttimen valvomoikkuna

6.2 Logiikan ohjelmointi

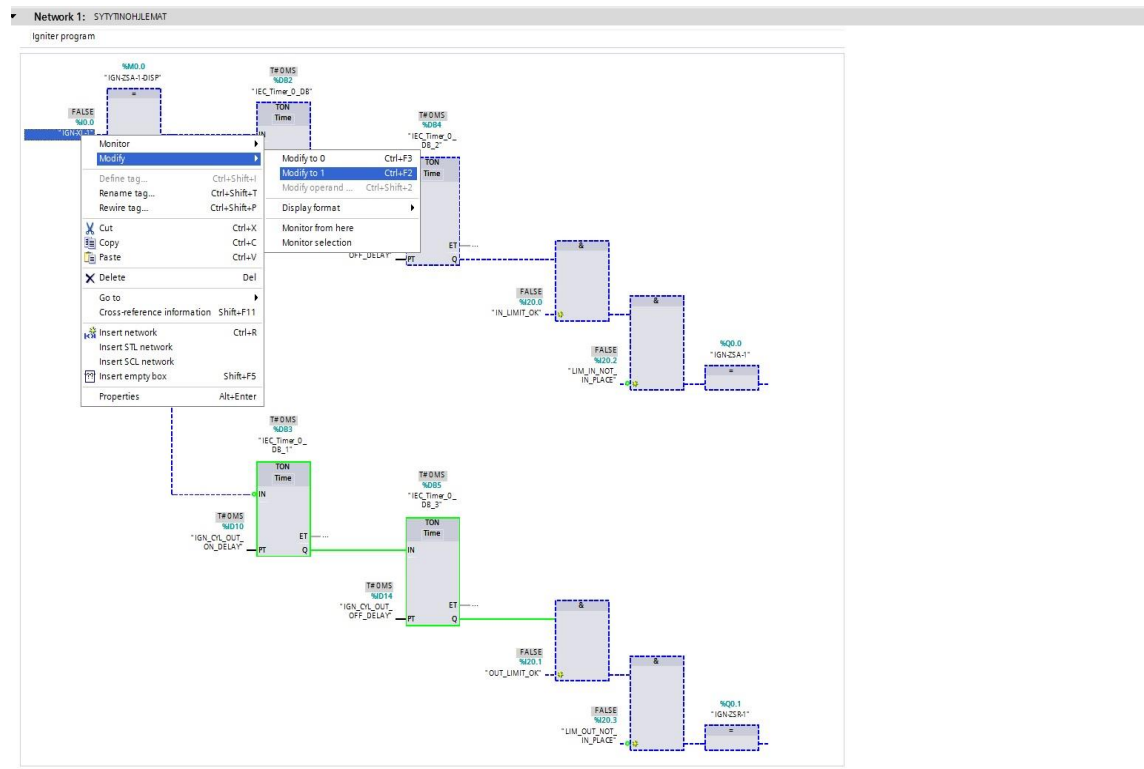
Logiikan ohjelmointi toteutettiin FBD -kielellä, sillä se toimii parhaiten yksinkertaisissa piireissä. Visuaalisuutensa vuoksi on myös helppo hahmottaa mitä mikäkin osa piirissä tekee (Kuva 23). Ohjelmaa luetaan vasemmalta oikealle. Vasemmalla puolella ohjelmassa nähdään käynnistystieto piirille, joka saadaan ulkopuolisesta järjestelmästä. Tieto käynnistää ensimmäisen ajastimen, joka kuvaa liikkeen viivettä. Toisen ajastimen tehtävänä on kuvata liikettä ja tälle voidaan antaa valvomonäytöltä aika, riippuen kuinka pitkä liike halutaan tehdä. Jotta varsinainen ulostulo saadaan näkymään valvomonäytöllä ja yhdistetyssä järjestelmässä, on saatava myös tieto sisäraja. Sisäraja saadaan aseteltua päälle valvomonäytöltä painamalla nappia. Ohjelmassa tämä nähdään ajastimen jälkeisenä JA -toimintona. Jos piirissä olevat funktiot toteutuvat, nähdään järjestelmässä tieto tästä ulostulon avulla (Liite 2). Tämä on oikeanpuoleisin osa piirissä. Alapuolella nähdään täysin samanlainen toiminto, mutta piiri on käytössä vain, jos käynnistystietoa ei saada. Tämä piiri ilmoittaa, että laite on ulkona tulipesästä.



