



Lasintaivutuskoneen sähkö- ja automaatio modernisointi

Jyri Lepistö

OPINNÄYTETYÖ
Elokuu 2018

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

LEPISTÖ, JYRI:

Lasintaivutuskoneen sähkö- ja automaatiomodernisointi

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Elokuu 2018

Opinnäytetyön toimeksiantajalla Glaston Oy:llä on vankka kokemus erilaisten lasinjalostuskoneiden valmistuksesta sekä päivityksistä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää vanhan lasintaivutuskoneen sähkö- ja automaatiojärjestelmä sekä päivittää koneen ohjausjärjestelmä vastaamaan uudempaa markkinoilla olevaa yrityksen mallia, koska laitteiston osien tukitoimet olivat kalliita sekä harvinaisia. Työssä tutkittiin myös päivityksien tekemistä rutiininomaisemmaksi.

Teoriaa tutkittiin internet- ja kirjallaisista sekä sähköalan oppiaineistoista ja oppikirjoista. Työssä hyödynnettiin myös useiden laitevalmistajien laitemanuaaleja tutkittaessa laitteiston erilaisia sähkö- ja ohjausjärjestelmän toimintojen teoriaa.

Työssä perehdyttiin logiikkaohjelmointiin, Sinamics-taajuusmuuttaja-ohjauksilla oleviin sähkömoottorikäyttöihin sekä erilaisiin väylätekniikoihin. Työssä käsitellään eri toteutusvaiheet tarkasti ja keskitytään muutostyön vaatimiin tarkkoihin laitevalintoihin. Työssä kerrotaan myös tekijän kokemuksia työn eri vaiheista.

Toteutus tehtiin Siemens Simatic S7 -teknologian pohjalta, joka integroitiin Tia Portal-ohjelmistoympäristöön. Logiikkaohjelman entiset osat saatiin käytettyä hyödyksi työn alussa ja siihen lisättiin uuden ohjelmistoympäristön mahdollistamat teknologiaobjektit. Sähkösuunnittelun edetessä saatiin tarvittavat I/O-määrittelyt sekä laitetiedot, joilla saatiin valittua oikeanlainen HW-konfiguraatio ohjelmistoon.

Työn tulos saavutettiin ja lasintaivutuskoneen sähkö- ja automaatiojärjestelmät saatiin modernisoitua tehokkaasti ja asiakkaan toiveiden mukaisesti.

Asiasanat: automaatio, ohjelmitava logiikka, profinet

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Electrical Engineering

LEPISTÖ, JYRI:

Electrical and automation update for glass bending machine

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 9 pages
August 2018

Commissioner of thesis, Glaston Oy has solid experience in manufacturing and updating various glass processing factories. The purpose of the thesis was to update the electric and automation system of the glass bending machine and to update the machine control system to correspond to the newer model of the company on the market because the support parts of the hardware parts were expensive and rare.

The theory was studied from internet and literary sources, as well as subjects related to electrical subjects and textbooks. The work also utilized a variety of equipment electrical and control system functions on a theoretical basis for the equipment of many equipment manufacturers.

In this thesis, logic programming, Sinamics drive-controlled electric motor drives, and fieldbus technology were introduced. The thesis examines the various stages of implementation carefully, focusing on the precise choices made by the modification work. The thesis also provides personal experiences of the different stages of the work.

The implementation was based on Siemens Simatic S7 technology, which was integrated into the Tia Portal software environment. The former parts of the logic program were utilized at the beginning of the work, adding new technological objects to the new software environment. As the electrical design proceeded, the required I / O configurations and device data were obtained to select the correct HW configuration for the software.

Result of this thesis was succeeded and electrical and automation update for glass bending machine was made effective way and like customer was requested.

Key words: automation, programmable logic, profinet

SISÄLLYS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO JA TAUSTA TIETOJA | 6 |
| 2 | LASINTAIVUTUSKONE..... | 7 |
| 3 | OHJAUSTEKNISET LAITTEET | 9 |
| | 3.1 KÄYTTÖLIITTYMÄN OHJAUSTIETOKONE | 9 |
| | 3.1.1 Käyttöliittymäohjelmisto | 10 |
| | 3.2 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT | 11 |
| | 3.2.1 Logiikan ohjausyksikön valinta | 12 |
| | 3.2.2 Hajautettu I/O | 12 |
| | 3.2.3 Laskuri toiminto | 13 |
| | 3.3 Käyttöliittymäohjelmointi..... | 13 |
| 4 | VÄYLÄTEKNIIKAT | 14 |
| | 4.1 Profibus..... | 15 |
| | 4.2 Profinet..... | 16 |
| | 4.3 ASi-väylä..... | 17 |
| 5 | MOOTTORIKÄYTÖT | 19 |
| | 5.1 Kontaktori-ohjaus | 19 |
| | 5.2 Taajuusmuuttajakäyttö | 20 |
| | 5.2.1 Taajuusmuuttajien parametroidi | 20 |
| 6 | LOGIIKKAOHJELMAN KÄÄNNÖSTYÖ..... | 21 |
| | 6.1 Konfigurointi | 21 |
| | 6.2 Päivitetty logiikkaohjelma | 22 |
| | 6.2.1 Laskuritoiminto TM-Counter-kortilla..... | 23 |
| | 6.3 Paneeliohjelman päivitys WinCC-ohjelmalle | 25 |
| | 6.4 TESTAUS JA KÄYTTÖÖNOTTO | 27 |
| | 6.4.1 FAT-testi..... | 28 |
| | 6.4.2 Laitteiston asennus ja käyttöönotto | 29 |
| 7 | PAKETTI RATKAISU UPGRADE PALVELUSSA | 34 |
| 8 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 35 |
| | LÄHTEET..... | 36 |
| | LIITTEET | 38 |
| | Liite 1 1(2) Sähkösuunnitelma, profinet..... | 38 |
| | Liite 2 1(7). Sähkösuunnitelma, Asi-väylä..... | 40 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|------------|---|
| AS-i | Actual Sensor Interface, anturiin tai toimilaitteeseen suoraan kytkettävä kenttäväylä |
| Profibus | RS485-pohjainen väylätekniikka |
| Profinet | Ethernet-pohjainen väylätekniikka |
| CPU | Central Processing Unit, logiikan keskusyksikkö |
| HMI | Human Machine Interface, käyttöliittymä |
| TIA-Portal | Totally Integrated Automation Portal, Siemens ohjelmointityökalu |
| DB | Data Block, muistialue |
| DI | Digital Input, digitaalinen sisääntulo |
| DO | Digital Output, digitaalinen lähtö |
| AI | Analog Input, analoginen sisääntulo |
| RLO | Result of Logical Operation, loogisen operaation tulos |
| FAT-testi | Factory Acceptance Test, tehdastestaus |

1 JOHDANTO JA TAUSTA TIETOJA

Opinnäytetyö tehtiin Glaston Oy:lle, joka toimittaa lasintaivutuskoneita maailmanlaajuisesti. Glaston työllistää maailmanlaajuisesti 402 ihmistä (Glaston vuosikertomus 2017). Opinnäytetyönä oli päivittää SBF-mallin lasintaivutuskoneen ohjausjärjestelmän HW-osiot vastaamaan markkinoiden uudemman mallin ohjausjärjestelmää, sekä miettiä onko pakettimallinen laitteiston päivitys ratkaisu mahdollista erikseen myytävänä palveluna.

Työn teko tarjoutui projektissa, jossa Glaston Oy toimittaa lasinvalmistustehtaalle lasintaivutuskoneen kokonaisuuden modernisoinnin. Toteutus kattaa lasiaihioita kuljetettavien lavojen eristysmateriaalien ja laitteiston rakenteiden eristysmateriaalien vaihdot sekä sähkömoottorien taajuusmuuttajien sekä automaatiolaitteistojen vaihdot. Uudistettu järjestelmä otettiin käyttöön elokuussa 2018. Tarve uudistukselle asiakkaalle tullut, kun laitteiston ohjaustekniset osat olivat vanhene-
massa ja niiden varaosatuki loppumassa.

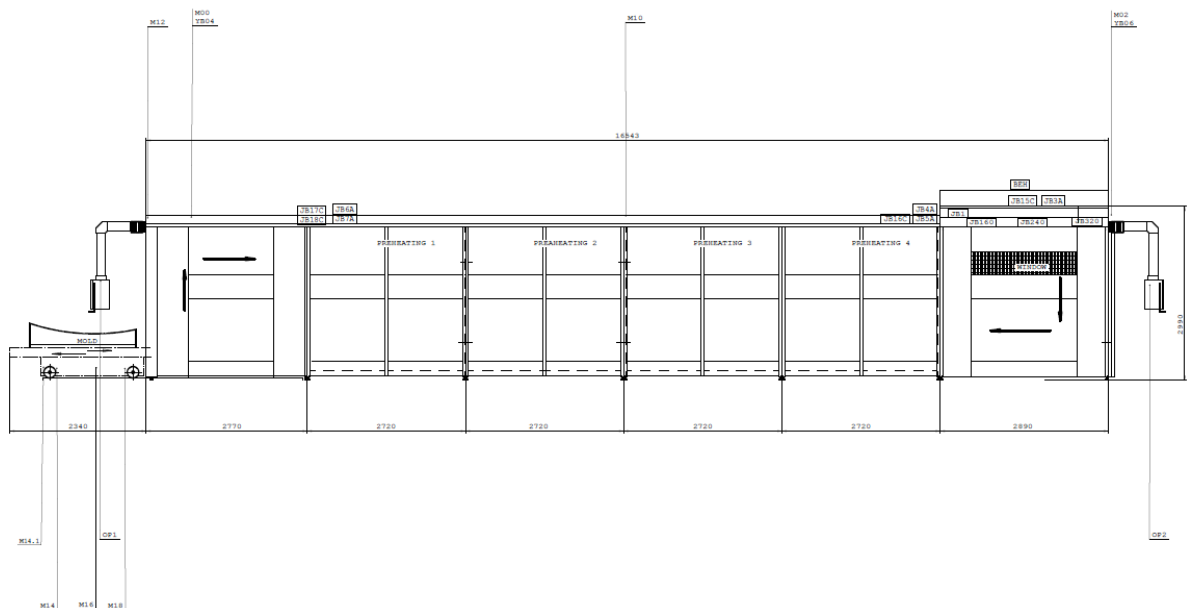
2 LASINTAIVUTUSKONE

Glaston Oy:llä on erilaisia lasintaivutuskoneita eri käyttökohteisiin. Näitä on esimerkiksi rakennus- ja autoteollisuus asiakkaille suunnattuja malleja. Lasintaivutuskoneesta on perusmalli, kuten kuvassa 1, josta voidaan muokata erilaisia pakkettiratkaisuja ja rakentaa asiakkaan haluamanlainen.



