
**ANODIUUNIN LOGIIKKA- JA VALVOMOSOVELLUS-
TEN SUUNNITTELU**

Alte Oy



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoskella 15.12.2011

Marko Hakala



Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tietotie 1
37630 Valkeakoski

Työn nimi Anodiunun logiikka- ja valvomosovellusten suunnittelu

Tekijä Marko Hakala

Ohjaava opettaja Osmo Leiniäinen

Hyväksytty _____._____.2011

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Prosessiautomaatiosuunnittelu

Tekijä Marko Hakala **Vuosi** 2011

Työn nimi Anodiunun logiikka- ja valvomosovellusten suunnittelu

Työn säilytyspaikka HAMK, Valkeakoski

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään anodiunun logiikka- ja valvomosovellusten suunnittelua. Anodiunni on yksi kuparin valmistuksesta käytettävistä laitteista. Työn tilaajana on Alte Oy, joka on Hyvinkäällä toimiva insinööritoimisto. Alten toimialaan kuuluvat kone-, sähkö- ja automaatio-suunnittelu. Tämän työn tavoitteena on suunnitella ja ohjelmoida toimivat logiikka- ja valvomosovellukset projektiin, jonka Kumerä Oy on tilannut Altelta. Tavoitteena on myös oppia hallitsemaan kokonaisuuksia.

Työssä esitellään kuparin valmistusta, käydään läpi anodiunun automaatiojärjestelmän laitteita ja tekniikoita ja kerrotaan tehtyjen sovellusten ominaisuuksista. Työssä perehdytään erityisesti Siemensin hajautettuun I/O-laitteistoon ja ProfiSafe-kenttäväylään. Lopussa kerrotaan vielä hieman kokemuksia ja ajatuksia siitä, kuinka kokonaisuuksien hallinnan oppiminen toteutui.

Avainsanat anodiunni, kuparin valmistus, hajautettu I/O, InTouch

Sivut 23 s.

VALKEAKOSKI
Degree Programme in Automation Engineering
Process automation engineering

Author	Marko Hakala	Year 2011
Subject of Bachelor's thesis	Programming of PLC and SCADA applications for the anode furnace	
Archives	HAMK University of Applied Sciences, Valkeakoski	

ABSTRACT

This thesis is about designing and programming PLC and SCADA applications for the anode furnace. An anode furnace is one of the devices used in copper production. The commissioner of the thesis was Alte Oy, which is an engineering office in Hyvinkää. Alte operates in the fields of mechanical, electrical and automation engineering. The aim of this work is to design and program working PLC and SCADA applications for the project, which Kumera Ltd commissioned from Alte. Additional aim was to learn to manage entities in engineering.

The thesis introduces the production of copper, examines an automation system and the techniques used with an anode furnace as well as describes the characteristics of the applications created in the project. In particular, the thesis focuses on Siemens' distributed I/O hardware ja the ProfiSafe fieldbus. In the final chapter the author presents some ideas and experiences on how learning to manage entities came true in this project for him.

Keywords anode furnace, production of copper, distributed I/O, InTouch.

Pages 23 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YHTEISTYÖYRITYKSET	2
2.1	Alte Oy	2
2.1.1	Alte -konserni	2
2.2	Kumera Oy	3
2.2.1	Power Transmissions	3
2.2.2	Technology	3
2.2.3	Foundries	3
3	KUPARIN VALMISTUS	4
3.1	Kuparimalmin rikastus	4
3.2	Liekkisulatus	4
3.3	Konvertointi	4
3.4	Anodiuuni ja anodivalu	5
3.5	Elektrolyysi	6
4	ANODIUUNIN OHJAUKSET JA LOGIIKKA	7
4.1	Kokoonpano ja komponentit	7
4.2	Siemens Simatic S7-300	9
4.3	Siemens Simatic ET 200 hajautettu I/O	9
4.3.1	Siemensin yksiköt kaappiasennukseen	9
4.3.2	Siemensin yksiköt itsenäiseen asennukseen	10
4.4	ProfiSafe turvaväylä	11
5	ANODIUUNIN VALVOMO	14
5.1	Wonderware InTouch HMI	14
6	SOVELLUSTEN TOTEUTUS	15
6.1	Logiikkasovellus	15
6.1.1	Modulaarisuus	15
6.1.2	Tiedonhallinta	15
6.1.3	Testaus	16
6.2	Valvomosovellus	16
6.2.1	Päänäytöt	16
6.2.2	Positiokohtaiset ikkunat	17
6.2.3	Hälytykset	19
6.2.4	Käyttäjienhallinta	19
6.3	Sovellusten välinen tiedonsiirto	19
7	YHTEENVETO	21
7.1	Kokonaisuuksien hallinta	21

LÄHTEET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty insinööri-toimisto Alte Oy:lle. Työ on osa kolmen kuparin valmistuksessa käytettävän reaktorin sähkö- ja automaatio-suunnitteluprojektia, jonka Kumera Oy on tilannut Altelta. Opinnäytetyön aihealueeksi on rajattu reaktoreista keskimmäisen, ns. anodi-uunin, automaatio-suunnittelu, joka sisältää sekä ohjauslogiikan että valvomon sovellusten suunnittelun ja ohjelmoinnin. Anodi-uunin sähkösuunnittelu ja automaatiojärjestelmän komponenttien valinta on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Nämä molemmat on toteutettu ennen tämän työn aloittamista.

Työn tavoitteena on saada aikaiseksi toimivat ja tilaajan laatuvaatimukset täyttävät sovellukset, jotka se voi luovuttaa asiakkaalleen. Sovellusten tuli olla suunniteltu niin, että niitä voitaisiin hyödyntää myös muissa vastaavanlaisissa projekteissa tulevaisuudessa. Lisäksi tavoitteina oli oppia hallitsemaan kokonaisuuksia ja saada kokemusta tosielämän ongelmanratkaisusta koulusta saadun tiedon lisäksi.

Työn aiheeksi valittiin juuri anodi-uuni, koska sen arvioitu suunnittelumäärä oli sopiva ja tasoltaan lähellä vastavalmistuvan insinöörin taitotasoa. Anodi-uuni oli myös hyvin helppo rajata omaksi työkseen ja opinnäytetyön aikataulu sopi hyvin yhteen koko muun suunnitteluprojektin aikataulutukseen.

Työssä käydään läpi kuparin valmistuksen vaiheet ja niihin liittyviä laitteita. Työssä ei kuitenkaan esitellä kuparin valmistuksen kemiaa. Työssä esitellään anodi-uunin ohjauslogiikan komponentit ja valvomo. Tämän jälkeen siirrytään varsinaisiin suunniteltuihin sovelluksiin, joista tuodaan esille keskeisimpiä ominaisuuksia. Loppuun on kerätty yhteenveto työn tuloksista ja tavoitteiden saavuttamisesta.

2 YHTEISTYÖYRITYKSET

Tässä luvussa esitellään työhön liittyvät yritykset. Työn tilaajana on Alte Oy, joka toimii sähkö- ja automaatio suunnittelijana Kumera Oy:n projektissa. Kumeran projekti käsittää kolmen kuparin valmistuksessa käytettävän reaktorin kokonaistoimituksen asiakkaalleen Venäjälle.