KUVA 23. Ohjelmoinnin esimerkkipiiri

Edellä esitettyyn esimerkkiin liittyviä piirejä tehtiin jokaiselle toiminnolle ja ne ovat lähes identtisiä esitellyn esimerkin kanssa. Piirien toiminta on melko yksinkertaista, sillä niille halutaan kuvata tiettyjä yksinkertaisia toimintoja. Tämän vuoksi monimutkaisia sekvenssiohjauksia ei tähän järjestelmään tarvitse ohjelmoida. Monimutkaiset ohjelmat saattaisivat myös aiheuttaa ongelmia, jos halutaan yksinkertaista liikettä tai toimintoa ohjata.

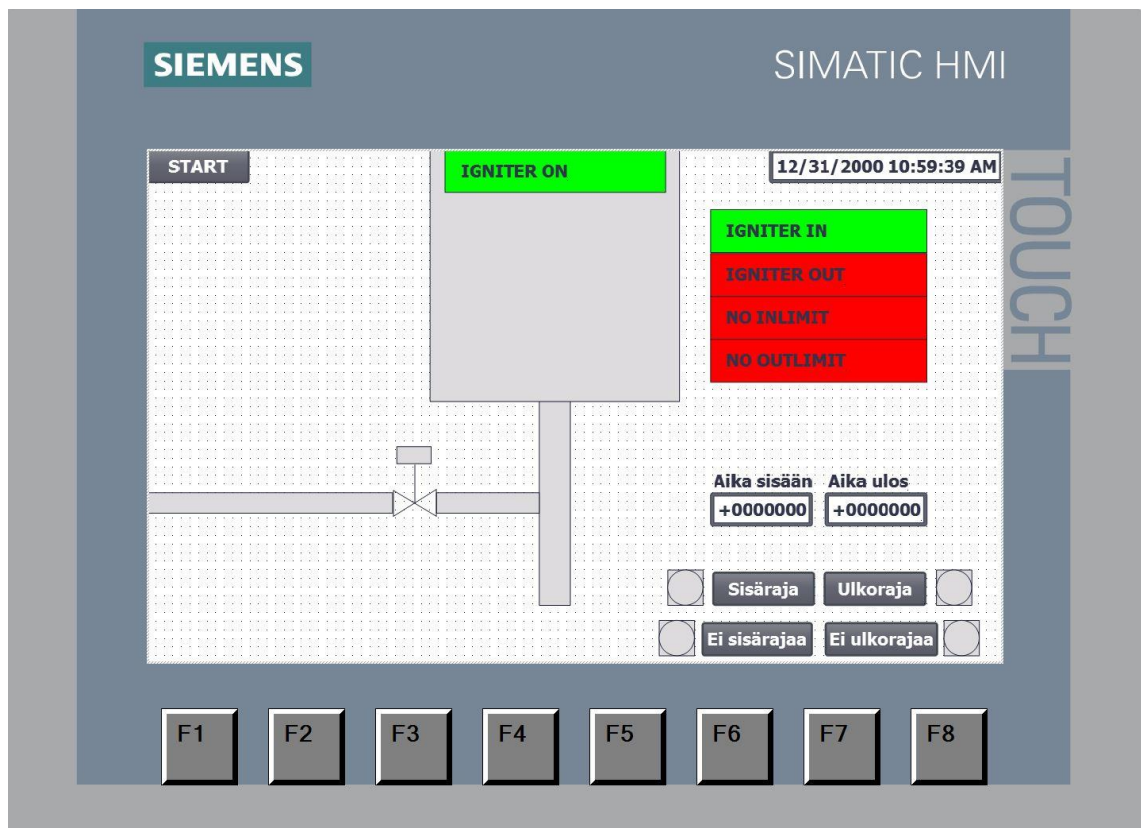
Testausvaiheessa piirin toimintaa simuloitiin, jotta saatiin varmuus sen toiminnasta. Simuloinnissa asetettiin ohjelmisto online -tilaan, jolloin lohkojen tilaa voidaan muuttaa suoraan ruudulta (Kuva 24). Online -tilassa myös nähdään, miten signaali kulkee. Vihreällä värillä on esitetty lohkot ja signaalit, joista signaali on jo päässyt läpi. Sininen väri kertoo, että lohko ei vielä ole käytössä.