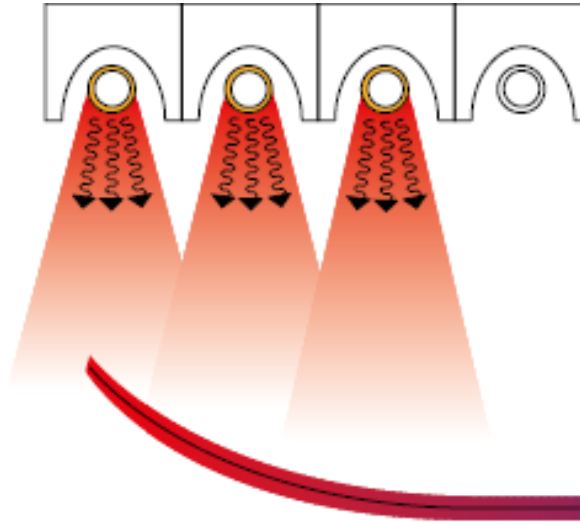
Kuva 1. Glaston SBF ScreenMax-lasintaivutuskoneen perusmalli (Glaston, 2014.)

Laitteistosta päivitettiin ohjaustekniset osat, kuten käyttäjille syöttö- sekä taivutuspäissä olevat käyttöpaneelit, anturoinnit sekä sähkömoottoreiden taajuusmuuttajat, joilla ohjataan mm. ala- ja yläradan kuljettimia sekä lastaus- ja taivutuspään hissejä. Näiden eri osioiden sijainnit näkyvät kuvassa 2.



Kuva 2. Lasintaivutuskoneen layout-kuva (Glaston, 2007.)

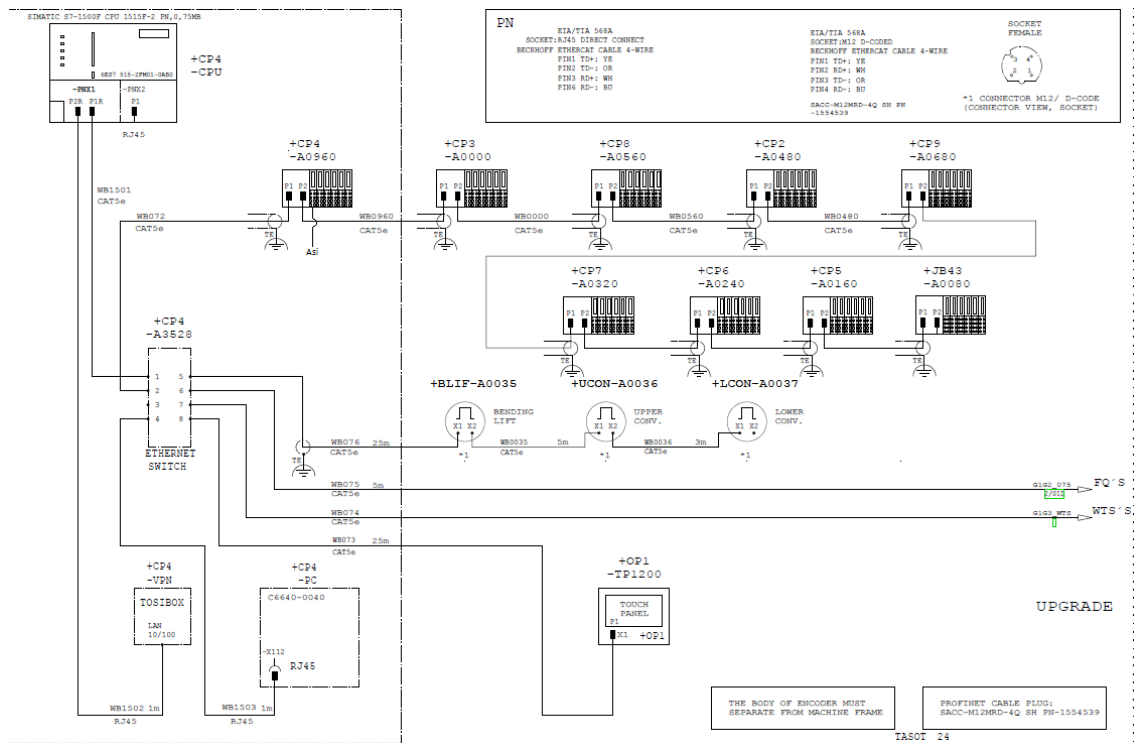
Lasintaivutus prosessi hoidetaan lämmitysvastusten ohjauksilla, jotka määräytyvät kyseiselle muotille määrättyllä reseptillä, jossa on asetusarvoja vastuksien lämpötiloille sekä lämmitys- ja jäähdytysajoille.



Kuva 3. Lämmön kohdistus taivutusosassa (Glaston, 2014.)

3 OHJAUSTEKNISET LAITTEET

Ohjaustekniset laitteet päivitettiin uusimpiin versioihin, ja profibus-väylä muutettiin profinet-väyläksi. Samalla ohjaustietokone päivitettiin uudempaan versioon.



Kuva 4. Ohjausjärjestelmän kaaviokuva (Glaston 2018.)

3.1 KÄYTTÖLIITTYMÄN OHJAUSTIETOKONE

Beckhoff:n C6640-0040 toimii ohjaustietokoneena, joka esitetään kuvassa 5, siinä on Windows 7-käyttöjärjestelmä. Tämä käyttöliittymätietokone valittiin, jotta saatisiin uudemmalla käyttöjärjestelmällä olevan tietokone, jossa mahdollinen tuotetuki säilyisi pidempään. Tämän käyttöjärjestelmän päälle asennetaan lasintaivutuskoneen käyttäjille suunniteltu käyttöliittymä.

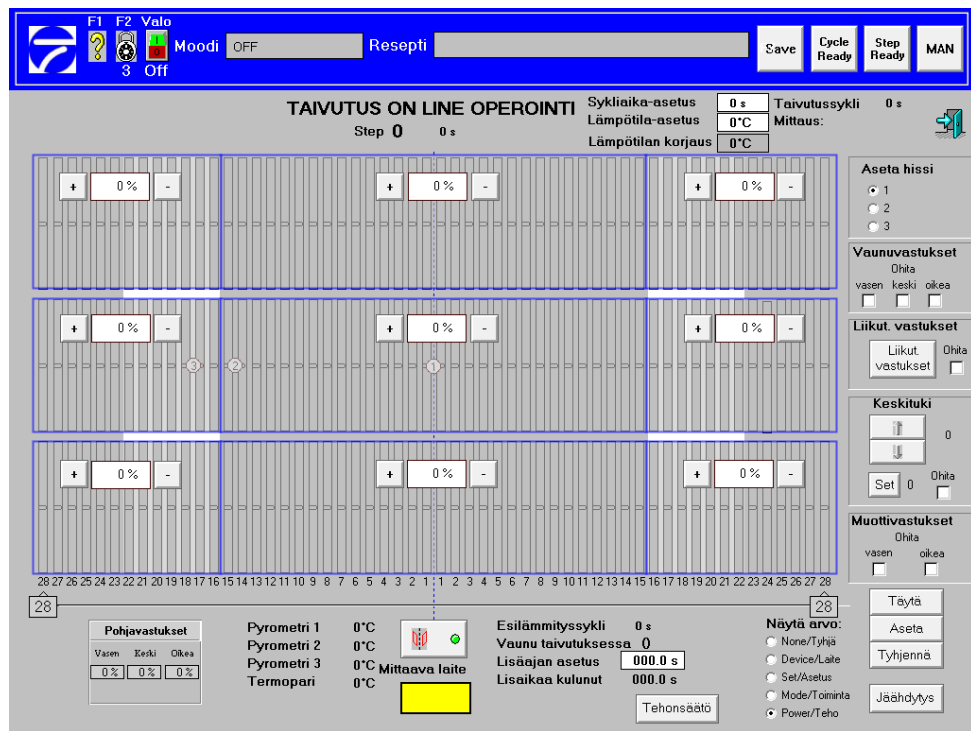


Kuva 5. Beckhoff-ohjaustietokone (Beckhoff Oy, 2018.)

3.1.1 Käyttöliittymäohjelmisto

HMI-PC:seen asennettiin Wonderware Intouch ohjelmisto, johon ohjelmoitiin lasintaivutuskoneen käyttäjien käyttöliittymä. Ohjaustietokoneen Windows 7-käyttöjärjestelmällä käytetään v11.1-versiota Intouch-ohjelmistosta. Tämän myötä myös vanha käyttöliittymä päivitettiin koska edellisen version ohjelman käyttö ei ollut mahdollista uudemman päällä.

Tällä käyttöliittymällä käyttäjät saavat määritellä laitteiston tarvitsemat reseptit, joita käytetään lämmitysvastusten, lämmitysaikojen sekä muiden taivutusprosessin vaatimien asetusarvojen asettamiseen ohjelmoitavalle logiikalle.



Kuva 6. Käyttöliittymän kuva.

3.2 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

Yleisimpiä ohjauslaitteita ovat ohjelmoitavat logiikat. Antureilta otetaan tiedot vastaan ohjelmoitavan logiikan tuloportteihin, ja reagoi ohjelmoidun ohjelman mukaisesti ja ohjaa lähtöporteista toimilaitteita. Logiikoita on erivalmistajilla, eri mallisia, joista löytyy muutaman I/O-määrän omaavia pienlogiikoita suurempiin malleihin. Siemens Oy:n Simatic perheen mallistoa esitetään kuvassa 7.



Kuva 7. Siemens Simatic-mallistoa (Siemens Oy, 2018)

Kun päivitetään laitteiston ohjausjärjestelmää, pitää saada järjestelmä vastaamaan nykyaikaisten ohjausjärjestelmien ominaisuuksia sekä asiakkaan haluamia vaatimuksia, säilyttäen alkuperäisen laitteiston toimivuus.

3.2.1 Logiikan ohjausyksikön valinta

Alkuperäisessä ohjausjärjestelmässä oli logiikan CPU:na Siemens S7-414. CPU oli ohjelmoitu Siemens S7-Manager-ohjelmistolla, sekä väylätekniikkana käytetty profibus- sekä ASi-väylätekniikoita. Tässä oli myös yhteys ethernetillä ohjaustietokoneeseen, josta saatiin erimallisten lasien taivutuksien reseptiarvot logiikalle tietoon, jotta voitiin ohjata lämmitysvastuksia oikealla tavalla.

Lasintaivutuskoneiden uusimmissa malleissa oli käytössä nykyaikaiset Siemens S7-1515F-2PN malliset logiikat sekä väylätekniikkana oli profinet-tekniikka. Tämä malli valittiin myös tähän projektiin. Tämä helpottaisi myös varaosatoimintojen sekä huoltomiesten toimia, kun laitteiston komponentit vastaisivat uudempien mallien ominaisuuksia.

3.2.2 Hajautettu I/O

Vanhassa järjestelmässä hajautettu I/O oli tehtynä kahdella eri tekniikalla, Profibus- sekä Asi-tekniikalla. Nämä kaikki ohjautuivat Siemens S7-414 logiikalle. Näiden vanhojen profibus-komponenttien tilalle otettiin uudemman mallin Profinet-tekniikalla varustetut ETx-komponentit. Myös Asi-väyläkomponentit vaihdettiin uuden mallisiksi.