2.1 Alte Oy

Työn tilaaja on Alte Oy, joka on vuonna 1969 Raahessa perustettu insinööritoimisto. Tällä hetkellä Alte Oy työllistää noin 215 henkilöä ja sillä on konttori neljällä paikkakunnalla: Raahessa, Hyvinkäällä, Hämeenlinnassa ja Hollolalla. Toiminta painottuu konttorien lähialueille. Alten toimialana ovat kone-, sähkö-, automaatio- ja LVI-suunnittelu. Asiakkaina Altella on kansainvälisillä markkinoilla toimivia suomalaisia teollisuusyrityksiä kuten esimerkiksi Metso ja Rautaruukki. Lisäksi kiinteistötekniikan puolelta Alte työllistävät teollisuuden lisäksi kunnat. Alten liikevaihto on noin 12,5 M€ vuonna 2011. (Alte Oy)

Hyvinkäällä sijaitsee Alten suurin yksikkö, noin 115 henkilöä (Alte Oy). Sen suurimpia toimeksiantajia ovat Hyvinkäällä toimivat KONE ja Konecranes sekä Järvenpäässä sijaitseva Metso Paper. Suuri osa Hyvinkäällä työskentelevistä insinööreistä tekee juuri kone- tai sähkösuunnittelua KONE:n hisseihin. Töitä tehdään niin Alten konttorilla kuin asiakkaan tiloissa.

Alte on aikoinaan saanut alkunsa muutaman insinöörin lähdettyä Rautaruukista ja heidän perustettua erillisen suunnittelutoimiston. Nykyäänkin Alten Raahen yksikkö sijaitsee Rautaruukin tiloissa ja tekee erittäin läheistä yhteistyötä Rautaruukin kanssa. Näin ollen se on keskittynyt lähinnä kone-, laite-, teräsrakenne- ja putkistosuunnitteluiden tekemiseen.

Hollolan ja Hämeenlinnan yksiköt ovat erikoistuneet tasaisesti Alten kaikille toimialoille ja myös ne toimivat yhteistyössä lähialueidensa teollisuusyritysten kanssa. Hollolassa toimeksiantajina ovat mm. Lahti Precision ja Metso, Hämeenlinnassa Rautaruukki.

2.1.1 Alte -konserni

Alte Oy on osa Alte-konsernia. Muut Alte – konsernin osat ovat Alte Visetec Oy ja TSS Group Oy. Alte Visetec on vuonna 2010 toimintansa aloittanut ohjelmistoalan yritys. Alte Visetec on keskittynyt ohjelmistotuotantoon ja automaatioon. Alte Visetec työllistää noin 50 henkilöä ja sillä on toimitilat Raahessa, Seinäjoella ja Jyväskylässä. (Alte Visetec Oy)

TSS Group Oy on tamperelainen, vuonna 1985 perustettu insinööritoimisto. Sen listoilla on noin 55 henkilöä. TSS Group on sähkö-, tele-, turva- ja

automaatiosuunnitteluun erikoistunut yritys, jonka toiminnan pääpaino on Pirkanmaalla. Alte – konserniin se liitettiin kesällä 2008. (TSS Group Oy)

2.2 Kumera Oy

Kumera on keskisuuri suomalainen teknologiakonserni, jolla on tuotantolaitoksia ja toimintaa maailmanlaajuisesti. Kumera työllistää noin 550 henkilöä ja sen vuoden 2010 liikevaihto oli noin 60 M€. Kumera toimittaa metalliteollisuuden yrityksille mm. vaihteistoja ja kokonaisia tuotantolaitteita. Kumeran asiakkaita ovat esimerkiksi paperikoneita valmistava Metso Paper ja venäläinen metallurgia-alan konserni Russian Copper Company. Kumeran toiminta on jaettu kolmeen osaan: Power Transmissions, Technology ja Foundries. (Kumera Oy)

2.2.1 Power Transmissions

Power Transmissions Group valmistaa teollisuuden tarpeisiin vaihteistoja ja muita voimansiirtoon tarvittavia laitteita. Se myös huoltaa kyseisiä laitteita. Valmistus tapahtuu Suomessa, Itävallassa ja Norjassa. Suomessa Kumera Drives ja Itävallassa Kumera Antriebstechnik valmistavat vaihteistoja mm. sellu- ja paperiteollisuudelle, kaivos- ja metallurgiyrityksille ja ympäristöteknologian alalle. Norjassa Kumera AS valmistaa taas vastaavasti vaihteistoja laivanrakennusteollisuuden käyttöön. (Kumera Oy)

2.2.2 Technology

Technology Group koostuu kahdesta osasta, jotka ovat Kumera Technology Center (KTC) ja Kumera Machinery. KTC tekee kehitystyötä ja tarjoaa prosessi- ja projektiosaamistaan osana Kumeran toimituksia. KTC:n toimituksiin kuuluvat mm. konvertterit ja anodiunit. Machinery toimii Suomessa ja sen erikoisosaamista on teräsrakenteiden valmistaminen. Se toimittaa tuotteitaan pääasiassa samoille yrityksille kuin Kumera konsernin muutkin yritykset. (Kumera Oy)

2.2.3 Foundries

Foundries Group muodostuu kahdesta suomalaisesta yrityksestä: Peiron Oy ja Malli-Kiviset Oy. Peiron tekee erilaisia valutuotteita teollisuuden tarpeisiin. Tuotteita ovat mm. valurauta, lämmönkestävä teräs ja ruostumaton teräs. Malli-Kiviset taas valmistaa puusta malleja niin Kumeran omaan käyttöön kuin Kumeran asiakkaille. (Kumera Oy)

3 KUPARIN VALMISTUS

Anodiunni on osa kuparin monivaiheista valmistusprosessia. Kupari oli ensimmäinen metalli, jota ihminen oppi muokkaamaan ja sillä on edelleen erittäin merkittävä asema nykyisessä yhteiskunnassamme. Sen hyviä ominaisuuksia ovat mm. erinomainen lämmön- ja sähkönjohtokyky, korroosionkestävyys ja helppo muokattavuus. Moderni tietoyhteiskunta tuskin tulisi toimeen ilman kuparia, koska sillä on keskeinen merkitys sähkön ja energian tuotannossa ja siirrossa. Seuraavaksi on esitelty kuparin valmistus vaihe vaiheelta malmista puhtaaksi kupariksi. (Scandinavian Copper Development Association)

3.1 Kuparimalmin rikastus

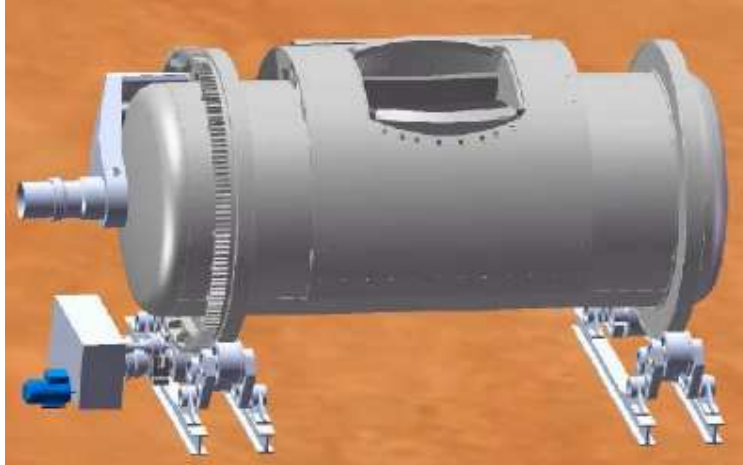
Suurin osa maaperässä olevasta kuparista on jossakin malmimuodossa, esimerkiksi kuparikiisussa. Maaperästä louhittu malmi sisältää noin 0,3-3 % kuparia, joten se on rikastettava ennen varsinaista kuparin valmistusta (Taskinen 2011). Malmi murskataan ja jauhetaan erittäin hienoksi jauheeksi, jotta se voidaan liettää yhdessä veden kanssa. Liettämisen avulla saadaan tuotteesta erotettua sivukivi. Jäljelle jäävä kuparirikaste sisältää noin 30 % kuparia. Siinä on myös suuri määrä rautaa ja rikkiä, jotka poistetaan valmistusprosessin seuraavissa vaiheissa. (Teknoliateollisuus 2005)