KUVA 24. Ohjelman simulointi

6.3 Ohjauspaneelin ohjelmointi

Ohjauspaneelin ohjelmoinnissa käytettiin hyväksi erilaisia teksti- ja syöttökenttiä. Tekstikentät ilmoittavat tietoa ja niihin ei voida syöttää arvoja, eli ne toimivat vain inputteina. Syöttökentät toimivat outputteina, eli niihin voidaan asettaa arvoja tai tiloja. Syöttökenttiä ovat muun muassa näytöllä näkyvät Aika sisään- ja Sisäraja- painikkeet (Kuva 25). Kentistä voidaan asettaa rajat päälle ja aika, joka halutaan antaa viiveeksi liikkeelle. Nämä asetukset näkyvät suoraan edellisen kappaleen ohjelmassa. Kuvassa nähdään myös vihreitä ja punaisia tekstikenttiä, jotka ilmoittavat eri tiloja. Tiedot otetaan näytölle suoraan ohjelmasta. Kun edellisen kappaleen funktioista toinen toteutuu, syttyy näytöllä joko IGNITER IN tai IGNITER OUT. Tekstikentät ovat näkymättömissä, jos niille asetettu funktio ei toteudu. Näytölle tehtiin myös putkelle liike, josta nähdään ollaanko tietyllä hetkellä sisä- vai ulkorajalla. Samanlaisia näyttöjä tehdään jokaiselle polttimelle ja kaikkien toiminta on lähes identtinen alla esitetyn esimerkin kanssa. Liitteestä 3 (Liite 3) nähdään enemmän, miten teksti- ja syöttökentät toimivat.



KUVA 25. Esimerkki valvomonäytöstä

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Simulointijärjestelmän suunnittelu ja toteutus onnistuivat, vaikka tiettyjä ominaisuuksia ei ehditty aivan valmiiksi asti tehdä, eikä järjestelmää vielä päästy testaamaan FAT -testissä. Pois jääneet ominaisuudet liittyivät piirien ohjauksien ohjelmointiin ja näiden sovittamiseen valvomonäytölle. Järjestelmän suunnittelu vei aikaa odotettua kauemmin. Tämä johtui osittain suunnittelun aikaisista ongelmista, joita kohdattiin muutamia eri vaiheissa työtä.

Suunnittelun alussa ei työtä tehneellä ollut oikeastaan minkäänlaista käsitystä siitä, millaisia poltinjärjestelmät ovat ja mitä niillä tehdään. Suunnittelun alussa aikaa kului suhteellisen paljon pelkästään järjestelmiin tutustumiseen. Hyvän pohjatutkimuksen ja nopean tiedon omaksumisen vuoksi järjestelmän suunnittelu kuitenkin saatiin hyvin alkuun. Suurimmat ongelmat suunnittelun aikana liittyivät lähinnä laitteiston hankintaan ja rakennukseen. Valmistajien laitteistojen tutkiminen ja tilaaminen olivat pisimpään kestänyt vaihe projektissa. Vaiheesta oltaisiin selvitty nopeammin paremman kommunikointityöskentelyn avulla.