Laitteistossa on paljon digitaaliohjauksia ja analogiohjauksia sekä mittauksia, joilla mitattiin lämmitysvastusten lämpötiloja, sekä ohjattiin lämmitysvastusten lämmitystehoja. Lämpötiloja mitattiin infrapuna-antureilta, joiden analogiasignaali tuotiin hajautetussa I/O:ssa olevien analogiakorttien tuloportteihin.



Kuva 8. TX-infrapuna-anturi (Raytek Oy, 2017)

3.2.3 Laskuri toiminto

Digitaalisignaalin ollessa suuritaajuista, tarvitaan laskurikortti. Suurta pulssitaajuutta tuottaa esimerkiksi ingrementti-anturi. Laskurikortista käytetään nimitystä High Speed Counter (HSC). Laskurikortti laskee anturilta A ja B kanavista pulssien nousevia tai laskevia reunoja. Kanavien pulsseista saadaan määriteltyä myös asema- ja suuntatieto. (Automaatiotekniikka 1, Tero Hietanen)

3.3 Käyttöliittymäohjelmointi

Siemens WinCC-ohjelmalla ohjelmoidaan käyttöliittymä erilaisille käyttöpaneelille, joilla voidaan ohjata laitteistojen automaatiotoimintoja, kuten sähkömoottoreiden käsiajoja sekä voidaan monitoroida laitteiston antureiden toimintoja automaattiajon aikana. Lasintaivutuslaitteistoissa tämä on hyödynnettyä laitteiston syöttöpäässä.

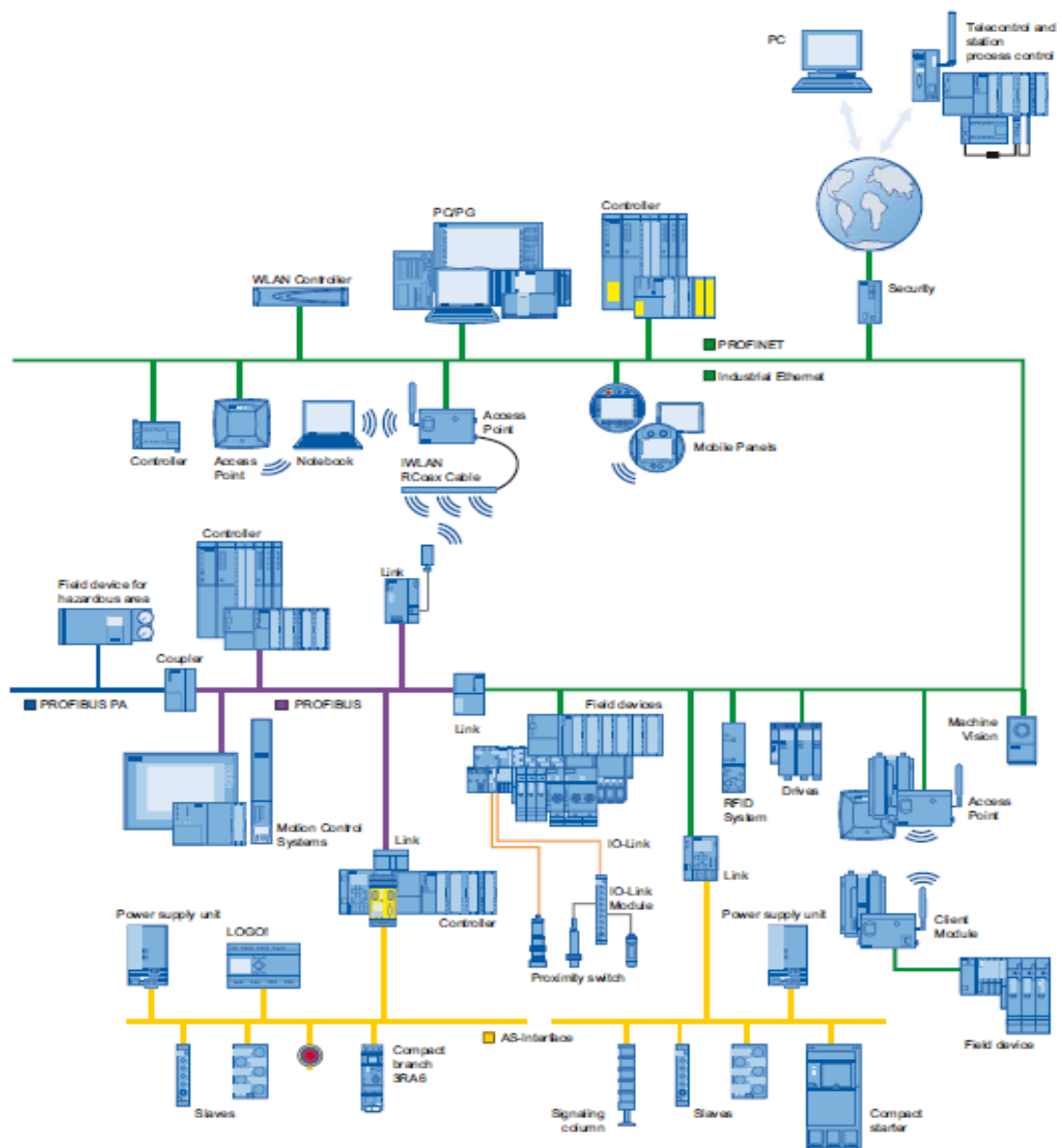


Kuva 9. Paneeli-mallistoa (Siemens Oy, 2018.)

4 VÄYLÄTEKNIIKAT

Kenttäväylä (Fieldbus) on automaatiojärjestelmän osa, joka siirtää tietoa automaatiojärjestelmän laitteiden ja koko automaatiojärjestelmän välillä. Kenttäväyliä käytetään hajautetussa automaatiojärjestelmässä tiedonsiirron välineenä. Siinä voidaan järjestää korkeamman tason kommunikointi tietokoneiden välillä ja alemman taon kenttäohjaukset. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjausjärjestelmät, Sanoma Pro 2015)

Lasintaivutuslaitteistoissa on ollut käytössä profibus- ja Asi-väyläteknikkaa. Laitteiston päivityksessä profibus-väylä muutettiin profinet-väyläksi.



Kuva 10. Kenttäväylät ja niiden yhdistäminen. (Siemens Oy 2009.)

Kuvasta 10 nähdään Siemens Oy:n esimerkki, kuinka erilaisia väyläteknikoita voidaan yhdistää yhteen erilaisten muuntimien avulla, joita valmistajalta on saatavissa.

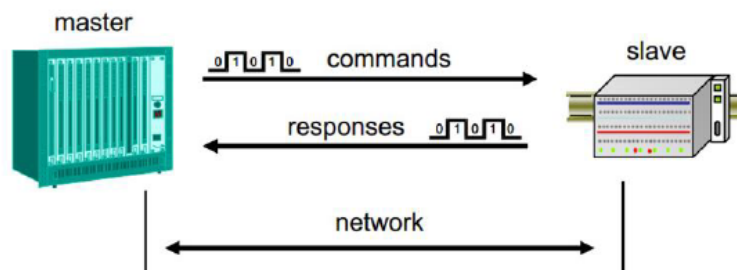
4.1 Profibus

Profibus on toimittajasta riippumaton avoin kommunikointiprotokolla ja se perustuu EN 50 170-standardiin. Profibus-kenttäväylä soveltuu erilaisiin valmistus ja prosessiautomaatio ja rakennusalan tarpeisiin. Profibus-väylän avulla eri valmistajien väylälaitteet voidaan liittää toisiinsa ilman rajapintoihin tehtäviä muutoksia. (Profibus Network Manual, Siemens Oy 2018). Väylälaitteet kytketään toisiinsa kuvan 11 mukaisilla kaapeleilla.



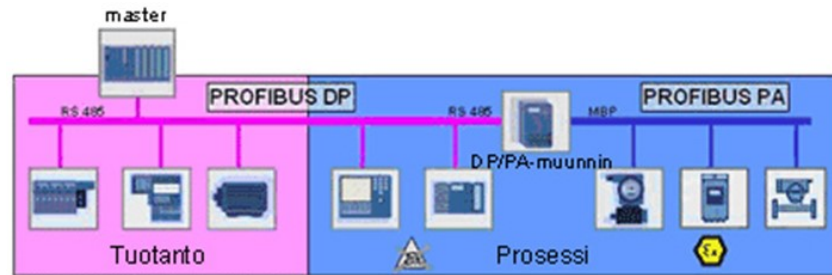
Kuva 11. Profibus-kaapelit. (Siemens Oy 2015.)

Profibus DP on tarkoitettu hajautettujen kentälaitteiden, kuten Siemens ET200, ja ohjausjärjestelmien väliseen kommunikointiin. Kenttäväylässä on yleisesti yksi tai muutamia masterlaitteita ja slavelaitteita. Tiedonsiirto Profibus DP-kenttäväylässä on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Profibus-periaate (Profibus Desing and Good Practices, 2018)

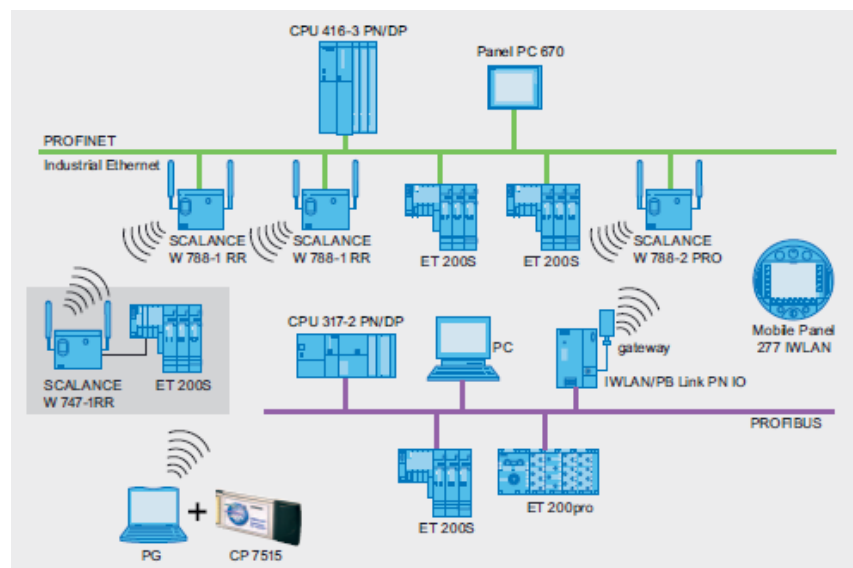
Profibus PA on laajempi versio DP:stä, tarkoitettu erityisesti prosessiautomaation eri tarpeisiin. Profibus PA on yleensä kytkettynä Profibus DP- kenttäväylän alle, joko DP/PA-couplerilla tai DP/PA-linkillä. Profibus PA:n avulla voidaan yhteiseen kenttäväylään liittää antureita ja toimilaitteita sekä luonnostaan vaarattomia laitteita (Exi) räjähdysvaarallisille alueille.