3.2 Liekkisulatus

Liekkisulatuksen tarkoituksena on poistaa suuri osa kuparirikasteen sisältämästä raudasta ja rikistä. Kuparirikasteen sekaan lisätään happi-ilmaseosta, jolloin rikki ja rauta hapettuvat ja vapauttavat suuren määrän lämpöä, joka riittää sulattamaan rikasteen kuparikiveksi. Liekkisulatusuuni on U-muotoinen, mikä mahdollistaa kaasun ja sulan kuparikiven erottamisen toisistaan (Scandinavian Copper Development Association). Kuparikiven kuparipitoisuus on jo noin 70 %, mutta se sisältää vielä noin 10 % rautaa ja 20 % rikkiä. (Teknoliateollisuus 2005)

3.3 Konvertointi

Konvertointi tarkoittaa kuparikiven muuttamista metalliseksi kupariksi eli raakakupariksi. Konvertointi tapahtuu konverterissa, joka on vaakasuuntainen, tiilivuorattu lieriömäinen reaktori. Konvertoinnissa sulan kuparikiven sekaan lisätään happirikastettua ilmaa ja hiekkaa. Hapettuneet rikki ja rauta muodostavat hiekan kanssa kuonaa, joka kuoritaan pois (Kopar Oy). Jäljelle jääneen raakakuparin kuparipitoisuus on noin 98 % (Scandinavian Copper Development Association). Kuparin lisäksi raakakupari sisältää vielä liuennutta rikkiä ja happea sekä muita epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi arseenia. (Taskinen 2011)



KUVA 1 *Konvertteri. (Taskinen 2011)*

3.4 Anodiuni ja anodivalu

Anodiunissa raakakuparista on tarkoitus poistaa viimeiset rikin ja hapen rippeet. Ulkoisesti anodiuni on hyvin samanlainen lieriömäinen reaktori kuin konvertteri. Raakakuparin puhdistus eli raffinointi tehdään puhaltamalla massaan sopivasti maakaasua ja ilmaa reaktorin pohjassa olevien suuttimien kautta. Lisäksi reaktorissa on kaasupoltin, jolla raakakupari pidetään sulana.



KUVA 2 *Anodiuni. (Kopar Oy)*

Raffinointi on kolmevaiheinen panosprosessi. Anodiunin täyttämisen jälkeen raakakuparin sekaan puhalletaan ilmaa, jonka tarkoituksena hapettaa jäljellä oleva rikki rikkidioksidiksi. Prosessin toisessa vaiheessa kupariin liuennut happi pelkistetään maakaasun avulla. Prosessin viimeisessä vaiheessa raffinoitu anodikupari valetaan suoraan unista valupöydälle muotteihin. Näin saadaan kuparianodeja, jotka ovat muutaman sentin paksuisia kuparilevyjä, joiden kuparipitoisuus on noin 99,5 %. (Teknologiateollisuus 2005)



KUVA 3 *Kuparianodi.*

3.5 Elektrolyysi

Elektrolyysissä kuparianodit puhdistetaan puhtaaksi kupariksi sähkövirran avulla. Kuparianodit laitetaan elektrolyysialtaaseen yhdessä ruostumattomasta teräksestä valmistettujen ns. emolevyjen kanssa. Elektrolyytinä on liuos, jossa on vettä, kuparisulfaattia ja rikkihappoa. Kun altaaseen johdetaan sähkövirtaa, kupari siirtyy anodeista emolevyihin ja epäpuhtaudet valuvat altaan pohjalle. Emolevyjen pinnalle muodostuva katodikupari on erittäin puhdasta ja emolevyistä irrottamisen jälkeen se on valmista myyntiin tai jatkojalostukseen. (Teknologiateollisuus 2005)

4 ANODIUUNIN OHJAUKSET JA LOGIIKKA

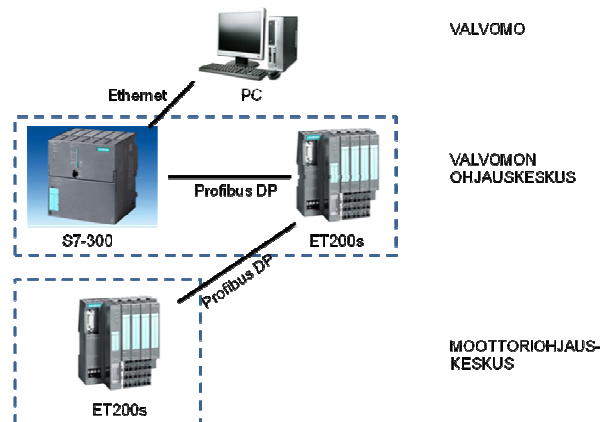
Automaation kannalta anodiunni on suhteellisen tavallinen prosessi. Automaation I/O-kanavien lukumäärä on yhteensä noin 130 ja se sisältää myös turvatuloja ja -lähtöjä. Anodiunun ohjaukset ja prosessimittausten hallinta on toteutettu Siemensin Simatic S7-300 logiikalla. Ohjattavia toimilaitteita ovat mm. maakaasu- ja ilmalinjojen sulku- ja säätöventtiilit, polttimeen sulku- ja säätöventtiilit sekä polttoilman puhallin ja säätöventtiili. Prosessimittauksia ovat taas vastaavasti kaasun- ja ilmalinjojen paine-, lämpötila- ja virtausmittaukset sekä polttoilman paine-eromittaus.

Säätöpiirejä prosessissa on neljä: pelkistyksessä käytettävän maakaasun, hapetuksessa käytettävän ilman ja polttimeen käyttämän maakaasun tilavuusvirtauksien säätö sekä ja polttimeen tarvitseman polttoilman paineeron säätö. Työn aloitusvaiheessa toimeksianto sisälsi myös anodiunun poistokaasujen käsittelylinjan, mutta Kumera päätti kesken projektin tehdä sen itse, joten se ei sisälly työhöni.

Seuraavaksi on esitelty työssä käytetyn logiikan kokoonpano ja käyty läpi kokoonpanon sisältämiä komponentteja ja niiden teknisiä ominaisuuksia.

4.1 Kokoonpano ja komponentit

Logiikan kokoonpano on laadittu suurelta osin Kumeran ohjeistuksella, koska heillä on paras tieto siitä, miten toimilaitteet ja sähkökaapit ovat sijoittuneet kentälle. Prosessia ohjaavan logiikan lähtökohtana on komponenttien sijoittaminen kahteen eri tilaan. Suurin osa komponenteista on asennettu valvomohuoneessa sijaitsevaan ohjauskeskukseen. Toinen, pienempi osa on asennettu moottoriohjauskeskukseen lähelle varsinaisia moottorilähtöjä.



KUVA 4 Kuvassa on kaavio anodiunun ohjausjärjestelmästä.