Simulointijärjestelmän suunnittelu oli haastava ja erittäin opettavainen projekti. Työn aikana oppi mitä kaikkea projekti vaatii toteutuakseen onnistuneesti. Suunnittelun, asiakkaiden kanssa kommunikoinnin ja ohjelmistojen käytön lisäksi projektissa selvisi hyvin pitkälti poltinjärjestelmien toiminta kokonaisuutena, sekä miten järjestelmä on rakennettava ja testattava, jotta se on mahdollista asiakkaalle lähettää.

LÄHTEET

Esimerkkikuva öljypolttimesta. Kuvakaappaus sivulta. Katsottu 14.2.2017.
<http://www.airheaters.info/wp-content/uploads/2011/01/gun-type-oil-burner-schematic.jpg>

Esimerkkikuva rajakytkimestä. Kuvakaappaus Metson manuaalista. Katsottu 14.2.2017.
<http://valveproducts.metso.com/documents/nelles/TechnicalBulletins/en/7QZ22EN.pdf>

Esimerkkikuva venttiilistä toimilaitteella. Kuvakaappaus Metson sivulta. Katsottu 14.2.2017
<http://www.metso.com/products/control-valves/nelles-wafer-v-port-segment-valves-series-ra-re/>

Immonen, M. 2014. Sellutehtaan TRS-hajapäästöjen hallinta. Diplomityö. Luettu 21.10.2016
<http://docplayer.fi/15231784-Sellutehtaan-trs-hajapaastojen-hallinta.html>

Kattilalaitosten Turvallisuuskomitea. 2007. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Ohjekirja. Luettu 15.1.2017

Liekkivahti. Kuvakaappaus valmistajan sivuilta. Katsottu 30.3.2017.
<http://www.fireye.com/Products/Pages/ScannerProducts.aspx>

Lin, B. The Basics of Foul Condensate Stripping. Ohjeistus hajukaasuista. Luettu 21.10.2016
<http://www.tappi.org/content/events/08kros/manuscripts/3-5.pdf>

Oil burner. 2017. Öljypolttimen toiminta. Artikkel. Luettu 22.10.2016.
https://en.wikipedia.org/wiki/Oil_burner

Siemens AG. 2013. Ohjelmoitavat logiikat. Manuaali. Luettu 12.8.2016
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/brochure_simatic-controller_en.pdf

Siemens Suomi. TIA portal -ohjelmisto. Luettu 27.2.2017.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm

Siemens Suomi. SIMATIC WinCC -ohjelmisto. Luettu 27.3.2017.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto_wincc.php

Siemens Suomi. SIMATIC STEP 7 -ohjelmisto. Luettu 14.3.2017.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm

Sweco. 2017. Tietoa Swecosta ja palvelumme. Luettu 15.2.2017.
<http://www.sweco.fi/>

Varvio, A. 2016. Käydyt keskustelut.