Kuva 13. Profibus DP/PA (Profibus väyläanalyysi, Tero Hietanen)

4.2 Profinet

Profinet on Siemensin kehittämä avoin automaation tietoliikennestandardi, joka täyttää automaatiotekniikan vaatimukset. Profinet on standardoitu IEC 61158- ja IEC 61784-standardeissa. Kuten kuvasta 14 nähdään, profinetillä voidaan liittää tuotannon ja prosessiautomaation laitteet toisiinsa joko kaapeleilla tai langattomasti. (Profinet User Manual, Siemens Oy).



Kuva 14. Profinet esimerkki (Siemens Oy, 2008)

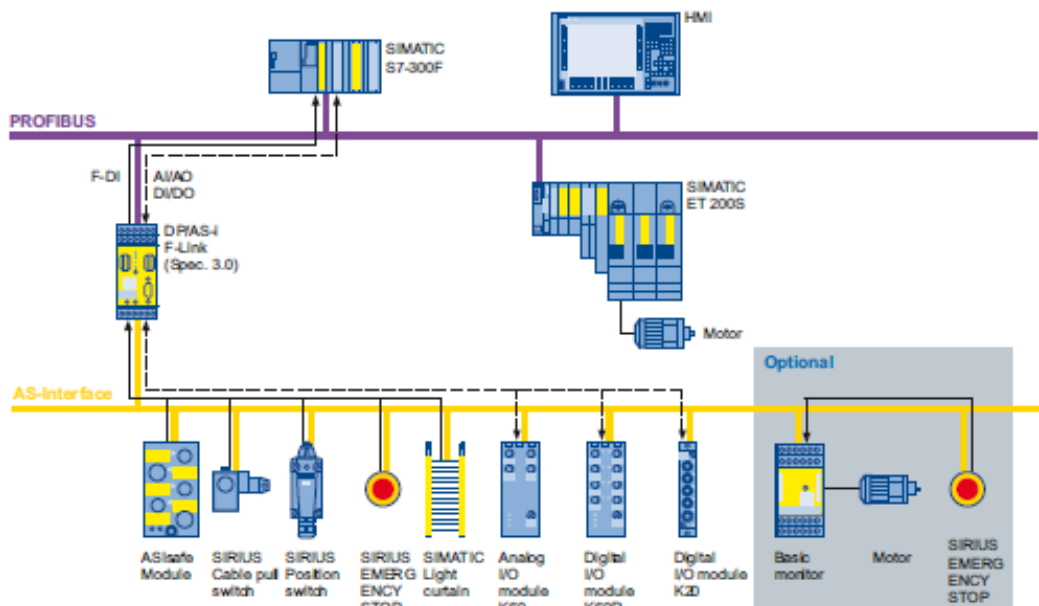
Myös vanhemmat investoinnit voidaan suojata Profinetin käytöllä. Profinet voidaan integroida vanhoihin olemassa oleviin väylöihin, kuten Profibusiin, AS-interfaceen, Interbusiin, Foundation Fieldbusiin ja DeviceNetiin ilman muutosten tekemistä olemassa oleviin laitteisiin. Profinet-laitteet kaapeloidaan kuvan 15 tapaisilla profinet-kaapeleilla.



Kuva 15. Profinet-kaapeli (Prezi 2015.)

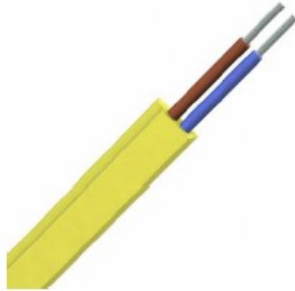
4.3 ASi-väylä

AS-i (Actual Sensor Interface)-väylää käytetään tiedonkeräämiseen ja ohjauksen välittämiseen kentältä ohjausjärjestelmään. AS-i-väylä on avoin ja valmistajasta riippumaton väyläjärjestelmä (Asi-Standard, Siemens Oy)



Kuva 16. Asi-väylä (Siemens Oy, 2008)

AS-i on yksinkertainen teollisista verkkoprotokollista. AS-i-väylä on suunniteltu I/O-signaalia lähettävälle laitteelle, kuten toimilaitteet ja anturit. Asi-väylässä kaksisijohtimisella kaapelilla saadaan vietyä syöttöjännite sekä liikkuva datatieto väylään liitetyille komponenteille, joka on kuvattuna kuvassa 17.



Kuva 17. AS-i-kaapeli

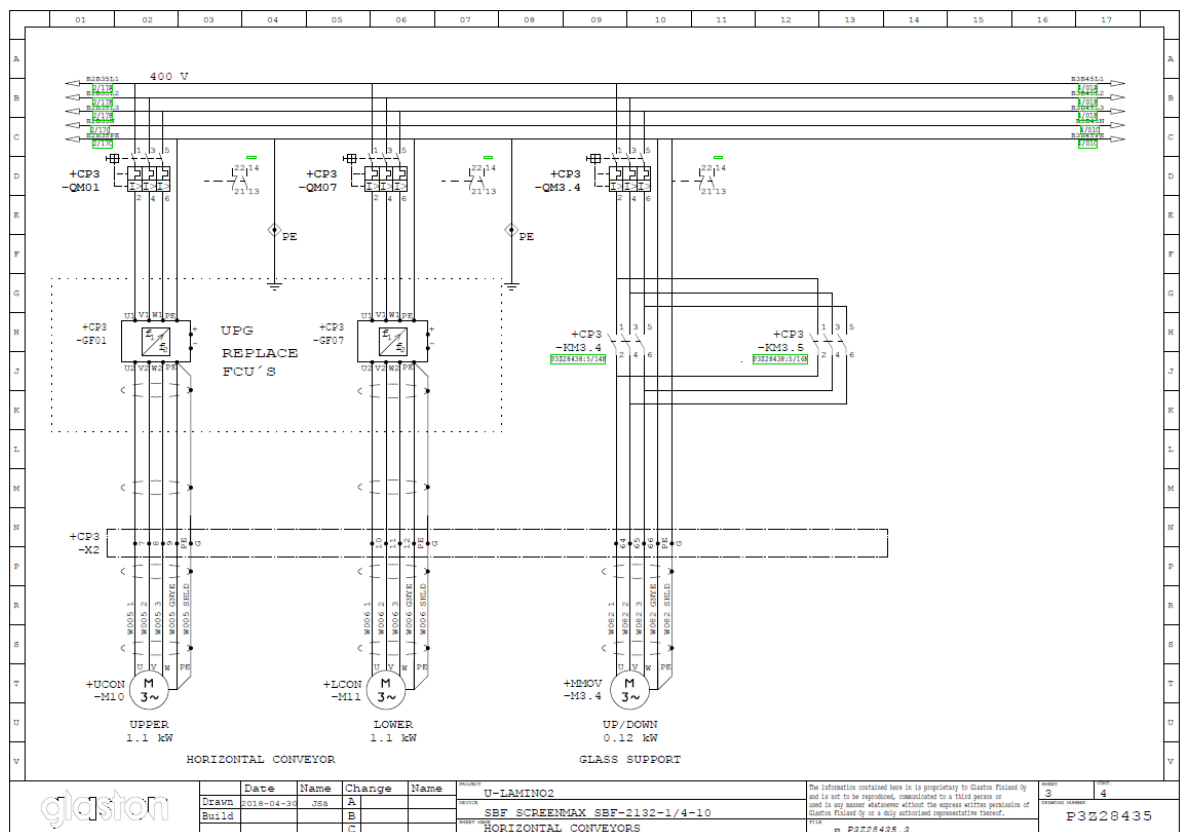
5 MOOTTORIKÄYTÖT

Moottorikäyttöjä päivitettäessä oli tarkoitus saada sähkömoottorien ohjaustekniikka samanlaiseksi kuin uudempien lasintaivutuskoneiden ohjaustekniikka. Moottorikäyttöjen ohjauksessa käytetyt taajuusmuuttajat vaihdettiin, jotta ohjaustekniikka vastaisi uudempien lasintaivutuskoneiden tekniikkaa sekä varaosien saatavuus pysyisi pitkään hyvänä.

5.1 Kontaktori-ohjaus

Kontaktori-ohjausta on yleisin teollisuudessa käytetty moottorihjaustapa. Kontaktorihjauksessa moottori kytkeytyy suoraan syöttävään sähköverkkoon. Moottorin momenttia tai pyörimisnopeutta ei voida kontaktorihjauksessa säätämään.

Lasintaivutuskoneessa kontaktori-ohjausta käytettiin yksinkertaisissa siirtävissä osissa, joissa oli tarkoitus tehdä liikkeitä rajalta toiselle, eikä ole tarve tietää väli-positioita liikkeestä.



Kuva 18. Kontaktori-ohjaus piirikaavio (Glaston Oy, 2018)

5.2 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttaja on moottoreiden ohjaukseen tarkoitettu laite. Siemens Sinamics G120S soveltuu teollisuuden kuljetinsovelluksiin mainiosti. G120-sarjassa taajuusmuuttajakokonaisuus koostuu tehoyksiköstä sekä ohjauspaneelistä. Tehoyksikön koko määräytyy ohjattavan moottorin tehon mukana.



Kuva 19. Siemens G120-taajuusmuuttaja. (Siemens Oy, 2014)

Taajuusmuuttajalla tuotetaan kolmivaiheinen jännite, jonka taajuutta voidaan säätää. Taajuusmuuttajalle voidaan myös ohjelmoida halutut ominaisuudet. Laitteiston päivityksessä taajuusmuuttajaa käytettiin vaakakuljettimien, liikuteltavien vastusten sekä hissien moottoreiden ohjauksissa. Uuden G120S taajuusmuuttajan ohjelmoitujen ohjauksien toimivuus testattiin tehtaalla, ennen osien lähettämistä asennukseen.