Kokoonpanon aivoina toimii Simatic S7-300 CPU 315F-2 PN/DP, joka osaa käsitellä turvatuloja ja –lähtöjä ja jossa on liityntä sekä Ethernet verkolle että Profibus DP väylälle. Ethernet liityntää käytetään CPU:n liittämiseen valvomotietokoneeseen ja tarvittaessa ohjelmoinnissa käytettävään kannettavaan tietokoneeseen. Jotta näiden molempien käyttö olisi mahdollista samaan aikaan, sähkökaappiin on asennettu Ethernet-kytkin. Kytkin on malliltaan Siemensin Scalance X-005 ja siinä on viisi liityntää.

Tulot ja lähdöt ovat toteutettu Siemens ET200S-sarjan hajautettuina I/O:na. Varsinaista hajautusta kentälle tässä projektissa ei ole, mutta kyseisen hajautetun I/O:n käyttämiseen päädyttiin kunnossapidon helpottamiseksi. Yhden ET200S-kortin vaihtaminen on helppo ja nopea tehdä korttirikon sattuessa. Uudelleenjohdottamiselta vältytään, koska johdotukset ovat tehty terminaalimoduuliin eikä varsinaiseen korttiin. Sen lisäksi varalla ei tarvitse säilyttää kuin muutamia erilaisia kortteja.



KUVA 5 Valokuva anodiuunin logiikkakokoonpanosta.

4.2 Siemens Simatic S7-300

SIMATIC S7-300 on modulaarinen logiikkaperhe, joka sisältää useita ohjelmoitavia logiikoita. Se on Siemensin ns. keskisarjan logiikkaperhe 200- ja 400 sarjojen välissä. 300-sarjan logiikat soveltuvat laaja-alaisesti pienempien ja vähän isompienkin ohjausten toteuttamiseen, mikä osaltaan selittää sen suosiota teollisuudessa. (Siemens)

4.3 Siemens Simatic ET 200 hajautettu I/O

Hajautetulla I/O-yksiköllä tarkoitetaan I/O-yksikköä, joka ei ole prosessiaseman yhteydessä vaan se vie lähelle prosessia. Tällöin kaapelointi toimi- ja mittauslaitteilta I/O-yksikölle on mahdollisimman lyhyt ja kaapelointikustannuksia saadaan pienennettyä. Hajautetut I/O-yksiköt liitetään prosessiasemaan kenttäväylän avulla. Hajautettujen I/O-yksiköiden käyttö on entistä perustellumpaa nykyään, kun automaatiojärjestelmissä pyritään avoimuuteen ja eri valmistajien yksiköitä kyetään käyttämään samassa järjestelmässä.

Siemensin tuotesarja hajautetulle I/O:lle on Simatic ET 200. Se sisältää niin sähkökaappiin asennettavia kuin itsenäisiäkin ratkaisuja. Seuraavaksi ovat sarjan yksiköt esitelty pääpiirteittäin.

4.3.1 Siemensin yksiköt kaappiasennukseen

ET 200S on yleiskäyttöinen I/O-järjestelmä. Se on rakenteeltaan modulaarinen ja sisältääkin monenlaisia moduuleita prosessin ohjaamiseen ja tiedonkeräämiseen. Digitaalisten ja analogisten tulo- ja lähtöyksiköiden ja erilaisten liityntäyksiköiden lisäksi siihen on saatavilla moottorinkäynnistimiä, taajuusmuuttajia ja teknologiayksiköitä. Useimmista yksiköistä on tarjolla myös PROFISsafe-yhteensopiva versio. ET 200S:n kaikki liityntäyksiköt eivät toimi pelkästään tiedon välittäjinä I/O-yksiköiden ja prosessiaseman välillä. Niissä on osassa oma CPU ja näin ollen ne kykenevät itsenäiseen tiedon prosessointiin, mikä entisestään lisää ET 200S:n käyttömahdollisuuksia. (Siemens)

ET 200M on myös modulaarinen, mutta ei läheskään niin monipuolinen kuin ET 200S. ET 200M sisältää oikeastaan vain liityntäyksikön, johon on mahdollista liittää S7-300 sarjan omia yksiköitä. Näin saadaan hajautetun I/O-yksikön edut myös käyttämällä peruslogiikan yksiköitä. ET 200M tukee PROFISsafe yksiköitä ja ns. "hot swapping"-toimintoa eli I/O-yksiköitä on mahdollista vaihtaa lennosta. (Siemens)

ET 200S Compact on tarkoitettu paljon vaatimattomampaan käyttöön kuin kaksi edellistä järjestelmää. Se ei ole modulaarinen vaan siinä on yhteen yksikköön sisällytetty 16 tai 32 I/O-kanavaa. Pienen kokonsa takia se sopii hyvin tilanteisiin, joissa tilaa asennukselle on vähän. (Siemens)

ET 200iSP on rakennettu siten, että sen käyttö on mahdollista räjähdysvaarallisissa tiloissa. Se voidaan asentaa Ex-alueille 1, 21, 2 ja 22 ja siihen liitettävät toimi- ja mittauslaitteet voivat olla alueilla 0 ja 20. ET 200iSP on myös modulaarinen ja tukee pääosin samoja toimintoja kuin muutkin edellä esitellyt järjestelmät. Siihen ei kuitenkaan ole saatavilla PROFISsafe yksiköitä. (Siemens)



KUVA 6 Kuvassa on alkaen vasemmalta ylhäältä ET200S, ET200M, ET200S Compact ja ET200iSP. (Siemens)

4.3.2 Siemensin yksiköt itsenäiseen asennukseen

ET 200Pro itsenäisesti asennettavista järjestelmistä monipuolisin ja – käyttöisin. Se on täysin modulaarinen ja suojaustasoltaan IP65/67. ET 200Pro sisältää ET 200S:n tavoin I/O-yksiköiden lisäksi taajuusmuuttajia, moottorinkäynnistimiä ja pneumaattikkayksiköitä. Se myös tukee PROFISafeturvalogiikkaa. (Siemens)

ET 200eco järjestelmä rakennetaan valitsemalla yksi I/O-yksikkö, jossa on tarvittava määrä digitaalisia kanavia ja siihen liitetään liityntäyksikkö, jossa sopivan kenttäväylän liittimet. ET 200eco ei ole siis täysin modulaarinen vaikkakin kokoonpanoon pystyy vaikuttamaan. Suojaustasoltaan ET 200eco on IP65/67 ja se on mahdollista asentaa ilman erillistä asennuskiskoa laitteeseen kiinni. Siitä on saatavilla myös metallirunkoinen versio, ET 200eco PN. (Siemens)

ET 200R on erityisesti robotteja varten kehitetty järjestelmä. Se voidaan esimerkiksi autoteollisuudessa kiinnittää suoraan runkoa hitsaaviin robotteihin. Se ei ole modulaarinen vaan siinä on vain yksi yhdenlainen yksikkö, jossa 16 DI/DO-kanavaa. Nämä kanavat voidaan ohjelmallisesti konfi-

guroida niin, että kanavista on kuitenkin aina vähintään 8 tulokanavia. Suojaustasoltaan ET 200R on IP65. (Siemens)



KUVA 7 Kuvassa on ylhäällä ET200Pro, alhaalla ET200eco ja ET200R. (Siemens)

4.4 ProfiSafe turvaväylä

Profibus DB -kenttäväylä käyttää sarjamuotoista bittien siirtoa aivan kuten käytännössä kaikki muutkin kenttäväylät. Pitkistä yhteyksistä johtuen rinnakkaismuotoista siirtoa ei ole mahdollista käyttää vaikka se sallisikin nopeammat siirtonopeudet. Rinnakkaismuotoiseen siirtoon käytetään montaa johdinta, jolloin eri johtimissa kulkevat bitit saapuvat pitkillä välimatkoilla eri syistä eri aikaan vastaanottajalle ja tämä aiheuttaa ajastusongelmia. Tämän takia siis käytetään ainoastaan yhtä johdinta ja sarjamuotoista lii-

kennettä. Sarjamuotoisessa liikenteessä bitit kulkevat johtimessa peräkkäin. (Tallinna Ülikool)