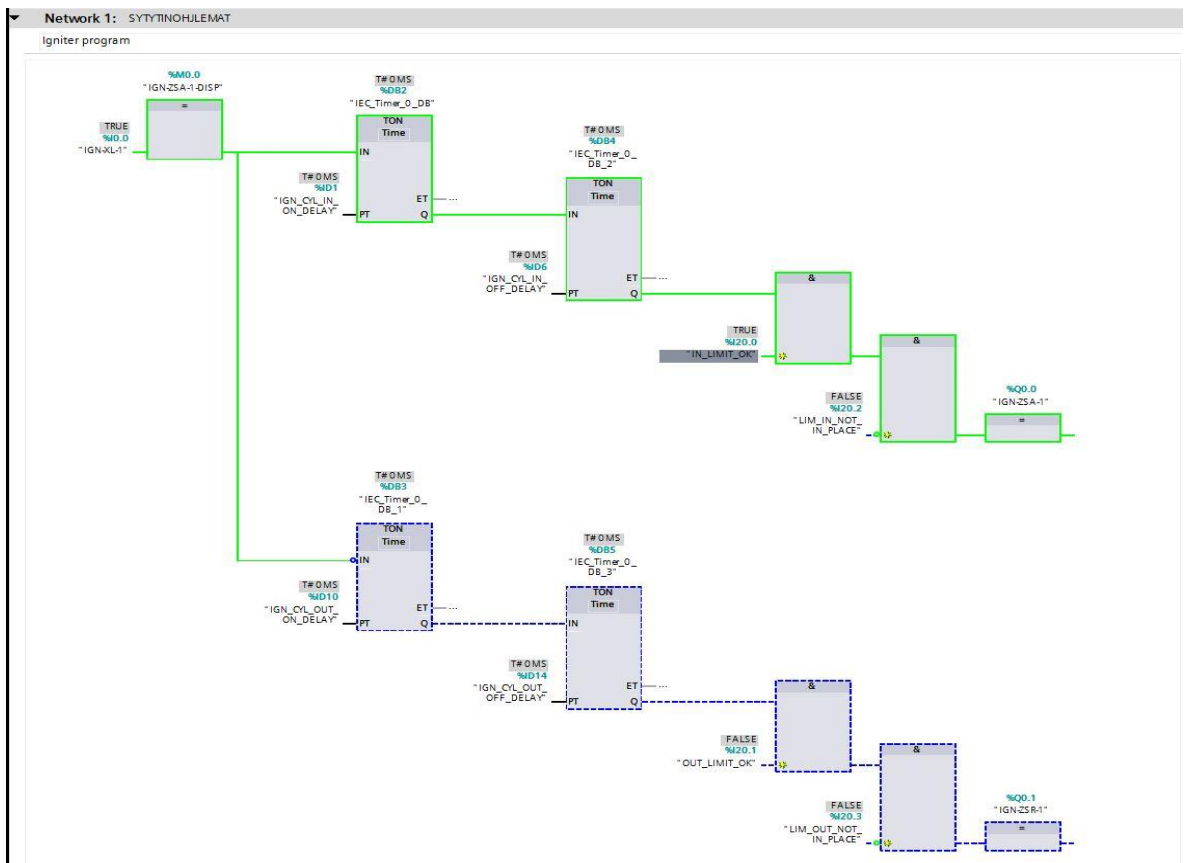
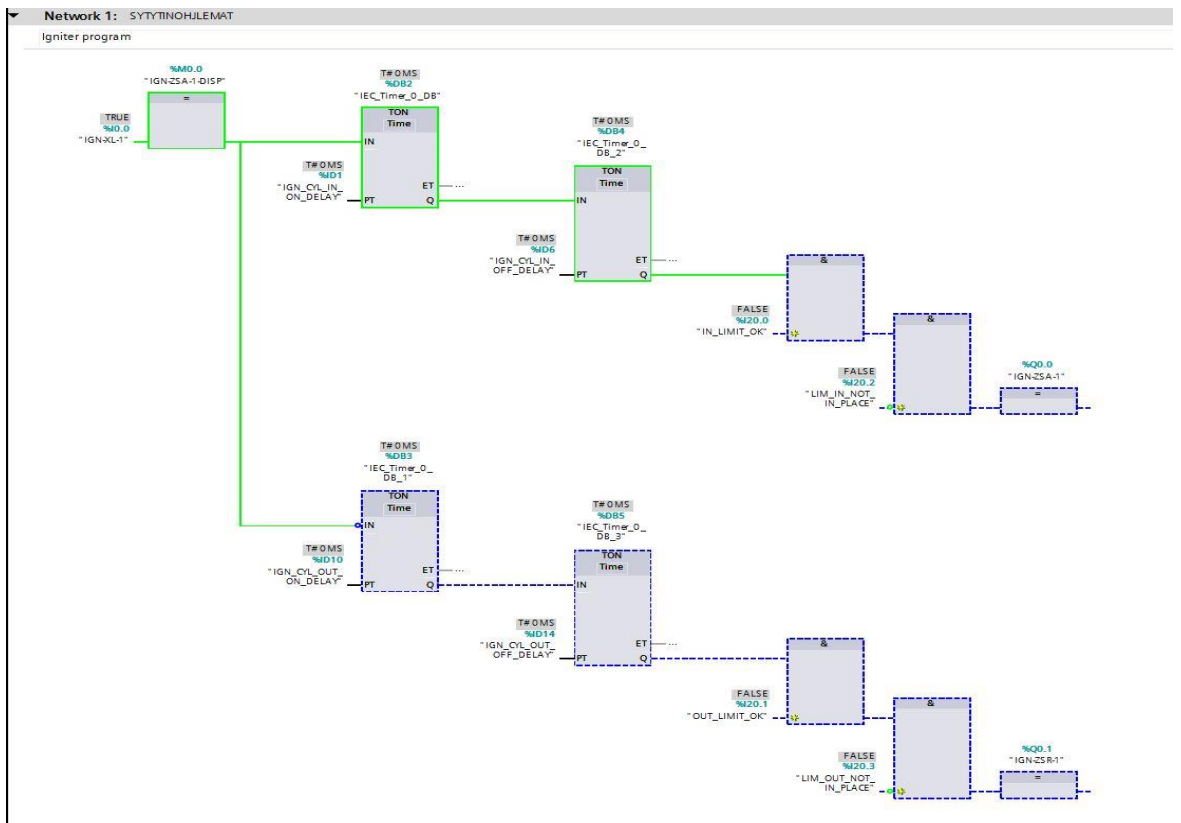
Syväjärvi, J-P. 2017. Käydyt keskustelut