5.2.1 Taajuusmuuttajien parametointi

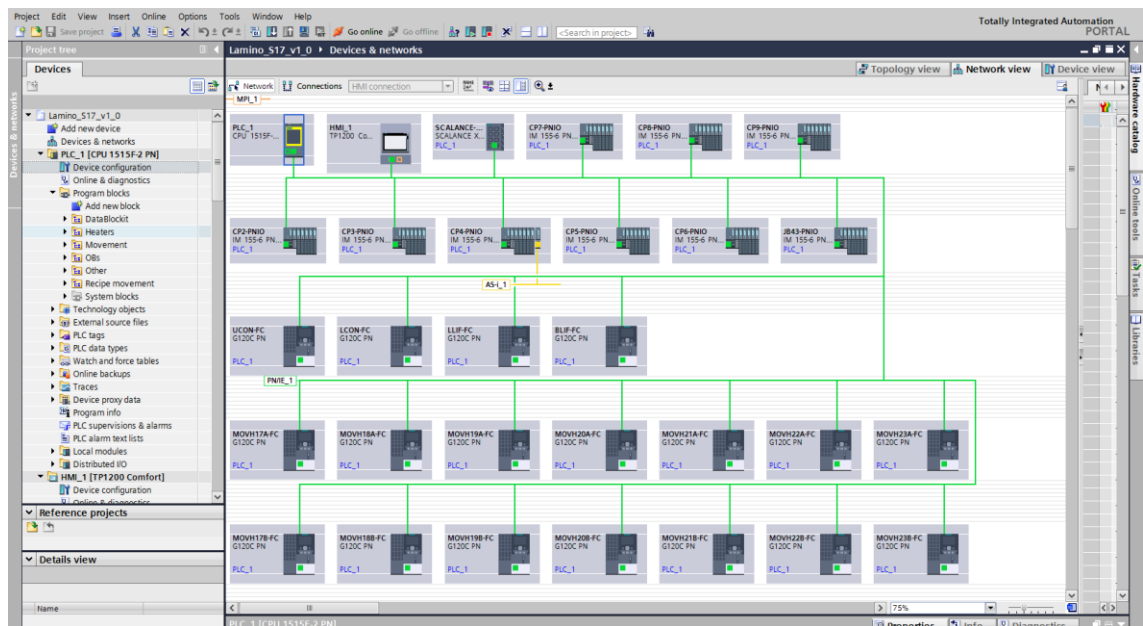
Taajuusmuuttajat parametroidiin ennen FAT-testiä sähkökuviin määriteltyjen arvojen mukaisesti, jotta saatiin testattua taajuusmuuttajien kommunikointi sekä varmistettua toimivuus ennen asiakkaalle lähetystä. Nämä parametroidiin uudelleen asennuksen aikana tehtaalla alkuperäisten moottoreiden kilpiarvojen mukaisesti.

6 LOGIIKKAOHJELMAN KÄÄNNÖSTYÖ

Projektia rakennettiin vanhan ohjelman konversiona, eli käännöksenä. Vanha ohjelma oli ohjelmoitu Siemens S7-Manager 5.5 versiolla. Uusi ohjelmoitiin Siemens TIA Portal v14:lla. Haasteita ohjelman päivitykseen toi ohjelmiston muuttuneet ominaisuudet v5.5:sta TIA Portal V14:ksi.

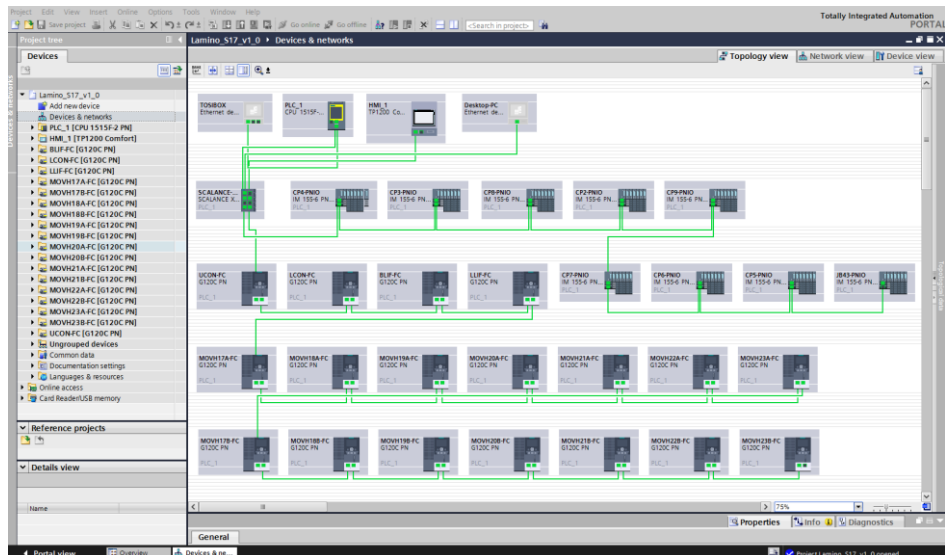
6.1 Konfigurointi

Konfiguroinnissa määriteltiin laitteistossa käytettävät ohjauslaitteet sekä niiden tyypit ja väylätekniikat. Kaikki laitteet liitettiin väylään väyläkaavio-näkymässä. Laitteille määriteltiin jokaiselle oma IP-osoite. Konfiguroinnin aikana väyläkaavio-näkymässä näkyi, oliko laite liitettynä väylään, jolloin laitteen liitinosio oli vihreänä.



Kuva 20. Väyläkaavio-näkymä

Laitteiden topologinen järjestys määriteltiin topologia-näkymässä. Topologia-näkymässä rakenne määritellään samanlaiseksi kuin laitteet fyysisesti rakennetaan, tämä on tarve tehdä, jotta oikeat IP-osoitteet määrittyvät oikeille laitteille. Kuvassa 20 on projektin topologia-näkymä.



Kuva 21. Topologia-näkymä

6.2 Päivitetty logiikkaohjelma

Konvertointi aloitettiin kääntäen vanha versio TIA Portal v14:ksi kääntäen. Tämän jälkeen työlle tehtiin tarkistus, ja katsottiin mitä virheitä tarkistuksessa oli tullut. Näitä virheitä aloitettiin korjaamaan edeten virtapiiristä virtapiiriin ohjelmoiden ja tarkistaen toimintojen pysyneisyyttä.

Virheitä tuli useita, eniten virheitä tuli ominaisuudesta, kun TIA Portal tarvitsee tietyillä käskyillä alustuksen. Esimerkiksi tuli "The RLO is not initialized"-virheitä. Tässä tarvitsi asettaa käskyriville SET-käsky, jolla saatiin RLO:n tila päälle.

| Line | Logic | Address | Description |
|------|----------------|---------------|-----------------------------|
| 52 | DB131, STAD552 | DB131.DBW1044 | |
| 53 | | DB401.DBW62 | |
| 54 | DB401, STAD31 | DB131.DBW1042 | |
| 55 | DB131, STAD551 | | |
| 57 | 160402 | DB401.DBW232 | |
| 58 | DB401, STAD116 | DB131.DBW62 | |
| 59 | DB131.DBW62 | | |
| 60 | 160402 | | |
| 62 | SET | M17.1 | //hisin liikkeen aktivointi |
| 63 | Tag_177 | | |
| 64 | | | |
| 65 | 160402 | | |
| 66 | stappi 1 | | |
| 67 | | | |
| 68 | obd0 1 | M118 | |
| 69 | 1 | 1 | |
| 70 | <=> | | |
| 71 | obh1 | | |
| 72 | | | |
| 73 | DB131.DBX3.0 | DB131.DBX3.0 | //cycle ready aktivoitu |

Warning: The RLO is not initialized. Access is invalid.

Kuva 22. RLO is not initialized häiriö.

Toinen suuri virhemäärä tuli “The instruction accesses the DB or the DI register”-virheestä. Siemens S7 Manager-ohjelmisto muistaa edellisen määritellyn osoitetun DataBlock:n, jonka jälkeen sen määriteltyjä alkioit ohjelma osaa liittää ne määriteltyyn DataBlock:iin. TIA Portal-ohjelmistolla tarvitsee määrittellä alkioiden eteen alkioille määritelty DataBlock.

The screenshot shows the Siemens S7 Manager interface. The main window displays a ladder logic program with the following code:

```

2 //kattovastukset
3
4 L "DB300".STAT1 //esil. 1 machine parametri
5 L "Tag_232" //asetuslämpötila
6 <=I //tc-mittaus
7 JC reup
8 L %DBW4
9
10 L 100 //teho kattovastuksille
11 ==I //onko tehoasetus 100
12 JC seup
13 TAK
14
15 L 0
  
```

Below the code, a diagnostic error message is displayed:

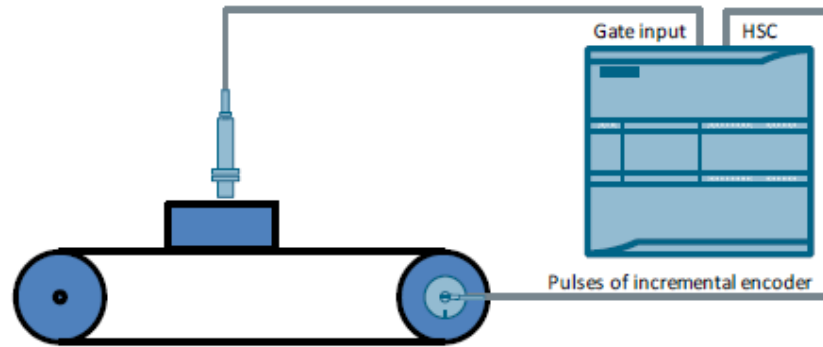
| th | Description | Go to | ? | Errors | Warn |
|---------------------------|---|-------|---|--------|------|
| Heaters | | | | 36 | 291 |
| PH1 heat autoctrl (FC101) | | | | 3 | 0 |
| Network 1 | The instruction accesses the DB or the DI register. However, you have not opened a data block in this register. | | ? | | |
| Network 1 | The instruction accesses the DB or the DI register. However, you have not opened a data block in this register. | | ? | | |
| Network 1 | The instruction accesses the DB or the DI register. However, you have not opened a data block in this register. | | ? | | |

Kuva 23. The instruction accesses the DB or the DI register häiriö.

6.2.1 Laskuritoiminto TM-Counter-kortilla

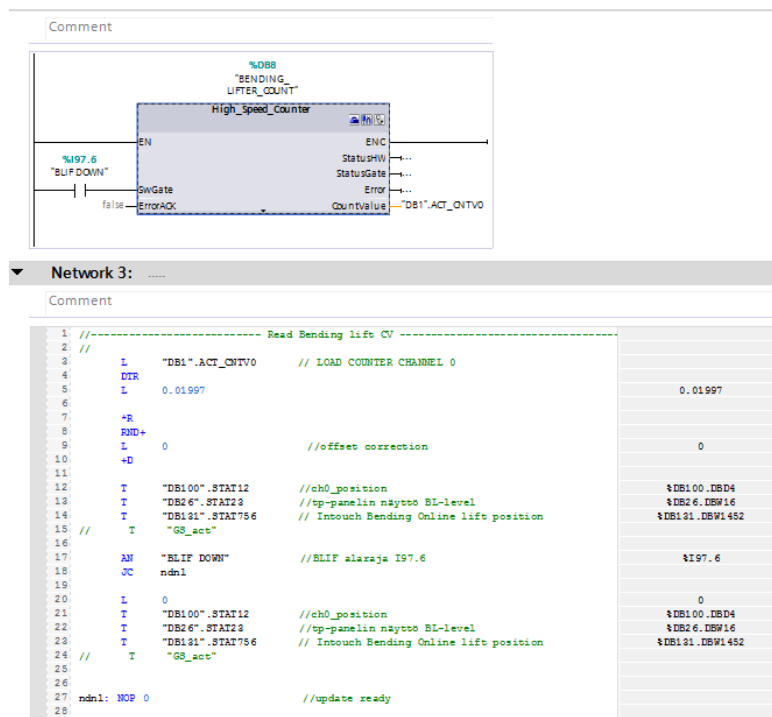
Vanhassa ohjausjärjestelmässä oli ohjelmoituna kahdessa taajuusmuuttajan ohjauksessa käytetty FM-450 korttia paikkasijainnin hallinnassa. Näistä toinen oli toiminnassa.