Sarjamuotoiseen siirtoon liittyy kuitenkin myös riskejä, jotka on esitelty taulukossa 1. Näiden riskien vaikutusten minimoimiseksi on kehitetty ns. turvaväyliä. Turvaväylissä on varsinaisen tiedonsiirtoprotokollan lisäksi otettu huomioon sarjaliikenteen virhetilanteet. Turvaväylä osaa tunnistaa virheen ja toimia sen mukaisesti eikä tiedonsiirto katkea vaan tieto saadaan varmasti lähettäjältä vastaanottajalle. Tämä on erittäin tärkeää kone-turvallisuuden kannalta. Turvaväylän turvatoimenpiteet on usein toteutettu lisäämällä erillinen turvakerros tiedonsiirtokerrosten päälle. (Hietikko 2006)

Virhemuoto	Virhemuoto engl.	Kuvaus
Toisto	Repetition	Viestiä toistetaan niin tiheästi, että muu liikenne häiriintyy tai viesti ei muutu.
Menetyks	Deletion	Vastaanottaja ei saa viestiä vastaanotettua oikein.
Lisäys	Insertion	Vastaanottaja saa ylimääräisen viestin, joka voi olla tarkoitettu toiselle solulle, tai häiriöistä muodostuu ylimääräinen viesti.
Väärä järjestyks	Resequene	Sanomat vastaanotetaan väärässä järjestyksessä.
Virheellinen viesti	Corruption	Viestin sanoma on vääristynyt, esimerkiksi häiriöiden seurauksena
Viive	Delay	Sanoma saapuu myöhässä.
Väärä osoite	Masquerade	Tahaton tai tahallinen väärä osoite sanomassa.

TAULUKKO 1 Sarjamuotoisen viestiliikenteen virhemuodot. (Hietikko 2006)

ProfiSafe on Profibus DB:n päälle rakennettu turvaväylä. Tämä mahdollistaa sen, että samassa väylässä voi olla sekä tavallisia että turvamoduuleja. Turvamoduuleja voivat käytännössä olla mm. erilaiset kenttälaitteet, valo-verhot ja ohjauslogiikan I/O-yksiköt. Profibus-väylä perustuu perinteiselle isäntä/orja-arkkitehtuurille eli väylässä pitää olla yksi isäntäyksikkö, joka hallinnoi väylän orjayksiköitä. ProfiSafe-väylän kannalta tämä tarkoittaa sitä, että isäntäyksikköä valittaessa on varmistettava, että se tukee ProfiSafe-protokollaa. Se ei riitä, että orjayksiköt osaavat viestiä ProfiSafe-väylän kautta, jos isäntäyksikkö ei osaa tulkita turvasanomiam. (Hietikko 2006)

ProfiSafe-väylän turvasanomien ovat ulkoisesti samanlaisia kuin tavalliset viestisanomat, mutta ne sisältävät ohjelmallisesti lisättyä vikaturvallista tietoa. ProfiSafen vikaturvallinen tieto käsittää sanomien järjestysnumeron, aikakatkaisuun tarvittavan aikaleiman, sanoman lähettäjän ja vastaanottajan koodauksen ja sanoman tarkistussumman. Taulukossa 2 on esi-

tetty, mihin virhemuotoon kukin näistä menettelyistä tehoa. (Hietikko 2006)

Virhemuoto	Virnehallintamenettely			
	Järjestys- numerointi	Aikakatkaus	Lähetäjän ja vastaanottajan koodaus	Tarkistus- summan laskenta
Toisto	X			
Menetyt	X	X		
Lisäyt	X	X	X	
Väärä järjes- tys	X			
Virheellinen viesti				X
Viive		X		
Väärä osoite		X	X	X

TAULUKKO 2 *ProfiSafe turvaväyläprotokollan virnehallintamenettely eri virhetilan-
teissa. (Hietikko 2006)*

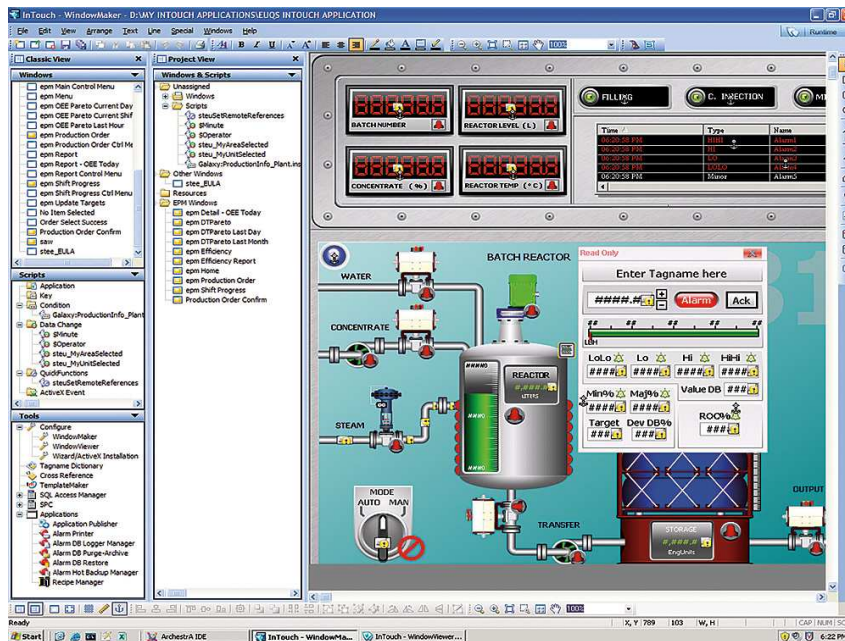
5 ANODIUUNIN VALVOMO

Anodiunia ohjataan valvomohuoneesta tavalliseen PC:hen ohjelmoidulla valvomosovelluksella. Tämä sovellus on tehty Wonderware-tuoteperheeseen kuuluvalla InTouch HMI -ohjelmistolla. Valvomo on toteutettu Kumeran valitsemilla komponenteilla ja ohjelmistoilla ja ne on valittu vastaavanlaisten toteutuneiden projektien pohjalta.

Valvomo sijaitsee omissa huoneissa anodiunun läheisyydessä, joten PC ei altistu yhtä koville lämpötiloille tai muille rasituksille kuin se altistuisi ollessaan tuotantotiloissa. PC:n koteloä valittaessa on kuitenkin otettu tehdasolot huomioon mm. lisäämällä koteloon tuulettimia ja suodattimia tulo- ja poistoilmalle. PC:ssä on vain yksi näyttö, mikä on otettava valvomosovellusta suunnitellessa.