LIITTEET

Liite 1. Kytkenäluettelomalli

Kytkenäluettelo												
Suunnittelut: APJa			28.10.2016									
Pvm: Nimi Muutos												
PLC tagit	Räkki	Paikka	Kanava	Kaapeli	Rima	Liitin	Johdin	Kaapeli	Liitin	Pinni	Signaali	Huom.
IGN-XL-1	1	1	0		X1	1			C28	1	DI	
IGN-XL-1	1	1	0		X1	2			C28	2	DI	
IGN-EV-1	1	1	1		X1	3			C21	1	DI	
IGN-EV-1	1	1	1		X1	4			C21	2	DI	
IGN-EV-2	1	1	2		X1	5			C25	1	DI	
IGN-EV-2	1	1	2		X1	6			C25	2	DI	
IGN-EV-3	1	1	3		X1	7			C25	3	DI	
IGN-EV-3	1	1	3		X1	8			C25	4	DI	
IGN-EV-4	1	1	4		X1	9			C25	5	DI	
IGN-EV-4	1	1	4		X1	10			C25	6	DI	
GAS-EV-1	1	1	5		X1	11			C1	1	DI	
GAS-EV-1	1	1	5		X1	12			C1	2	DI	
GAS-EV-2	1	1	6		X1	13			C2	1	DI	
GAS-EV-2	1	1	6		X1	14			C2	2	DI	
GAS-EV-3	1	1	7		X1	15			C3	1	DI	
GAS-EV-3	1	1	7		X1	16			C3	2	DI	
GAS-EV-4	1	1	8		X1	17			C22	1	DI	
GAS-EV-4	1	1	8		X1	18			C22	2	DI	
OIL-EV-1	1	1	9		X1	19			C4	1	DI	
OIL-EV-1	1	1	9		X1	20			C4	2	DI	
OIL-EV-2	1	1	10		X1	21			C5	1	DI	
OIL-EV-2	1	1	10		X1	22			C5	2	DI	
OIL-EV-3	1	1	11		X1	23			C6	1	DI	
OIL-EV-3	1	1	11		X1	24			C6	2	DI	
OIL-EV-4	1	1	12		X1	25			C7	1	DI	
OIL-EV-4	1	1	12		X1	26			C7	2	DI	
OIL-EV-5	1	1	13		X1	27			C8	1	DI	
OIL-EV-5	1	1	13		X1	28			C8	2	DI	
OIL-EV-6	1	1	14		X1	29			C23	1	DI	
OIL-EV-6	1	1	14		X1	30			C23	2	DI	
DI1_Input 16	1	1	VARA		X1	31					DI	
DI1_Input 16	1	1	VARA		X1	32					DI	

Liite 2. Ohjelmointikuvia



Liite 3. Valvomonäytön ohjelmointikuvia