Päivitetyssä HW-konfiguraatiossa otettiin käyttöön uudenmallinen TM-Counter 2x24V-kortti. TIA Portal v14-ohjelman myötä oli myös uusien TIA Portal-ominaisuuksien, kuten teknologiaobjektien käyttö mahdollista. Lasintaivutuskoneessa näistä oli High Speed Counter-objekti käytössä



Kuva 24. Sovellusesimerkki TM-Counter kortin käytöstä S7-1200 logiikalla. (S7-1200 Application examples for High-Speed Counters, Siemens Oy)

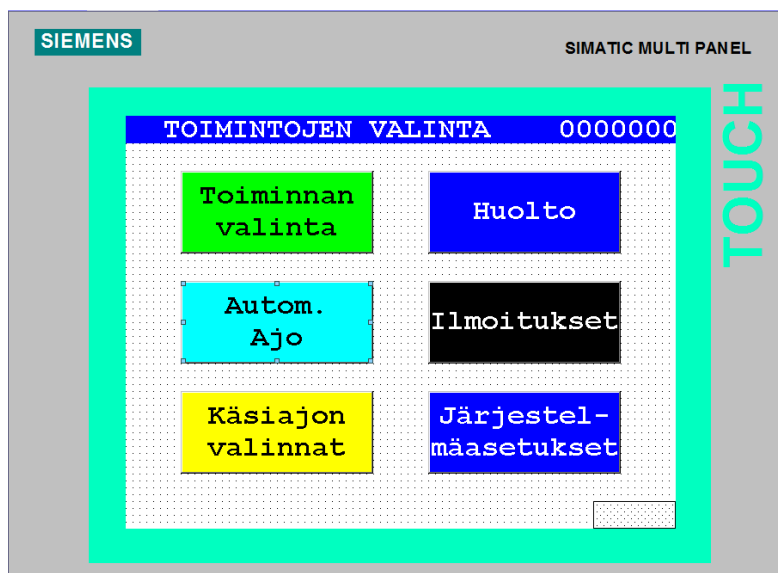
Ohjelmassa TM-Counter kortin 0-kanavasta tulevaa signaalia käytettiin taivutus-pään laskuhissin sijainnin määrittämiseen. Tässä oli tärkeää tietää hissien sijainti tarkasti, jotta resepteissä määritellyt korkeudet eri prosessin osille on määriteltävissä tarkasti. Tämän toiminnon ohjaus hoidettiin kuvassa 25 näkyvän teknologia-objektin, sekä HSC-ohjelmoinnin avulla.



Kuva 25. HSC-toiminto ohjelmassa.

6.3 Paneeliohjelman päivitys WinCC-ohjelmalle

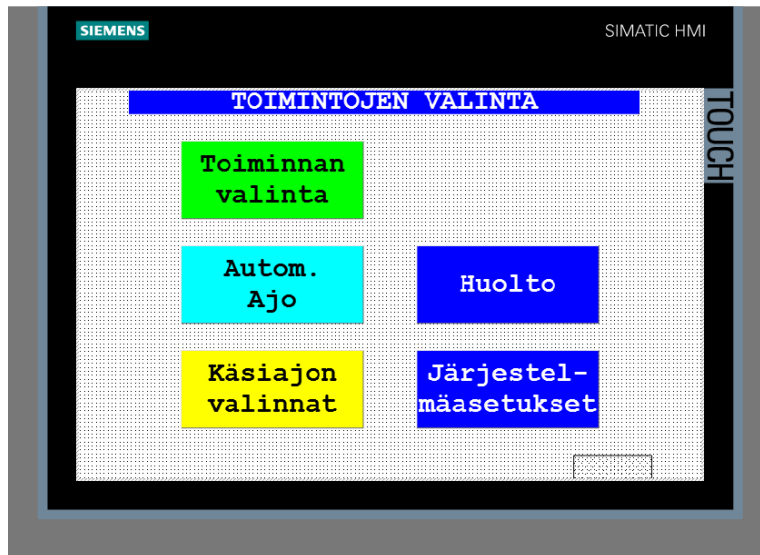
Vanhasta projektista, joka oli tehty ProTool-ohjelmistolla, ensin käännettiin ohjelmoitu käyttöpaneelin projekti WinCC 2008-ohjelman tiedostoksi.



Kuva 26. Paneeliohjelman valinta-sivu WinCC2008-ohjelmassa

Tämän jälkeen ohjelma käännettiin TIA Portal V12-tiedostoksi, jonka jälkeen se voitiin päivittää V14-muotoon, ja saatiin tämän jälkeen liitettyä logiikkaohjelman projektiin.

WinCC-paneeliohjelman pääsivulla on kuvattuna valinnat, joista valitaan mitä halutaan laitteiston tekevän. Tällä voidaan mennä mm. huolto tai käsi-ajo valintoihin.



Kuva 27. Paneeliohjelman valinta-sivu TIA-Portal-ohjelmistossa.

Muutoksen jälkeen paneeliohjelmasta otettiin uudempiin versioihin tulleiden häiriöilmoitusten sekä vikailmoitusten käytöt mukaan. Tämän mukaan käännoistyössä kääntyneet häiriöilmoituksiin liittyvät sivut poistettiin sekä niiden trigger-ohjaukset ohjattiin uusille häiriösivuille.

| No. | Time | Date | Sta... | Text | GR | PLC |
|-----|------|------|--------|------|----|-----|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Kuva 28. Hälytyssivun näkymä

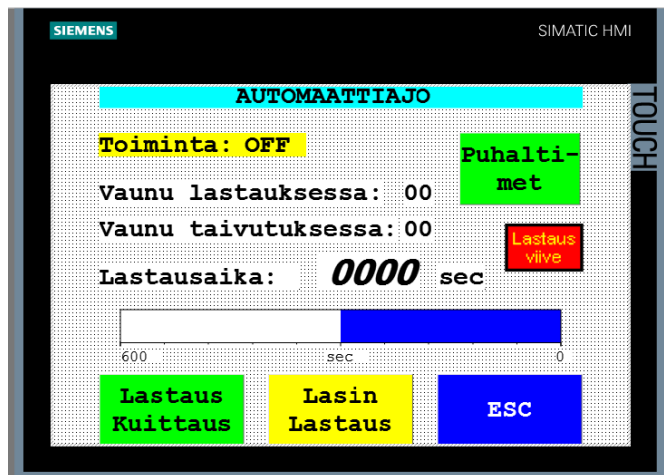
Erilaisia vikailmoituksia on ohjelmassa ohjelmituna paljon, sekä näille on määriteltynä aputoiminnot, jotka auttavat vianhaussa.

| Discrete alarms | | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------------------------|-------------|-------------------|----------|-----------------|
| ID | Name | Alarm text | Alarm class | Trigger tag | Trigge.. | Trigger address |
| 2001 | DiscreteAlarm_2001 | AC-Ohjausjännitteen sulake | Errors | PT_Alarm Messa... | 0 | %DB5.DBX1.0 |
| 2002 | DiscreteAlarm_2002 | DC-Ohjausjännitteen sulake | Errors | PT_Alarm Messages | 1 | %DB5.DBX1.1 |
| 2003 | DiscreteAlarm_2003 | Invertteriden syöttöjännite | Errors | PT_Alarm Messages | 2 | %DB5.DBX1.2 |
| 2004 | DiscreteAlarm_2004 | Liik.vast. inv. suojakytkin lauennut | Errors | PT_Alarm Messages | 3 | %DB5.DBX1.3 |
| 2005 | DiscreteAlarm_2005 | Esilämmitys 1 Suojakytkin lauennut | Errors | PT_Alarm Messages | 4 | %DB5.DBX1.4 |
| 2006 | DiscreteAlarm_2006 | Esilämmitys 2 Suojakytkin lauennut | Errors | PT_Alarm Messages | 5 | %DB5.DBX1.5 |

| DiscreteAlarm_2001 [Discrete_alarm] | |
|---|--|
| Properties | Events |
| General Trigger Info text Acknowledgment Miscellaneous | Info text Text Tarkista sulakeautomaatit FA9,FA10,FA11,FA12,FA13 FA100 FA1 |

Kuva 29. Hälytyksien määrytykset.

Automaattiajossa nähdään lastauksessa olevan vaunun numero sekä mikä vaunu on taivutuksessa. Sivulla myös kuitataan, koska lasi on saatu lastattua muottiin, joka on kiinnitettyä lastauksessa olevaan vaunuun.



Kuva 30. Paneeliohjelman automaattiajo-sivu.

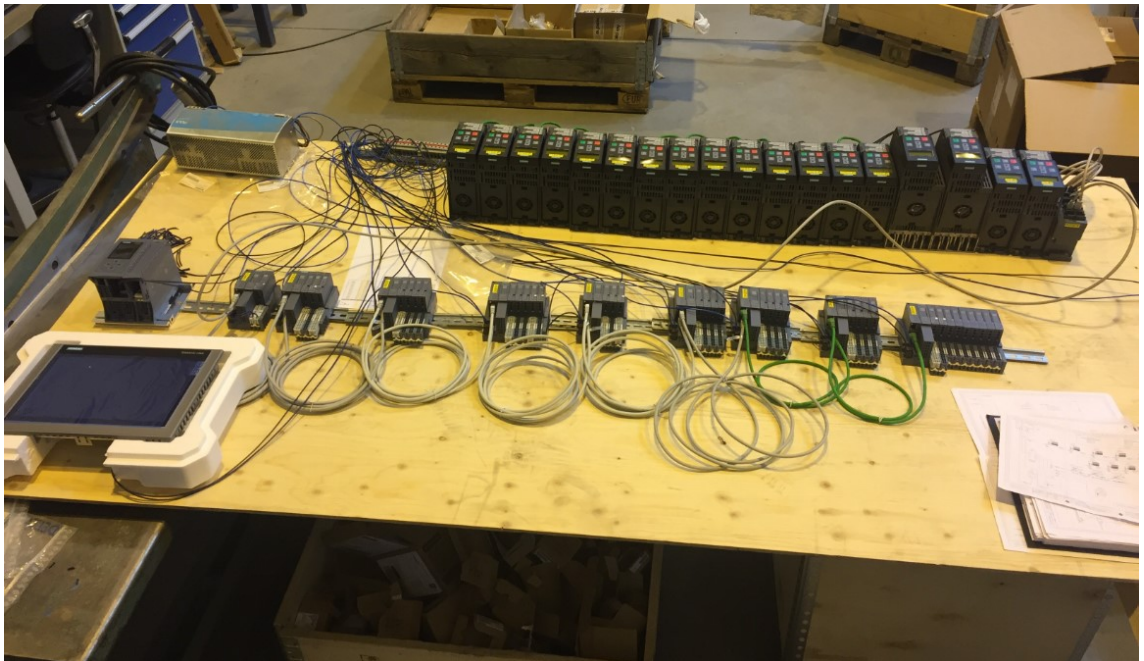
6.4 TESTAUS JA KÄYTTÖNOTTO

Logiikkaohjelmistoa testattiin ensimmäisen kerran 2.5.2018, jossa sen toimintaa verrattiin Intouch-ohjelmistolla tehdyn käyttöliittymän kanssa. Tässä tarkistettiin, että ohjelmistot keskustelevat keskenään, sekä ohjelmistoissa olivat oikeanlaiset muuttujat liitettyinä toisiinsa. Tämän myötä testattiin esim. muuttamalla logiikkaohjelmassa DB131.DBW534 muuttujat arvoa, jotta nähtiin simulointitilassa olevaan käyttöliittymän näytössä oikean arvon muuttuvan.