5.1 Wonderware InTouch HMI

Wonderware on yksi brittiläisen Invensys Ltd:n tuoteperheistä ja sisältää useita automaatio-ohjelmistoja. Ensimmäinen InTouch-ohjelma julkaistiin vuonna 1987 (Wikipedia). Nykyään se on käytössä kolmasosassa maailman teollisissa tuotantolaitoksissa. InTouch:n suosio perustuu suureksi osaksi sen laitteistoriippumattomuudesta. InTouch toimii käytännössä kaikkien automaatiojärjestelmien kanssa. InTouch sisältää kaikki oleelliset valvomotoiminnot ja suuren symbolikirjaston valmiina, joten sen käyttö on suhteellisen helppoa ja oppimiskynnys matala. Kuitenkin siitä löytyy syvyyttä myös vaativimpiin sovelluksiin. (Wonderware)



KUVA 8 Kuva InTouch HMI – ohjelmiston ohjelmointi-ikkunasta. (Wonderware)

6 SOVELLUSTEN TOTEUTUS

Tässä osassa työtä on esitelty sovellusten ominaisuuksia ja periaatteita, joiden pohjalta niitä ne ovat tehty.

6.1 Logiikkasovellus

Logiikkasovelluksen tärkein ominaisuus on luonnollisesti sen toimivuus. Sovelluksen pitää suoriutua sille asetetuista tehtävistä ja mieluiten niin, että sen toiminta on helposti ymmärrettävissä ja ennustettavissa. Aloittaessani suunnittelua otin tämän lisäksi tavoitteikseni järkevästi toteutetun modulaarisuuden ja sitä kautta sovelluksen eri osien hyödyntämisen jatkossa myös muissa projekteissa. Myös sovelluksen tiedonhallinnan tuli olla hyvin suunniteltu ja toteutettu.

6.1.1 Modulaarisuus

Modulaarisuudella tarkoitetaan yleisesti ohjelmoinnissa ongelman tai tehtävän jakamista loogisiin osiin. Käytännössä ohjelmoinnin kannalta modulaarisuus johtaa siihen, että syklinen pääohjelma (organization block, OB1) sisältää ainoastaan kutsuja toisiin funktioihin, joista jokainen huolehtii yhdestä prosessin osa-alueesta. Nämä funktiot voivat tietysti sisältää uusia funktioita, joilla on vielä pienempi tehtävä hoidettavanaan jne. Tätä ongelmien jakamista pienempiin osiin voidaan teoriassa jatkaa hyvinkin pitkälle, mutta koko ohjelman selkeyden kannalta se ei ole suotavaa. Tärkeintä on yrittää hahmottaa riittävän suuret loogiset kokonaisuudet.

Modulaarisuus on ominaisuus, joka ei näy ulospäin tavalliselle käyttäjälle millään tavalla, mutta helpottaa sovelluksen testausta, vianhakua ja myöhempien muutosten tekemistä huomattavasti. Omassa sovelluksessaan jaoin prosessin säädettävien toimilaitteiden mukaan osiin. Jokaiselle säädettävälle toimilaitteelle on siis oma funktio (function, FC), johon on kerätty kaikki kyseistä toimilaitetta koskevat toiminnot. Toimintoja ovat esimerkiksi säätöpiiriä koskevien mittauksen skaalaaminen, hälytysten muodostus ja varsinainen prosessisuureen PID-säätö.

6.1.2 Tiedonhallinta

Tiedonhallinta on sovelluksessaan toteutettu pääasiassa globaalien tiedostoyksiköiden (datablock, DB) avulla. Jokaiselle säädettävälle toimilaitteelle on oma tiedostoyksikkönsä, joka sisältää säätöpiiriä koskevat tiedot, kuten esimerkiksi säätöpiirin asetusarvon, ja säätöpiirin mittauksista kaikki oleelliset tiedot.

Kaikki tiedostoyksiköt on tehty samalla rakenteella, mikä nopeuttaa valvomosovelluksen ohjelmointityötä. Valvomosovellusta ohjelmoitaessa ei voida käyttää symbolisia muuttujan nimiä vaan joudutaan viittaamaan

muuttujan muistipaikkaan. Koska esimerkiksi kaikkien säätöpiirien säätöarvo sijaitsee samassa muistipaikassa omassa tiedostoyksikössään, kopioitaessa säätöarvon asetusikkunaa riittää tiedostoyksikön muuttaminen oikeaksi.

6.1.3 Testaus

Kumera toivoi luonnollisestikin kykenevänsä testaamaan logiikkasovelluksen toimivuuden ilman, että varsinaisia toimilaitteita on logiikan tuloihin ja lähtöihin kytketty. Testausta varten sovellus sisältää yhden tähän tarkoitukseen tehdyn funktion ja kaksi valmiiksi täytettyä muuttujataulukkoa (variable table, VAR). Muuttujataulukkojen avulla sovelluksen toimintaa on helppo havainnoida. Myös logiikan muistipaikkojen arvojen muuttaminen on yksinkertaisempaa, koska testaajan ei tarvitse käydä ohjelmakoodista etsimässä ja muuttamassa niitä vaan kaikki tällaiset muistipaikat on kerätty yhteen paikkaan muuttujataulukkoon.

Testauksessa käytettiin oikeaa logiikkakokoonpanoa. Testausta varten luotiin dokumentti, johon kerättiin kaikki Kumeran mielestä tarpeelliset ominaisuudet. Dokumentin pohjana käytettiin aikaisempien vastaavanlaisten projektien dokumentteja. Logiikkasovellus testattiin tämän dokumentin pohjalta yhdessä Kumeran edustajan kanssa.

6.2 Valvomosovellus

Valvomosovelluksen tuli olla johdonmukainen, selkeä, havainnollinen ja helppokäyttöinen. Aivan kuten logiikkasovelluksessakin pyrin jakamaan koko sovelluksen pienempiin osiin, joita oli helpompi työstää ja sitä kautta saada kokonaisuudesta tavoitteiden mukainen. Anodiuunin eri osat ovat suurimmaksi osaksi hyvin samanlaisia, joten jakaminen oli helppoa ja aikaa säästävää.

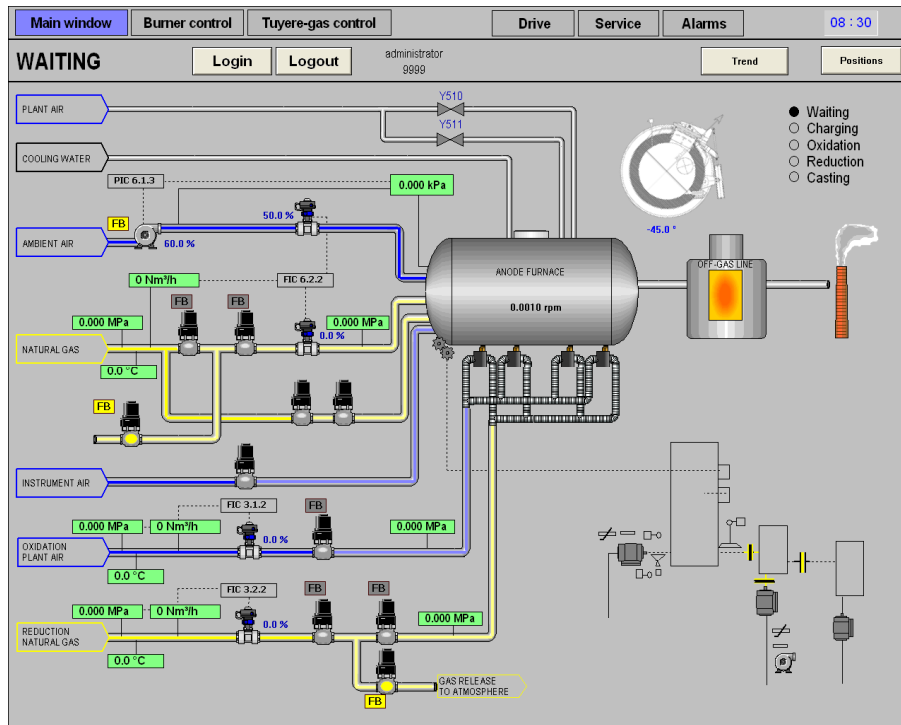
Valvomosovellus on englanninkielinen, mutta anodiuunin käyttäjät ovat venäläisiä, joten sovelluksen kaikki tekstit tullaan kääntämään venäjän kielelle ennen anodiuunin luovutusta loppuasiakkaalle.