Testauksessa havaitut virheet kirjattiin ylös. Näiden mukaan muutettiin Intouch-käyttöliittymään muuttujia, sekä logiikkaohjelmaan muutettiin DB:en osoittajia.

6.4.1 FAT-testi

Tilattujen osien saavuttua ja logiikka- ja valvomo-ohjelmoinnin edettyä siihen pisteeseen, että voitiin simuloida laitepohjaista testausta, rakennettiin Glaston Oy:n tiloihin halliin FAT-ympäristö. Kaikki hajautetut I/O-asetat koottiin valmiiksi, koska tämä nopeuttaisin myös asennusta asiakkaan luona.



Kuva 31. FAT-kokoonpano

FAT-kokoonpano muodostettiin verkkotopologian mukaisesti, kuten ne johdotettiin myös asiakkaalla (liite 1). Testaukseen ja parametroiintiin oli varattu aikaa yhteensä viikko. Tämän myötä varmistui ohjausjärjestelmän toimivuus kokonaisuutena. Testauksessa löydetyt viat ohjelmassa korjattiin niiden ilmetessä. Laitteiston käyttäytymisestä ei pystytty todentamaan, koska tulojen ja lähtöjen toiminta jäi pelkästään tilaa ilmaisevien merkkivalojen muuttumiseksi.

6.4.2 Laitteiston asennus ja käyttöönotto

Laitteistoa aloitettiin asentamaan 23.7. alkaen. Laitteistosta vaihdettiin ohjaustekniset osat, jotka olivat lähetetty asiakkaan luokse edellisellä viikolla. Mekaaniselle ja sähköiselle asennukselle oli varattu aikaa viikko. Tämän jälkeen aloitettiin ohjelmistojen käyttöönotto sekä toiminnallisuuden testaus tehtaalla.



Kuva 32. CP4 sähkökaapissa sijaitsevat vaihdettavat taajuusmuuttajat.

Asennus aloitettiin vanhojen kaapeleiden merkkauksella. Lasintaivutuskoneen keskuksista otettiin vanhat tarpeettomat kaapelit pois, kuten profibus-kaapelit. Samoin vanhat taajuusmuuttajat ja ohjaustekniset laitteet vaihdettiin uusiin. Kun kytkennät saatiin tehtyä ja laitettua ohjauksien sähköt päälle, väylän kanssa oli hieman ongelmia. Tämä johtui kaapeloinnista sekä kaapeleista. Myöskin etäyksiköt ja muut ohjaustekniset laitteet tarvitsi erottaa keskuksien takapaneelista, jotteivat ne ole yhteydessä maadoitukseen. Kun tämä saatiin hoidettua, aloitettiin

logiikan tulojen, sekä niihin tietoa lähettävien kentälaitteiden testaus. Tämä tehtiin etä-I/O yksiköittäin, joka aloitettiin ASi-väylän yksiköistä (Liite 3).



Kuva 33. ASi-yksikkö

ASi-, sekä Siemens ET200-yksiköissä ilmeni muutamia kytkentä ja kasaus virheitä, jotka korjattiin heti niiden ilmetessä. Logiikan tulojen tarkastusten jälkeen testattiin lähdöt, jotka tehtiin ensin niin, etteivät paineilma sekä moottorien vikavirtasuojat olleet kytkettyinä, jotta voitiin olla varmoja ohjauksien todellisista osoitteista. Näissä ei ollut montaa virhettä.

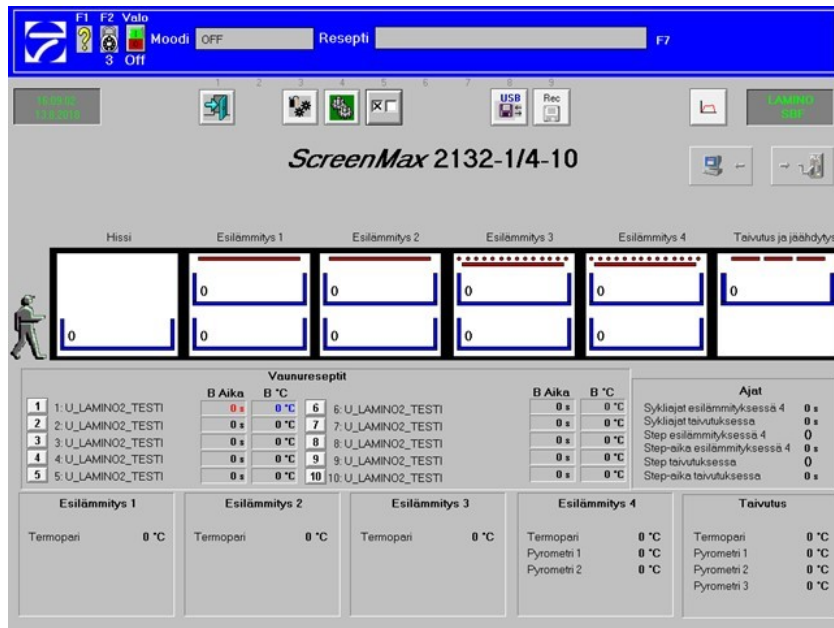
Kun oltiin lähdöt, sekä kontaktori-ohjauksilla olevat moottorilähdöt testattu, aloitettiin liikkeiden testaus taajuusmuuttaja-ohjauksella olevilla moottoreilla. Nämä olivat profinet-väylän kautta ohjauksessa, joten näiden ohjaustavujen testaus sekä varmistus vei ison ajan testauksesta. Tässä oli oltava tarkkana, että ohjauksanan bitit olivat oikeanlaisia, jotta liikesuunta sekä toiminnot olivat oikeanlaisia taajuusmuuttajalla. Tämän ohjauksanan toiminnot selviävät alla olevasta kuvasta 34.

| Bit | Significance | | Explanation | Signal inter-connection in the inverter |
|------|----------------------------|---------------------|---|---|
| | Telegram 20 | All other telegrams | | |
| 0 | 0 = OFF1 | | The motor brakes with the ramp-down time p1121 of the ramp-function generator. The inverter switches off the motor at standstill. | p0840[0] = r2090.0 |
| | 0 – 1 = ON | | The inverter goes into the "ready" state. If, in addition bit 3 = 1, then the inverter switches on the motor. | |
| 1 | 0 = OFF2 | | Switch off the motor immediately, the motor then coasts down to a standstill. | p0844[0] = r2090.1 |
| | 1 = No OFF2 | | The motor can be switched on (ON command). | |
| 2 | 0 = Quick stop (OFF3) | | Quick stop: The motor brakes with the OFF3 ramp-down time p1135 down to standstill. | p0848[0] = r2090.2 |
| | 1 = No quick stop (OFF3) | | The motor can be switched on (ON command). | |
| 3 | 0 = Inhibit operation | | Immediately switch-off motor (cancel pulses). | p0852[0] = r2090.3 |
| | 1 = Enable operation | | Switch-on motor (pulses can be enabled). | |
| 4 | 0 = Disable RFG | | The inverter immediately sets its ramp-function generator output to 0. | p1140[0] = r2090.4 |
| | 1 = Do not disable RFG | | The ramp-function generator can be enabled. | |
| 5 | 0 = Stop RFG | | The output of the ramp-function generator stops at the actual value. | p1141[0] = r2090.5 |
| | 1 = Enable RFG | | The output of the ramp-function generator follows the setpoint. | |
| 6 | 0 = Inhibit setpoint | | The inverter brakes the motor with the ramp-down time p1121 of the ramp-function generator. | p1142[0] = r2090.6 |
| | 1 = Enable setpoint | | Motor accelerates with the ramp-up time p1120 to the setpoint. | |
| 7 | 0 – 1 = Acknowledge faults | | Acknowledge fault. If the ON command is still active, the inverter switches to "closing lockout" state. | p2103[0] = r2090.7 |
| 8, 9 | Reserved | | | |
| 10 | 0 = No control via PLC | | Inverter ignores the process data from the fieldbus. | p0854[0] = r2090.10 |
| | 1 = Control via PLC | | Control via fieldbus, inverter accepts the process data from the fieldbus. | |
| 11 | 1 = Direction reversal | | Invert setpoint in the inverter. | p1113[0] = r2090.11 |
| 12 | Not used | | | |
| 13 | --- | 1 = MOP up | Increase the setpoint saved in the motorized potentiometer. | p1035[0] = r2090.13 |
| 14 | --- | 1 = MOP down | Reduce the setpoint saved in the motorized potentiometer. | p1036[0] = r2090.14 |
| 15 | CDS bit 0 | Reserved | Changes over between settings for different operation interfaces (command data sets). | p0810 = r2090.15 |

Kuva 34. G120-taajuusmuuttaja STW1 (Sinamic G120 Functional Manual, Siemens)

Kun logiikan ohjauksien testaus saatiin tehtyä, tarkistettiin Siemens TP1200-paneelin ohjauksien testaus. Tässä oli myös suoria ohjauksia lähtöihin ja tuloihin, niin tässä tarkistettiin, että paneelin käyttöliittymässä oli oikeanlaiset tekstit myös oikeille lähdoille. Näissä oli vielä korjattavia sekä oli myös hälytyssivujen kanssa tehtävää. Nämä korjattiin huomattavasti.

Tämän jälkeen aloitettiin Intouch-käyttöliittymän sekä logiikan ohjauksien yhteistoiminnan testaus. Tässä varmistettiin, että uudet lisätyt toiminnot myös toimivat kuten oli määritelty ja asiakkaan kanssa sovittu. Yksittäisiä pieniä virheitä löytyi, jotka korjattiin heti huomattavasti.



Kuva 35. Intouch-käyttöliittymän päivitetty pääsivu.

Tarkistuksien jälkeen aloitettiin laitteiston toiminnallisen prosessin testaus, ensin preheating-moodilla. Tämä aloitettiin ajamalla käsiajoilla laitteisto ns. initiaali-sijainteihin, jotta preheat-moodissa laitteiston osat osaavat lähteä liikkeelle. Tässä otettiin myös jännitteet mukaan lämmitykselle, jotta saatiin tarkastettua analogiamittauksien arvot lämmön noustessa. Ongelmia laitteiston käyntiin lähden jälkeen tuli mm. taivutuspään hissien kanssa, kun ei saavuttu alarajalle kunnolla, ja kun vaunu lähti hissien rakenteista alaradalle, niin hissi ei ollut enää alarajan positi-ossa. Tämä saatiin toimimaan taajuusmuuttaja ohjauksia muuttamalla, kuten hidastus ramppien aikoja muuttamalla sekä alarajan positiota muuttamalla. Pre-heat-moodilla tarkistuksia tehtäessä laitteisto toimi hyvin testauksen aikana tehtyjen ohjelmallisten sekä mekaanisten muutoksien jälkeen.