6.2.1 Päänäytöt

Valvomosovelluksen päänäytöt ovat näyttöjä, joihin on koottu jokin prosessi, osaprosessi tai muu isompi toiminnallinen kokonaisuus. Anodiuunin sovellus on jaettu kuuteen päänäyttöön: koko prosessi, polttimen ohjaus, ilma- ja maakaasulinjojen ohjaus, anodiuunin pyöritys, hälytykset ja asetukset. Päänäytöt ovat koko ruudun kokoisia ja niiden välillä navigointi tapahtuu ruudun yläreunassa olevan painikepalkin avulla.

Kuvassa 9 on nähtävissä päänäyttö, josta käyttäjä saa kokonaiskuvan koko prosessista. Näytöltä on nähtävissä kaikki toimilaitteet, mittaukset ja prosessin tila. Näytöstä näkee myös anodiuunin kallistuskulman ja pyörimis-

nopeuden. Positiotunnukset saa näkyviin painamalla ”Positions”-painiketta oikeasta yläkulmasta.



KUVA 9 Valvomosovelluksen päänäyttö

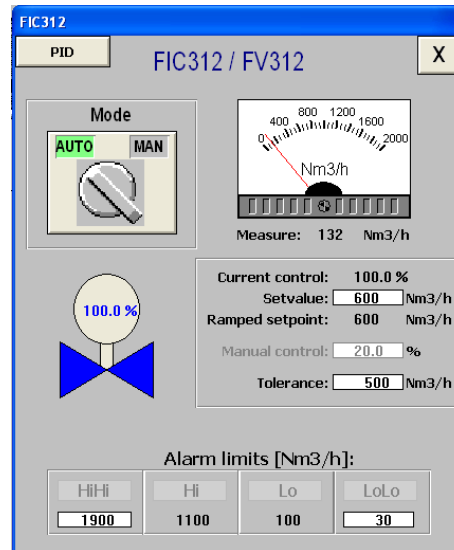
6.2.2 Positiokohtaiset ikkunat

Positiokohtaiset ikkunat ovat ikkunoita, joista ohjataan ja havainnoidaan yksittäistä toimilaitetta. Anodiuunin sovelluksen positiokohtaiset ikkunat on jaettavissa kahteen ryhmään: säädettäviin ja kaksiasentoisiin toimilaitteisiin. Positiokohtainen ikkuna aukeaa, kun jossakin päänäytöistä valitaan hiirellä halutun toimilaitteen symboli.

Ohjelmallisesti positiokohtaiset ikkunat on toteutettu käyttämällä epäsuoria muuttujaviittauksia. Ikkunoita on siis oikeasti vain kaksi kappaletta ja toimilaitteen symbolin valinta kirjoittaa kyseisen toimilaitteen tietojen muistipaikkojen osoitteet ikkunassa olevien objektien muuttujien tilalle. Tämä yksinkertaistaa valvomosovellusta huomattavasti, kun jokaiselle venttiilille ei tarvitse olla omaa ikkunaa.

Anodiuunissa on neljä säädettävää toimilaitetta: kolme venttiiliä ja yksi puhallin. Kaikkia säädettäviä toimilaitteita ohjataan samantyyppisestä ikkunasta. Suurin eroavaisuus aiheutuu mitattavasta ja säädettävästä suureesta, joka vaihtelee toimilaitteittain. Kuvassa 10 on esimerkki yhden säätöventtiilin ohjaukseen käytettävästä ikkunasta. Ikkunasta on nähtävissä mm. säätöpiirin mittaus-, ohjaus- ja asetusrivot sekä asetetut hälytysrajat.

Valitsemalla käsiajon käyttäjä voi asettaa venttiilille haluamansa ohjausarvon.



KUVA 10 Säädettävän toimilaitteen näyttö

Kaksiasentoisen toimilaitteen ikkuna on luonnollisesti hieman yksinkertaisempi kuin säädettävän toimilaitteen. Kuvassa 11 on esimerkki sulkuventtiilin ohjausikkunasta. Ikkunasta käyttäjä, missä asennossa venttiili on ja onko venttiiliä koskevia hälytyksiä aktiivisena. Käyttäjällä voi myös vaihtaa venttiiliä käsikäyttöiseksi ja vaihtaa asennon mieleisekseen.



KUVA 11 Kaksiasentoisen toimilaitteen näyttö

6.2.3 Hälytykset

Anodiunun hälytykset muodostetaan ohjauslogiikassa ja näin ollen valvomosovelluksen tehtäväksi jää ainoastaan niiden indikointi käyttäjälle yhdessä tuotantotiloissa sijaitsevan äänimerkin kanssa. Kaikki aktiiviset ja kuitatut hälytykset on kerätty omaan päänäyttöönsä, josta näkyy hälytyksen aikaleima ja kuvaus. Tämän lisäksi käyttäjille on laadittu erillinen dokumentti, jossa on tarkempi kuvaus hälytysten syistä ja mahdollisista korjaavista toimenpiteistä.

Hälytykset on jaettu kahteen ryhmään: ei-kriittisiin ja kriittisiin hälytyksiin. Ei-kriittisiä hälytyksiä muodostuu esimerkiksi, jos säädettävä suure ei pysy tietyn toleranssin sisällä. Ei-kriittinen hälytys ei aiheuta välittömiä toimenpiteitä vaan on lähinnä tiedoksi käyttäjälle. Kriittisiä hälytyksiä ovat esimerkiksi sulkuventtiilin väärä asento tai mittaukselle asetetun ylärajan ylitys. Kriittisen hälytyksen sattuessa ohjauslogiikka suorittaa automaattisesti toimenpiteitä prosessin turvalliseksi saattamiseksi.

Jonkun hälytyksen ollessa aktiivinen vilkkuu yläreunan painikepalkissa oleva ”Alarms” -painike punaisena. Lisäksi päänäytöissä ja positiokohtaisissa ikkunoissa on toimilaitte- ja mittauskohtaisesti hälytysindikaattoreita. Esimerkiksi päänäytössä mittausarvon tausta on normaalitilanteessa vihreä, mutta ei-kriittinen hälytys muuttaa sen keltaiseksi ja kriittinen punaiseksi.

6.2.4 Käyttäjienhallinta

Valvomosovelluksessa on kolmitasoinen käyttäjienhallinta. Tasot ovat järjestelmänvalvoja, vuoropäällikkö ja työntekijä. Käyttäjän on kirjaututtava sovellukseen vähintään työntekijänä, jotta hän voi tehdä mitään ohjauksia tai muutoksia järjestelmään. Kirjautuminen sisään ja ulos tapahtuu näytön yläreunassa olevan painikepalkin Login ja Logout – painikkeilla. Kirjautuneen käyttäjän tason perusteella osa sovelluksen painikkeista saattaa olla piilotettu tai asetusrvojen syöttöruudut passiivisia.