Kuva 36. Lämpövastuksien toiminta.

Tämän jälkeen aloitettiin testaus Auto-moodilla. Tässä ilmeni ongelmia tehtyjen ohjelmallisten muutosten jälkeen. Eri liikkeiden ja toimintojen ehdot eivät täyttyneet. Tämän kanssa muuteltiin taajuusmuuttajien ohjaussanoja sekä tehtiin lisää ohjelmallisia muutoksia. Tätä selviteltäessä keskusteltiin alkuperäisen ohjelmoijan kanssa, jonka neuvojen ja tietojen avulla pääsimme eteenpäin. Tämän johdosta ohjelmalliset muutokset palautettiin alkuperäisiin määritelmiin, koska taivutus päässä hissin ei ollutkaan tarkoitus pysyä alarajan kohdalla, kun vaunu oli jatkanut matkaansa, vaan tälle oli ohjelmoitu muistibitti, että alaradalla oltiin käyty ja vaunu jatkanut matkaansa.

Kun laitteiston eri osat ja toiminnot oltiin testattu, niin järjesteltiin ja siivottiin sähkökaapit.



Kuva 37. Sähkökaappi CP9 työn lopussa.

7 PAKETTI RATKAISU UPGRADE PALVELUSSA

UPGRADE-palvelussa ohjausjärjestelmän päivitys tarvitsee suuren tietouden järjestelmän toiminnasta sekä laitteiston toimintakaaviosta. Tässä on myös tärkeää myös tutustua tarkasti laitteiston alkuperäisiin sähkö- ja automaatio -suunnitelmiin. Pakettipalvelussa olisi tärkeää olla mukana ns. tutustumisjakso asiakkaan luona, jolloin suunnittelija voisi tarkistella laitteiston toimintaa sekä asiakkaan it-setekemiä muutoksia tarkasti, jotta osataan ottaa huomioon kaikki automaattiseen toimintaan liittyvät asiat päivitystä suunniteltaessa.

Tässä on myöskin tärkeää, että suunnittelija tarkistelisi laitteiston logiikkaohjelmaa samalla kun laitteisto käy, sekä tutkisi miten laitteiston eri ohjaukset toimivat. Voi olla, että alkuperäisessä ohjelmassa on jouduttu tekemään erinäisiä kompromisseja ohjaustekniikkaan koska erinäiset mekaaniset lait sekä laitteiston ohjaukset eivät ole yhteensopivia.

Lasintaivutuskoneen Upgrade-palveluun sopii pakettiratkaisu, mutta tässä pitää ottaa huomioon laitteistoon tutustuminen sekä mahdollisesti tehdyt muutostyöt hyvin huomioon.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin tavoitteena oli päivittää lasintaivutuskoneen ohjausjärjestelmä, jotta laitteiston elinikää voitaisiin nostaa. Modernisointi tuli hoitaa tietyssä aikataulussa. TP1200-paneelin suunnittelussa asiakkaan toive oli, että toiminnot pysyisivät mahdollisimman samanlaisina. Hieman teknologian kehittyessä jouduttiin hälytys-sivujen toimintoja muuttamaan. Käyttöliittymään asiakkaan kanssa oli sovittu pieniä muutoksia ja lisäyksiä, jotka tehtiin toivotulla tavalla.

Omat tavoitteeni oli oppia paremmin käyttämään Siemens Tia Portal v14-ohjelmistoa, jossa oli isona apuna Jukka Immonen. Projektissa oli paljon asioita joita en ollut ohjelmoinnissa käyttänyt, kuten taajuusmuuttajien ohjaus Profinet-verkon kautta, teknologiaobjektit sekä ASi-väylä. Henkilökohtaiset tavoitteeni täyttyivät näiden osalta, koska sain tukea tähän hyvin.

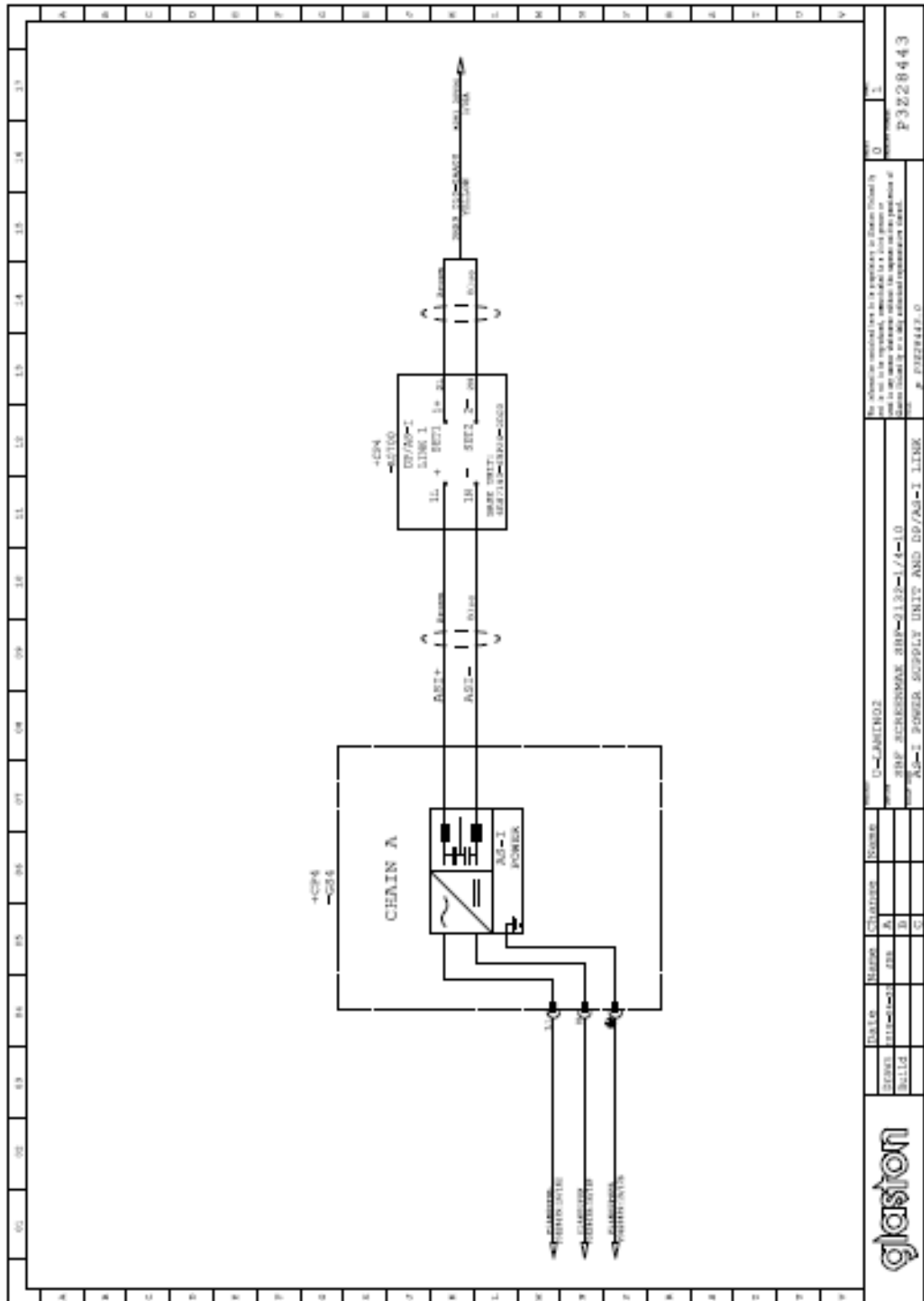
Käyttöönnotossa opin paljon laitteiston toiminnasta, sekä siitä miten tulisi ohjausjärjestelmän päivitys suunnitella. Käyttöönnotossa vastaan tulleet ongelmat selvitettiin hienosti, tässä oli iso apu kokeneiden asentajien sekä insinöörien osalta, jotka ovat olleet monessa projektissa mukana. Tällä hetkellä laitteiston on päivit-
täisessä ajossa Pilkingtonin Laitilan tehtaalla.

LÄHTEET

1. Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas ja Sumujärvi, 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjausjärjestelmät. Suomi: Sanoma Pro. Luettu 24.1.2015
2. ASi-standard. Verkkosivu. Luettu 23.6.2018.
<https://w3.siemens.com/mcms/industrial-controls/en/industrial-communication/as-interface/as-interface/pages/default.aspx>
3. PROFIBUS Network manual. Verkkodokumentti. Luettu 4.4.2018.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pbnets_76.pdf
4. Profibus Design and Good Practices. Verkkodokumentti. Luettu 15.5.2018.
<https://pdfs.semanticscholar.org/presentation/ee1d/fe9e37fb33ebc116d15e893e517a6036dc57.pdf>
5. Profibus väyläanalyysi. Tero Hietanen. Opetusmoniste. Tulostettu 1.3.2018.
<http://www.oamk.fi/~terohi/Labat/C-analyysi.doc>
6. PROFINET User Manual. Verkkodokumentti. Luettu 16.6.2018.
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto/profinet/man_pnsystem_description.pdf
7. S7-1200 Application examples for High-Speed Counters. Siemens Oy. Verkkodokumentti. Luettu 20.5.2018
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/346/109742346/att_906681/v1/109742346_HSC_S7_1200_DOKU_V10_en.pdf
8. Counting and measuring with the counter module “TM Count 2x24V”. Verkkodokumentti. Luettu 4.5.2018
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/774/76798774/att_14424/v1/76798774_tmcount_doku_v1_0_en.pdf
9. Automaatiotekniikka 1. Tero Hietanen. Verkkosivu. Luettu 23.6.2018
http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm
10. SIMATIC WinCC in the Totally Integrated Automation Portal. Siemens Oy. Verkkodokumentti. Luettu 21.6.2018
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/tia_portal/simatic-wincc-in-the-tia-portal.pdf
11. Glaston vuosikertomus 2017. Glaston Oy. Verkkodokumentti. Luettu 21.6.2018
http://www.glaston.net/wp-content/uploads/2018/03/Glaston_vuosikertomus_2017.pdf?x13293
12. Sinamics G110M, G120, G120P, G120C, G120D inverters Fieldbus systems, Functional Manual. Siemens Oy. Verkkodokumentti. Luettu 30.7.2018

<https://media.distributordatasolutions.com/seimens/2017q1/f43f61d983bf6a5849d4f1bbec0d66e4e8e5b2bc.pdf>

Liite 2 1(7). Sähkösuunnitelma, Asi-väylä.



Liite 2 3(7). Sähkösuunnitelma, Asi-väylä.