Työntekijä kykenee muuttamaan jokapäiväisessä käytössä tarvittavia asetusrvoja ja ohjaamaan toimilaitteita. Vuoropäällikkö pystyy näiden lisäksi muokkaamaan mm. säätöpiirien parametreja ja mittausten skaalausalueita. Järjestelmänvalvojan tekemisiä ei ole rajoitettu millään tavalla. Hänellä on pääsy sovelluksen kaikkiin tietoihin ja hän kykenee esimerkiksi lisäämään ja poistamaan järjestelmän käyttäjiä.

6.3 Sovellusten välinen tiedonsiirto

Fyysisellä tasolla logiikan ja valvomosovellusta pyörittävän tietokoneen yhdistäminen on tehty käyttämällä tavallista Ethernet verkkoa. Yhteyttä varten tietokoneelle on asennettu DASSIDirect-palvelin, joka on taustajoissa aina tietokoneen ollessa päällä. Tämä palvelin mahdollistaa Windows-ohjelmien, kuten InTouch HMI, ja Siemensin ohjauslogiikoiden

kommunikoinnin keskenään. DASSIDirect pystyy käyttämään mm. DDE, OPC ja SuiteLink tiedonsiirtoprotokollia. Anodiunin tapauksessa tiedonsiirtoprotokollaksi valittiin DDE. (Wonderware)

Kumeran toiveesta InTouch-sovellus ei viittaa suoraan yhteenkään sisään-tuloon vaan ohjelmallisella tasolla PLC ja valvomosovellus keskustelevat tiedostoyksikköjen välityksellä. InTouch hakee ja kirjoittaa tietonsa ennalta määrättyihin tiedostoyksikköihin. Tällöin sovellusten välinen rajapinta pysyy selvänä eikä ohjelmoijalle pääse syntymään helposti tilannetta, jossa valvomosovellus pystyisi ohjaamaan jotain lähtöä logiikkaohjelmaa huomioimatta.

PLC tietysti valvoo myös yhteyden toimivuutta koko ajan. Tähän tarkoitukseen logiikkasovelluksessa on laskuri, joka kasvattaa arvoaan sekunnin välein. InTouch tutkii tämän laskurin arvon kolmen sekunnin välein ja jos se ei huomaa muutosta, se antaa hälytyksen. Tällöin yhteydessä on jotain vikaa tai ohjelma PLC:ssä ei enää pyöri. Pääasia on kuitenkin, että käyttäjälle kerrotaan, että yhteydessä on vikaa ja tietokoneen näytöllä näkyvät tiedot eivät enää pidä paikkaansa.

7 YHTEENVETO

Yleisesti voidaan todeta, että työlle asetetut tavoitteet toteutuivat. Työn tilaaja oli sovelluksiin tyytyväinen ja kaikki saatiin valmiiksi projektin aikataulun asettamissa aikarajoissa. Myös tavoite sovellusten uudelleenkäytävyydestä toteutui ja muiden projektin reaktoreiden logiikkasovellusten pohjana käytettiin juuri anodiunia varten tekemääni sovellusta. Sovellukset testaukset suoritettiin Alten toimistolla Hyvinkäällä ja Kumeran tuotantotiloissa Riihimäellä. Onnistuneiden testausten jälkeen sovellukset jäivät odottamaan varsinaista käyttöönnottoa loppuasiakkaan luona.

Seuraavaksi on käsitelty hieman tarkemmin, kuinka työn tavoitteisiin kuulunut kokonaisuuksien hallinnan oppiminen toteutui ja mitä huomioita aiheesta tein suunnitteluprosessin aikana.

7.1 Kokonaisuuksien hallinta

Logiikkasovelluksen toteutuksessa esitellyllä modulaarisuudella on tärkeä rooli myös koko projektin näkökulmasta. Projekti on kokonaisuus, joka voidaan sen koosta riippumatta jakaa pienempiin osiin. Projektin koko määrittää ainoastaan sen, kuinka moneen ja kuinka suuriin osiin se on mielekästä jakaa. Kokonaisuutta on mahdollista hallita sen osakokonaisuuksien kautta helpommin kuin muuten olisi.

Riippuu henkilöstä, työstäkö hän näitä pienempi osia rinnan vai sarjassa eli tekeekö hän kaikkia osia yhtä aikaa vai tekeekö hän aina yhden osan valmiiksi ennen seuraavan aloittamista. Anodiunun kohdalla koin helpommaksi ratkaista yhden ongelman tai osan kerrallaan. Se vaatii tietynlaista ammattitaitoa ja itseuria pitää muut ongelmat taustalla sitä yhtä ratkoessa.

Jossain vaiheessa, kun osiin jakaminen on suoritettu tarpeeksi monta kertaa, alkavat osat mahdollisesti muistuttamaan toisiaan. Esimerkiksi anodiunun toimilaitetasolla oli monta samanlaista venttiiliä ohjattavana. Tällöin säästetään suunnittelu-aikaa, jos osien samanlaisuutta hyödynnetään ja tehdään yksi osa valmiiksi ja kopioidaan saatu tulos myös muihin samanlaisiin osiin. Tämä yksi osa tulee kuitenkin tehdä kunnolla ja testata huolella, jotta myöhemmässä vaiheessa havaitut virheet eivät aiheuta ylimääräistä kopiointityötä.

LÄHTEET

- Alte Oy. 2011.
<http://www.alte.fi> [Viitattu 22.11.2011]
- Alte Visetec Oy. 2011.
<http://www.altevisetec.fi> [Viitattu 22.11.2011]
- Hietikko, M. 2006. Turvaväylien valintakriteerit.
<http://koti.mbnet.fi/asaf/3Hietikko.pdf> [Viitattu 2.12.2011]
- Kopar Oy. 2011. Anodiuunit.
<http://www.kopar.fi/fi/tuotteet/drums/anode.html> [Viitattu 25.11.2011]
- Kopar Oy. 2011. Konvertterit.
<http://www.kopar.fi/fi/tuotteet/drums/converter.html> [Viitattu 25.11.2011]
- Kumera Oy. 2011. Kumera Corporation.
<http://www.kumera.com/corporation.html> [Viitattu 22.11.2011]
- Scandinavian Copper Development Association. 2011. Yleistietoa kuparista. <http://www.scda.com/kupari/kupari.html> [Viitattu 25.11.2011]
- Siemens. 2010. SIMATIC Distributed I/O
http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-et200_en.pdf [Viitattu 29.11.2011]
- Siemens. 2011. Simatic S7-300
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_300.php [Viitattu 29.11.2011]
- Tallinna Ülikool. 2011. Sarjamuotoinen siirto.
http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/lasse/communication/sarjamuotoinen_siirto.html [Viitattu 2.12.2011]
- Taskinen, P. 2011. Kuparin valmistus.
https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/mt-0.2221/luennot/MT-0_2221_luentoaineisto._luento_2011_s_.pdf [Viitattu 25.11.2011]
- Teknologiateollisuus. 2005. Kuparin valmistus.
http://www.teknologiateollisuus.fi/file/1374/MJKuparinvalmistus_perusjal_aaja.pdf.html [Viitattu 25.11.2011]
- TSS Group Oy. 2011.
<http://www.tssgroup.fi/index.php> [Viitattu 22.11.2011]
- Wikipedia. Vapaa tietosanakirja internetissä. Päivitetty 6.12.2011.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wonderware> [Viitattu 6.12.2011]

Wonderware. 2006. SIDirect DAServer User's Guide
<http://www.logic-control.com/media/DasSIDirect.pdf> [Viitattu 5.12.2011]

Wonderware. 2011. Wonderware InTouch HMI.
<http://global.wonderware.com/EN/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>
[Viitattu 6.12.2011]